IV. évfolyam 9. szám 1344 Ft 2007. augusztus 31.

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÉRTESÍTŐ

A KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI MINISZTÉRIUM HIVATALOS LAPJA

TARTALOM

Oldal

Törvények

2007. évi XCVII. törvény A köziratokról, a közleveltárakról és a magánlevéltári anyag védelméről szóló 1995. évi LXVI. törvény módosításáról 858

2007. évi CI. törvény A döntéselőkészítéshez szükséges adatok hozzáférhetőségének biztosításáról 859

Kormányrendelet

182/2007. (VII. 10.) Korm. r. A központi elektronikus szolgáltató rendszerről 861

Miniszteri rendeletek

61/2007. (VII. 13.) FVM r. A vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint a vadászatról szóló 1996. évi LV. törvény végrehajtásának szabályairól szóló 79/2004. (V. 4.) FVM rendelet módosításáról 861

62/2007. (VII. 13.) FVM r. A Nemzeti Vidékfejlesztési Terv alapján a központi költségvetés, valamint az Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap Garancia Részlege társfinanszírozásában megvalósuló, az Európai Unió környezetvédelmi, állatjóléti és -higiéniai előírásainak való megfeleléshez nyújtott támogatás igénybevételének részletes szabályairól szóló 139/2004. (IX. 24.) FVM rendelet módosításáról 863

Miniszteri utasítás

17/2007. (K.V.Ért. 9.) KvVM utasítás a fejezeti kezelésű előirányzatok 2007. évi felhasználási szabályairól szóló 5/2007. (K.V.Ért. 3.) KvVM utasítás módosításáról 863

Közlemények

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Környezetminőségi Főosztály közleménye – Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a nagy tüzelőberendezések engedélyeztetése során 865

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Környezetminőségi Főosztály közleménye – Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a papírgyártás engedélyeztetése során. 1263

Helyesbítés

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Törvények

2007. évi XCVII. törvény a köziratokról, a közleveltárakról és a magánleveltári anyag védelméről szóló 1995. évi LXVI. törvény módosításáról*

1. § A köziratokról, a közleveltárakról és a magánleveltári anyag védelméről szóló 1995. évi LXVI. törvény (a továbbiakban: Ltv.) 3. §-a a következő *t)* ponttal egészül ki:

[3. § E törvény alkalmazása során]

„*t) önkormányzati hivatal:* a polgármesteri hivatal, a társult képviselő-testület közös hivatala, a körjegyzőség, a megyei önkormányzati hivatal és a fővárosi közgyűlés hivatala (Főpolgármesteri Hivatal).”

2. § Az Ltv. 10. §-a helyébe a következő rendelkezés lép:

„10. § (1) Egyedi iratkezelési szabályzatot ad ki:

a) a közfeladatot ellátó szerv – e törvényben foglalt kivételekkel – az illetékes közleveltárral egyetértésben,

b) a központi államigazgatási szerv a Magyar Országos Leveltárral, illetve az illetékes szakleveltárral és a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel egyetértésben,

c) az önkormányzati hivatal számára a jegyző (főjegyző) az illetékes közleveltárral és a területileg illetékes közigazgatási hivatallal egyetértésben.

(2) Egységes iratkezelési szabályzatot ad ki:

a) a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel, valamint a Magyar Országos Leveltárral, illetve az illetékes szakleveltárral egyetértésben

aa) a szakmai irányítást ellátó miniszter vagy a központi államigazgatási szerv vezetője a területi és helyi államigazgatási szervek, a Magyar Honvédség, valamint a rendvédelmi szervek (kivéve a polgári nemzetbiztonsági szolgálatok) részére,

ab) az igazságügyért felelős miniszter a közjegyzők és a bírósági végrehajtók, valamint ezek kamarái tekintetében,

b) az Országos Igazságszolgáltatási Tanács a bíróságok, a legfőbb ügyész az ügyészségek részére a Magyar Országos Leveltárral egyetértésben.

(3) A 10. § (1) bekezdés *b)* pontja és a 10. § (2) bekezdésének *aa)* alpontja szerinti iratkezelési szabályzatokat a szakmai irányítást ellátó miniszter vagy a központi államigazgatási szerv vezetője egységes iratkezelési szabályzatban összefoglalva is kiadhatja.

(4) Indokolt esetben a szakmai irányítást ellátó miniszter az állami és helyi önkormányzati intézmények meghatározott csoportja részére a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel, valamint a Magyar Országos Leveltárral egyetértésben egységes iratkezelési szabályzatot vagy egyedi iratkezelési szabályzatuk mellékletét képező egységes irattári tervet adhat ki.

(5) Az önkormányzati hivatalok számára az önkormányzatokért felelős miniszter a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel és a Magyar Országos Leveltárral egyetértésben minta irattári tervet ad ki.

(6) A jogi személyiséggel rendelkező önkormányzati társulás, az önkormányzatok többcélú kistérségi társulása (a továbbiakban együtt: önkormányzati társulások) a társulási megállapodásban foglalt esetben rendelkezik az iratkezelés szabályozásáról.

(7) A Magyar Országos Leveltár, illetőleg az illetékes közleveltár egyetértési joga az irattári tételek kialakításával és a nem selejtezhető irattári tételek kijelölésével, továbbá a nem selejtezhető iratok leveltári használatát befolyásoló előírásokkal összefüggő kérdésekre terjed ki.

(8) A Magyar Országos Leveltár az önkormányzati leveltárak véleményének előzetes kikérésével gyakorolja a bíróságok, ügyészségek, a központi államigazgatási szervek területi szervei, a rendvédelmi szervek szervezeti egységei és a helyi önkormányzati intézmények meghatározott csoportja részére készült iratkezelési szabályzatok és irattári tervek, illetve az önkormányzati hivatalok minta irattári terve kiadásával kapcsolatos egyetértési jogát.

(9) Az irattári terv az iratkezelési szabályzat szerves részét képezi, annak kötelező mellékleteként. Elfogadási rendje – kivéve az állami és helyi önkormányzati intézmények meghatározott csoportja részére kiadott egységes irattári terveket – nem válik el az iratkezelési szabályzattól.

(10) A központi államigazgatási szervek, az önkormányzati hivatalok és az önkormányzati társulások iratkezelési szabályzatai végrehajtásának ellenőrzési rendjét a 35/A. § (1) bekezdése szerinti kormányrendeletben a Kormány állapítja meg.”

3. § Az Ltv. 17. § (1) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(1) A Magyar Országos Leveltár központi általános leveltár. Illetékességi körébe tartozik a köztársasági elnöknek és hivatalának, az Országgyűlésnek és hivatalának, továbbá az országgyűlési biztosok hivatalainak, az Alkotmánybíróságnak, a 19. § (2) bekezdésében meghatározott kivétellel a központi államigazgatási szerveknek (a miniszterelnöknek és hivatalának, a minisztériumoknak, az autonóm államigazgatási szerveknek, a kormányhivataloknak, a központi hivataloknak és a rendvédelmi szervek országos parancsnokságainak), a polgári nemzetbiztonsági szolgálatoknak, valamint – a központi államigazgatási szervek területi szervei, a rendőrség, a határőrség, a polgári védelem, a vám- és pénzügyőrség, továbbá az állami és hivatásos önkormányzati tűzoltóság területi és helyi szervei és a büntetés-végrehajtási szervezet kivételével – a központi államigazgatási szervek közvetlen felügyelete és irányítása alatt működő egyéb állami szerveknek, a Legfelsőbb Bíróságnak, a Legfőbb Ügyészségnek, az Állami Számvevőszéknek és a Magyar Nemzeti Bank-

* A törvényt az Országgyűlés a 2007. június 25-i ülésnapján fogadta el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

nak, valamint mindezen szervek jogelődeinek levéltári anyaga, továbbá minden, levéltárral nem rendelkező országos köztestület és közalapítvány levéltári anyaga."

4. § (1) Az Ltv. 35. § (6) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

„(6) Felhatalmazást kap az önkormányzatokért felelős miniszter és a kultúráért felelős miniszter, hogy a köziratok kezelésének szakmai irányítását ellátó miniszterrel egyetértésben rendeletben állapítsák meg az önkormányzati hivatalok államigazgatási ügyekkel összefüggésben keletkezett iratai tárgyi alapú rendszerezését és megőrzési idejét."

(2) Az Ltv. 35. §-a a következő (10) és (11) bekezdéssel egészül ki:

„(10) Felhatalmazást kap a szakmai irányítást ellátó miniszter, hogy az állami és helyi önkormányzati intézmények meghatározott csoportja részére a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel, valamint a Magyar Országos Levéltárral egyetértésben egységes iratkezelési szabályzatot, vagy egyedi iratkezelési szabályzatuk mellékletét képező egységes irattári tervet adjon ki.

(11) Felhatalmazást kap az önkormányzatokért felelős miniszter, hogy az önkormányzati hivatalok számára, a köziratok kezelésének szakmai irányításáért felelős miniszterrel és a Magyar Országos Levéltárral egyetértésben minta irattári tervet adjon ki."

5. § (1) E törvény 2007. augusztus 1-jén lép hatályba, rendelkezéseit az ezt követően készített és a 2008. január 1. napját követően hatályba léptetni kívánt iratkezelési szabályzatok és irattári tervek vonatkozásában kell alkalmazni.

(2) E törvény hatálybalépésével egyidejűleg

a) hatályát veszti a köziratokról, a közleveltárakról és a magánleveltári anyag védelméről szóló 1995. évi LXVI. törvény módosításáról szóló 2005. évi CXLIX. törvény 4. §-a,

b) a köziratokról, a közleveltárakról és a magánleveltári anyag védelméről szóló 1995. évi LXVI. törvény módosításáról szóló 2005. évi CXLIX. törvény 7. § (2) bekezdés *c)* pontjában a „2008. január 1-jétől" szövegrész helyébe „2009. január 1-jétől" szövegrész lép.

(3) 2007. december 31-én hatályát veszti az Ltv. 19. § (1) bekezdésében a „Központi Statisztikai Hivatal Levéltára" szövegrész, 19. § (2) bekezdésének *b)* pontja, valamint a statisztikáról szóló 1993. évi XLVI. törvény 6. § (1) bekezdésének *l)* pontjában az „és szaklevéltár" szövegrész.

Sólyom László s. k.,
köztársasági elnök

Dr. Szili Katalin s. k.,
az Országgyűlés elnöke

2007. évi CI. törvény a döntéselőkészítéshez szükséges adatok hozzáférhetőségének biztosításáról*

– Kötelessége az államnak és az államigazgatási szerveknek, hogy a gazdaságra és a társadalmi folyamatokra kiható döntéseiket előzetesen mérlegeljék, eredményüket utólagosan vizsgálják.

– Racionális és igazságos döntéseket az állami szervek is csak a tények és a következmények alapos ismeretében hozhatnak.

– Empirikus kutatásokkal alátámasztott hatásvizsgálatok nyújthatnak segítséget a döntési alternatívák közötti választásban, a hatékonyság és a célszerűség érvényesítésében.

– Igazságossági szempontú elemzéseket kell végezni a társadalompolitikai jelentőségű szabályozások előkészítése során.

– Felismerve e feladatok teljesítésére irányuló törekvések elősegítésének szükségességét, az Országgyűlés a következő törvényt alkotja:

1. § A költségvetési szerv és a többségi állami tulajdonban lévő gazdálkodó szervezet (a továbbiakban: adatkezelő) a kezelésében lévő közérdekű adatot 15 napon belül, költségtérítés megállapítása nélkül továbbítja az ezt igénylő központi államigazgatási szervnek.

2. § (1) Az állami vezető és a kormányhivatal vezetője jelentős társadalmi, vagy gazdasági hatású, és különösen az európai uniós kötelezettségek teljesítését érintő döntések előkészítése érdekében kérheti, hogy az adatkezelő a kezelésében lévő személyes adatról, adótitokról, vagy egyedi statisztikai adatról készített másolatot visszafordíthatatlan módon úgy módosítsa, hogy az az érintettel ne legyen kapcsolatba hozható, és kérheti a személyes vagy bizalmas jellegétől így megfosztott adat 1. § szerinti átadását.

(2) Az adatkérő erre irányuló kérése esetén az adatkezelő köteles a módosítást olyan módon elvégezni, ami a kutatási cél megvalósítását a lehető legkevésbé korlátozza.

(3) Az adatkezelő köteles megtagadni a kért adatok átadását, ha az adatokat nem lehetséges megfosztani személyes adat jellegüktől. A kérelem részleges vagy teljes megtagadását az adatkezelő köteles írásban megindokolni és egyidejűleg értesíteni az adatbázis létrehozásáért felelős szervet.

(4) Az adatkezelő az adatok átadásával egyidejűleg tájékoztatja az adatbázis létrehozásáért felelős szervet az adatkérő megnevezéséről, az adatkérés és teljesítés dátumáról és költségéről, és az átadott adatkörről.

* A törvényt az Országgyűlés a 2007. június 25-i ülésnapján fogadta el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3. § (1) Az adatkérő köteles az adatok módosításával, csoportosításával, valamint az adatátadásnak a kezelés formátumától eltérő formátumú teljesítésével összefüggésben felmerülő, az adatkezelő által – részletes költségkimutatás alapján – megállapított költségeket előzetesen megtéríteni.

(2) Az adatkezelő és az adatkérő megállapodásukban a költségek viselését, az adatátadás határidejét az e törvényben foglaltaktól eltérően is rendezhetik.

4. § (1) A miniszter és a kormányhivatal vezetője kérheti, hogy egyes, személyes adatot vagy egyedi statisztikai adatot adóazonosító jellel, társadalombiztosítási azonosító jellel, személyazonosító jellel, vagy névvel és lakcímmel együtt kezelő költségvetési szervek adatbázis készítésére alkalmas módon adják át az alanyával kapcsolatba nem hozható, a 2. § szerint módosított adatot.

(2) Az (1) bekezdés szerinti adatátadást az adatbázis létrehozásáért felelős szerv részére, az általa megállapított kódképzési módszer alapján meghatározott anonim kapcsolati kóddal és mintavételi eljárással kell teljesíteni.

(3) Az adatok összekapcsolását az adatbázis létrehozásáért felelős szerv végzi oly módon, hogy a különböző adatkezelőktől azonos módszerrel képzett kapcsolati kóddal veszi át az adatokat.

(4) Adatok összekapcsolásával létrehozott adatbázis esetén az anonim kapcsolati kód képzésének módszerét úgy kell meghatározni, hogy az alapját képező személyazonosító adatok kezelésére valamennyi, az adatátadás céljából megkeresett adatkezelő jogosult legyen.

(5) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv kérésére az egyik adatkezelő szerv mintát vesz az általa kezelt adatbázisból, és annak kapcsolati kódjait átadja az adatbázis létrehozásáért felelős szervnek.

(6) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv az (5) bekezdés szerinti minta anonim kapcsolati kódjait, az ehhez tartozó adatok nélkül átadja az (1) bekezdés szerinti adatkérésben megjelölt többi adatkezelőnek.

5. § (1) Az anonim kapcsolati kód képzésének módszerét és a kódképzés alapját az adatbázis létrehozásáért felelős szerv úgy határozza meg, hogy

a) a kódképzés alapját nem képezhetik olyan személyazonosító adatok, amelyek kezelésére az adatkérő jogosult,

b) a kódképzés alapját nem képezhetik olyan személyazonosító adatok, amelyek kezelésére az adatbázis létrehozásáért felelős szerv jogosult,

c) a kódképzés konkrét módszere tartalmazzon egyedi, véletlenszerűen megállapított elemet.

(2) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv a kódképzés módszerét csak az adatkezelő szerveknek továbbíthatja. A továbbítás után a kódképzés módszerét haladéktalanul törölni kell.

(3) Az adatkezelő szerv a kódképzés módszerét nem továbbíthatja, és azt a kapcsolati kódok képzése után haladéktalanul törölnie kell.

(4) Az adatkezelő szerv a kapcsolati kódokat az adatok átadása után haladéktalanul törli.

(5) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv az adatátadásra 5 napos időintervallumot határoz meg. Az ezen időintervallumon kívül érkezett adatokat a többi adattal össze nem kapcsolhatja, azok kapcsolati kódját haladéktalanul törli.

(6) Az adatbázis létrehozásáért felelős szervnek az összekapcsolást követően az anonim kapcsolati kód és az átvett adatok közötti kapcsolatot helyreállíthatatlanul meg kell szüntetnie és az anonim kapcsolati kódot haladéktalanul törölnie kell.

6. § Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv tevékenységét, az adatigénylés, adatátadás és adat-összekapcsolás jogszerűségét és az anonim kapcsolati kód képzésének módszerét az adatvédelmi biztos a személyes adatok védelméről és a közérdekű adatok nyilvánosságáról szóló törvényben meghatározott eljárásban előzetesen is ellenőrizheti.

7. § (1) A 2. § szerinti adatkérés esetén az adatkezelő, a 4. § szerinti kapcsolás esetén az adatbázis létrehozásáért felelős szerv az adatok átadása előtt a természetes személy lakcímére vonatkozó adatot úgy módosítja, hogy abból az érintett lakóhelye a kistérségnél pontosabban ne legyen megállapítható.

(2) A 2. és a 4. § szerinti adatátadás esetében adatkezelőnként legalább száz főt eredményező mintát kell venni. A teljes népességre vonatkozó adatbázisok esetében a minta nem haladhatja meg a teljes sokaság 50%-át.

(3) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv az (1) bekezdés szerinti művelet elvégzése után az adatbázist megküldi a 4. § (1) bekezdése szerinti adatkérőnek.

(4) Az adatbázis létrehozásáért felelős szerv honlapján kereshető formában közzéteszi az adatkéréseket: az adatkör leírását, kezelőit, a 2. § (1) és a 4. § (1) bekezdése szerinti adatkérő megnevezését, valamint az adatkérés és a megtagadás vagy a teljesítés dátumát.

(5) A 2. § (1) bekezdése és a 4. § (1) bekezdése szerinti adatátadás az adatkérő által irányított vagy felügyelt költségvetési szerv részére is történhet.

8. § (1) E törvény alkalmazásában

a) anonim kapcsolati kód: az ugyanazon személyre vonatkozó személyazonosító adatokból olyan, véletlenszerű elemet is tartalmazó módszerrel képzett karaktersor,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

amellyel ugyanazokból az adatokból mindig ugyanaz a karaktersor jön létre, de amely eredményeképpen létrejött karaktersorból a személyazonosító adatok nem állíthatók helyre;

b) kistérség: a települési önkormányzatok többcélú kistérségi társulásáról szóló törvény szerinti kistérség, Budapest esetében a kerület.

(2) Az e törvényben foglaltak nem alkalmazhatóak a külön törvény szerinti minősített adatokra, illetve azokra a közérdekű adatokra, amelyeknek megismerhetőségét nemzetbiztonsági érdekből külön törvény korlátozza.

9. § Az adózás rendjéről szóló 2003. évi XCII. törvény 53. §-a a következő (4) bekezdéssel egészül ki:

„(4) Az (1) bekezdésben meghatározott adatkörön belül nem minősül adótitoknak a nyilvános cégadat, a céginformációs és az elektronikus cégeljárásban közreműködő szolgálattól kérhető adat, valamint az az adat, amely alanyával (adóalannyal vagy adózóval) nem hozható kapcsolatba."

10. § (1) Az egészségügyi és a hozzájuk kapcsolódó személyes adatok kezeléséről és védelméről szóló 1997. évi XLVII. törvény (a továbbiakban: Eüak.) 4. § (2) bekezdés *d)* pontja helyébe az alábbi rendelkezés lép:

„*d)* hatásvizsgálati célú anonimizálás és tudományos kutatás,"

(2) Az Eüak. 22. § (6) bekezdése helyébe az alábbi rendelkezés lép:

„(6) Az (5) bekezdés szerinti adatokat azok felvételétől számított tíz évig, amennyiben az adatkezeléssel érintett ügyben bírósági eljárás indult, akkor az ügy lezárásának időpontjáig lehet kezelni. Ezt követően az adatokat meg kell fosztani a személyes azonosítás lehetőségétől."

11. § Felhatalmazást kap a Kormány, hogy

a) az adatbázis létrehozásáért felelős szervet rendeletben jelölje ki,

b) az adatbázis létrehozásáért felelős szerv közreműködésével kapcsolatos részletes szabályokat rendeletben határozza meg,

c) rendeletben további – a 2. § (1) bekezdése és a 4. § (1) bekezdése szerinti – adatkérésre jogosultat határozzon meg.

12. § (1) E törvény – a (2) bekezdésben foglalt kivétellel – a kihirdetését követő 15. napon lép hatályba.

(2) E törvény 4–6. §-a, 7. § (3) bekezdése és a 8. § (1) bekezdés *a)* pontja a kihirdetését követő ötödik hónap első napján lép hatályba.

Sólyom László s. k.,
köztársasági elnök

Dr. Szili Katalin s. k.,
az Országgyűlés elnöke

Kormányrendelet

A Kormány
182/2007. (VII. 10.) Korm.
rendelete
a központi elektronikus szolgáltató
rendszerről

* A kormányrendelet teljes szövege a Magyar Közlöny 2007. évi 92. számában található.

Miniszteri rendeletek

A földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter
61/2007. (VII. 13.) FVM
rendelete
a vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint
a vadászatról szóló 1996. évi LV. törvény
végrehajtásának szabályairól szóló
79/2004. (V. 4.) FVM rendelet módosításáról

A vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint a vadászatról szóló 1996. évi LV. törvény 100. § (1) bekezdésének *a)* pontjában kapott felhatalmazás alapján, valamint a földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter feladat- és hatásköréről szóló 162/2006. (VII. 28.) Korm. rendelet 1. § *k)* pontjában meghatározott feladatkörömben eljárva a következőket rendelem el:

1. §

A vad védelméről, a vadgazdálkodásról, valamint a vadászatról szóló 1996. évi LV. törvény végrehajtásának szabályairól szóló 79/2004. (V. 4.) FVM rendelet (a továbbiakban: R.) a következő 27/A. §-sal egészül ki:

„27/A. § (1) Amennyiben nincs más kielégítő megoldás, a vadászati hatóság a döntést az alábbi esetekben hozhatja meg:

a) a Vtv. 28. § (4) bekezdése esetében a közegészség és közbiztonság, vagy a légi közlekedés biztonsága, vagy a mezőgazdasági hasznosítású növények és állatok, az erdők, a halgazdaságok és a vizek súlyos károsodásának megelőzése, vagy a növény- és állatvilág természetvédelmi célú védelme érdekében, valamint az állományfeljavítás, a visszatelepítés és az ezekhez szükséges tenyésztés céljából;

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

b) a Vtv. 30. § (2) bekezdése esetében a közegészség és közbiztonság, vagy a mezőgazdasági hasznosítású növények és állatok, az erdők, a halgazdaságok és a vizek súlyos károsodásának megelőzése vagy a növény- és állatvilág természetvédelmi célú védelme érdekében, valamint az állományfeljavítás, a visszatelepítés és az ezekhez szükséges tenyésztés céljából;

c) a Vtv. 38. § (3) bekezdésének *a)* és *d)* pontja esetében a közegészség és közbiztonság, vagy a légi közlekedés biztonsága, vagy a mezőgazdasági hasznosítású növények és az állatok, az erdők, a halgazdaságok és a vizek súlyos károsodásának megelőzése vagy a növény- és állatvilág természetvédelmi célú védelme érdekében, valamint a kutatás és oktatás, az állományfeljavítás, a visszatelepítés és az ezekhez szükséges tenyésztés céljából;

d) a Vtv. 39. § (3) bekezdése esetében a közegészség és közbiztonság, vagy a légi közlekedés biztonsága, vagy a mezőgazdasági hasznosítású növények és állatok, az erdők, a halgazdaságok és a vizek súlyos károsodásának megelőzése vagy a növény- és állatvilág természetvédelmi célú védelme érdekében.

(2) Az (1) bekezdés szerinti döntésben meg kell határozni:

a) azt a vadfajt és az egyedek számát, amelyre a döntés vonatkozik,

b) a befogás vagy elejtés engedélyezett módját, eszközeit,

c) azt a területet, ahol a döntésben foglalt tevékenység gyakorolható,

d) a döntés érvényességi idejét.

(3) A vadászati hatóság meghatározott esetekben az engedélyes (kötelezett) részére a döntésben foglaltak végrehajtásáról jelentéstételi kötelezettséget is előírhat."

2. §

(1) Az R. 45. § (1) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

„45. § (1) A vadászható madárfajok jogszerűen elejtett, befogott egyedeit szállítani és értékesíteni, az ország területéről kivinni, az országba behozni, valamint az ország területén átszállítani úgy szabad, ha a madár legalább egyik szárnyán a vadfaj meghatározásához szükséges mértékben a tollazatot meghagyták."

(2) Az R. 45. § (2) bekezdése a következő második mondattal egészül ki:

„Ezen cselekmények az egyéb vadászható madárfajok esetében csak a jogszerűen elejtett, befogott egyedekkel végezhetők."

3. §

Az R. 52. § (3)–(5) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

„(3) A vadászati engedéllyel rendelkező vadász vadászatát – a vadászat megkezdése előtt legalább huszonnégy órával – a jogosultnak kell bejelentenie az érintett vadászterület szerint illetékes vadászati, valamint védett természeti terület esetében a természetvédelmi hatósághoz.

(4) A vadászati engedéllyel rendelkező vadász apróvadra szervezett vadászatát – a vadászat megkezdése előtt legalább huszonnégy órával – a jogosult védett természeti területen kívül is köteles bejelenteni az illetékes természetvédelmi hatósághoz.

(5) Ha a vadászati engedéllyel rendelkező vadász ragadozó madárral folytat vadászatot, a kérelemhez mellékelni kell az illető ország hatósága által a ragadozó madár tartására kiadott engedélyt, továbbá a behozatalára külön jogszabály által kiadott engedélyt."

4. §

Az R. 5. számú melléklete e rendelet *melléklete* szerint módosul.

5. §

Ez a rendelet a kihirdetését követő 8. napon lép hatályba, egyidejűleg hatályát veszti az R. 14/A. § (4)–(6) bekezdés, 19. § (3) bekezdés, 24. § (2) bekezdés második mondata, 24. § (5) bekezdés, 25. §, 27. § (5) bekezdés, 42. §, 43. § (1) bekezdés hatodik mondata, 47. § (2) bekezdés harmadik mondata, 47. § (3) bekezdés második mondata, 52. § (6) bekezdés, 63. § (2) bekezdés második mondata, 66. § (1) bekezdés harmadik mondata, 75/A. § (1) bekezdés.

6. §

Ez a rendelet a vadon élő madarak védelméről szóló, 1979. április 2-i 79/409/EGK tanácsi irányelv 6. cikke (1) és (2) bekezdésének, valamint 9. cikke (1) és (2) bekezdésének való megfelelést szolgálja.

Gráf József s. k.,
földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter

Melléklet
a 61/2007. (VII. 13.) FVM rendelethez

Az R. 5. számú mellékletének 5. pontja helyébe a következő rendelkezés lép:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(I. VADÁSZATI IDÉNYEK)

„5. Az erdei szalonkára csak húzáson lehet vadászni. A miniszter határozattal az erdei szalonka elejtésének védelmére vadgazdálkodási körzetenként hasznosítási kvótákat állapít meg, amely országosan az évente átvonuló erdei szalonkák mennyiségének 1%-át nem haladhatja meg. Az erdei szalonka vadászatát a vadászati hatóság – a vadgazdálkodási körzetenkénti hasznosítási kvótával összhangban – engedélyezi, amely nem haladhatja meg vadászterületenként az adott idényben elejthető mennyiséget. Naponta, személyenként legfeljebb 4 darab erdei szalonkát szabad elejteni. A vadászati hatóság az engedélyekben foglaltak betartását köteles ellenőrizni."

A földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter 62/2007. (VII. 13.) FVM rendelete a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv alapján a központi költségvetés, valamint az Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap Garancia Részlege társfinanszírozásában megvalósuló, az Európai Unió környezetvédelmi, állatjóléti és -higiéniai előírásainak való megfeleléshez nyújtott támogatás igénybevételének részletes szabályairól szóló 139/2004. (IX. 24.) FVM rendelet módosításáról*

Miniszteri utasítás

A környezetvédelmi és vízügyi miniszter 17/2007. (K.V.Ért. 9.) KvVM utasítása a fejezeti kezelésű előirányzatok 2007. évi felhasználási szabályairól szóló 5/2007. (K.V.Ért. 3.) KvVM utasítás módosításáról

Az államháztartásról szóló 1992. évi XXXVIII. törvény (a továbbiakban: Áht.) 49. §-ának *o)* pontja alapján, az államháztartás működési rendjéről szóló 217/1998. (XII. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Ámr.) rendelkezéseivel összhangban – az államháztartásért felelős miniszterrel egyetértésben – a következőket rendelem el:

1. §

(1) A fejezeti kezelésű előirányzatok 2007. évi felhasználási szabályairól szóló 5/2007. (K.V.Ért. 3.) KvVM utasítás (a továbbiakban: Ut.) 2. §-a (1) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(1) A fejezeti kezelésű előirányzatok felhasználására a munkatervi, illetve kiemelt feladatokkal összhangban – a (2) bekezdésben meghatározott kivétellel – feladattervet kell készíteni. A feladattervet, valamint annak módosításait – a (3) bekezdésben meghatározott kivétellel – a koordinátor készíti elő és a Költségvetési és Beruházási Főosztály (a továbbiakban: KBF) vezetője terjeszti elő jóváhagyásra a miniszter részére."

(2) Az Ut. 2. §-a (5) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(5) A fejezeti kezelésű előirányzatokból tervezett informatikai fejlesztést a koordinátornak az Ágazati informatikai koordinációs osztály vezetőjével, a kutatást, műszaki fejlesztést a Kutatási, oktatási és innovációs osztály vezetőjével, a kommunikációs tartalmú, valamint kiadványokkal kapcsolatos feladatokat, társadalmi szervezetekkel kötött támogatási szerződéseket a Kommunikációs és koordinációs főosztály vezetőjével egyeztetnie kell."

(3) Az Ut. 2. §-a (7) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(7) Az előirányzatok fejezeti közvetlen felhasználása (fejezeti bankszámláról való átutalások teljesítése) esetén kötelezettségvállaló és utalványozó a koordinátor, ellenjegyző a KBF vezetője. A kötelezettségvállalásokat és az Ámr. szerinti előzetes kötelezettségvállalásokat a koordinátor a kötelezettségvállalást követő 5 munkanapon belül köteles bejelenteni a KBF vezetője részére, aki haladéktalanul intézkedik a szükséges adatoknak a Magyar Államkincstár (a továbbiakban: Kincstár) részére történő bejelentésről."

(4) Az Ut. 2. §-a (10) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(10) A jóváhagyott felhasználási terv megvalósításakor, amennyiben más fejezet központi költségvetési szerve részére fejezetek közötti előirányzat átcsoportosítás szükséges, a fejezetek közötti megállapodást a koordinátor készíti elő és a KBF vezetője terjeszti elő jóváhagyásra a környezetgazdasági szakállamtitkár részére."

(5) Az Ut. 2. §-a (12)–(13) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(12) A feladatfinanszírozás, illetve beruházásfinanszírozás alá tartozó előirányzatok kincstári okmányainak megnyitásához Áht. 93. § (7) bekezdésének végrehajtásaként a maradvány felhasználását a miniszter engedélyezi. A jóváhagyást követően szükséges technikai előirányzat módosítás és a Kincstár felé történő intézkedés a KBF vezetőjének feladata.

(13) A feladatfinanszírozás, illetve beruházásfinanszírozás alá nem tartozó fejezeti kezelésű előirányzatok köte-

* A rendelet teljes szövege a Magyar Közlöny 2007. évi 94. számában található.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

lezettségvállalással terhelt maradványa esetében az Áht. 93. § (7) bekezdésének végrehajtásaként az áthúzódó kötelezettségek teljesítése érdekében az egyes kifizetésekkel megegyezően szükséges technikai jellegű előirányzat módosítást a koordinátor javaslatára a KBF vezetője nyilvántartásba vételre bejelenti a Kincstárnak."

2. §

(1) Az Ut. 3. §-a (3)–(5) bekezdésének helyébe a következő rendelkezés lép:

„(3) A Feladatfinanszírozási Engedélyokiratot a Fejezeti költségvetési osztály készíti el. A feladatfinanszírozás körébe tartozó fejezeti kezelésű előirányzatok esetében a Feladatfinanszírozási Engedélyokirattal érintett részfeladat engedélyezésére a környezetgazdasági szakállamtitkár, annak ellenjegyzésére a KBF vezetője jogosult.

(4) Valamennyi beruházási előirányzat Beruházás Finanszírozási Alapokmányát és a hozzá tartozó létesítményjegyzéket a megvalósító intézmény állítja ki, melyet az illetékes szakágazati főosztálynak küld meg, amely intézkedik a szakmai, tartalmi és stratégiai ellenőrzésről, majd annak jóváhagyásáról. Ezt követően továbbítja a KBF vezetője részére, aki gondoskodik annak pénzügyi ellenőrzéséről.

(5) A (4) bekezdés szerint elkészített Beruházás Finanszírozási Alapokmányok engedélyezésére a (6) bekezdésben foglaltak figyelembevételével – a koordinátorok jogosultak, azok ellenjegyzője pedig a KBF vezetője."

(2) Az Ut. 3. §-a (6) bekezdésének *c)* pontja helyébe a következő rendelkezés lép:

[A vízügyi szakállamtitkár hatáskörébe tartozó beruházások esetében az alábbiakban megjelölt rendelkezésre jogosult személy legfeljebb nettó 300 millió forintig kötelezettségvállalásra való jogosultságot kaphatnak.]

„*c)* a 10/1/19 EU Víz Keretirányelv végrehajtásának feladatai fejezeti kezelésű előirányzat tekintetében a Vízgyűjtőgazdálkodási és vízvédelmi főosztály vezetője."

3. §

Az Ut. 4. §-a (2)–(3) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

„(2) A bevételi többletek felhasználására a koordinátor tesz javaslatot, amelyet a KBF főosztály vezetőjének előterjesztésében a környezetgazdasági szakállamtitkár hagy jóvá.

(3) A nemzetközi segélyprogramok keretében létesített előirányzatok (Phare, Átmeneti támogatás) többletbevételei (deviza, általános forgalmi adó visszatérítés) miatt szükségessé váló előirányzat módosításokról a KBF vezetője saját hatáskörben intézkedik a Kincstár felé."

4. §

Az Ut. 5. §-a (6)–(7) bekezdése helyébe a következő rendelkezés lép:

„(6) Behajthatatlan követelés esetén a KBF vezetője évente egyszer, december 15-ig előterjesztést készít annak lemondásáról, amelyet a környezetgazdasági szakállamtitkár hagy jóvá.

(7) Az új fejezeti kezelésű előirányzatnak fejezeti hatáskörben, év közben történő létesítését – a (8) bekezdésben meghatározott eset kivételével – a KBF vezetője előterjesztésében a miniszter hagyja jóvá.

5. §

Az Ut. Melléklete 2.12. pontja helyébe a következő rendelkezés lép:

„2.12. Országos Környezeti Kármentesítési Program végrehajtása (10/2/39)

Az 1996. évben Korm. határozat alapján indított, a felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet által szabályozott Országos Környezeti Kármentesítési Program (OKKP) keretében a KvVM feladata – a program általános és országos feladatainak ellátása mellett – a KvVM felelősségi körébe tartozó, ill. kormánydöntés értelmében a KvVM által irányított kármentesítési beruházási feladatainak ellátása.

Kiemelt feladata a tárcának a Metallochemia és környezete kármentesítése projekt végrehajtása [1063/2004. (VI. 28.) Korm. határozat], illetve a Budafok barlanglakások területén folyamatban lévő környezeti kármentesítési munkák elvégzése.

Az előirányzat felhasználására, illetve az OKKP működtetésére vonatkozó részletes szabályokat külön miniszteri utasítás tartalmazza.

Az előirányzat koordinátora a vízügyi szakállamtitkár."

6. §

Az utasítás a kiadmányozás napján* lép hatályba, rendelkezéseit a folyamatban lévő ügyekben is alkalmazni kell.

Dr. Fodor Gábor s. k.,
környezetvédelmi és vízügyi miniszter

---

* A kiadmányozás napja: 2007. július 30.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Közlemények

Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium

Környezetminőségi Főosztály

Útmutató

AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ

A

NAGY TÜZELŐBERENDEZÉSEK

ENGEDÉLYEZTETÉSE SORÁN

2007

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS **868**

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK **870**

1 ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK **872**

1.1 Bevezetés a BAT alkalmazásához **872**

1.2 BAT alkalmazása meglévő és új üzemek esetén **873**

1.3 Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők **874**

1.4 Az engedélykérelem **875**

1.5 Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmények **875**

1.6 Az ágazat magyarországi helyzetének bemutatása **876**

1.6.1 Az ágazat sajátosságai *876*

1.6.2 Az ágazat termelési, műszaki jellemzői *878*

1.7 Az ágazat főbb környezeti hatásai **881**

1.7.1 Általános hatások *881*

1.7.2 Az ágazat kibocsátásai *883*

2 TÜZELÉSTECHNIKAI, ERŐMŰVI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI ALAPISMERETEK **895**

2.1 Tüzeléstechnikai alapismeretek **895**

2.1.1 Az égés alapelve *895*

2.1.2 A hagyományos tüzelési eljárások elvi alapjai *896*

2.2 Erőművek felépítése és működése **898**

2.2.1 Gőz körfolyamatú erőművek felépítése és működése *899*

2.2.2 Közvetlen energiaátalakítás *903*

2.2.3 Kapcsolt energiatermelés *906*

2.2.4 Hatásfokok *907*

2.2.5 Különböző alaptechnológiájú erőművek fajlagos költségei *912*

2.3 Kibocsátás-csökkentési alapismeretek **914**

2.3.1 Elsődleges intézkedések az emissziók csökkentésére *914*

2.3.2 Szilárd anyag kibocsátást csökkentő technikák *916*

2.3.3 A kén-oxid kibocsátás csökkentésének technikái *926*

2.3.4 A nitrogén-oxid emissziók csökkentésének technikái *946*

2.3.5 Kombinált technikák a kén- és a nitrogén-oxid emisszió csökkentésére *968*

2.3.6 Fémek (nehézfémek) emissziójának csökkentése *973*

2.3.7 A szén-monoxid és az elégetlen szénhidrogének kibocsátását csökkentő technikák *977*

2.3.8 A halogén-kibocsátás csökkentésének technikái *978*

2.3.9 Üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése *979*

2.3.10 A vízbe történő kibocsátások csökkentésének technikái *982*

2.3.11 A talaj terhelés csökkentése *987*

2.3.12 Zajkibocsátás csökkentésére irányuló intézkedések *988*

2.3.13 Hűtési technikák *990*

2.3.14 A kibocsátások ellenőrzése és jelentése *991*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3 TÜZELÉSTECHNIKAI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI TECHNOLÓGIÁK BEMUTATÁSA 996

3.1 Szén és lignit tüzelése és a kibocsátások kezelése 996

3.1.1 Alkalmazott tüzeléstechnikai megoldások szén és lignit tüzelése esetén 996

3.1.2 Kibocsátások szén és lignit tüzelése esetén 1023

3.1.3 Kibocsátások csökkentésének technológiái 1030

3.1.4 Az elérhető legjobb technika – BAT – szén és lignit használata esetén 1038

3.2 Folyékony tüzelőanyagok tüzelése és a kibocsátások kezelése 1062

3.2.1 Alkalmazott tüzeléstechnikai megoldások folyékony tüzelőanyagok esetén 1062

3.2.2 Kibocsátások folyékony tüzelőanyagok esetén 1074

3.2.3 Kibocsátások csökkentésének technológiái 1078

3.2.4 Az elérhető legjobb technika – BAT – folyékony tüzelő anyagok használata esetén 1089

3.3 Gáznemű tüzelőanyagok tüzelése és a kibocsátások kezelése 1113

3.3.1 Alkalmazott tüzeléstechnikai megoldások gáznemű tüzelőanyagok esetén 1113

3.3.2 Kibocsátások gáznemű tüzelőanyag esetén 1140

3.3.3 Kibocsátások csökkentésének technológiái 1143

3.3.4 Az elérhető legjobb technika – BAT – gáztüzelésű erőművekben 1148

3.4 Biomassza tüzelése és a kibocsátások kezelése 1160

3.4.1 Alkalmazott tüzeléstechnikai megoldások biomassza tüzelőanyagok esetén 1160

3.4.2 Kibocsátások biomassza tüzelőanyagok esetén 1173

3.4.3 Kibocsátások csökkentésének technológiái 1176

3.4.4 Az elérhető legjobb technikák – BAT – biomassza tüzelésénél 1194

3.5 Másodlagos tüzelőanyagok együttégetése és a kibocsátások kezelése 1209

3.5.1 Alkalmazott tüzeléstechnikai megoldások másodlagos tüzelőanyagok esetén 1210

3.5.2 Általános hatások és kibocsátások 1218

3.5.3 Kibocsátások csökkentésének technológiái 1224

3.5.4 Az elérhető legjobb technikák –BAT – ismertetése 1232

4 KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK 1236

4.1 ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK 1237

5 HATÁRÉRTÉKEKKEL KAPCSOLATOS MAGYAR JOGSZABÁLYOK – 2006. ÁPR. . 1240

6 FORRÁSJEGYZÉK 1242

7 ÁBRAJEGYZÉK 1244

8 TÁBLÁZATJEGYZÉK 1247

9 MELLÉKLETEK 1251

9.1 Melléklet – A Környezetvédelmi engedélyezés folyamata 1251

9.2 Melléklet – A BAT alkalmazásával egyes üzemek által elért kibocsátási szintek valamint a nagy tüzelőberendezések technológiai kibocsátási határértékeit Magyarországon meghatározó hazai jogszabály, a 10/2003. (VII.11.) KvVM rendeletben lévő határértékek összehasonlítása 1257

9.3 A BAT szerinti szintek és a 10/2003. (VII.11.) KVvM rendelet által megszabott technológiai kibocsátási határértékek összehasonlítása 1258

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BEVEZETÉS

Ez az Útmutató a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) megbízásából készült a nagy tüzelőberendezések környezetvédelmi jellegű engedélyezési eljárásai során az elérhető legjobb technikák meghatározásához, 2004-2006-ban.

Az Útmutató az Európai Unió által 2005. májusában kiadott Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants című dokumentum alapján készült, értelmezve illetve kiegészítve az abban foglaltakat a magyarországi körülményekre.

Az Útmutató elkészítését az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Környezethasználati Osztálya irányította. *Témavezető: Babcsány Ildikó*.

A szakmai koordinálást, a munkacsoportok által kidolgozott anyagok összeszerkesztését és lektorálását az ERBE ENERGETIKA Kft. végezte. *Projektvezető: Rudi Zsuzsanna*.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő szakértők:

Szén és lignit tüzelőanyag munkacsoport:

Kondás István	*Mátrai Erőmű ZRt.*
Nagy László	*Vértesi Erőmű ZRt.*

Folyékony tüzelőanyag munkacsoport:

Major Balázs	*Budapesti Erőmű ZRt.*
Nagy János	*Magyar Villamos Művek ZRt.*
Szabó János	*Magyar Villamos Művek ZRt.*

Gáz tüzelőanyag munkacsoport:

Dr. Korényi Zoltán	*EON-Hungária ZRt.*
Leveles Beáta	*Csepeli Áramtermelő Kft.*
Major Balázs	*Budapesti Erőmű ZRt.*
Zsömbör István	*EMA-POWER Energia Termelő és Szolgáltató Kft.*
Frindt Péter	*Dunamenti Erőmű ZRt.*
Kiss Péter	*AES-Tisza Erőmű Kft.*

Biomassza tüzelőanyag munkacsoport:

Hohol Gábor	*AES-Tisza Erőmű Kft*
Kondás István	*Mátrai Erőmű ZRt.*
Nagy László	*Vértesi Erőmű ZRt.*
Rudolf Péter	*Pannon Hőerőmű ZRt.*
Rudi Zsuzsanna	*ERBE ENERGETIKA Kft.*
Szellem Béla	*Bakonyi Bioenergia Kft.*

Másodlagos tüzelőanyag munkacsoport:

Kondás István	*Mátrai Erőmű ZRt.*
Hilger Miklós	*Magyar Cementipari Szövetség*
Zsömbör István	*EMA-POWER Energia Termelő és Szolgáltató Kft.*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az Útmutató kidolgozását támogató partnerek:

Az Útmutató kidolgozásába bevonásra kerültek a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek (zöldhatóságok) is.

Az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Környezethasználati Osztálya információs központként működik a hatóságok, a cégek és a nyilvánosság számára az IPPC (egységes környezethasználati engedélyezési eljárás) és az elérhető legjobb technikák magyarországi bevezetése és alkalmazása kapcsán felmerülő kérdéseket illetően.

A Környezethasználati Osztály telefonon az (1) 2249-140, 2249-167, 2249-168, faxon az (1) 2249-274 számon, e-mailen pedig az ippc@mail.kvvm.hu címen érhető el.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatók a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján: www.ippc.hu is.

Az IPPC hatálya alá eső cégek számára javasolt, hogy az engedélykérelem elkészítésekor először a területileg illetékes zöldhatósággal vegyék fel a kapcsolatot.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

RÖVIDÍTÉSJEGYZÉK

AFBC	Atmospheric Fluidised Bed Combustion	atmoszférikus fluidágyas tüzelés
BAT	Best Available Techniques	elérhető legjobb technikák
BBF	Biased Burner Firing	ferde égőfej
BFBC	Bubbling Fluidised Bed Combustion	buborékos fluidágyas tüzelés
BOD	Biologocal Oxygen Demand	BOI – Biológiai oxigén igény
BOOS	Burner Out Of Service	használaton kívüli égő
BREF	BAT Reference Document	BAT Referencia dokumentum
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine	KCG – Kombinált ciklusú gázturbina
CEN	Comité Européen de Normalisation	Európai Szabványügyi Bizottság
CFBC	Circulation Fluidised Bed Combustion	cirkulációs fluidágyas tüzelés
CHP	Combined Heat and Power (cogeneration)	kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés
COD	Chemical Oxygen Demand	KOI – Kémiai oxigén igény
DBB	Dry Bottom Boiler	száraz salakeltávolítású kazán
DLN	Dry low NO_x	Száraz NO_x szegény (égő, technológia)
ECO	Economiser	tápvíz előmelegítő a kazánban
EMAS	European Community Eco-Management and Audit Sheme	
EOX	Extractable Organic Halogens	oldható szerves halogének
ETO		erőművi tüzelőolaj
ESP	Electrostatic Precipitator	elektrosztatikus porleválasztó
EU-15		Az Európai Unió (bővítés előtti) 15 tagállama
EURELECTRIC	Union of the Electricity Industry	Az európai villamosenergia-ipar érdekvédelmi szervezete
FAC	Flow-accelerated corrosion	áramlás által felgyorsított korrózió
FBC	Fluidised Bed Combustion	fluidágyas tüzelés
FF	Fabric Filter	szövetszűrő
FGD	Flue-Gas Desulphurisation	füstgáz kéntelenítő
FOG	Fat Oil and Grease	SZOE (szerves oldószer extrakt)
FwCC	Feedwater combined cycle	kombinált ciklus tápvíz melegítéssel
GF	Grate Firing	rostélytüzelés
GT	Gasturbine	gázturbina
GTO		gázturbina olaj
HFO	Heavy Fuel Oil	nehéz tüzelőolaj
HHV	High Heat Value	égéshő (vagy felső fűtőérték)
HP	High Pressure	nagynyomás
HRSG	Heat recovery steam generator	hőhasznosító gőzkazán
IEA	International Energy Agency	Nemzetközi Energia Ügynökség
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle	integrált elgázosító kombinált ciklus
IP	Intermediate Pressure	középnyomás
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Controll	Integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés
KVR		környezetvédelmi vezetési rendszer
LCP	Large Combustion Plant	nagy tüzelőberendezés
LFO	Light Fuel Oil	könnyű tüzelőolaj
LHV	Low heat value	fűtőérték (vagy alsó fűtőérték)
LP	Low Pressure	alacsony nyomás

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

MAVIR Rt.		Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító Rt
MVM Rt.		Magyar Villamos Művek Rt.
MW_e		*elektromos MW*
MW_{th}		*termikus MW*
NMVOC	Non-methane Volatile Organic Compounds	nem metán illékony szerves vegyületek
NO_x	Nitrogen-oxids	nitrogén-oxidok
OECD	Organization for Economic Co-ordination and Development	Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet
OFA	Overfire Air	felsőlevegő bevezetés
PAH	Polyaromatic Hydrocarbons	poliaromás szénhidrogének
PC	Pulverised Combustion	portüzelés
PCB	Polychlorinated Benzenes	poliklórozott benzolok
PCDD	Polychlorinated-Dibenzo-Dioxins	poliklórozott-dibenzo-dioxinok
PCDF	Polychlorinated-Dibenzo-Furans	poliklórozott-dibenzo-furánok
PFBC	Pressurized Fluidized Bed Combustion	nyomás alatti fluidágyas tüzelés
PM (PM_{10} és $PM_{2,5}$)	Particulate Matter	szilárd részecske
POPs	Persistent Organic Compounds	perzisztens szerves vegyületek
PVC	Polivinil-klorid	
RDF	Refuse Derived Fuel	(hulladékból nyert) alternatív tüzelőanyag
SCR	Selective Catalytic Reduction	szelektív katalitikus redukció
SDA	Spray Dry Absorption	porlasztószárító abszorpció
SG	Spark Ignited	szikragyújtású (motor)
SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction	szelektív nem katalitikus redukció
SRF	Solid Recovered Fuels	szilárd hulladékalapú tüzelőanyagok
STIG	Steam Injected Gas Cycle	gázturbinás körfolyamat gőzbefecskendezéssel
UBC	Unburned Carbon	elégetlen szén
VOC	Volatile Organic Compounds	illékony szerves vegyületek
WBB	Wet Bottom Boiler	salakolvasztós kazán
WI BREF	Waste Incineration BREF	hulladékok égetéséről szóló BREF
WT BREF	Waste Treatment BREF	hulladékok kezeléséről szóló BREF

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1 ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1 BEVEZETÉS A BAT ALKALMAZÁSÁHOZ

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK Tanácsi Irányelv**et (**IPPC**[1] **Irányelv**) 1999. október 30-ig kellett az Európai Unió tagállamainak nemzeti jogrendjükbe átültetniük.

A magyarországi EU jogharmonizációnak és az EU követelményeknek megfelelően az IPPC Irányelv a környezetvédelem általános szabályairól szóló, **1995. évi LIII. Törvény** (Kvt.) módosítása és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályait lefektető 193/2001. (X.19.) Kormányrendelet megalkotása révén épült be a magyar jogrendszerbe; majd 2006. január 1-től a környezeti hatásvizsgálati eljárásról szóló 20/2001. (II.14.) és a 193/2001. (X.19.) Kormányrendeleteket felváltotta a **314/2005. (XII.25.) Kormányrendelet** a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról. 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kell az egységes környezethasználati engedélyben előírtakat.

Az IPPC Irányelv kiemelkedő jelentőségű környezetvédelmi irányelv. Célja, a környezetre jelentős hatással bíró tevékenységek olyan egységes engedélyezési rendszerének megteremtése, melynek eredményeként a szennyezés megelőzhető, és amennyiben ez nem lehetséges, a lehető legkisebb mértékűre csökkenthető a környezet egészének védelme céljából.

Az IPPC új, alapvető követelménye az **elérhető legjobb technika** (BAT: Best Available Techniques) bevezetése és alkalmazása. A BAT pontos meghatározása a Kvt. 4.§. vb) bekezdésben található.

A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikák, beleértve a technológiát, a tervezést, karbantartást, üzemeltetést és felszámolást, amelyek elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazhatóak, és a leghatékonyabbak a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából.

Fontos megjegyezni, hogy egy adott létesítmény esetében a BAT nem szükségszerűen az alkalmazható legkorszerűbb, hanem gazdaságossági szempontból legésszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technikákat/technológiákat jelenti. A meghatározás figyelembe veszi, hogy a környezet védelme érdekében tett intézkedések költségei ne legyenek irreálisan magasak. Ennek megfelelően a BAT ugyanazon ágazat létesítményeire például javasolhat többféle technikát a szennyező-anyag kibocsátás mérséklésére, amely ugyanakkor az adott berendezés esetében az elérhető legjobb technológia. Amennyiben azonban a BAT alkalmazása nem elégséges a környezetvédelmi célállapot és a szennyezettségi határértékek betartásához, és emiatt a nemzeti vagy a nemzetközi környezetvédelmi előírások sérülnének, a BAT-nál szigorúbb intézkedések is megkövetelhetőek.

A hatóság egy konkrét technológia alkalmazását nem írhatja elő, a környezethasználónak kell (az engedélykérelmi dokumentációban) bemutatnia és igazolnia, hogy az általa alkalmazott technika, technológia hogyan viszonyul a BAT követelményekhez.

---

[1] Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC: integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 314/2005. (XII.25.) Kormányrendelet 9. melléklete tartalmazza azokat a feltételeket, melyek alapján az engedélyező hatóság és az engedélyes (a környezethasználó) egyaránt meg tudják határozni, hogy mi tekinthető BAT-nak.

Annak érdekében, hogy az engedélyt igénylők és az engedélyező hatóság számára a BAT meghatározását megkönnyítsék, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium iparági útmutatók kiadása mellett döntött.

Ezek az útmutatók a BAT meghatározásához adnak olyan információkat, melyek egyaránt segítséget nyújtanak az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásához, valamint az engedélyben meghatározott követelmények megfogalmazásához.

Az útmutató célja egyben az is, hogy szakmai segítséget nyújtson az engedélyt kérelmezők részére az engedélykérelmi dokumentáció összeállításában, valamint az engedélyező hatóság munkatársai részére az engedélykérelem elbírálásához.

Az útmutató adatokat közöl az adott ágazat jelentőségéről, jellemzőiről és (adott esetben) főbb gazdasági jelzőszámairól. Bemutatja a Magyarországon alkalmazott és az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban (BREF) közölt technológiákat és az ágazatban alkalmazott folyamatokat jellemző, főbb szennyező forrásokat és szennyező komponenseket. A BAT színvonal eléréséhez szükséges követelményeket fogalmaz meg a technológia egyes szakaszaira, és javaslatokat tesz az előírásoknak való megfelelés érdekében szükséges intézkedésekre. Az útmutató információt nyújt a környezetvédelmi vezetési rendszerekkel kapcsolatban és egyes szakterületi jogszabályi előírásokról is, melyek meghatározzák a (betartandó) kibocsátási határértékeket, amelyek egyben az egységes környezethasználati engedély megszerzéséhez elengedhetetlen minimum környezetvédelmi követelmények.

1.2 BAT ALKALMAZÁSA MEGLÉVŐ ÉS ÚJ ÜZEMEK ESETÉN

Új üzemek esetén, a BAT meghatározásakor, az ebben az útmutatóban ismertetett technológiák/technikák figyelembe vételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll.

A korszerű technológiákkal kapcsolatban további információk kaphatók:

az Európai IPPC Iroda honlapjáról: http://eippcb.jrc.es

a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapjáról: http://www.ippc.hu.

Meglévő létesítmények esetén, a BAT meghatározásakor, nagy számú tényezőt kell figyelembe venni annak eldöntéséhez, hogy melyik az a leghatékonyabb technológia, amelyik a környezet védelme szempontjából a legmegfelelőbb. A cél olyan engedélyezési feltételek meghatározása, melyek a lehető legjobban megközelítik egy új üzem létesítésekor alkalmazott előírásokat, figyelembe véve ugyanakkor a **költséghatékonyságot** és a **megvalósíthatóságot** is.

Amikor a BAT előírások alkalmazhatósága új vagy meglévő létesítmény esetében meghatározásra kerül, indokolt esetben lehetőség van az ettől való eltérésre (megj. A jogszabályokban rögzített kibocsátási határértékeknél kevésbé szigorúbbakat a hatóság nem állapíthat meg). A **legalkalmasabb technológia** függ a helyi sajátosságoktól, ezért a lehetséges műszaki megoldások költség-haszon viszonyainak elemzése lehet szükséges a legjobb megoldás kiválasztásához.

A BAT-tól való eltérést indokolhatják a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzői, földrajzi elhelyezkedése vagy a helyi környezeti feltételek, de nem indokolhatja a vállalati jövedelmezőség.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az előírásokat új és meglévő üzemekre egyaránt alkalmazni kell. Az új üzemeknek már a működés megkezdése előtt, teljesen meg kell felelniük a BAT követelményeknek. Meglévő létesítmények esetén az üzemmenet felülvizsgálata alapján meghatározhatók a szükséges fejlesztések. Ilyen körülmények között a korszerűsítés időtávja is, mint engedélyezési feltétel, meghatározásra kerül.

Meglévő létesítmények esetén, melyek a BAT vagy a hatályos kibocsátási határértékek követelményeihez igen közeli feltételek mellett működnek, a kevésbé szigorú feltételek is elfogadhatók. Ilyenkor aránytalanul magas költséget jelentene a régi technológia újra cserélése, a szennyezőanyag kibocsátás kismértékű csökkenése mellett. Ekkor az engedélykérőnek kell olyan javaslatot tennie a fejlesztések ütemezésére, mellyel a létesítmény a lehető legközelebb kerül a BAT előírásaihoz, és ami az engedélyező hatóság által is elfogadható.

1.3 AZ ENGEDÉLY MEGSZERZÉSÉRE VONATKOZÓ HATÁRIDŐK

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás engedélyező hatósága a területileg illetékes Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség.

A 314/2005. (XII.25.) Kormányrendeletnek megfelelően a határidők és előírások, melyeket az egységes környezethasználati (IPPC) engedély megszerzésére kötelezett vállatoknak be kell tartaniuk, a következők:

A Kormányrendelet hatályba lépésétől új beruházás nem létesíthető egységes környezethasználati engedély nélkül. Amennyiben az adott tevékenységre környezetvédelmi hatástanulmány is készítendő, az engedélyező hatóság az előzetes vizsgálati szakaszban dönt arról, hogy az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás összevonható vagy összekapcsolható-e a környezeti hatásvizsgálati eljárással.

Már meglévő létesítmények esetén az egységes környezethasználati engedély csak a Kormányrendelet 19. paragrafusában meghatározott környezetvédelmi felülvizsgálat után adható ki.

Az 1999. október 30-a előtt megkezdett tevékenységeknek legkésőbb – amennyiben egyéb jogszabály korábbi határidőt nem állapít meg – 2007. október 31-ig kell megfelelniük az egységes környezethasználati engedély követelményeinek.

A 314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben rögzített feltételeket legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint akkor is, ha:

- a kibocsátások mennyiségi vagy minőségi változása miatt új kibocsátási határértékek megállapítása szükséges, vagy az egységes környezethasználati engedélyhez képest jelentős változás történt, vagy a környezethasználó –tevékenységében – jelentős változtatást kíván végrehajtani;
- az elérhető legjobb technikában bekövetkezett jelentős változás következtében új kibocsátási határértékek, követelmények előírása szükséges;
- a működtetés biztonsága új technika alkalmazását igényli;
- ha a létesítmény olyan jelentős környezetterhelést okoz, hogy az a korábbi engedélyben rögzített határértékek felülvizsgálatát indokolja.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.4 AZ ENGEDÉLYKÉRELEM

Az egységes környezethasználati engedély iránti kérelem tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII.25.) Kormányrendelet 8. melléklete tartalmazza. A kérelmezőnek adatokat kell adnia a telephelyéről, valamint a tevékenységéről, a javasolt fejlesztésekről, az ott folyó tevékenység irányításának és ellenőrzésének módszeréről, valamint a környezetre gyakorolt hatásokról.

A felsorolt adatok, valamint a környezeti hatások modellezése (kivéve, ha ez már a hatástanulmányban megfelelően bemutatásra került) és a BAT-nak való megfelelés bemutatása, illetve a BAT követelményeitől való eltérés indoklása az engedélykérelem technikai részének alapját képezik.

1.5 AZ EGYSÉGES KÖRNYEZETHASZNÁLATI ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS HATÁLYA ALÁ TARTOZÓ LÉTESÍTMÉNYEK

A 314/2005. (XII. 25.) Kormányrendelet definiálja a létesítmény fogalmát, az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek listáját pedig a 2. sz. melléklet tartalmazza.

Az egyes tevékenységekhez megadott (termelési) küszöbértékek általában a termelési vagy a kibocsátási kapacitásokra vonatkoznak. Amennyiben egy üzemeltető több, azonos jellegű tevékenységet végez azonos létesítményben vagy azonos telephelyen, akkor ezen tevékenységek kapacitásának összegét kell figyelembe venni a küszöbértékkel történő összehasonlításnál.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező nagy tüzelőberendezések tevékenységet a Kormányrendelet 2. sz. mellékletének 1.1 bekezdése tartalmazza:

„Tüzelőberendezések 50 MW_{th}-ot meghaladó bemenő hőteljesítménnyel”

Az IPPC engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmény funkciói magukban foglalják a fentiekben meghatározott fő tevékenységeket, valamint az ezekhez kapcsolódó egyéb tevékenységeket is. Ez utóbbiak műszaki szempontból kapcsolódnak a fő tevékenységekhez és hatással lehetnek a létesítmény szennyezőanyag kibocsátására.

Mindazonáltal a környezetre kifejtett hatások szélesebb körűek lehetnek, mint az adott telephelyen folytatott tevékenység hatásai. Az Útmutató és a Kormányrendelet egyaránt feladatokat fogalmaznak meg a létesítményen kívüli tevékenységekre is, mint pl. a hulladékok elhelyezésére, szennyvízkezelésre.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.6 AZ ÁGAZAT MAGYARORSZÁGI HELYZETÉNEK BEMUTATÁSA

1.6.1 AZ ÁGAZAT SAJÁTOSSÁGAI

A rendelkezésre álló fosszilis energiahordozóban (szén, gáz, olaj) vagy biomasszában rejlő elsődleges energiát nagy tüzelőberendezésekben alakítják át a fogyasztó számára közvetlenül hasznosítható villamos vagy hőenergiává.

Nagy tüzelőberendezéseket elsősorban a villamos és hőszolgáltató erőművekben valamint nagyobb ipartelepeken használnak. Feladatuk a lakosság és egyes ipari objektumok villamos energiával és hővel való ellátása. Alkalmazásuk meghatározó módon a villamosenergia és hőszolgáltató szektor vállalataira terjed ki.

A villamosenergia és hőszolgáltató szektor a nemzetgazdaság kiemelkedő, stratégiai eleme a termelési értéket és az alkalmazottak létszámát tekintve egyaránt. A villany és a távhő ellátás biztonsága, ára mindennapi politikai kérdés.

Jellemző az iparágra a szoros nemzetközi együttműködés, amely mind a termelés és ellátás koordinációjában, mind a elsődleges energiaforrások beszerzésében jelentkezik. A hazai villamosenergia ipar képviselői együttműködnek az európai villamosenergia ipar érdekképviseleti szervezetének (EURELECTRIC, Union of the Electricity Industry) különböző bizottságaiban és munkacsoportjaiban.

Az iparág elsődleges energiaforrás ellátása nagymértékben külföldi beszállítóktól függ. Vonatkozik ez a gáz és folyékony tüzelőanyagokra, de az atomerőműben használatos nukleáris tüzelőanyagra is. Villamosenergia ellátásunkban az atomerőmű domináns szerepet játszik.

A nagy villamosenergia és hőtermelő erőművek többsége magán, többnyire külföldi társaságok tulajdonába került. Ezek a társaságok nálunk is meghonosították az „otthoni” termelési és környezetvédelmi kultúrát.

Az utóbbi években az iparág gyökeres változáson ment át. Ezt a meglevő berendezések elavultsága, a elsődleges energiaforrások rendelkezésre állásának, árának változása, környezetvédelmi okok tették szükségessé. Az Oroszlányi Erőmű kivételével megszűnt a mélyművelésű szenek felhasználása, jelentősen csökkent a nehéz fűtőolaj erőművi felhasználása is. Előtérbe került a nagy hatásfokú, kapcsolt villamos és hő termelést is megvalósító kombinált ciklusú gázturbinák és gázmotorok alkalmazása.

A hazai villamosenergia-ellátás több mint száz éves múltra tekinthet vissza. Kezdetben egy-egy villamosenergia termelő a közvetlen közelében található fogyasztókat látta el energiával. Az egységes villamosenergia-rendszer létrejötte 1949-re datálható. Ekkor jött létre az Erőmű Tröszt is, amely az állami tulajdonban levő erőműveket egységes irányítás alá vonta. Az 1963-ban alakult meg a Magyar Villamos Művek Tröszt (MVMT), amely a villamos energetika vállalatait egységes gazdasági keretbe foglalta. A rendszerváltás után az iparág vállalatait részvénytársaságokká szervezték át, amelyeket kétszintű holding formájában a Magyar Villamos Művek Rt. (MVM Rt.) irányított.

Az elmúlt tíz évben jelentősen megváltozott az ágazat tulajdonosi szerkezete. Az 1994-ben kezdődő privatizáció során a vállalatok nagyobb része magán kézbe került, és az MVM Rt.-től financiálisan független társasággá alakult.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Villamosenergiáról szóló 2001. évi CX. törvény megjelenése után a rendszer irányításának feladatait az MVM ZRt.-től önálló részvénytársaságként a Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító ZRt. (MAVIR ZRt.) vette át, amely a rendszer működtetéséért és üzembiztonságáért felel.

2006. január 1.-jével a MAVIR ZRt-t és a nagyfeszültségű átviteli hálózatot üzemeltető Országos Villamostávvezeték ZRt-t közös társasággá alakították át.

A villamosenergia rendszerben együttműködő nagy tüzelőberendezésekkel rendelkező társaságok a következők:

AES Borsodi Energetikai Kft.
AES-Tisza Erőmű Kft.
Bakonyi Bioenergia Kft.
Bakonyi Erőmű ZRt.
Bánhida Erőmű Kft.
Budapesti Erőmű ZRt.
Csepeli Áramtermelő Kft.
Debreceni Kombinált Ciklusú Erőmű Kft.
Dunamenti Erőmű ZRt.
EMA-POWER Energia Termelő és Szolgáltató Kft.
GTER Gázturbinákat Üzemeltető és Karbantartó Kft.
Mátrai Erőmű ZRt.
Magyar Villamos Művek ZRt.
Pannon Hőerőmű ZRt.
PANNONGREEN Kft.
Tatabánya Erőmű Kft.
Vértesi Erőmű ZRt.

Egyéb, főleg saját célra termelő üzemi erőművek:

Aften Kft.
BC-Erőmű Kft.
Bunge Zrt. Martfűi Növényolajgyára
DAM EF Kft.
DUNAPACK Papír és Csomagolóanyag Rt.
Egyesült Vegyiművek Rt.
Hungrana Kft.
ICI Magyarország Kft.
Neusiedler Szolnok Papírgyár Kft.
NITROKÉMIA 2000 Kft.
Szolnoki Cukorgyár
Tiszamenti Vegyiművek Rt.
TVK-Erőmű Kft.
Hulladékhasznosító Mű Budapest

Megemlítendők még azon kapcsolt hő- és villamosenergia termelő erőművek, amelyekre az jellemző, hogy viszonylag kis villamosenergia-teljesítmény mellett 50 MW-ot meghaladó bemenő hőteljesítményű kazánokkal rendelkeznek.

Telephelyük összteljesítményét tekintve a nagy tüzelőberendezésekkel rendelkező létesítmények közé sorolhatók még egyes gázmotoros erőművek is.

A villamosenergia piacok deregulációjának és nyitottá tételének folyamata folyamatos világjelenség. Az alapvető cél az ágazatban a verseny növelése, a termelési, szállítási, elosztási és ellátási költségek csökkentésének ösztönzése az ipari és a háztartási fogyasztók érdekében.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az európai piacnyitás az Egyesült Királyság vezetésével a nyolcvanas években kezdődött. 1996-ban az Európai Unió bevezette a Belső villamosenergia piac (Internal Electricity Market) irányelvet (96/92 EC), amely kötelezte a tagállamokat piacuknak a versenyszféra számára történő legalább 25%-os megnyitására.

Magyarországon a Villamosenergiáról szóló CX. Törvénynek megfelelően az addig egységes villamosenergia piac két egymás mellett párhuzamosan működő piaccá alakult át. A közüzem mellett megjelenik a versenypiac, a 6,5 GWh/év fogyasztás feletti fogyasztók saját döntésük alapján versenypiaci fogyasztókká válhatnak, azaz villamosenergia igényeiket több energiakereskedő, szolgáltató társaságtól is beszerezhetik.

Az összes villamosenergia-értékesítés 2004-ben 33,78 TWh, ezen belül a versenypiaci értékesítés 7,15 TWh, a közüzemi értékesítés átlagára 21,2 Ft/kWh, a versenypiacié 12,4 Ft/kWh, az eredő átlagár pedig 19,3 Ft/kWh volt.

A 96/92 EU irányelv célja az volt, hogy megnyissák a hazai árampiacokat a nemzetközi verseny előtt. Ez a nemzeti rendszerekben olyan jelentős változtatásokat követelhet meg, mint a privatizáció és megfelelő irányító és szabályozórendszer bevezetése. Azokban az országokban, ahol a vertikálisan integrált társaságok gyakorlatilag teljes ellenőrzés alatt tartják a villamosenergia termelést, szállítást és elosztást, a dereguláció lehetőséget nyújt új szereplők piacra jutására, ezáltal a verseny fokozására.

A versenypiacok megnyílása jelentősen befolyásol számos, a nagy tüzelőberendezések működtetésével és szabályozásával kapcsolatos tényezőt, amelyet figyelembe kell venni a megfelelő kibocsátás-csökkentési technikák meghatározásánál.

1.6.2 AZ ÁGAZAT TERMELÉSI, MŰSZAKI JELLEMZŐI

2004-ben magyar villamosenergia-rendszerben a termelő egységek beépített teljesítménye 8 831 MW volt, amiből az 50 MW alatti kis erőművek 834 MW-ot, 9,5%-ot képviseltek. Az összes villamos-energia felhasználás 41,11 TWh volt, amelyből az import 7,47 TWh-t tett ki.

A hazai nettó villamosenergia termelés megoszlását energiahordozók szerint az 1.6.2–1. táblázat mutatja.

	GWh	%
Energetikai barnaszén	2 741	8,1
Lignit	4 794	14,8
Feketeszén féltermék	514	1,5
Szén összesen	**8 229**	**24,4**
Fűtőolaj	744	2,2
Földgáz	12 005	35,6
Szénhidrogén összesen	**12 749**	**37,8**
Fosszilis energia hordozók	**20 978**	62,2
Szélenergia	5	0
Víz	210	0,6
Biomassza	513	1,5
Egyéb megújuló energiaforrások	87	0,3
Megújuló energiaforrások összesen	**815**	**2,4**
Atomenergia	**11 915**	**35,4**
Mindösszesen	**33 708**	**100**

1.6.2–1. táblázat: A hazai villamosenergia-termelés megoszlása elsődleges energiahordozók szerint

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A közcélú erőművekből kiadott hőenergia forró víz és gőz formájában 44 PJ-t tett ki, a kapcsolt energiatermelés részaránya a hőellátásban kb. 95% volt.

A hazai erőművek fontosabb adatai a következők szerint foglalhatók össze:

Erőmű				**Blokkok, turbinák**		
	Energia forrása	**Erőművi összhatásfok *vonalra adott* villamos energiára****		**Száma**	**Beépített villamos teljesítménye egyenként**	**Összesen**
		%		db	MW	MW
		2003	**2004**			
Bakonyi Erőmű Rt.		27,61	28,55			
– **Ajkai Erőmű**	szén			5	2*30+12+10+19	102
– **Bakonyi Bioenergia Kft.**	biomassza			1	30	30
Budapesti Erőmű Rt.	szénhidrogén	67,07	69,07			
– **Kelenföldi GT**	szénhidrogén	74,70	73,06	2	136+49,8	185,8
– **Újpesti Erőmű**	szénhidrogén	61,87	62,16	2	74+36	110
– **Kispesti Erőmű**	szénhidrogén	68,97	69,00	2	70+44	114
Dunamenti Erőmű Rt.		42,89	42,60			
– **Dunamenti F**	szénhidrogén	35,20	-	7	6*215+60	1350
– **Dunamenti G**	szénhidrogén	51,52	-	4	145+156+25+60	386
EMA-POWER Kft.	szénhidrogén	63,97	46,64	5	2*20+8,5+16+4,5	69
Mátrai Erőmű Rt.	lignit	28,69	28,51	5	3*212+2*100	836
GTER Kft.		29,16	28,87			
– **Litéri GT**	szénhidrogén	26,32	29,70	1	120	120
– **Lőrinci GT**	szénhidrogén	28,62	30,22	4	170	170
– **Sajószögedi GT**	szénhidrogén	30,85	29,49	1	120	120
Pannonpower Holding Rt.						
– **Pannon Hőerőmű Rt.***	szén	29,41	29,82	3	60+37,5+35	132,5
– **PANNONGREEN Kft.**	biomassza			1	49,9	49,9
Csepeli Áramtermelő Kft.	szénhidrogén	45,40	46,51	3	2*139+118	396
AES Borsodi Energetikai Kft.		22,88	21,85			
– **Borsodi Erőmű**	szén+biomassza	21,43	20,71	7	3*30+21+12+42+9,7	136,9
– **Tiszapalkonyai Erőmű**	szén+biomassza	23,83	23,11	6	3*55+13,1+15+6,9	200
AES-Tisza Erőmű Kft.	szénhidrogén	36,09	35,15	4	4*215	860
Vértesi Erőmű Rt.		28,73	28,40			
– **Bánhidai Erőmű**	szén	29,62	28,59	1	100	100
– **Oroszlányi Erőmű**	szén	27,24	26,83	4	4*60	240
Tatabánya Erőmű Kft.	szénhidrogén	66,68	74,77	6	3*6+2*14+2,5	49,7
Debreceni Kombinált Ciklusú Erőmű Kft.	szénhidrogén	55,74	54,25	1	95	95

* 2004 év végétől földgázbázison üzemel

** A megadott erőművi összhatásfokok a Magyar Energia Hivatal Statisztikai Évkönyv 2003. és 2004. évi kiadványából (85. és 83. oldal) származnak

1.6.2–2. táblázat: A hazai erőművek fontosabb jellemzői

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A felhasznált tüzelőanyag mennyiségét, valamint a termelés részarányát az 1.6.2–3. táblázat mutatja.

Tüzelőanyag fajta			PJ	%
Lignit	8,48	millió tonna	62,26	16,84
Energetikai barnaszén	2,95		34,30	9,28
Feketeszén féltermék	0,56		6,44	1,74
Olaj	0,25		10,19	2,76
Földgáz	4,01	milliárd m^3	129,17	34,93
Fosszilis energia hordozók			242,36	65,54
Hasadó anyag			127,42	34,46
Összesen			**369,78**	**100,00**

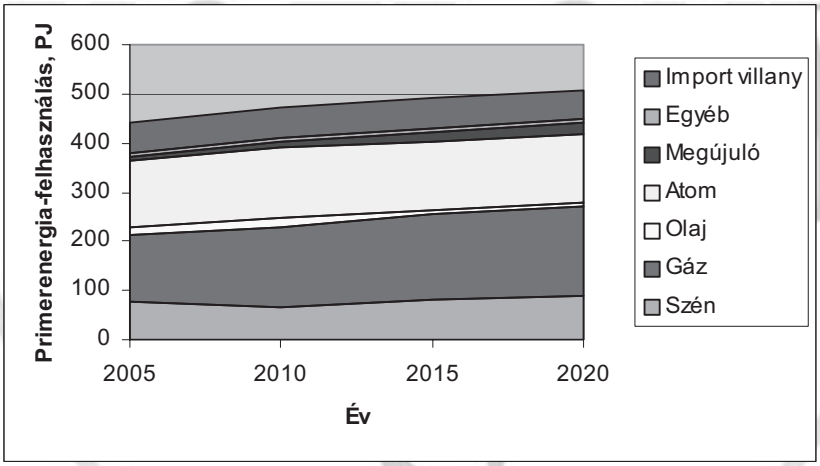
1.6.2–3. táblázat: Az erőművekben felhasznált tüzelőanyagok 2004-ben

A belföldi energia felhasználás 2004-ben 1077 PJ, a hazai termelés 423 PJ, a behozatal 780 PJ volt. A szénfelhasználás nagyobb részét, mintegy kétharmadát hazai termelésből, a szénhidrogén felhasználásnak mintegy háromnegyedét importból fedeztük. A hazai tüzelőanyag felhasználásnak körülbelül a negyede kerül fosszilis tüzelésű erőművekbe.

A MAVIR Rt 2003. év végén készítette el *„A villamosenergia-rendszer közép és hosszú távú forrásoldali kapacitástervét”*, amely 2020-ig ad tájékoztatást az iparág várható fejlődését illetően [194]. Gazdaságkutatói elemzések alapján a terv évente 1,9% fogyasztói villamosenergia-igénnyel számol. Az évtized végéig az addig jelentős kiserőmű építések mellett mintegy 300 MW-nyi új nagyerőmű építésére lesz szükség. 2020-ig 4 500 MW kapacitás leállítása mellett 6 000 MW új kapacitást kell építeni Az erőművek beépített teljesítménye mintegy 10 000 MW-ra nő a kiserőművek teljesítményének megduplázódása mellett. Ez utóbbiak részaránya mintegy 16%-ot ér el.

A kapcsolt termelés részesedése az energiatermelésből várhatóan 25%-ra növekszik

Mintegy 400-700 MW kapacitás létesítendő megújuló energiaforrásokból. A megújuló energiaforrások részaránya a hazai termelésből 2010-ben 3,89%-ot, 2020-ban 5,01%-ot fog kitenni. A megújuló energiaforrásból származó termelésnek várhatóan mintegy 60%-a biomassza és hulladék tüzeléséből adódik.



1.6.2-1. ábra: A villamosenergia-iparág elsődleges energia-igényének változása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.7 AZ ÁGAZAT FŐBB KÖRNYEZETI HATÁSAI

1.7.1 ÁLTALÁNOS HATÁSOK

(1) ANYAGÁRAMOK

A villamosenergia- és hőszolgáltató ágazat tüzelőberendezései hatalmas mennyiségű, a Föld természetes készleteiből származó fosszilis tüzelőanyagot használnak fel. A tüzelőberendezések és a hozzájuk kapcsolódó technológiák (vízkezelés, füstgáztisztítás, stb.) működtetéséhez nagymennyiségű vízre és egyéb segédanyagra is szükség van.

Az erőműbe belépő jelentősebb anyagáramok az alábbiak:

- tüzelőanyag
- levegő
- nyersvíz
- mész/mészkő
- ammónia
- vízkezelési segédanyagok

A kilépő tömegáramok közül a legfontosabbak:

- a füstgáz
- a tüzelési maradékok (pernye, salak)
- a füstgáztisztítás maradékai (gipsz, gipsz-pernye keverék)
- a kezelt vizek
- és a vízkezelés maradékai

Forrás	Anyagok												
	Szilárd anyagok	Kén-oxidok	Nitrogén-oxidok	Szén-oxidok	Szerves anyagok	Savak / lúgok / sók	Hidrogén-kloridok / fluoridok	Illékony szerves vegyületek	Fémek és sóik	Klór (hipoklorid)	Higany és/vagy kadmium	PAH-ok	Dioxinok
Tüzelőanyag tárolás és kezelés	**L,T**				**V**			**L**				**T**	
Vízkezelés	**V**					**T**			**V**		**V**		
Tüzelés	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**		**L**	**L**	**L**		**L**	**L**	**L**
Füstgáz kezelés	**V**				**V**				**V,L**		**L**		
Víz, esővíz elvezetés	**V**				**V**								
Szennyvíz kezelés	**V**				**V**	**V,T**							
Hűtővíz leiszapolás	**V**				**V**				**V**	**V**	**V**		
Nedves hűtőtornyos hűtés								**L**					

Megjegyzés: környezeti hatásviselő: Víz (V) Levegő (L) Talaj (T)

1.7.1–1. táblázat: Lehetséges kibocsátási útvonalak források és szennyezőanyagok szerint

A fosszilis tüzelőanyagok ma még megkerülhetetlen energiaforrások. Ezek használata meghatározó és időnként jelentős hatást gyakorol a környezet egészére. A tüzelési folyamat során kibocsátások lépnek fel a levegőbe, a vizekbe és a talajba, melyek közül különösen a légköri kibocsátások okozhatnak problémát.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) HATÁSFOK

A **természeti erőforrásokkal történő gazdálkodás** és az **energia hatékony hasznosítása** az IPPC irányelv két fontos követelménye. Az a hatásfok, amellyel energiát termelünk, jelenleg és a jövőben növekvő szerepet játszik a technológia környezeti hatásának mutatójaként. A hatásfok nemcsak a természeti erőforrásokkal történő gondos bánásmód fontos fokmérője, hanem az egységnyi energia előállításához köthető olyan kibocsátások jellemzője is, mint a klímaváltozásért felelős gázok, pl. a szén-dioxid.

A **hatásfok** sok tényezőtől függ, amelyek magukban foglalják a tüzelőanyag fajtáját és minőségét, a tüzelő rendszer típusát, a gáz és/vagy gőzturbina üzemi hőmérsékletét, a helyi klimatikus viszonyokat, a felhasznált hűtési rendszer típusát, stb. Az energia-átalakítási technológiában minden egymás után következő lépésnek megvan a saját hatásfoka. A technológia összhatásfoka az egyedi hatásfokok szorzatából adódik.

A **nettó hatásfok** figyelembe veszi az összes veszteséget, amely a segédüzemi ellátásból (és a technológiai hőigényből), a tüzelőanyag előkészítésből, a melléktermék kezelésből, a füstgáz-kezelésből, a hulladékvíz kezelésből, a hűtőrendszerből, szivattyúkból és ventilátorokból adódik. A villamosenergia-fogyasztóknál figyelembe kell venni a hálózati és átalakítási veszteségeket, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő egységektől hőenergiát vételező fogyasztóknál a távfűtési hálózat szállítási veszteségeit is.

A magas külső hőmérsékleti periódusokban csökken a gáz- és gőzturbinák villamosenergia-termelési hatásfoka. A gázturbináknál és a gázmotoroknál a külső levegő hőmérséklete, gőzturbináknál a hűtőközeg hőmérséklete a fontos. Az expandált, lehűtött gőz kondenzálására háromféle hűtőrendszer használható:

- direkt hűtés felszíni vízzel,
- indirekt hűtés nedves hűtőtornyokkal és
- indirekt hűtés száraz hűtőtornyokkal.

További információk az Ipari hűtőrendszerek BREF dokumentumból nyerhetők.

A villamosenergia-termelésre fel nem használt hő jelentős része még a legjobb hatásfokú erőműveknél is hulladékhő formájában kerül a környezetbe. Ez a helyi atmoszféra vagy vízforrások által felvett hő viszonylag kevéssé terheli a helyi környezetet, de szén-dioxid kibocsátással jár. Ma egyre több lehetőség adódik arra, hogy az erőművekben megtermelt hulladékhőt különböző fogyasztók hasznosítani tudják, számos technológia van, amely termelési folyamataihoz, kiszolgáló berendezéseinek működtetéséhez **gőz**, **forró víz** vagy **forró levegő** formájában használ hőenergiát.

Az energiatermelés **hatásfok növelés**ének leghatékonyabb eszköze a megtermelt hő minél nagyobb mértékű hasznosítása, ami kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésként ismeretes (CHP), amely a kapcsolt energiatermelés együttes hatásfokát 75–90% közötti szintre emeli. A hulladékhő hasznosításánál különböző termodinamikai, műszaki és gazdasági kritériumot kell figyelembe venni. A műszaki kritériumok a helyi körülményektől függnek, melyek közül az egyik legfontosabb szempont a megfelelő nagyságú hőfogyasztó megléte.

A kapcsolt energiatermeléssel energiaforrások kímélhetők meg, mivel nincs szükség külön fűtőerőműre. Csökkenthető a szén-dioxid kibocsátás. A kibocsátások csökkentését jelenti az is, ha a kicsi, szabályozatlan tüzelőberendezések által termelt hőt a közeli erőműből származóval helyettesítik. A hulladékhő hasznosításra vonatkozó műszaki és gazdasági intézkedésekkel környezetvédelmi és gazdasági célok egyaránt elérhetők.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.7.2 AZ ÁGAZAT KIBOCSÁTÁSAI

(1) LÉGKÖRI KIBOCSÁTÁSOK

A fosszilis tüzelőanyagokból származó legfontosabb légköri kibocsátások: a kén-dioxid, a nitrogén-oxidok, a szilárd részecskék, és az üvegházhatású gázok, mint a szén-dioxid. A pernye emissziók 10 mikrométernél kisebb aerodinamikai átmérőjű szilárd részecskéket (PM_{10}) is tartalmazhatnak.

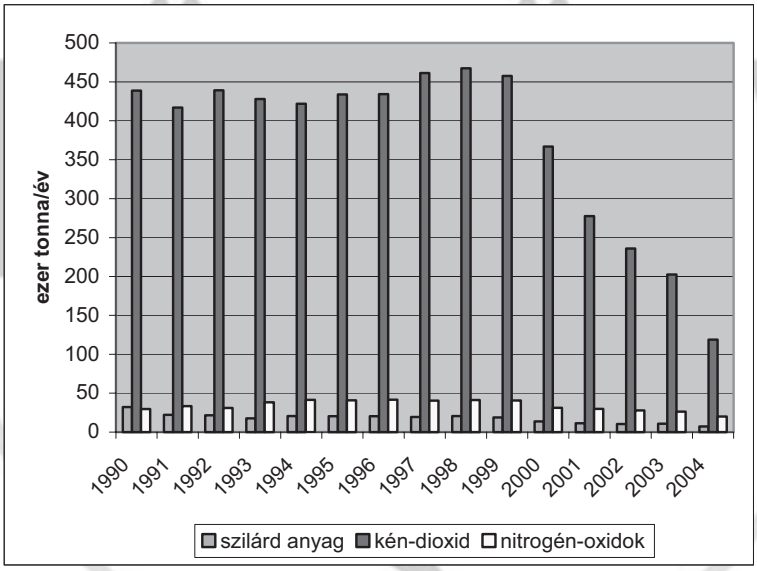
Más anyagok, mint a nehézfémek, a halogén vegyületek, az elégetlen szénhidrogének, a nem-metán illékony szerves vegyületek (NMVOC) és a dioxinok kisebb mennyiségben emittálódnak és toxicitásuk vagy perzisztens jellegük miatt gyakorolhatnak jelentős hatást a környezetre.

Az 1.7.2–1. táblázat azt szemlélteti, hogy milyen szerepet játszanak a tüzelőberendezések légszennyező anyag kibocsátásai az IPPC hatálya alá eső létesítmények összes emisszióiban.

Tüzelőberendezés fajta	Hozzájárulás, %										
	SO_2	NO_x	NH_3	CO_2	N_2O	CH_4	PM_{10}	Hg_{ill}	Dioxinok, furánok	NMVOC	CO
Tüzelőberendezés 300 MW felett	64,6	53,4	0,5	54,4	7,6	0,2	38,1	28,8	19	0,7	4,4
Tüzelőberendezés 50-300 MW között	3,6	6		5	21	0,2	2,1	2,6	0,2	0,7	2,8
Gázturbinák	0,9	3,6	0,03	5,5	0,4	0,3	0,1		0,3	0,1	0,3
Gázmotorok	0,3	1,2		0,1		0,05	0,2	0,3		0,1	0,3
Összes tüzelőberendezés	**69,4**	**64,2**	**0,5**	**65**	**29**	**0,8**	**40,5**	**31,7**	**19,5**	**1,6**	**7,5**

1.7.2–1. táblázat: A nagy tüzelőberendezések hozzájárulása az IPPC berendezések emisszióihoz az Európai Unió tagállamaiban (EU-15)

Magyarországon az ágazat kén-dioxid, nitrogén-oxid és szilárdanyag emisszióinak változását az elmúlt másfél évtizedben az 1.7.2-1. ábra mutatja.



1.7.2-1. ábra: Nagy erőművek légszennyező anyag kibocsátásai

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

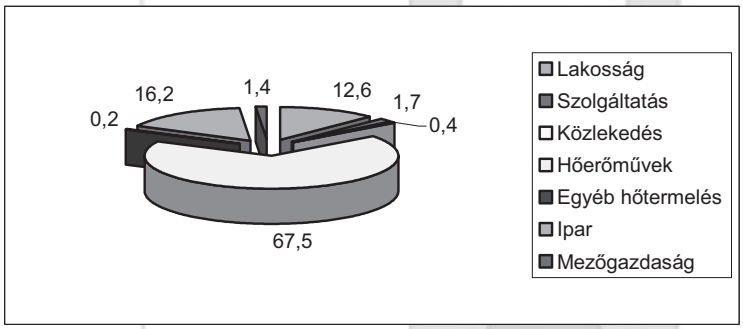
❖ Kén-dioxid

A kén-dioxid kibocsátások főleg a tüzelőanyagban levő kénből származnak. A fosszilis tüzelőanyagok szerves vagy szervetlen vegyületek formájában tartalmaznak ként. A szénben a kén szerves kén, szervetlen kénvegyületek vagy elemi kén formájában fordul elő. A tüzelés folyamán a leginkább kén-dioxid (SO_2) képződik.

Szilárd és folyékony tüzelő anyagoknál a kén 1-3%-a átmeneti fémek katalizációja mellett kén-trioxiddá alakul. A kén-trioxid adszorbeálódik a szilárd részecskéken és folyékony tüzelő anyag esetén hozzájárul a savas korom kialakulásához. A kén-trioxid növeli a PM_{10}/ $PM_{2,5}$ emissziókat.

A földgázt kénmentesnek fogadják el. Ez nem áll fenn bizonyos ipari gázok esetén és szükségessé válhat a gáznemű tüzelőanyag kénmentesítése.

A hazai nagy erőművek kén-dioxid kibocsátása 2004-ben 119 ezer tonnát tett ki. Az iparág hozzájárulását az országos kibocsátáshoz az 1.7.2-2. ábra mutatja



1.7.2-2. ábra: A kén-dioxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év)

❖ Nitrogén-oxidok (NO_x)

A fosszilis tüzelőanyagok tüzelése során nitrogén-monoxid (NO), nitrogén-dioxid (NO_2) és dinitrogén-oxid (N_2O) képződik. Ezek közül az első kettőt NO_x-nek is nevezik, amely a nitrogén-oxidok több, mint 90%-át teszi ki a nagy tüzelőberendezések fő típusainál.

Az NO_x képződést három fő folyamat irányítja, melyet a nitrogén eredete és a reakció közeg jellemez:

- **termikus NO** a levegő oxigénjének és nitrogénjének reakciójaképpen jön létre
- **tüzelőanyag NO** a tüzelőanyag nitrogénjéből képződik
- **prompt NO** a lángban molekuláris nitrogénből képződik szerves szénhidrogén vegyületek jelenlétében.

A termikus NO képződés nagymértékben függ a hőmérséklettől. Ha a tüzelés 1000 ^oC alatti hőmérsékleten megy végbe, az NO_x képződés jóval kisebb mértékű. Ha a láng csúcs hőmérséklete 1000 ^oC alatti, akkor az NO_x képződés főleg a tüzelőanyag nitrogén tartalmától függ. A termikus NO képződés főleg a gáz és olaj tüzelésre jellemző.

A tüzelőanyagból származó NO képződése a tüzelőanyag nitrogén tartalmától és a reakcióközeg oxigén tartalmától függ. A tüzelőanyag NO elsősorban széntüzelésű berendezéseknél képződik, mivel ez a tüzelőanyag a többinél nagyobb mennyiségű nitrogént tartalmaz.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tüzelőanyag	A tüzelőanyaghoz kötött nitrogén (súly%, száraz, hamumentes)
Szén	0,5 – 2
Biomassza (fa)	< 0,5
Tőzeg	1,5-2,5
Tüzelőolaj	<1,0
Földgáz	0
Egyéb gáz	0,1-1

1.7.2–2. táblázat: Különböző tüzelőanyagok kötött nitrogén tartalma

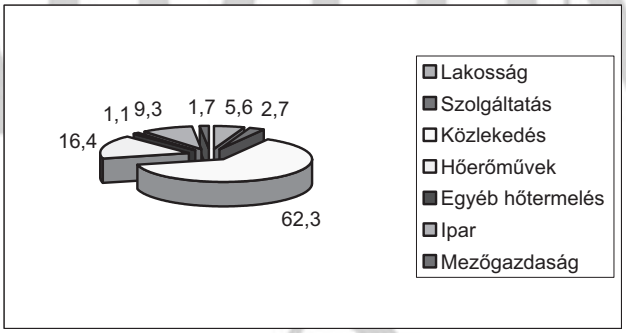
A prompt NO mechanizmusból származó NO_x mennyiség általában jóval kisebb, mint a más reakcióutakon képződő.

A tüzelés típusa ugyancsak hatással van a kibocsátott nitrogén-oxid mennyiségre. Szén esetében például:

- mozgó rostélyú kazánnál az NO_x emisszió kisebb a viszonylag alacsony tüzelési hőmérséklet és a rostély feletti több fokozatú égési folyamat miatt
- a kibocsátások nagyobbak porszéntüzelésű kazánoknál, ahol az égő típusa és a tűztér kialakítása változtatható
- az NO_x kibocsátás fluid tüzelésű kazánnál kisebb, mint a hagyományos kazánoknál, de az N_2O emissziók nagyobbak.

A dinitrogén-oxid (N_2O) képződési mechanizmusa még nem teljesen tisztázott. Ennek során átmeneti termékek (HCN, NH_3) keletkezhetnek hasonlóan az NO képződéshez. Azt tapasztalták, hogy 1000 ^oC alatt, azaz alacsonyabb tüzelési hőmérsékleteken nagyobbak az N_2O emissziók. Alacsonyabb hőmérsékleten az N_2O viszonylag stabil, magasabb hőmérsékleteken a képződött N_2O N_2-vé redukálódik. A hagyományos tüzelőberendezésekhez képest a buborékos és nyomás alatti fluidtüzelés egyaránt több dinitrogén-oxidot termel. Laboratóriumi kísérletek azt mutatták, hogy a szelektív katalitikus redukció (SCR) folyamatában is keletkezik N_2O, közel az SCR technológia optimális hőmérsékleti „ablakához”. A dinitrogén-oxid a troposzférában infravörös abszorpciója révén hozzájárul az üvegházhatás kialakulásához. Az N_2O élettartama a troposzférában elég hosszú, mivel kölcsönhatása más gázokkal, a felhőkkel és az aeroszolokkal minimális. O_3 jelenlétében az N_2O NO_2 és NO képződése közben lebomlik.

A hazai nagy erőművek nitrogén-oxid kibocsátása 2004-ben 20 ezer tonnát tett ki. Az iparág hozzájárulását az országos kibocsátáshoz az 1.7.2-3. ábra mutatja



1.7.2-3. ábra: A nitrogén-oxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Szilárd anyag kibocsátás

A szén, a tőzeg és a biomassza elégetése során kibocsátott por csaknem teljes mértékben a tüzelőanyag ásványi frakciójából képződik. A por egy kis része a tüzelés során illékonnyá vált vegyületek kondenzációjából származik.

A tüzelési technológia típusa jelentős hatással van a füstgázba kerülő hamu részarányára. A mozgó rostélyú kazánoknál például a füstgázba került pernye mennyisége (20-40%) viszonylag kicsiny, míg a szénpor-tüzelésű kazánoknál jelentős mennyiségű (80-90%).

A folyékony tüzelőanyagok eltüzelése során is keletkeznek szilárd részecskék, csak kisebb mennyiségben, mint a szénnél. Kedvezőtlen tüzelési feltételek korom képződéshez vezetnek, ami kén-trioxid jelenlétében korrozív agglomerátumokat képezhet.

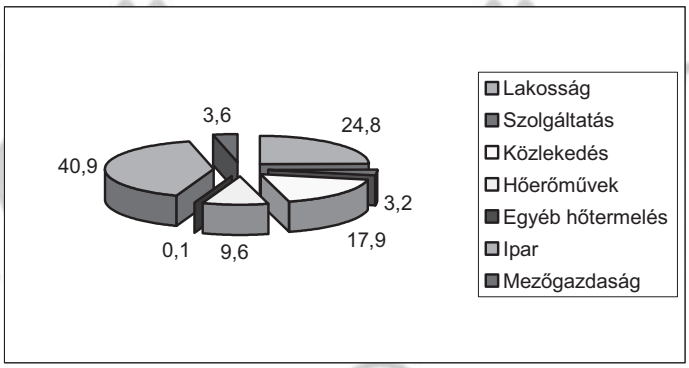
Gáztüzelésnél nem jellemző a por kibocsátás. Néhány ipari gáz azonban szilárd részecskéket tartalmazhat, amelyeket a gyártási folyamatban, vagy a tüzelés előtt ki kell szűrni.

Sok üzemben diffúz emisszió források is találhatók (széntér, szénaprítás porszéntüzelésű kazánoknál, pernyekezelés, stb.)

Környezetvédelmi problémát jelentenek a 2,5 µm-nél kisebb átmérőjű szemcsék, mivel ezek több napig, sőt hetekig lebeghetnek az atmoszférában. A részecskék fizikai sajátságaitól és az időjárási viszonyoktól függ, hogy ülepedéssel vagy csapadékhoz kötve a kibocsátás helyétől milyen távolságban távoznak a légtérből. Az ülepedési sebesség a méret, a sűrűség és a részecske alakjának függvénye. A 10 µm-nél nagyobb átmérőjű részecskék viszonylag hamar kiülepszenek. Ezek hatása főleg a forrás körül érvényesül. A 10 µm-nél, főleg pedig a 2,5 µm-nél kisebb részecskék több száz kilométert utazhatnak, mielőtt a levegőből kiválnak. Az aeroszolok gyakran képeznek ködképződési gócokat és kimosódnak a csapadékkal.

A szilárd részecske (PM) kibocsátás csökkentési technológiák igen hatékonyak, több mint 98% hatásfokot érnek el, ami csak kis PM_{10} alatti frakcióra nézve csökken 95-98%-ra, emiatt a nagy tüzelőberendezésekből a légtérbe bocsátott részecskék többsége 0,1-10 µm közötti átmérőjű.

A hazai nagy erőművek szilárd anyag kibocsátása 2004-ben 7 ezer tonnát tett ki. Az országos kibocsátást és az iparági kibocsátás azon belüli részarányát az 1.7.2-4. ábra mutatja.



1.7.2-4. ábra: A szilárd anyag kibocsátás százalékos megoszlása 2002-ben

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Nehézfémek

A nyomelemekként ismert nehézfémek a fosszilis tüzelőanyagok összetevőiből származnak. A legtöbb nehézfém (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V) rendszerint vegyületek (pl. oxidok vagy kloridok) formájában, részecskékhez kötve távozik, csak a Hg és a Se van jelen részben illékony formában. A kevésbé illékony elemek a füstgázáram szilárd részecskéinek felületén kondenzálódnak.

Forrás	Tüzelőanyag	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		t/év							
EU-15 összesen		**575**	**203**	**1170**	**3040**	**245**	**4860**	**1930**	**11100**
Helyhez kötött tüzelés (az alábbi három szektor összesen)		**491,8**	**57,8**	**397,5**	**390,1**	**89,6**	**2780,6**	**885,8**	**1597,8**
Tüzelés az energia szektorban (beleértve a közcélú, kapcsolt termelésű és a hőszolgáltató erőműveket)	Az összes tüzelőanyag	**276,9**	**19,1**	**192,6**	**104,2**	**43,4**	**1681,5**	**190,5**	**395,4**
	Lignit	20,2	3,4	19,3	40,5	8,7	24,0	26,6	85,0
	Szén	130,0	4,4	40,0	42,1	21,2	94,4	105,0	219,0
	Tüzelő olajok	117,0	10,2	132,0	19,9	1,4	1560,0	30,3	32,5
	Egyéb tüzelőanyagok	9,7	1,1	1,4	1,7	12,2	3,1	28,6	58,9
Tüzelés a kereskedelmi, intézményi és lakossági szektorban (beleértve a kazánokat, gázturbinákat és gázmotorokat)	Az összes tüzelőanyag	**37,7**	**10,1**	**24,2**	**28,3**	**13,4**	**128,9**	**115,9**	**174,4**
	Lignit	2,0	0,5	0,9	0,3	4,2	15,5	21,5	0,3
	Szén	23,4	1,4	10,9	16,3	3,3	38,4	43,0	33,9
	Tüzelő olajok	9,5	2,4	9,0	3,1	0,3	73,0	7,9	6,2
	Egyéb tüzelőanyagok	2,8	5,9	3,4	8,5	5,6	1,9	43,5	134,0
Tüzelés az ipari szektorban (beleértve a kazánokat, gázturbinákat és gázmotorokat)	Az összes tüzelőanyag	**177,2**	**28,6**	**180,7**	**257,6**	**32,8**	**970,2**	**579,4**	**1028,0**
	Lignit	65,6	9,0	62,8	140,0	13,7	80,7	81,4	219,0
	Szén	52,3	1,6	35,7	27,2	8,7	69,7	148,0	328,0
	Tüzelő olajok	50,6	12,0	69,5	43,5	1,5	805,0	199,0	148,0
	Egyéb tüzelőanyagok	8,7	6,1	12,7	46,9	8,9	14,8	151,0	333,0

1.7.2–3. táblázat: Nehézfém kibocsátások az EU-15 tagállamában

A szén nehézfém tartalma rendszerint több nagyságrenddel nagyobb, mint az olajé (kivéve a Ni és V tartalmat) és a földgázé. A tüzelés során a szénrészecskék olyan átalakuláson mennek keresztül, melynek során az illékony elemek elpárolognak. A nehézfém vegyületek elpárolgásának mértéke függ a tüzelőanyag jellemzőitől (szénben mért koncentrációjuktól, a szervetlen, pl. kalcium-vegyületek mennyiségétől és az alkalmazott tüzelési technológia jellemzőitől, pl. kazán típus, üzemeltetési mód).

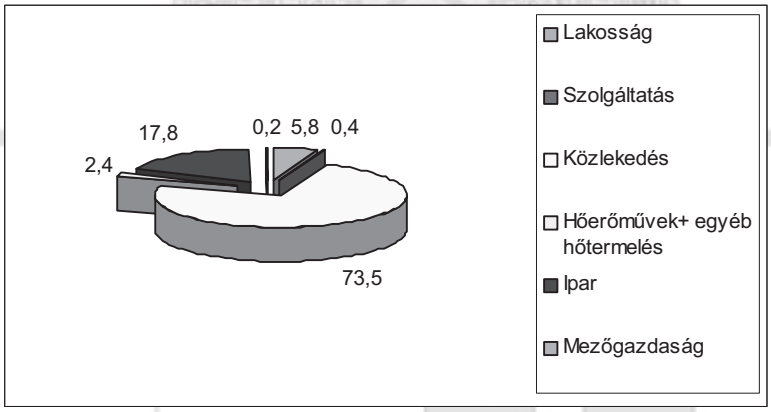
A 1.7.2–3. táblázatban a tüzelőberendezésekből származó nehézfém kibocsátások szerepelnek az EU-15 tagállamára vonatkozóan. Az adatokból a kibocsátott nehézfémek abszolút mennyiségéről nyerhetünk tájékoztatást, és összehasonlítást végezhetünk arra vonatkozóan, hogy milyen mértékben járulnak hozzá az összes nehézfém kibocsátáshoz. Megállapítható, hogy az EU-15 tagállamában a levegő nehézfém szennyezettsége egyes fémek (As, Hg, Ni és Pb) esetén meghatározó módon a tüzelőberendezésekből származik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Szén-monoxid

Szén-monoxid (CO) a tüzelés folyamán mindig átmeneti termékként, főleg tökéletlen égés során képződik. Az üzemeltetők mindig törekszenek a CO képződést minimalizálni, mivel a CO és az elégetlen tüzelőanyag a hatásfok romlás indikátora. A CO, a termikus NO és a VOC képződés egyaránt befolyásolható a tüzelési körülményekkel.

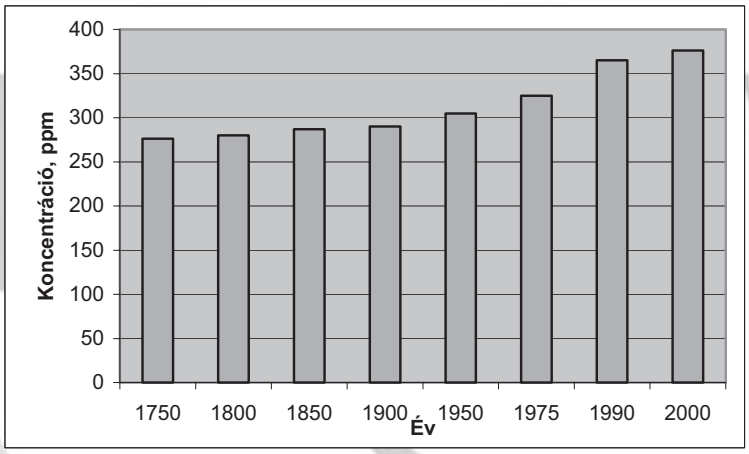
Az iparág hozzájárulását az országos kibocsátáshoz az 1.7.2-5. ábra mutatja.



1.7.2-5. ábra: A szén-monoxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év)

❖ Üvegházhatású gázok

Az iparosodás kezdete óta a Föld energiamérlege változóban van az antropogén üvegházhatású gázok, főleg a szén-dioxid (CO_2), N_2O, metán valamint a halogén tartalmú anyagok (HFC, PFC, és SF_6) kibocsátása következtében. Az utóbbi két évszázadban ezen gázoknak a légtérben való felhalmozódása következtében a megkötött infravörös sugárzás mennyisége megnőtt. Ugyanakkor amint azt az 1.7.2-6. ábra mutatja, az atmoszférában a globális átlaghőmérséklet és a CO_2 koncentráció jelentős növekedését figyelték meg.



1.7.2-6. ábra: Az atmoszféra szén-dioxid koncentrációjának változása

Úgy vélik, hogy az üvegházhatású gázok megnövekedett koncentrációja következtében adódó átlagos globális hőmérséklet növekedés megváltoztathatja a Föld klímáját, ha ezen gázok – főleg a CO_2 – emisszióját nem csökkentik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A nagy tüzelőberendezések által kibocsátott fontosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid (CO_2) és a dinitrogén-oxid (N_2O). A nagy tüzelőberendezések a világ szén-dioxid (CO_2) kibocsátásának mintegy a harmadáért felelősek. Az 1.7.2–4. táblázat az üvegházhatású gázoknak a globális felmelegedéshez való becsült hozzájárulását szemlélteti.

Gáz	Koncentrációnövekedés 1750 óta	Hozzájárulás a globális felmelegedéshez	Fő antropogén forrás
CO_2	30%	64%	Fosszilis anyagok tüzelése (beleértve az energiatermelést és a szállítást)
			Erdőpusztulás és földhasználat
			Cementtermelés
N_2O	15%	6%	Műtrágya használat
			Talaj tisztítás
			Adipinsav és salétromsavgyártás
			Biomassza tüzelése
			Fosszilis anyagok tüzelése (FBC)

1.7.2–4. táblázat: Üvegházhatású gázok fő antropogén forrásai.

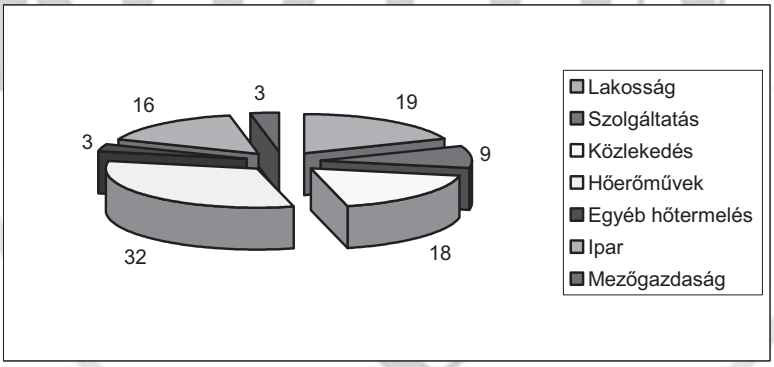
A szén-dioxid minden eltüzelt fosszilis tüzelőanyagnak a fő reakciótermék. A CO_2 kibocsátás közvetlenül a tüzelőanyag karbon-tartalmától függ, a gáznemű tüzelőanyagok CO_2 kibocsátása lényegesen kisebb. A szén és lignit karbon-tartalma 61-87% között mozog, a fáé 50%, a gázolajé és a tüzelőolajé pedig körülbelül. 85%.

Az 1.7.2–5. táblázat az egyes tüzelőanyagok és néhány erőműfajta fajlagos szén-dioxid kibocsátási tényezőit mutatják be.

Tüzelőanyag	Fajlagos CO_2 kibocsátási tényezők
	tCO_2/TJ
Földgáz	55
Nehéz tüzelőolaj (HFO)	80
Könnyű tüzelőolaj (LFO)	77
Kőszén	95
Lignit	110

1.7.2–5. táblázat Tüzelőanyagok fajlagos szén-dioxid kibocsátási tényezői

Magyarország szén-dioxid kibocsátása 2002-ben 60,5 millió tonnát tett ki. Az egyes nemzetgazdasági szektorok hozzájárulását a kibocsátáshoz az 1.7.2-7. ábra szemlélteti.



1.7.2-7. ábra: A szén-dioxid kibocsátás ágazatonkénti megoszlása (2002 év)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- **Sósav (HCl)**

A fosszilis tüzelőanyagok (szén és olaj) elégetésekor a tüzelő anyagok nyomnyi klorid tartalmából származóan kismennyiségű klorid is felszabadul. A kloridok egy része hidrogénnel sósavvá alakul át, ami füstgáz-kéntelenítő nélkül kijut az atmoszférába és a levegő nedvességével aeroszolt képez. A légtérben mozogva ez egyre inkább felhígul.

- **Hidrogén-fluorid (HF)**

A fluoridok is a fosszilis tüzelőanyagokból származnak. Ha nem használnak füstgáz-kéntelenítőt a felszabaduló fluoridok a füstgázzal távoznak. A fluoridok hidrogénnel egyesülve, a levegő nedvesség tartalmával folysavat képeznek.

- **Ammónia (NH_3)**

Az ammónia (NH_3) kibocsátás nem a fosszilis tüzelőanyagokból származik, hanem a nitrogén-oxid mentesítési technológiáknál előforduló tökéletlen ammónia-reakció következménye. Az ammóniát tiszta ammónia vagy ammónia oldat formájában használják az SCR vagy SNCR berendezéseknél reagensként. Ha nincs füstgáz-kéntelenítés, vagy a nitrogén-oxid mentesítés a kéntelenítés után következik, az ammónia a füstgázzal a légtérbe szökik. Az ammónia-szökés fokozódik az NH_3/NO_x arány növelésével és a katalizátor aktivitásának csökkenésével.

- **Illékony szerves vegyületek (VOC)**

Számos ipari tevékenység képezi az illékony szerves anyagok emisszió forrását, ezek közül az egyik legjelentősebb a fosszilis anyagok tüzelése.

- **Perzisztens szerves anyagok (POP), policiklusos aromás szénhidrogének (PAH), dioxinok és furánok**

A fosszilis tüzelőanyagok tüzeléséből származóan kibocsátott perzisztens szerves anyagok közül a policiklusos aromás szénhidrogének (PAH), a poliklór-dibenzo-dioxinok, (PCDD) és a poliklór-dibenzo-furánok (PCDF) említhetők.

A PCDD és PCDF molekulák nem illékonyak, a tüzelés során keletkező részecskékhez tapadnak. A környezetben nagy a termikus és vegyi stabilitásuk, csak 1000 ^{o}C feletti hőmérsékleten bomlanak le. A PCDD és PCDF nemcsak a füstgázokban találhatók, hanem más szilárd égéstermékekben, a salakokban és a pernyékben is.

A szén mellett a fa tüzelése során is keletkeznek PCDD és PCDF kibocsátások, ha a tüzelőanyag klórozott szerves anyagokkal (lindán, PVC) szennyezett. Bizonyos anyagok (víztisztító iszap, műanyagok és egyebek) együttégetése a hagyományos tüzelőanyagokkal jelentős dioxin emissziókat okozhat.

(2) KIBOCSÁTÁSOK A VÍZI KÖRNYEZETBE

A hőkörfolyamat termikus hatásfokát a Carnot-ciklus, az ideális hőkörfolyamat termodinamikai korlátja szabja meg. Ez azt jelenti, hogy a tüzelőanyag összes kötött kémiai energiája nem alakítható át mechanikai, majd azt követően villamos energiává, hanem a tüzelés során rendelkezésre álló energia jelentős része a kondenzáció során, hulladékhő formájában a hűtővízbe, majd a vízi környezetbe kerül. Hűtőközegként sok erőmű nagy mennyiségű hűtővizet használ, amelyet folyókból, tavakból, felszín alatti víztestekből vételez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A nagy tüzelőberendezések jelentős mennyiségű használt vizet (hűtővizet és hulladékvizet) bocsátanak ki a folyókba, a tavakba. Ezek a kibocsátások nagymértékben függnek a tüzelőanyag típusától, a leválasztási technológiától, a hűtési technikától és a felhasznált vízmennyiségtől, valamint a tisztítások és karbantartások során alkalmazott vegyi és biológiai kezelések vegyszereitől. A kibocsátások fő forrásai fosszilis tüzelésű berendezéseknél az alábbiak lehetnek:

- hűtővíz rendszer
- kéntelenítő berendezés
- salak és pernyekezelő és szállító rendszer
- sótalanító és kondenzátum kezelő berendezések
- kazánok, levegő előmelegítők és pernyeleválasztók tisztítása
- kazánok savas mosása
- csapadék vizek

Az ipari hűtés, így a nagy tüzelőberendezések hűtésének környezeti hatásait az Ipari hűtési technológiák BREF írja le.

A fent említett hulladékvíz áramok különböző vízszennyező anyagokkal szennyeződhetnek. Nagy tüzelőberendezések esetén releváns szennyezési paraméterek az alábbiak lehetnek:

pH, hőmérséklet, szín, összes lebegőanyag, összes oldott anyag, biológiai oxigén igény, kémiai oxigén igény, ásványolaj termékek, szabad klór, ammónia, hal toxicitás, Sb, As, Co, Mn, Tl, V, Sn, CN, S, SO_3, SO_4, EOX, fenol, PCDD/PCDF

Az egyes paraméterek jelentősége az üzem kialakításától és az alkalmazott technológiától függ, amely meghatározza a kezelendő hulladékvízben levő szennyezőanyag típusát és mennyiségét is.

Kémiai, biológiai vagy fizikai sajátságaik miatt ezek az anyagok nagy hatással lehetnek a vízi környezetre. A befogadó vizében a pH megváltozása kapcsán a savasság vagy a lúgosság megnövekedését, a sótartalom növekedést, az oxigén tartalom csökkenését és a növények burjánzását okozhatják.

A salak és pernye szállítás vizei lúgosak a hamu összetevők miatt, a kazánok mosó vizei ugyanakkor savasak. A nedves kéntelenítés hulladék vizei klorid és szulfát sókat tartalmaznak. Az ipari tevékenységek, így az energia-termelés során is adódnak só források, ezeknek azonban csak akkor van jelentősége, ha a kibocsátás élővizekbe történik.

(3) TÜZELÉSI MARADÉKOK ÉS MELLÉKTERMÉKEK

A fosszilis tüzelőanyagok eltüzelése során maradékok és melléktermékek képződnek. A melléktermék meghatározást általában azokra az anyagokra használják, amelyek a piacon értékesíthetők (például füstgáz-kéntelenítésből származó gipsz). Eredetüktől függően a tüzelőberendezésből származó maradékok közvetlenül a tüzelési technológiához kapcsolódó, vagy az üzem és annak egyéb berendezései (szénmalmok, vízkezelő berendezések) működéséből adódó maradékokra oszthatók.

❖ **Tüzelési maradékok**

Közvetlenül a fosszilis tüzelőanyagok eltüzeléséhez kapcsolódó maradékok a salakok és pernyék valamint a füstgáz-kéntelenítésből származó gipsz. Széntüzelésből az EU-ban hozzávetőlegesen 55 000 kt szilárd hulladék keletkezik Ennek hozzávetőlegesen 55%-át hasznosítják, a többit lerakják.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ágyhamu és/vagy kazán salak

Az ágyhamu a kazán alján, hamu formájában összegyűlő, nem éghető anyag. Ha a tüzelési hőmérséklet a hamu olvadási hőmérsékletét meghaladja, a hamu salakká alakul és olvadt állapotban marad mindaddig, amíg a kazán aljából kazánsalak formájában el nem távolítják.

Fluidágy hamu

Szilárd tüzelőanyagok (szén, biomassza) fluidágyas berendezésben történő eltüzelése esetén használt ágyanyagból és tüzelőanyag hamuból álló hamu képződik. A hamut a fluidágy aljából távolítják el.

Pernye

A pernye az éghetetlen anyagnak az a része, amely a kazánból a füstgázzal távozik. A pernye az elektrosztatikus pernyeleválasztóban, a zsákos szűrőben, valamint a kazán egyéb helyein – pl. a víz és levegő előmelegítők – gyűlik össze. A legnagyobb mennyiségű pernye szén és lignit eltüzelése esetén képződik. Gáztüzelésnél csak kevés pernye keletkezik. Folyékony tüzelőanyag használatakor a gáztüzelésnél jóval több a pernye mennyisége, de a széntüzeléshez képest kevesebb.

A füstgáz-kéntelenítés maradékai és melléktermékei

A szilárd tüzelőanyagok valamint az olajok különböző mennyiségű ként tartalmaznak. A nagy kén-dioxid emissziók elkerülése érdekében, a nagy tüzelőberendezéseket (főleg 100 MW_{th} felett) füstgáz kéntelenítő berendezésekkel látják el. A jelenleg használatos különböző kéntelenítési technológiáknál sok hulladék és melléktermék képződik. A nedves meszes/mészköves füstgáz mosási technológia esetén például melléktermékként gipsz, míg a száraz beporlasztásos eljárásnál hulladékként egy keverék keletkezik, amely reagálatlan szorbensből (pl. mész, mészkő, nátrium-karbonát, kalcium-karbonát), kéntartalmú sókból és pernyéből áll.

A nagy tüzelőberendezéseknél a hulladékok legnagyobb volumenét a pernye és a füstgáz-kéntelenítés maradékai teszik ki. A maradékok egy részét különböző módon hasznosítják, másik részét pedig hulladéklerakókra juttatják. A hasznosítás módja cement- és betongyártásban additív anyagként, cement és aszfalt adalékként, bánya rekultivációnál és hulladék stabilizációnál, valamint sok más terméknél töltőanyagként lehetséges. A füstgáz-kéntelenítés melléktermékeként keletkező gipszet egyre nagyobb mennyiségben használják gipszkarton gyártásra.

- **Egyéb technológiai hulladékok**

A tüzeléshez közvetlenül kapcsolódó hulladékok mellett kisebb volumenben képződnek különböző technológiai berendezések üzemeltetéséhez kötődő hulladékok. Ilyenek elsősorban a következők:

A kazánok tisztításából származó hulladékok

A kazánok és tartozékaik – levegő és víz előmelegítők, túlhevítők, kémény, kondenzátor, egyéb segédberendezések – gáz és vízoldali karbantartása során képződő maradékok. Füstgázoldalon a berendezések felületén tüzelési maradékok – korom és pernye – rakódnak le, amelyeket rendszeresen el kell távolítani. Vízoldalon sók és korrózió termékek rakódnak le a felületeken és ezeket időnként savas vagy lúgos oldatokkal el kell távolítani.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Szilárd tüzelőanyagok őrlési maradékai

A szilárd tüzelőanyagok (szén és lignit) szemcsenagyságát a kazánba történő befúvás előtt csökkenteni kell. Az őrlés előtt a meddő anyagokat (mészkő, pirit, stb.) a fő tüzelőanyag áramtól el kell különíteni. Ezeket a szilárd anyagokat a fenékhamuval együtt kell eltávolítani.

Pótvíz-előkészítő rendszer iszapja

A kazánok póttápvizének előállítása a következő technológiai folyamatokat foglalja magában: ülepedés, derítés, lágyítás, szűrés, ioncsere és fordított ozmózis. A kezelési eljárások során hulladékként iszap is képződik.

Kimerült ioncserélő gyanták

Ioncserélő gyantákat a kazánok póttápvizének előállítása valamint a kondenzátumok tisztítása során használnak.

Hulladékvíz kezelő berendezés iszapja

A nagy tüzelőberendezés különböző hulladékvíz áramainak kezelése során képződő iszap.

SCR technológiák kimerült katalizátorai

Az SCR katalizátorokat a nitrogén-oxid emisszió csökkentésére használják. Ezeket a katalizátorokat inaktívvá válásukkor, néhány év üzemidő után ki kell cserélni. Ma már különböző technológiák vannak a katalizátorok regenerálására.

Laboratóriumi hulladékok

A különböző tüzelőanyag, víz, melléktermék és hulladékféleségek elemzése során képződő kismennyiségű laboratóriumi hulladékok.

Egyéb maradékok

Az egyéb maradékok magukban foglalják a használt olajokat, az olajtartalmú készülékeket, a PCB-t tartalmazó készülékeket és a tüzelőanyag kezeléséből (pl. szénmosásból) származó hulladékokat.

A tüzelési és a kéntelenítési technológiából származó maradékok, melléktermékek és néhány egyéb erőművi hulladék veszélyt jelenthet a környezetre. A széntüzelésű kazánok hamuja szilíciumot, alumíniumot, vasat, kalciumot, magnéziumot, káliumot, nátriumot és titánt, valamint nehézfémeket: antimont, arzént, báriumot, kadmiumot, krómot, ólmot, higanyt, szelént, stronciumot, cinket és egyéb fémeket tartalmaz.

A jelenlegi EU szabályozás a tüzelőberendezések maradékait hulladéknak minősíti. Az ipar azonban az utóbbi évtizedekben jelentős erőfeszítéseket tett a maradékok csökkentése és – elsősorban cement és építőipari – hasznosítása érdekében, így a lerakásra szánt hulladék mennyisége csökkent. A 75/442/EC Tanácsi Direktívának (és módosításainak) megfelelően ez kedvező a környezetre, mivel a maradékok nyersanyagként történő hasznosítása segít a természeti erőforrások megőrzésében és a lerakott hulladékok mennyiségének csökkentésében.

A salak és pernye összetétele megfelel azon talaj összetételének, amellyel a szén keletkezése során kapcsolatban volt. Egyik legjellemzőbb megkülönböztető sajátsága az, hogy ezen anyag zöme por vagy zsugorodott, üveges állapotban van, melynél az elemek többségét egyes üveg mátrix foglalja magában. Ez lehetővé teszi, hogy a nemzeti vagy nemzetközi hulladéklistákba

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

történő osztályozásuk során az inert, inaktív vagy nem veszélyes maradvány kategóriába sorolják (nem veszélyes hulladékok a 2001/118/EC Irányelv szerinti európai hulladék listában, és részét képezi a C(92)39 OECD határozat „zöld" listájának).

Az is jól ismert, hogy néhány melléktermék, mint a kéntelenítőből származó gipsz (amelyet az európai hulladék lista (2001/118/EC Irányelv) a nem veszélyes hulladékok közé sorol) jelentős részaránnyal rendelkezik a gipsz piacon, és a gipszkarton gyártás legfontosabb nyersanyaga. Az ipar által tett ezen erőfeszítések segítenek a környezeti elemek közötti kedvezőtlen kölcsönhatások, valamint a környezet kockázatok csökkentésében.

(4) ZAJ KIBOCSÁTÁSOK

A zaj és a vibráció a nagy tüzelőberendezések üzemeltetésének kísérői, különösen a gázturbinák esetén lehet jelentős a zajkibocsátás. A múltban a berendezések üzemeltetése során a környezetbe kibocsátott zaj sok panaszt okozott. Tisztázni kell a zaj és vibráció okait, megakadályozásának vagy csökkentésének módjait.

A zaj legjelentősebb forrásai az alábbiak:

- tüzelőanyagok, melléktermékek és maradékok szállítása és kezelése
- nagy szivattyúk és ventilátorok használata
- biztonsági szelepek
- hűtési rendszerek
- kazánok, gázturbinák, gázmotorok
- transzformátorok

A zaj és a vibráció sokféleképpen mérhető, általában azonban a részletek az adott helyszíntől függnek, figyelembe kell venni a zaj frekvenciáját és a lakott terület elhelyezkedését (az érzékelő pontokat).

A nagy tüzelőberendezés zajhatása a létesítményhez viszonylag közel eső területre korlátozódik. A leggyakoribb probléma, különösen éjjel, az erőműhöz közeli területen jelentkező zavaró zajhatás. Az éjszakai zajkibocsátási előírások szigorúbbak.

(5) RADIOAKTÍV ANYAGOK KIBOCSÁTÁSA

Az IPPC Irányelv 2.1 cikkelye alapján a természetes radioaktív anyagok nem tartoznak a irányelv hatálya alá, célszerű azonban a fosszilis tüzelésű berendezésekből származó természetes radioaktív anyagokat illetően néhány információt megadni.

Jóllehet az erőművi kéményekből származó radioaktív anyagok hatása a természetes háttérhez képest alig kimutatható, az utóbbi években az európai társadalomban – különösen a nagy tüzelőberendezések környezetében élő emberekben – megnőtt az aggodalom az erőművekből, elsősorban a széntüzelésű erőművekből kikerülő sugárzó anyagok miatt.

Ennek az oka az, hogy a szilárd anyagok eltüzelése után a radioaktív anyagok többsége – több mint 90%-a – a hamuban marad, a füstgáz kéntelenítő melléktermékébe, a gipszbe csupán néhány százalék kerül. A hamuban a természetes radioaktív anyagok koncentrációja 2-15-ször haladja meg a szénben mérhető koncentrációt. Nemzetközi tapasztalatok szerint a szén eltüzelésekor keletkezett hamu radioaktivitása 60-1000 Bq/kg tartományban mozog. Az urán-sorozatra az átlagértékek 90-180 Bq/kg között vannak 1000 Bq/kg csúcsértékkel, a tórium sorozatra az átlag 70-150 Bq/kg, a csúcs pedig 290 Bq/kg.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2 TÜZELÉSTECHNIKAI, ERŐMŰVI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI ALAPISMERETEK

2.1 TÜZELÉSTECHNIKAI ALAPISMERETEK

2.1.1 AZ ÉGÉS ALAPELVE

A tüzelőberendezésekben alkalmazott hőhordozó felmelegítéséhez (pl. a gőztermeléshez) megfelelő hőmérséklet előállítására van szükség a kazánok égésterében, ami általában fosszilis tüzelőanyag elégetésével történik, de más folyamatok veszteséghője is hasznosítható.

Az égés a tüzelőanyag éghető elemeinek és az oxigén gyors kémiai egyesüléseként definiálható. Csak három jelentős éghető elem van: a szén, a hidrogén és a kén, azonban a kén mint hőforrás kevésbé jelentős.

A szén és/vagy a hidrogén oxigénnel (általában levegővel) történő égése során CO_2 és H_2O keletkezik a következő reakciók szerint:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

A fenti égési reakciók exoterm (hőtermelő) folyamatok. A szén égésekor ~32 800 kJ/kg, a hidrogén égésekor ~142 700 kJ/kg hő keletkezik. A fosszilis tüzelőanyagok égetése során felszabaduló energia nem számítható kizárólag a hidrogén és a szén égéséből származó energiából, mivel a molekuláris kémiai energiát is figyelembe kell venni, valamint a tüzelőanyag kén és egyéb éghető anyag tartalma is befolyásolja az energia felszabadulás mértékét. Az égés során a tüzelőanyag víztartalma gőzfázissá alakul és az ehhez szükséges energia (párolgáshő) csökkenti a tüzelés során hasznosítható hőt. A párolgáshővel csökkentett, tüzelés során hasznosítható hő az alsó fűtőérték (LHV, a továbbiakban fűtőérték), ami a párolgáshő mennyiségével alacsonyabb a felső fűtőértéknél (HHV), a továbbiakban égéshő. Az égéshő meghatározása szabványos környezeti körülmények (1 bar, 25 °C) között történik. A párolgáshő a füstgáz vízgőz-tartalmának a harmatpont (~40 °C, ami a tüzelőanyag függvényében változhat) alatti hőmérsékleten történő kondenzálásával visszanyerhető.

A jó hatásfokú tüzelés feladata a tüzelőanyagban kötött energia felszabadítása, az égés tökéletlenségéből és a felesleges levegő hozzáadásból eredő veszteségek minimalizálásával. Az éghető tüzelőanyag összetevők tökéletes égéséhez a következő körülmények szükségesek:

- az oxigénnel való megfelelő keveredés
- elegendően magas hőmérsékletű gyújtás
- jó keveredés vagy turbulencia
- elegendő tartózkodási idő

Egy kazán égésterében (ahol nincs mechanikai munkavégzés) az oxigén és az éghető elemek reakciójából keletkező hőenergia csak a végső égésterméktől függ, független a végső égéstermék kialakulása során fellépő esetleges közbenső reakcióktól. Ezen törvényszerűség egyszerű demonstrációja 1 kg szén oxigénnel való reakciója, amely meghatározott mennyiségű hőt eredményez. A reakció végbemehet egy lépésben, azonnal CO_2-t eredményezve, vagy bizonyos körülmények között, két lépésben: először CO keletkezésével (amely alacsonyabb hőmennyiség felszabadulásával jár), majd a CO CO_2-vé égésével. Mindkét esetben azonosan 32 800 kJ/kg hőenergia keletkezik, függetlenül a végső égéstermék kialakulásának folyamatától.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az a tény, hogy a szén két módon léphet reakcióba az oxigénnel, elsősorban a tüzelőberendezés kialakítása szempontjából fontos. A tüzelési technológiával kell biztosítani a szén és az oxigén teljes keveredését, így az összes szén CO_2-vé és nem CO-vá alakulását. A sikertelen egyesülés hatásának eredménye megmutatkozik az égés hatásfokának és a felszabadult hő mennyiségének csökkenésében is, mivel CO képződése esetén a szénben rendelkezésre álló hőnek csak a ~28%-a szabadul fel.

2.1.2 A HAGYOMÁNYOS TÜZELÉSI ELJÁRÁSOK ELVI ALAPJAI

Ez a rész tájékoztató összefoglalást ad a különböző tüzelési technológiákról. A speciális tüzelési folyamatok részletesebb ismertetésére a vonatkozó fejezetekben kerül sor.

(1) AZ ÁLTALÁNOS TÜZELŐANYAG-HŐ ÁTALAKÍTÁS

A tüzelési technológiák általában közel atmoszférikus nyomáson kerülnek alkalmazásra, de létezik nyomás alatti tüzelés is. Minden tüzelési rendszerben a tüzelőanyag energia tartalma, **fűtőértéke** közel 100%-ban hővé alakul.

A legtöbb alkalmazásban a tüzelőanyagból felszabaduló hőenergia egy gőz körfolyamatba kerül átadásra. Az égési folyamat energia veszteségét a hamuban lévő elégetlen szén, CO és VOC (illó szervesanyag tartalom, ami a füstgázzal eltávozhat) jelenti.

Szilárd vagy folyékony tüzelőanyagok elgázosításánál a hő két lepésben kerül felszabadításra: az első lépésben a tüzelőanyag elgázosítása történik, míg a második lépésben az így előállított gáz ég el, tisztítást követően akár gázturbinákban vagy belsőégésű motorokban is (nyomás alatti tüzelés).

Egy adott berendezésnél vagy létesítménynél alkalmazott tüzelési technológia megválasztása a rendelkezésre álló tüzelőanyagtól, az elvárt terhelési tartománytól és a villamosenergia termelő berendezés által támasztott követelményektől függ. Az alkalmazott technológia egyéb segédrendszerek létesítését is maga után vonja, melyek szintén szükségesek a villamosenergia-termeléshez. Ilyen kapcsolódó rendszerek lehetnek pl. a szén előkészítés és feladás, vagy a füstgáz tisztítás.

(2) SZÉNPOR TÜZELÉS

A szilárd tüzelőanyagot tüzelő berendezések több, mint 90%-a por formájú tüzelőanyagot alkalmaz. Az alkalmazott kazánok fő típusai:

Száraz salakeltávolítású kazán (Dry Bottom Ash Furnace)

E típus tűztér hőmérséklete jóval a hamu olvadási hőmérséklete alatt maradnak, így a hamu nem tapad fel a falra és szilárd formában gyűjthető az alsó részben.

Salakolvasztós kazán (Slag Tap Furnace)

E típus tűztér hőmérséklete a hamu olvadási hőmérséklete felett van, így biztosítva a hamunak a tűztér aljára történő leáramláshoz szükséges folyékonyságot. A folyékony hamu egy vízzel telt gyűjtőben kerül lehűtésre. E típus gyakran kerül alkalmazásra rossz égési tulajdonsággal rendelkező tüzelőanyagoknál. Különböző típusú hulladék anyagok együttes égetése is egyszerűbb az ilyen típusú tüzelés esetén.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) FLUIDÁGYAS TÜZELÉS (FLUIDISED BED COMBUSTION – FBC)

A fluidágyas tüzelésnél a szilárd tüzelőanyagot meghatározott méretűre kell őrölni, a finom szemcsék kifúvódhatnak az ágyból, a nagyobb szemcsék leállíthatják a fluidizációt. A kisebb egységek atmoszférikus nyomáson és „statikus" fluidizációval üzemelnek. A kazán méretének növelésével a cirkulációs fluidágyas tüzelés alkalmazása kerül előtérbe. A teljes égőtér hasznosítása céljából alkalmazzák a ciklonos leválasztást és a durva szemcsék fluidágyba visszajuttatását, melyek szerves részei a technológiának. Néhány kísérleti mű nyomás alatt üzemel és a nagynyomású füstgáz gázturbinában expandál.

(4) ROSTÉLYTÜZELÉS

A rostély tüzelésnél a felhasznált tüzelőanyag mérete a rostély rendszerhez kell illeszkedjen, a kisebb méretű tüzelőanyag részecskék kiégés nélkül áthullnak a rostélyon, a túl nagyok viszont nem égnek ki teljesen a mozgó rostély elhagyásáig.

(5) OLAJ-, GÁZ TÜZELÉS

A gáznemű tüzelőanyag közvetlenül elég a levegővel, a folyékony tüzelőanyagok azonban fúvókákon keresztül porlasztva (pl. nagynyomású gőz által apró cseppekre bontva) kerülnek a tűztérbe, ezzel megnövelve az illékonyságot, a párolgást. Csak a nehéz tüzelőolajoknak van jelentős hamu tartalmuk. Minden tiszta gáznemű és folyékony tüzelőanyag elégethető fenékégős tüzelőberendezésben.

(6) ELGÁZOSÍTÁSI ELJÁRÁSOK

Az elgázosítási folyamatok elsődleges termékei a gáznemű, a folyékony és a maradék szilárd tüzelőanyagok.

A nagy erőművek számára a nyomás alatti, magas hőmérsékleten történő elgázosításnak van jelentősége, mivel az így keletkező gázt gázturbinában, ill. hagyományos erőműben, kazánban eltüzelve villamosenergia termelhető. E rendszerek mérete és ára általában nem versenyképes a szénnel vagy a nehézolajjal történő konvencionális villamosenergia termeléshez képest.

Az elgázosítási folyamatokhoz elvben minden szilárd tüzelőanyag elégetésére alkalmas kazántípus alkalmazható, megfelelő kiegészítő intézkedésekkel. A fő kockázatot a tüzelőanyag és a levegő keverék robbanóképes elegyének képződése jelenti. Az éghető gázok és illékony folyadékok formájában keletkező termékek másodlagos ill. kiegészítő tüzelőanyagként gázturbinákban és gázmotorokban eltüzelhetők. Az elgázosított szilárd tüzelőanyag gázturbinákban történő közvetlen bevezetéséhez szükséges a gáz nagy hatékonyságú tisztítása (por leválasztása és kéntelenítése). Ez akkor érdekes kereskedelmi szempontból, ha a gáznemű és a folyékony tüzelőanyagok árai magasak a szilárd tüzelőanyagokhoz képest. A gázosítási folyamat nagy energiaigénye csökkenti az összhatásfokot. Ez a hatásfok veszteség mérsékelhető, ha az elgázosító rendszer veszteséghőjét gőz előállításához hasznosítjuk.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.2 ERŐMŰVEK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

JELLEMZŐ KIFEJEZÉSEK, HATÁSOK, JELENSÉGEK

Égés

A tüzelőanyag-levegő keverék a kazánban kerül elégetésre. Az ideális levegő-tüzelőanyag keveréket lehetetlen elérni, ezért a sztöchiometrikus levegőszükségletnél több égési levegővel kell ellátni a kazánt. A tüzelőanyag egy kis százaléka nem ég ki teljesen.

Légfelesleg

Az alkalmazott légfelesleg mértéke függ a kazán típusától és a tüzelőanyagtól. Szokásos értéke, 12-20% száraz salakeltávolítású szénportüzelésű kazánnál. Az égés minőségére (CO, elégetlen szén mennyiségének csökkentése), a korrózióra és a biztonságra (pl.: kazánrobbanás kockázata) való tekintettel a légfelesleg csökkentése egy határon túl nem lehetséges.

Elégetlen szén a hamuban

Az égés optimalizációjával csökkenthető az elégetlen szén a hamuban. Az NO_x csökkentést szolgáló tüzeléstechnikai módosítások a hamu elégetlen szén tartalmát növelik.

Gőz

A legfontosabb tényező a hatásfoknövelésben a gőz munkaközeg hőmérsékletének és nyomásának a lehetséges legmagasabb értékre történő növelése. Modern erőművekben a részlegesen expandáló gőz újrahevítésre kerül egy vagy több újrahevítő fokozatban.

Kondenzátor vákuum

Elhagyva a gőzturbina kisnyomású részét a gőz a kondenzátorban lekondenzálódik, átadja hőjét a hűtővíznek. A maximális nyomásesés biztosítására a vákuumot minimalizálni szükséges, ami a hűtővíz hőmérsékletétől függ. A legjobb villamos hatásfok frissvízhűtés esetén érhető el, ahol lehetséges 3,0 kPa körüli kondenzátor vákuum tartása.

Változó (csúszó paraméteres) és állandó nyomású üzem

Állandó nyomású üzemben a nyomás a turbinák előtt minden terhelési szinten többé-kevésbé állandó szinten van tartva a turbina belépő keresztmetszetének változtatásával. Változó nyomású üzem esetén a turbina belépő keresztmetszete maximális, a termelt villamosenergia szabályzása a turbina előtti nyomással történik.

Kondenzátum és tápvíz előmelegítés

A kondenzátorból kilépő kondenzátum és a tápvíz előmelegítés gőzzel történik, a gőzturbinából megcsapolt gőz telítési hőmérsékletének közelébe. A megcsapolt gőz energiája az előmelegítés során lekondenzálódik, a párolgáshő így visszatáplálásra kerül a körfolyamatba, csökkentve a kondenzátorban elvonandó hőmennyiséget és javítva ezzel a hatásfokot.

Füstgáz hőmérséklet

A füstgáz hőmérsékletet elegendően magasan kell tartani (a tüzelőanyagtól függően ~120-170°C között), megelőzendő a savas kondenzátum lecsapódást a hőcserélő felületeken.. Bizonyos kialakításnál a második huzam hőcserélőinél 100 °C-nál kisebb hőmérséklet alakul ki, ami azonban a hőcserélők és a kémény speciális, a gazdaságosságot rontó bevonatával uralható. Kénmentes tüzelőanyag (pl. földgáz) alkalmazása esetén ennél jóval alacsonyabb, 70-80 °C körüli kilépő füstgázhőmérséklet is megengedhető.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.2.1 GŐZ KÖRFOLYAMATÚ ERŐMŰVEK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

(1) A HAGYOMÁNYOS GŐZKÖRFOLYAMATOKRÓL ÁLTALÁNOSAN

A legtöbb erőmű gőzkörfolyamatot alkalmaz, amely a tüzelőanyag-energiát magas nyomású és hőmérsékletű gőztermelésre hasznosítja.

A kazánba bevezetett nagynyomású, sótalanított víz a tüzelőanyagból felszabaduló hő hatására nagy nyomású és magas hőmérsékletű, túlhevített frissgőzzé alakul. A frissgőz a kazánból a gőzturbinára áramlik, ahol a turbina lapátjain keresztülhaladva, mechanikai munkát (forgómozgás) végezve expandál. A gőzturbina egy generátort hajt meg, amely villamos energiát termel. A gőzturbinából kilépő alacsony nyomású gőz a kondenzátorba kerül elvezetésre, ahol vákuumban a gőzfázis vízzé kondenzálódik, majd a kondenzvíz kezelés (gáztalanítás, vegyszerezés) és előmelegítés, nyomásfokozás után ismét a kazánba kerül, zárva ezzel a víz-gőz körfolyamatot.

A gőz kondenzálásához, a jó kondenzátor vákuum tartásához és ezáltal a jó hatásfokú villamosenergia termeléshez a kondenzátor csövein keresztül folyamatosan alacsony hőmérsékletű hűtővíz állandó áramoltatása szükséges. Az elérhető legmagasabb hatékonyságú a felszíni vízből közvetlenül kivett frissvízhűtés, míg a száraz hűtőtornyokkal, direkt módon vagy közvetítő közegen keresztül történő hűtés a legalacsonyabb hatékonyságú.

Az erőművi egység elméleti hatásfoka függ a kazánból kilépő közeg nyomásától, hőmérsékletétől, valamint a kondenzátor hőmérsékletétől és nyomásától. Miután a hatásfok függ a környezeti hőmérséklettől is, azt szabványos feltételekkel kell számítani.

Az égési folyamat legnagyobb mértékű veszteségei a kilépő füstgázokból, vagy ahol szén vagy az olaj a felhasznált tüzelőanyag ott ezen felül a hamuból erednek.

(2) GŐZCIKLUS TIPIKUS ELEMEI

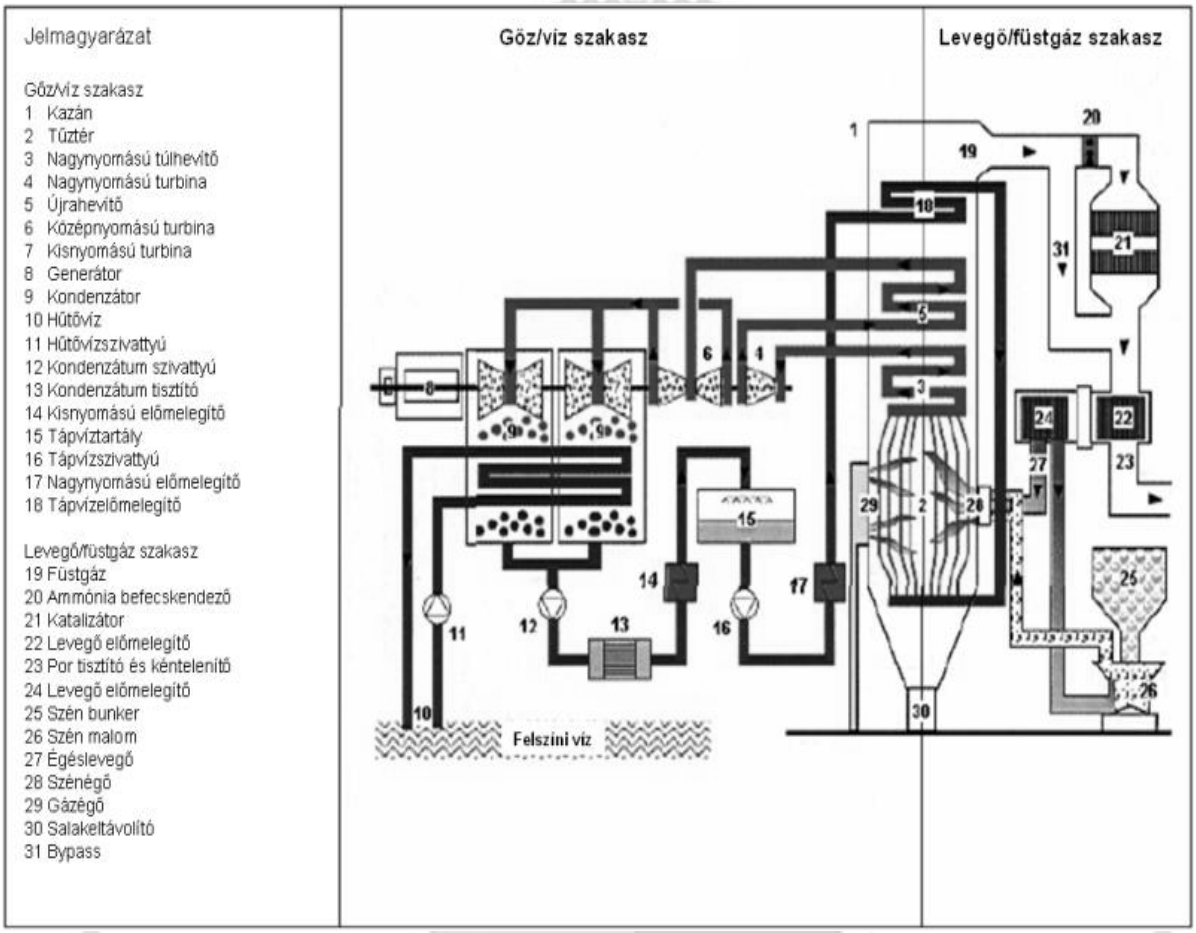
A nagynyomású gőzzel történő villamosenergia-termelő folyamat négy alapeleme a következő:

- kazán (beleértve a tüzelőanyag előkészítő alrendszert is),
- gőzturbina (beleértve a gőz és tápvíz alrendszert),
- kondenzátor,
- hűtőrendszer.

A modern ipari kazánok esetében a nagynyomású gőz termelése membránfalban történik. A kazánon belüli vagy ahhoz kapcsolódó további főbb hőcserélő elemek: a túlhevítő, az újrahevítő, a tápvíz előmelegítő (ECO), a léghevítő.

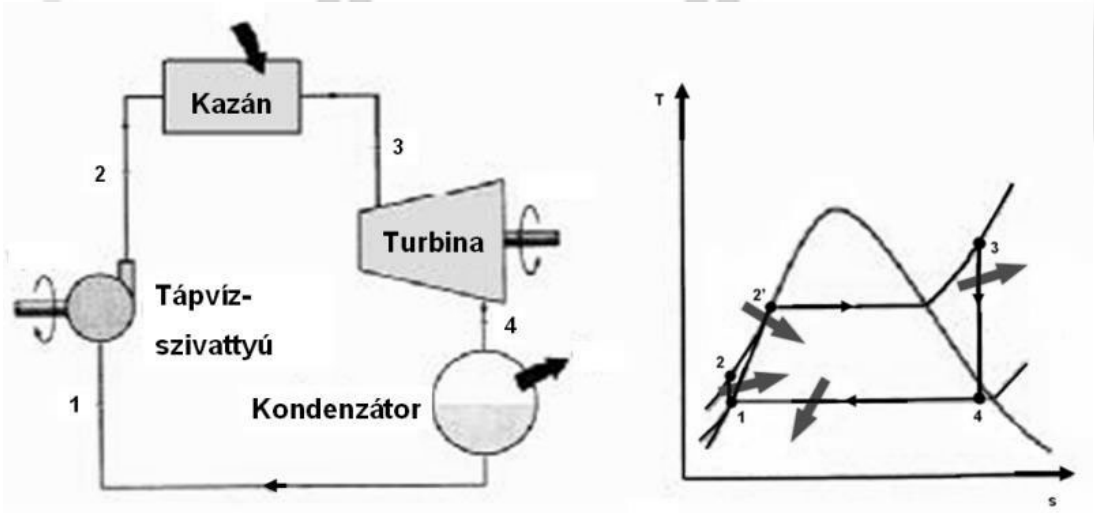
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 2.2.1-2. ábrán egy lehetséges erőművi kapcsolás látható.



2.2.1-1. ábra: Egy lehetséges erőművi kapcsolás [113, Verbundkraft, 2002]

A 2.2.1-2. ábrán egy ideális körfolyamat vázlata látható.



2.2.1-2. ábra: Ideális körfolyamat vázlata [54, Cortés and Plumed,2000], [55, Çengel and Boles, 1994], [56, Rogers and Mayhew, 1967]

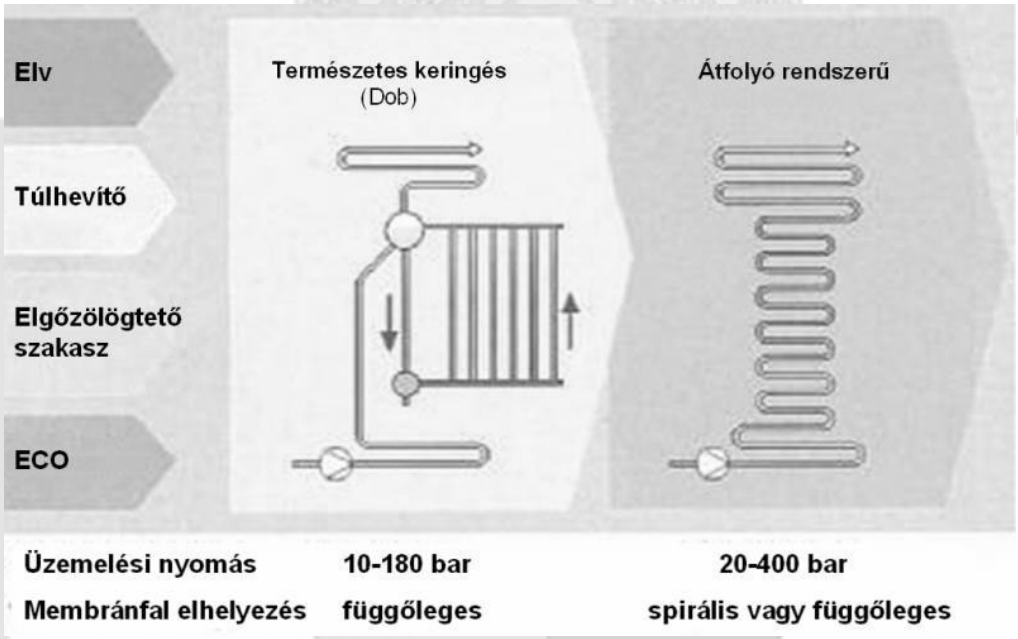
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) KAZÁN (GŐZGENERÁTOR)

Általában három kazán típus kerül alkalmazásra:

- természetes cirkulációjú,
- kényszer-cirkulációjú,
- átfolyó (v. egy utas, v. Benson) kazánok,

Az átfolyó rendszerűek jelenleg a világpiac közel 70%-át jelentik. A 2.2.1-3. ábra bemutatja a főbb különbségeket a természetes cirkulációjú és az átfolyó rendszerű kazán kialakítások között.



2.2.1-3. ábra: A természetes-cirkulációs és az átfolyó kazánok elve [80, Siemens, 2000].

A természetes és a kényszer cirkulációs kazánoknál az előmelegítőben a telítési hőmérséklet közelébe melegített víz a kazándobba jut. A kazándob alsó részén összegyűlő vízfázis az elgőzölögtető felülethez (membránfalhoz) csatlakozik, ahol a hőátadás hatására a víz egy része elgőzölög, majd ez a gőz-víz elegy visszajut a kazándobba. A víz-gőz elegy gőzfázisa a túlhevítőbe kerül, a vízfázis visszajut a kazándob alsó részébe, ahonnan ismét az elgőzölögtető felületbe kerül. A természetes cirkulációjú kazánoknál a kazándobból lefelé áramló víz sűrűsége és az elgőzölögtető csövekben felfelé áramló víz-gőz elegy eredő sűrűsége közötti különbség jelenti a cirkuláció hajtóerejét. A kényszer cirkulációs kazánok esetében a cirkulációt a sűrűség különbségen felül a keringtető szivattyúk serkentik.

Az átfolyó rendszerű kazánoknál a víz az elgőzölögtető felületen csak egyszer halad át, a vízáramot a tápszivattyú és a víz elgőzölgésének sebessége határozza meg. Az átfolyó kazán előnyei:

- a gőz előállítása bármilyen nyomáson lehetséges
- szuperkritikus paraméterek esetén a legmagasabb elérhető hatásfok
- magas erőművi hatásfok részterhelésen is
- csúszó paraméteres üzem átmeneti magas terheléseken
- alkalmas a világpiacon rendelkezésre álló bármely tüzelőanyaghoz

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A **kazán** vagy **gőzgenerátor** a következő fő **elemekből** áll:

- **ECO (tápvíz-előmelegítő)**

A kondenzátorból érkező (általában a gőzturbinából származó gőzzel már részben előmelegített) alacsony hőmérsékletű tápvíz melegítése egy tápvíz-előmelegítőben, általában 10 fokkal a telítési hőfok alá történik. Az előmelegítő általában a kazán első, leghidegebb hőcserélő fokozata, amely a hőt a legalacsonyabb hőmérsékletű füstgázból nyeri.

- **Elgőzölögtető**

Az égőtérben, a tüzelőanyag kémiailag kötött energiája felszabadul és átadódik a kazán membrán falaiban keringő víznek/gőznek. A felmelegített víz aztán elgőzölög a forrásos elgőzölögtetőben legalább telített gőzzé, vagy szuperkritikus paraméterek esetén túlhevített gőzzé. Az elgőzölögtető csövei általában az tűztér falazatába kerülnek beépítésre, vertikálisan vagy spirálisan vezetve. Néhány modern erőmű szuperkritikus paraméterekkel üzemel, azaz a víz-gőz diagram kritikus pontja feletti nyomáson. Ezen a nyomáson a víz gőzzé alakulása átalakulás átmeneti fázis nélkül történik (a párolgáshő nulla).

- **Túlhevítő**

A túlhevítő a kazán legmagasabb füstgáz hőmérsékletű terében kerül elhelyezésre és túlhevített frissgőz termelésére alkalmas. A túlhevített gőz hőmérséklete a nyomástól függő telítési hőmérséklet felett van, ami által lehetővé válik a gőzturbinán a magas nyomásesés, elkerülve a gőzexpanzió során a nagynyomású turbinában a turbinára káros vízcseppek kialakulását okozó kondenzációt.

- **Újrahevítő**

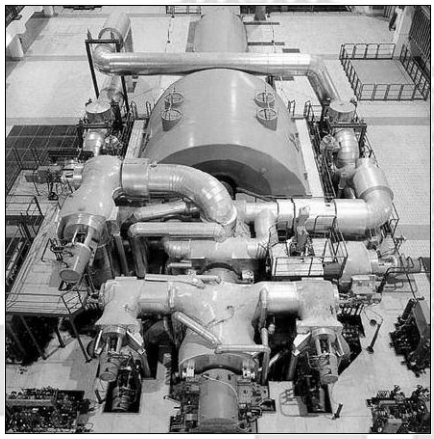
Az újrahevítő rendszerben a gőzturbinában már alacsonyabb nyomásra és hőmérsékletre expandált gőzt a füstgáz újrahevíti (általában a frissgőz hőmérsékletére). Az újrahevítés megakadályozza a középnyomású gőzturbinát károsító vízcseppek kialakulását ill. javítja az erőmű villamos hatásfokát. Az optimális hatásfok eléréséhez a szuperkritikus erőművekben gyakran két fokozatú újrahevítést alkalmaznak, mielőtt a gőz bevezetésre kerülne a kisnyomású turbinába.

(4) GŐZTURBINA

A gőzturbinában a gőz termikus energiája átalakul mechanikai munkává (turbina tengely forgása), ami a gőz belépési nyomása és a kondenzátor nyomása közötti gőz expanzió révén történik. Az adiabatikus gőz expanzió alatt a gőz hőmérséklete is csökken, ezzel együtt a nyomás pl. egy szuperkritikus erőműben megközelítően 300 bar-ról 0,03 bar-ra csökken. A gőz expanzió általában három turbinaházban zajlik, nagynyomású (HP), középnyomású (IP) és kisnyomású (LP) turbinaházban. A három turbinaház alkalmazása lehetővé teszi az egyes turbinák között a gőz újrahevítését, ami magasabb belépő gőznyomást és ezáltal jobb erőművi villamos hatásfokot eredményez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 2.2.1-1. képen egy modern gőzturbina látható.



2.2.1-1. kép: Modern gőzturbina [165,,NWS,2001]

(5) KONDENZÁTOR

A kisnyomású turbinából a gőz végül egy hőcserélőbe, a kondenzátorba áramlik, ahol a hőelvonás (hűtés) hatására a gőz vízzé kondenzálódik. A kondenzátorba kerülő gőz energiáját nem lehet tovább mechanikai energiává alakítani. A hatékony kondenzációs rendszer hozzájárul a gőzturbina kilépő nyomásának jóval az atmoszférikus nyomás alá történő csökkentéséhez (pl. elérhető akár 0,03 bar-os vákuum is, a hűtőközeg közepes hőmérsékletétől és a hűtővíz tömegáramától függően). Ez maximálja ill. biztosítja a gőzturbinában zajló gőzexpanzióból kinyerhető mechanikai munkát.

(6) HŰTŐRENDSZER

Az alkalmazott hűtési technológia vonja el az alacsony nyomásra expandált gőz maradék energiáját (tovább már nem hasznosítható kinetikus energia és párolgáshő) a kondenzátorból. A folyamat során az alkalmazott hűtőközeg felmelegszik. Nyitott hűtési rendszer esetében a felmelegített hűtővíz visszabocsátásra kerül a vízforrásba (pl. folyóvíz). Zárt rendszerben a felmelegített hűtővíz hűtőtoronyban vagy hűtőtóban történő cirkuláltatással kerül lehűtésre, ahol a kondenzátorban felvett hő párolgás és/vagy hőátadás útján kerül kibocsátásra a levegőbe. Zárt hűtési rendszer alkalmazása esetén csak kis mértékű nyersvíz szükséges a párolgási és a torony leiszapolási veszteségek pótlására (a tornyot periodikusan le kell üríteni a szilárd lerakódások miatt). A nyitott rendszerhez képest a zárt rendszer kb. huszadrész vizet használ. [21, US EPA, 1997].

2.2.2 KÖZVETLEN ENERGIAÁTALAKÍTÁS

Gázturbinákban és belsőégésű motorokban közvetítő közeg alkalmazása (gőz) nélkül, a forró és magas nyomású füstgáz direkt expanziója biztosítja a mechanikai munkavégzést (forgómozgás), vagyis a villamosenergia-termelést. Napjainkban megnövekedett az érdeklődés a magas nyomáson és hőmérsékleten üzemelő rendszerek iránt, mivel ezek magasabb villamos hatásfokot eredményeznek. Ezen berendezések nagyon gyorsan képesek indulni, kezelve így a csúcs igényeket, a frekvencia vagy a hálózati feszültség stabilitást. Ezen technológiákhoz csak igen kismértékű hűtés szükséges (elsősorban a kenőolaj hűtésére). Gőzfolyamatokkal összekapcsolva (pl. kombinált ciklus) a villamos hatásfok akár a 60%-ot is elérheti.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(1) BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK MŰKÖDÉSI ELVE ÉS FELÉPÍTÉSE

A belsőégésű motornak egy vagy több hengere van, ahol a tüzelőanyag égése zajlik. A motorok expanzió során átalakítják a tüzelőanyag kémiai energiáját mechanikai energiává (forgómozgás). A motor egy generátort hajt meg, amely villamos energiát termel. Az erőművi belsőégésű egységek kettő- vagy négyüteműek, Otto vagy Diesel elven működnek.

A belsőégésű motorok teljesítmény tartománya 0,1 MW-tól több, mint 50 MW-ig terjed, és nem ritka a 30-40 MW_e teljesítményű (kis fordulatú, kétütemű) motor. Azonos teljesítménytartományban a gázturbináknál jobb hatásfokuk van, könnyen szállíthatók, és képesek csaknem azonnal indulni, felfutni. Ezen okból a belsőégésű motorokat gyakran használják kis terheléseknél ill. szükség-energia ellátásra.

Összevetve a gázturbinákkal, az égés nem folytonos, és zárt térben történik. Az égés alatt a nyomás és a hőmérséklet magas értékekre növekszik, biztosítva ezzel a magas hatásfokot a kis egységeknél is. A belsőégésű motorok folyékony tüzelőanyagokat, diesel vagy nehézolajat és gáznemű tüzelőanyagokat is hasznosíthatnak. Távoli helyeken (szigetüzem) a nehézolajjal üzemelő belsőégésű motor költség-hatékony megoldás alapterheléses villamosenergia ellátásnál.

A motoros blokkok hőtermelő berendezések is egyben. A kipufogógáz kb. 500 °C-os hőmérséklete különleges igények esetén gőzfejlesztésre is alkalmas, igaz a gázturbinás lehetőségekkel összehasonlítva jóval szerényebb mértékben, hiszen a füstgáz tömegáram jóval kisebb azonos villamos teljesítmények mellett. A teljes leadott hő kb. 50%-a alacsony, 100 °C alatti hőmérsékleten keletkezik (motorköpeny és olajhűtés) és jellemzően fűtési igények kiszolgálására hasznosítható.

A motorok termikus hatásfoka általában több, mint 50%. A villamosenergia termelési oldalon kb. 37-45% hatásfok érhető el. Az energiatermelő modul összhatásfoka elérheti akár 90 %-ot is.

Az alkalmazott motorok túlnyomó többsége Otto-motor (hasonlóan a benzin üzemű gépjárművek motorjaihoz), amely benzin helyett különféle gázokkal, földgázzal, folyékony gázzal, biogázzal stb. üzemel.

Földgázüzem esetén három motor koncepció jöhet szóba:

- Elméleti légfelesleg tényezőjű (lambda = 1) szabályozással és három-utas NSCR (Non Selective Catalytic Reduction) nem-szelektív katalitikus katalizátorral (kis teljesítmények esetén)
- Nagy légfeleslegű üzem (lambda = 1,5 – 1,7) turbófeltöltővel és oxidációs CO katalizátorral
- Gáz-dízelmotor SCR (Selective Catalytic Reduction) katalizátorral (NO_x redukció) és oxidkatalizátorral (1 MW teljesítmény fölött).

A gáz-dízelmotorokat (lambda > 1) gyújtósugaras motoroknak is nevezik. Diesel-elv szerint működnek, a gyulladásképes sűrített gázkeveréket a befecskendezett gázolaj gyújtja meg. A bevitt gyújtóenergia olyan nagy, hogy az alacsony fűtőértékű gáz is meg tud gyulladni.

(2) GÁZTURBINÁK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

A gázturbinás rendszer működése során gőz helyett magas nyomású és hőmérsékletű füstgáz expandál egy turbinában és termel mechanikai munkát ill. a generátoron keresztül villamos energiát. A legmagasabb kompresszió és hőmérséklet a gázturbinákban valósítható meg. A gázturbinából kilépő füstgázok az atmoszférába kerülnek kibocsátásra. A gázturbinás rendszerek üzeme a gőzturbinás rendszerektől eltérően nem igényli egyéb komplex berendezések és

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

segédrendszerek üzemét (pl. kazán, gőzrendszer, tápvízrendszer, kondenzátor, hűtőrendszer stb.). A legegyszerűbb kialakítású, csak egy gázturbinából és annak működéséhez szükséges segédrendszerekből álló un. nyíltciklusú gázturbinák alkalmazása tipikus a csúcsterhelések kielégítésére, ahol gyors felterhelés és rövid üzemelés szükséges alacsony beruházási költség mellett.

(3) KOMBINÁLT CIKLUSÚ ERŐMŰVEK FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSE

A szolgáltató társaságok által jelenleg alkalmazott gázturbinák megszokott ipari berendezések, a füstgáz hőmérsékletük 500 ºC körüli, ill. ennél magasabb is lehet. A magas hőmérsékletű füstgáz hőhasznosító kazánban történő bevezetése lehetővé teszi magas hőmérsékletű és nyomású gőz termelését. Az így megtermelt gőz gőzturbinában történő hasznosításával többlet villamosenergia termelhető. Ezen gáz- és gőzturbinás rendszerek optimalizálásával igen magas, akár 60% villamos összhatásfok is elérhető. A kombinált ciklus alapelvbe illeszkedhetnek a belsőégésű motorok is.

Fontosnak tartjuk rögzíteni, hogy a kombinált ciklusú energiatermelés nem azonos a kapcsolt energiatermeléssel.

A kombinált ciklusú rendszerek kapcsolt energiatermelést (kogeneráció) is megvalósíthatnak pl. ellennyomású gőzturbina beépítésével vagy a gőzturbinából fűtési vagy ipari célú gőzelvétel kialakításával (elvételes kondenzációs gőzturbina).

(4) KOMBINÁLT CIKLUSÚ GÁZTURBINÁK PÓTTÜZELÉSE ÉS MEGLÉVŐ ERŐMŰVEK „REPOWERINGJE”

„Repowering” – az erőmű teljesítményét, hatásfokát növelve, az alap technológiát megújító, kiegészítő új technológiai elem(ek) (rendszerint gázturbinákra alapozott) beépítése. A repowering teljes mértékben kihasználja a meglévő főberendezéseket, részegységeket, hasonlóképpen a már létező segédberendezéseket és infrastruktúrát.

A kombinált ciklusú erőművek hőhasznosító kazánjában (HRSG) történő 10-20%-os póttüzeléssel bevitt hőenergia közel 100%-ban átadható az alkalmazott hőhordozó közegnek (gőz). Az így átadott hőenergiából a kapcsolódó gőzciklusban többlet villamosenergia termelhető. Ekkor az erőművi villamos hatásfok lecsökken, mivel megnövekszik a rosszabb hatásfokú gőzciklussal termelt villamosenergia részaránya. A villamos hatásfok azonban továbbra is magasabb annál, mintha az ez a többlet villamosenergia hagyományos kazán-gőzciklussal kerülne előállításra. A póttüzelést gyakran alkalmazzák kis csúcsterhelésű üzemnél és távfűtési rendszereknél.

Meglévő hagyományos erőművek gázturbinával vagy motorral történő „repowering”-je emeli annak villamos hatásfokát. Cél a többlet villamosenergia-termelés és a földgáz gázturbinában történő tüzelésénél keletkező füstgáz hőjének hasznosítása (általában a gőzös tápvíz előmelegítést részben vagy teljesen kiváltva), ezáltal a tüzelőanyag energia tartalmának magas hatékonyságú felhasználása.

Szén/olaj/gáz tüzelésű erőművek „repowering”-je esetén ma, a gőzfolyamat gázturbinával történő kiegészítéséről lehet inkább beszélni. Ennek fő előnye, hogy kis helyigényű és rugalmasan elhelyezhető maga a gázturbina.

Egy hőerőmű repoweringje belsőégésű motorral is történhet, melynek kilépő füstgáz hője hasznosítható például a gőzciklus tápvízének melegítésénél. A tápvíz előmelegítésre ekkor kisebb mennyiségű gőzt kell elvenni a gőzturbina megcsapolásaiból, ami többlet villamosenergia

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

termelést eredményez a gőzciklusban is. Az erőművek a kilépő füstgázt levegő előmelegítésre használják, tovább emelve a hatásfokot. Kombinált ciklusú erőművek a gázturbinák veszteséghőjét (pl. olajhűtésből származó hő) is hasznosíthatják a gázturbinába belépő levegő előmelegítésére, melynek határt szab az adiabatikus kompresszió.

A megújítás (repowering) növelheti az eredeti kialakítás energetikai hatásfokát, ahol az új kapcsolás többlet kapacitása nem gond. A gázturbina és a kazán összekapcsolásának különböző módozatai lehetnek az aktuális helyzettől függően.

2.2.3 KAPCSOLT ENERGIATERMELÉS

A kapcsolt energiatermelés hő és villamosenergia egyidejű termelését jelenti, és jó tüzelőanyag hasznosítási hatásfokot tesz lehetővé a települési és az ipari hőellátásban. Általánosságban, az ipari alkalmazások nem határolódnak le a téli időszakokra, mint a lakossági hőellátás, így a magasabb kihasználás miatt az ipari alkalmazások költséghatékonyabbak.

A költséghatékony hőtermeléshez magasabb hőmérsékletek és nyomások szükségesek, mivel ekkor kisebb csőátmérőkkel és hőcserélőkkel szolgálhatók ki az igények (pl. távfűtési rendszernél jellemzően 80-120 °C forróvíz hőmérsékletek szükségesek). A kondenzációs erőművek kondenzátorában kialakuló véghőmérséklet ennél jóval alacsonyabb (20-30 °C is lehet), ami nem teszi alkalmassá a hőigények kiszolgálására. Az egyik lehetőség a gőzexpanzió végső nyomásának és hőmérsékletének a megemelése, ami ellennyomású gőzturbina alkalmazásával lehetséges. Ebben az esetben az gőz lekondenzálása nem vákuumban (pl. 0,05 bar és 32 °C), hanem atmoszférikus vagy magasabb nyomáson történik (pl. 1 bar nyomáson és 100 °C hőmérsékleten), ami lehetővé teszi a költséghatékony hőtermeléshez szükséges hőmérsékletű forróvíz előállítását. Ez veszteséget okoz a villamosenergia-termelés szempontjából, mivel ha magasabb az expanzió végnyomása, akkor a gőz kevesebb munkát tud végezni és ezáltal kevesebb villamosenergia termelhető. A kialakítás sajátossága még, hogy mindig csak a hőigényeknek megfelelő mennyiségű gőzt lehet megtermelni, azaz a hőigények határozzák meg a villamosenergia termelést.

Másik lehetőség az elvételes-kondenzációs gőzturbina alkalmazása. Ebben az esetben a fűtési igényeknek megfelelő minőségű és mennyiségű gőz a gőzturbina megcsapolásából kerül elvételre, a kazánban megtermelt gőz fennmaradó része a kisnyomású gőzturbinában a kondenzátor vákuumig tovább expandálva villamos energiát termelhet. Ezzel a megoldással függetleníthető a hő- és villamosenergia-termelés.

Kapcsolt energiatermelés megvalósítható gázturbinákkal és belső égésű motorokkal is. A gázturbinákból származó magas hőmérsékletű füstgázból közvetlenül a hőigényeknek megfelelő gőz vagy forróvíz állítható elő, vagy a kombinált ciklusú erőmű esetén a gázturbinához kapcsolt gőzciklusban alkalmazható ellennyomású vagy elvételes-kondenzációs gőzturbina is. A belső égésű motorok üzeme során a keletkező füstgáz hőjén felül a motorköpeny és a kenőolaj hűtéséből származó hő is felhasználható a hőtermelés során, mivel ez is kellően magas (80-90 °C) hőmérsékleten keletkezik.

Az EU-15 országában lévő a nagy tüzelőberendezések kapcsolt energiatermeléséről valamint a hő- és teljes villamosenergia-termelésük 1998. évi százalékos megoszlásáról szolgál információval a 2.2.3–1. táblázat.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tagállam	Kapcsolt energiatermelés	Részarány a hőenergiatermelésből	Részarány a teljes energiatermelésből
	(GWh)	(%)	(%)
Belgium	3 410	9,6	4,1
Dánia	25 591	66,9	62,3
Németország	41 770	11,3	7,5
Görögország	981	2,3	2,1
Spanyolország	21 916	22,2	11,2
Franciaország	12 660	22,7	2,5
Írország	404	2,0	1,9
Olaszország	44 856	21,6	17,3
Luxemburg	329	87,7	22,5
Hollandis	47 835	55,4	52,6
Ausztria	14 268	76,2	24,8
Portugália	3 288	12,8	8,4
Finnország	25 128	75,6	35,8
Svédország	9 544	95,5	6,0
Egyesült Királyság	18 644	7,4	5,2
EU-15 összesen:	270 624	21,0	10,9

2.2.3–1. táblázat: Kapcsolt energiatermelés az EU-15-ökben 1998-ban. [186,Eurostat, 2001],[187,Eurostat, 2002].

2.2.4 HATÁSFOKOK

A tüzelőberendezések hatásfok meghatározásának különböző lehetőségei vannak, ezért szükséges hozzátenni, hogy miként definiált hatásfokról beszélünk ill., hogy milyen feltételekkel kerül mérésre. Több nemzeti szabvány (útmutatás) is van [48,VDI,1998], [BSI, 1974#52], [51,DIN, 1996] amely leírja az elfogadási tesztet (garanciális mérést) és az alkalmazott hatásfokméréseket.

A villamos hatásfok változik a környező hőmérséklettel, ezért minden rendszer jellemző hő-villamosenergia átalakítását un. standard feltételekre kell átszámítani.

A [48, VDI, 1998] szerint definiált hatásfokok adott villamos teljesítmény mellett és normál üzemi viszonyok között értelmezendők, azaz az erőmű mindennapos üzemének megfelelően üzemelnek pl. a malmok, az égők, a kalorifer stb. Ezek a hatásfokok egy adott időtartam alatt rögzített értékek átlagából számítottak.

(1) CARNOT HATÁSFOK

Egy termikus körfolyamat ideális hatásfoka az un. „Carnot” hatásfok, amely a hő munkává alakulásának mértékét mutatja két különböző hőfokszint között.

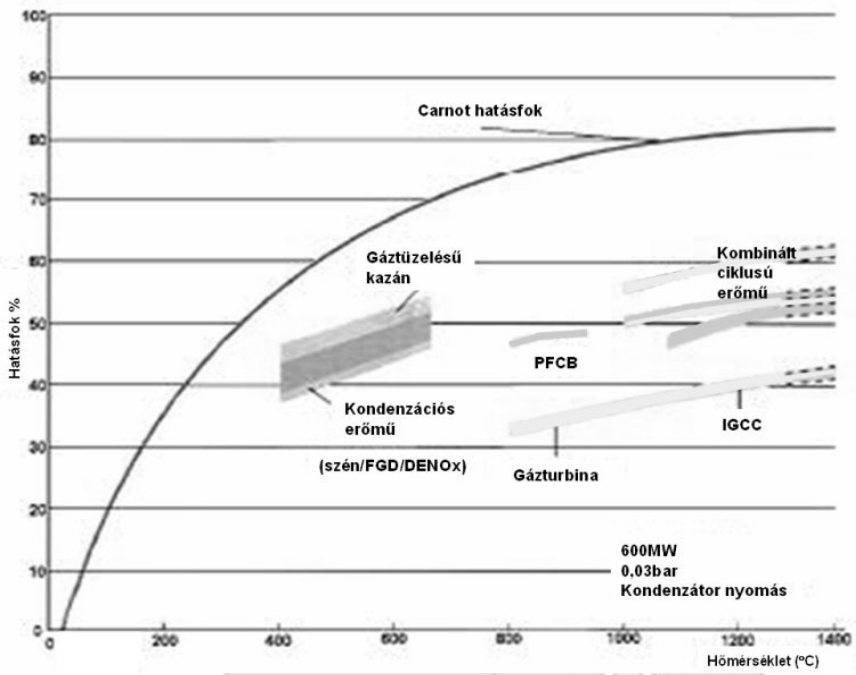
A Carnot hatásfok felírható:

$$\eta_C = 1 - T_0/T$$

T_0 a hőleadás hőmérséklete (pl. gőz körfolyamat esetén a kondenzátor hőmérséklet) és T azon hőmérséklet, amelyen hő felvétel történik (gőzciklusnál a frissgőz hőmérséklet), mindkettőt Kelvin-ben értendően (T(K)=T(°C)+273,15).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 2.2.4-1. ábra összehasonlítja az ideális (Carnot) hatásfokot a mai tüzelőberendezések által elérhető hatásfokokkal.



2.2.4-1. ábra: Ideális (Carnot) hatásfok összevetése a hőenergetika jelenlegi szintjén alkalmazott technikák valós hatásfokával

(2) A MECHANIKAI ÉS VILLAMOS HATÁSFOK

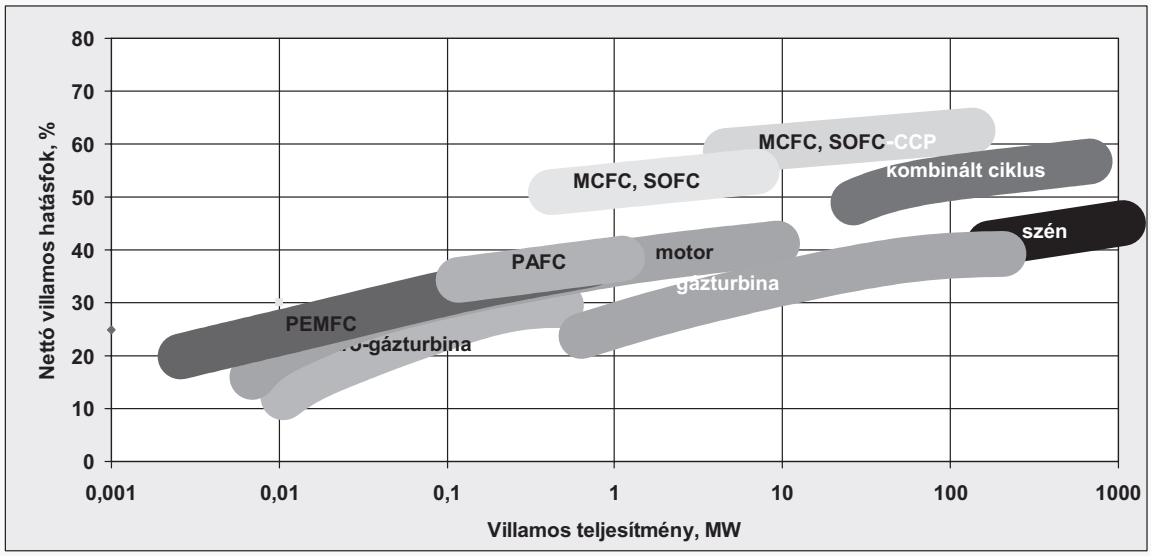
A hatásfok definíció szerint a hasznos energia és a befektetett energia hányadosa. Erőművi rendszereknél a hasznos energia a kiadott mechanikai munka, villamosenergia (vagy egyes esetekben a hőenergia) lehet. A befektetett energia elsősorban a tüzelőanyaggal bevitt hőenergia.

A mechanikai hatásfok ezen elv szerint egy hagyományos kondenzációs erőműben a turbinából származó mechanikai munkából (a turbina tengelyén leadott teljesítményből), mint hasznos teljesítményből számolható. Azon esetekben, ahol pl. a tápszivattyúk vagy a kondenzátum szivattyúk a turbina tengelyéről kerülnek meghajtásra, a turbina tengelyén ténylegesen leadott teljesítményt ezzel csökkenteni kell a hasznos teljesítmény meghatározásához, mivel ez a teljesítmény pl. villamosenergia termelésre nem hasznosítható. A befektetett energia ebben az esetben a kazánban eltüzelt tüzelőanyaggal bevitt hőenergia.

Egy kombinált (gáz/gőz) ciklusú erőmű esetében, a hasznosítható mechanikai teljesítmény a gáz- és a gőzturbina mechanikai kimenő teljesítményének összege, szintén csökkentve a tengelyekről hajtott berendezések által felvett teljesítménnyel. A befektetett energia ebben az esetben a gázturbinában eltüzelt tüzelőanyaggal bevitt hőenergia plusz póttüzelés esetén a póttüzeléshez használt tüzelőanyaggal bevitt hőenergia összege.

A bruttó villamos hatásfok a bruttó villamos teljesítményből számolható, amely villamos teljesítményt a hasznos mechanikai munka és a generátor hatásfokának szorzata eredményezi (generátor kapocsteljesítmény).

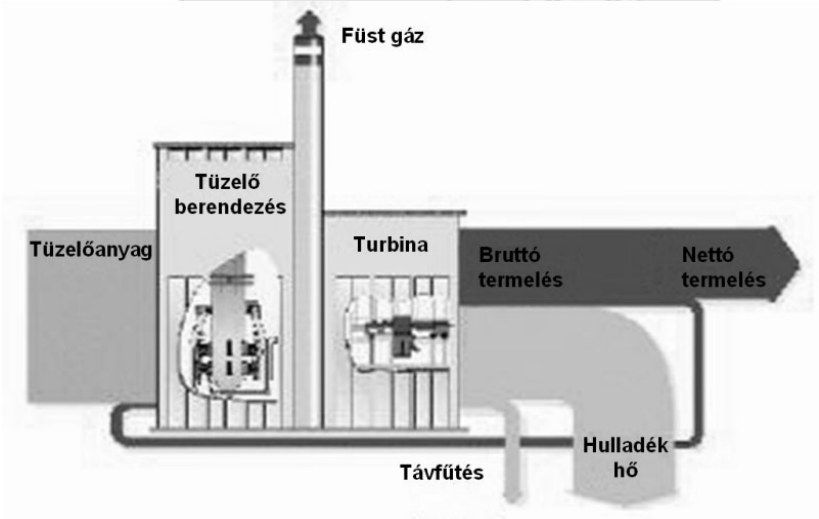
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.2.4-2. ábra: Összehasonlító hatásfokok

(3) BLOKK (EGYSÉG) HATÁSFOK

Az egység hatásfok definíciója egy teljes erőművet vesz figyelembe, amint azt a 2.2.4-3. ábra mutatja.



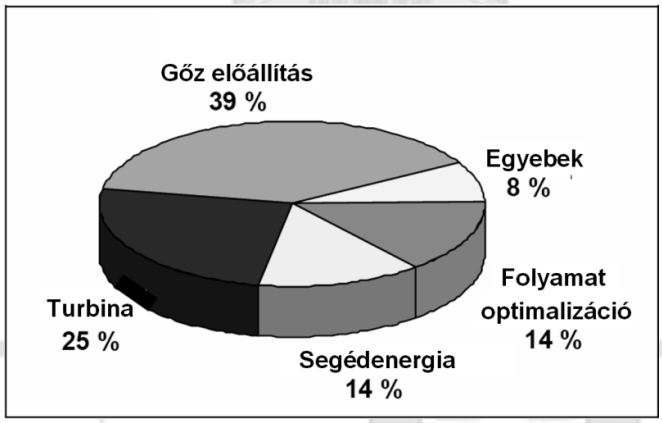
2.2.4-3. ábra: Energia áramlás egy hőerőműben [64, UBA, 2000].

A (nettó) villamos kimenő teljesítmény a főtranszformátor nagyfeszültségű oldalán kiadott teljesítmény, amely az erőmű működéséhez szükséges berendezések által felhasznált villamos teljesítménnyel (villamos önfogyasztás) kevesebb a generátor kapocsteljesítménynél. Az ebből számolt hatásfok a blokk nettó villamos hatásfoka.

Értelmezhető továbbá blokk (erőművi) összhatásfok is, ahol a hasznos villamos teljesítményen felül a kiadott hőteljesítmény is hasznos energiaként értelmezendő. A villamos teljesítmény meghatározásának függvényében értelmezhető bruttó és nettó összhatásfok is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az 1993 és 2000 közötti időszakban optimalizációval történő erőművi hatásfoknövelések, amit a 2.2.4-4. ábra mutat, 11,0 millió tonna CO_2 kibocsátás-csökkenést eredményeztek évenként.



2.2.4-4. ábra: 1993 és 2000 közötti erőművi hatásfok növelések [134, Hourfar, 2001]

(4) EGYSÉG HATÁSFOK GŐZELVÉTEL ESETÉN

Ha az erőművi egységből gőzelvétel van fűtési vagy egyéb céllal, akkor e gőz nem vesz részt a villamosenergia-termelésben. A kiadott villamos teljesítmény csökken, egy elvétel nélküli egyszerű kőfolyamathoz képest, hisz az elvett gőzmennyiség nem expandál a kondenzátor-nyomásig.

A tiszta kondenzációs üzemmel történő összehasonlíthatóság céljából ebben az esetben egy korrekció alkalmazható, amely korrekció az elvett gőzből termelhető villamos energiát veszi figyelembe. Ilyen korrekciókat mutat be egy diagram a [48, VDI, 1998]-es dokumentumban. Ezen diagrammokban, az energiaveszteség jellege függ a gőzelvétel hőmérsékletétől, a visszatérő hőmérséklettől csakúgy, mint az egy-, két-, háromfokozatú hevítés paraméterétől. A diagrammok 30, 40, 70 és 80 mbar-os kondezátor nyomásra vonatkoznak.

(5) TÜZELŐBERENDEZÉSEK VESZTESÉGEI

A fosszilis tüzelőanyagokból nyert hőenergiát egy munkaközeg (gőz) közvetíti. A folyamat alatt a tüzelőanyaggal bevitt energia egy része veszteséggé válik. A gőztermelés teljes veszteségei függnek a tüzelőanyagtól (hamu és víztartalom, fűtőérték); a kazán méretétől és üzemétől; a tüzelőanyag-levegő keveréktől; a füstgáz véghőmérsékletétől, az üzemeltetési módtól. A kazán hőveszteségei a következők szerint kategorizálhatók:

- füstgáz veszteségek
- az elégetlen tüzelőanyag veszteségei (mint át nem alakult kémiai energia)
- hamu, salak és pernye veszteségek
- sugárzási és vezetési veszteségek (főleg a kazán szigetelésétől függően)

A hőveszteségeken kívül, energiafogyasztás szükséges a segédberendezések üzeméhez (tüzelőanyag szállítás, szén malmok, szivattyúk és ventilátorok, hamu eltávolító rendszerek, a fűtőfelületek tisztítása, stb.), így azokat hozzá kell venni a fogyasztáshoz.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A rossz hatásfokú égés csökkenti a gazdaságosságot, növeli a környezeti hatásokat és károsan hat az erőmű biztonságára. A következő paraméterek hatnak, hathatnak az erőmű hatásfokra, következésképpen amennyire csak lehet figyelemmel kísérendők az optimális erőművi hatásfok tartásáért:

- tüzelőanyag összetétel,
- őrlési finomság,
- füstgáz összetétel (O_2, CO_2, CO),
- levegő keverék és a füstgáz térfogatárama,
- levegő tömörtelenség a kazánnál,
- kazán elkormolódás,
- az égési levegő és a füstgáz hőmérséklete,
- a hőcserélő felületek üzemi hőmérséklete,
- huzat csökkenés,
- láng kép,
- éghető maradék (égési veszteség)

(6) KLIMATIKUS VISZONYOK HATÁSAI A HATÁSFOKRA

A nedves és száraz levegő hőmérséklettel jellemzett klimatikus viszony kiemelten fontos telephelyi sajátosság. A klimatikus viszony kihat mind a hűtés típusának kiválasztására, mind a körfolyamat elérhető véghőmérsékletére. A levegő és/vagy vízhűtés ellentmondása, hogy mikor a hűtési igény magas, még nehezebbé válik kielégíteni azt, mivel ez általában egybeesik azzal az időszakkal, amikor a hűtésre használt levegő vagy víz hőmérséklete is magas. A hűtési igényeket ilyen esetben víz-levegő kombinált hűtési rendszer flexibilis üzemével lehetséges és szükséges kielégíteni. Tekintettel ezen időszak rövidségére, az elégtelen hűtésből eredő bizonyos mértékű hatásfokveszteség elfogadható.

Az igényelt véghőmérséklet eléréséhez, a hűtőközegnek alacsonyabb hőmérsékletűnek kell lenni, mint a hűtött közeg, de ez függ a száraz- és nedves levegőhőmérsékletektől. A nedves levegőhőmérséklet mindig alacsonyabb, mint a száraz levegőhőmérséklet. A nedves levegő-hőmérséklet függ a környezeti hőmérsékletétől, a nedvességtartalomtól és a levegő nyomásától. Az elpárologtató elven működő hűtés (pl. nedves hűtőtornyok) esetében a a nedves hőmérséklet a releváns hőmérséklet. Ez az a legalacsonyabb elméleti hőmérséklet, amelyre lehűthető a víz párologtatással. A hőérzet vonatkozásában a száraz hőmérséklet (száraz levegő) a meghatározó, ahol a levegő a hűtőközeg.

A hűtés típusának megválasztásához, méretezéséhez a tervezési hőmérséklet nagyon fontos, amely általában összefügg a száraz és nedves levegő hőmérsékletek nyári szintjével. Ezen hőmérsékletek közötti nagy különbség és magas száraz hőmérséklet esetén a legnehezebb száraz léghűtéssel alacsony véghőmérsékletet elérni. Ez hatásfok veszteséghez vezet, amit lehet ugyan uralni, de csak költségek árán.

A 2.2.4–1. táblázatban bemutatott példában látható, hogy különböző európai klimatikus feltételek esetén a száraz vagy nedves hűtőrendszer kiválasztása milyen veszteséget okozhat egy körfolyamat hatásfokában. A példában alkalmazott nedves hűtés 4 Kt hőmérsékletkülönbséget vesz figyelembe a nedves levegőhőmérséklet és a körfolyamatban elérhető véghőmérséklet között. Száraz hűtés alkalmazása esetén 12 K került figyelembe vételre. Minél nagyobb a különbség a száraz és a nedves véghőmérséklet között, annál nagyobb a hatásfokveszteség (e példában átlagosan 0,35%/K).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

		Paraméterek						
Ország és helység		**Száraz hőmérséklet (1%)[2] (°C)**	**Nedves hőmérséklet (1%)[2] (°C)**	**Hőmérséklet különbség (K)**	**Véghőmérséklet nedves rendszernél (°C)[3]**	**Véghőmérséklet száraz rendszernél (°C)[4]**	**Hőmérséklet különbség nedves-száraz (K)**	**Hatásfok veszteség (%)[5]**
Görögország	**Athén**	36	22	14	48	26	22	7,7
Spanyolország	**Madrid**	34	22	12	46	26	20	7,0
Franciaország	**Párizs**	32	21	11	44	25	19	6,7
Olaszország	**Róma**	34	23	11	46	27	19	6,7
Ausztria	**Bécs**	31	22	9	43	26	17	6,0
Németország	**Berlin**	29	20	9	41	24	17	6,0
Hollandia	**Amszterdam**	26	18	8	38	22	16	5,6
Franciaország	**Nizza**	31	23	8	43	27	16	5,6
Egyesült Királyság	**London**	28	20	8	40	24	16	5,6
Németország	**Hamburg**	27	20	7	39	24	15	5,3
Norvégia	**Oslo**	26	19	7	38	23	15	5,3
Belgium	**Brüsszel**	28	21	7	40	25	15	5,3
Spanyolország	**Barcelona**	31	24	7	43	28	15	5,3
Finnország	**Helsinki**	25	19	6	37	23	14	4,9
Dánia	**Koppenhága**	26	20	6	38	24	14	4,9
Portugália	**Lisszabon**	32	27	5	44	31	13	4,6
Egyesült Királyság	**Glasgow**	23	18	5	35	22	13	4,6
Írország	**Dublin**	23	18	5	35	22	13	4,6
Megjegyzés:								
1) A táblázatban megadott adatok az Európai éghajlat különbözőségét szemlélteti. Más referenciák csak kismértékben eltérő adatokat szolgáltatnának. A pontos értékeket és helyszíneket egy meteorológiai intézet elemezte.								
2) Statisztikailag csak 1%-kal lehet a maximum hőmérséklet ennél az értéknél nagyobb								
3) Megközelítőleg 12K								
4) Megközelítőleg a nedves rendszerre 4K								
5) hatásfokveszteség átlagosan 0,35% / ΔT								

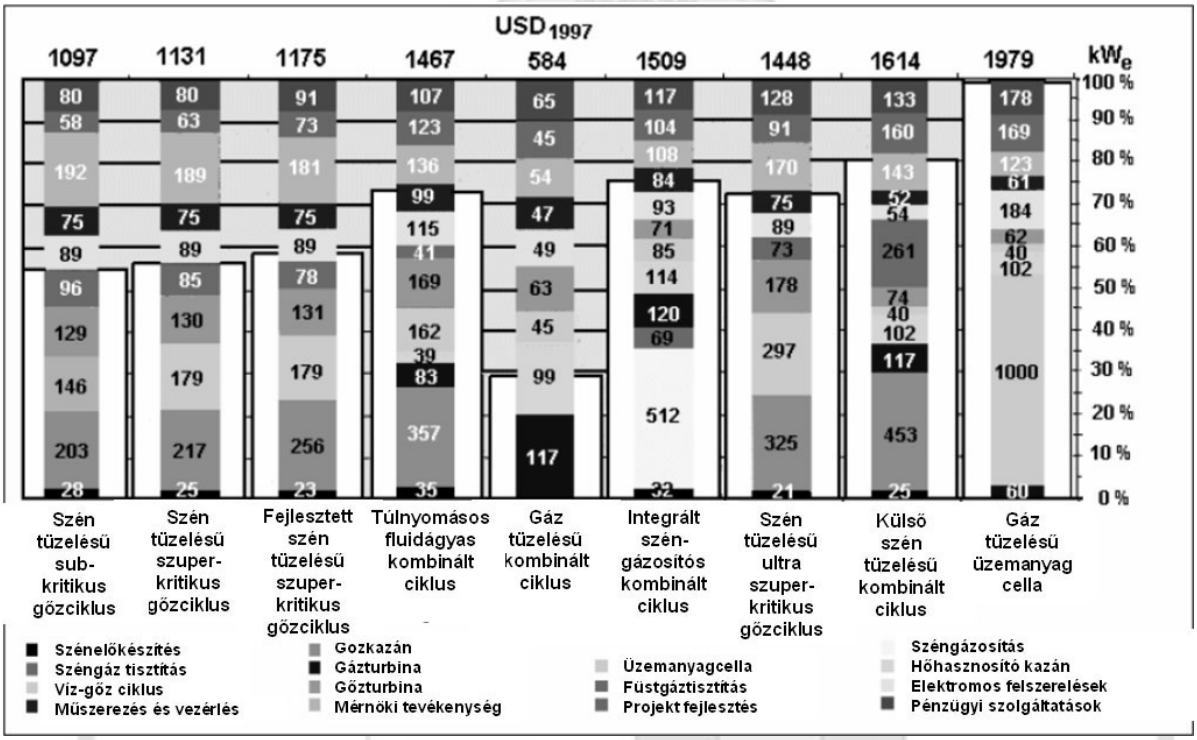
2.2.4–1. táblázat: Példák klimatikus hatások erőművi hatásfok csökkentő hatásai Európában

2.2.5 KÜLÖNBÖZŐ ALAPTECHNOLÓGIÁJÚ ERŐMŰVEK FAJLAGOS KÖLTSÉGEI

A fajlagos költség információt hordoz a különböző alaptechnológiájú erőművekről. [166, Müller-Kirchenbauer, 1999], [163, Müller-Kirchenbauer, 2001]. A bemutatott alaptechnológiák illeszkednek a világ energiatermelésében manapság elterjedt technológiákhoz, illetve a jövőbeni lehetőségekhez (pl. olyan technológiákhoz, amelyek már léteznek, vagy amelyek hamarosan azzá válnak a piacon és olyan magas hatásfokú technológiákhoz, amelyek megvalósíthatósága technikailag bizonyított). A füstgáztisztítás (porleválasztás, kéntelenítés) költségét szintén bele kell számolni a költségekbe. A füstgáztisztítási költség részaránya magas, figyelembe véve a megfelelő mértékű NO_x emisszió csökkentést, amely szabványos technológia, nagy számban működik a nagy tüzelőberendezéseknél.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 2.2.5-1. ábra bemutatja a teljes beruházási költséget (USD-ben) költség csoportokra bontva, kilenc erőmű alaptípusra.



2.2.5-1. ábra: Fajlagos beruházási költségek különböző technológiáknál [163, Müller-Kircenbauer, 2001].

Jelentős különbségek vannak a különböző technológiák érettségében. Például a szub-kritikus gőzciklusú erőművek a legelterjedtebbek a világon, amelyeket folyamatosan finomítanak, fejlesztenek, minthogy egyéb technológiák még kutatás alatt állnak. A lépésről lépésre fejlesztett szub-kritikus technológia bevezeti a szuper-kritikus gőztermelést, amely kombinálja a magas rendelkezésre állás előnyét a magas hatásfokkal. Az 580 ºC és 260 bar-os gőzparaméterű gőztermelés több éve kereskedelmi üzemű. A következő lépés ezen paraméterek 600 ºC-ra és 300 bar-ra történő emelése.

A nyomás alatti fluidágyas tüzelés és a hozzá integrált elgázosító kombinált ciklus üzemelés alatt van néhány bemutató kísérleti erőműben. Az ultra-szuperkritikus (700 ºC és 375 bar) gőz, a külső széntüzelés, vagy a tüzelőanyag cellák még távoliak, kutatandók, fejlesztendők. [166, Müller-Kirchenbauer, 1999], [163, Müller-Kircenbauer, 2001].

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3 KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI ALAPISMERETEK

Az energiatermelést végző, fosszilis tüzelőanyagokat felhasználó tüzelőberendezések emissziójának csökkentésére számos technika használatos az erőművekben. Az ismétlések elkerülése érdekében ezeket nem az egyes tüzelőanyagokkal foglalkozó fejezetekben tárgyaljuk, hanem e fejezetben foglaljuk össze. Az elérhető legjobb technikák (BAT) Technikai munkacsoport által jóváhagyott, fosszilis tüzelőanyagok (szén és lignit, folyékony tüzelőanyagok, gáznemű tüzelőanyagok, biomassza, valamint a másodlagos tüzelőanyagok és hulladékok együttégetése) alkalmazására vonatkozó értelmezését a 3.1-3.5. fejezetben egyenként adjuk meg. Ebben a fejezetben azok az eljárások és technikák szerepelnek, melyek BAT-nak tekinthetők. E fejezet a 3.1-3.5. fejezettel együtt értelmezve ad teljes képet a különféle fosszilis tüzelőanyagokat tüzelő berendezésekről és kiemeli azokat a módszereket, melyekkel csökkenthetők a környezet egészére irányuló hatások.

Tekintettel a nagy tüzelőberendezések által jelenleg használt légszennyezéscsökkentő technikákra, az Európai Bizottság (DG Transport and Energy) egy részletes technikai dokumentumot tett közzé a füstgáztisztításáról. [33, Ciemat, 2000].

A nagy tüzelőberendezések kibocsátásainak csökkentésére több lehetőség nyílik, de az általános intézkedéseket két fő kategóriára lehet osztani, az elsődleges és a másodlagos intézkedésekre.

- **Elsődleges intézkedések**

A tüzelőanyag forrásánál vagy a tüzelés folyamán alkalmazott integrált intézkedések az emisszió csökkentésére:

- tüzelőanyaggal kapcsolatos intézkedések
- tüzeléstechnikai módosítások

- **Másodlagos intézkedések**

„Csővégi" intézkedések, amelyek szabályozzák pl. a levegőbe, a vízbe és a talajra jutó kibocsátásokat.

2.3.1 ELSŐDLEGES INTÉZKEDÉSEK AZ EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSÉRE

(1) TÜZELŐANYAG-VÁLTÁS

A tüzelőanyagváltás nem képezi e dokumentum tárgyát, mivel a tüzelőanyagváltás technikai, gazdasági és politikai megvalósíthatóságát többnyire a helyi körülmények határozzák meg. Mindazonáltal az alacsonyabb kén, nitrogén, szén, higany, stb. összetételű tüzelőanyagok használata megfontolandó lehetőség.

(2) TÜZELÉSTECHNIKAI MÓDOSÍTÁSOK

A tüzelési rendszerbe adagolt segédanyagok általában elősegítik a tökéletes égést, de elsődleges intézkedésnek is tekinthetőek a por, az SO_2, az NO_x és a tüzelőanyag-specifikus nyomelemek kibocsátásának csökkentésére.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tüzeléstechnikai intézkedések:

- teljesítménycsökkentés
- levegő és tüzelőanyag rendszerre vonatkozó módosítások
- égő módosítások
- kazánon belüli égés módosításai

A lehetséges tüzeléstechnikai intézkedések a 2.3.1–1. táblázatban olvashatóak.

	Tüzeléstechnikai módosítások			
	Teljesítmény-csökkenés	**Levegő és tüzelőanyag módosítások**	**Égő módosítások**	**A kazánon belüli égés módosításai**
Szilárd tüzelőanyagok				
Szilárd anyag csökkentés	A kisebb térfogatáram és a magasabb oxigén felesleg csökkenti a hőmérsékletet és az elsalakosodást	Előszárítás, elgázosítás, a tüzelőanyag pirolízise, tüzelőanyag adalékanyagok, mint pl. a folyékony hamueltávolítású salakolvasztós kazán alacsony olvadáspontú adalékanyagai (gázturbináknál alkalmazott nyomás alatti széntüzeléskor tesztelve)	Folyékony hamueltávolítás, ciklonégő a salakolvasztós kazánban	Folyékony hamueltávolítás, salakolvasztós kazán; cirkulációs fluidágyas tüzelés, durva hamu leválasztás
SO_2 csökkentés	Az alacsonyabb hőmérséklet csökkenti a kén gázzá válását	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag használata és adalékanyagok, pl. mész és mészkő a fluidágyas tüzeléshez	Égő külön adalékanyag injektálással	Az abszorbens, pl. mészkő felső bevezetésű levegő áramba történő injektálása
NO_x képződés csökkentése	A hőmérséklet csökkentése	A tüzelőanyag keverése és finomra őrlése, a füstgáz visszavezetése csökkenti az NO_x termelődését	NO_x szegény égők	Több fokozatú égés és újraégés
Folyékony tüzelőanyagok				
Szilárd anyag csökkentés	A hőmérséklet csökkenése gátolja az elsalakosodást	Elgázosítás, a tüzelőanyag pirolízise, adalékanyagok az alacsony koromtartalmú égéshez	-	Optimalizált égés
SO_2 csökkentés	-	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag használata és adalékanyagok az abszorpcióhoz		
NO_x képződés gátlása	A hőmérséklet csökkentése	Füstgáz visszavezetése	NO_x szegény égők	Több fokozatú égés*, újraégetés, víz és gőz injektálás**
Gáznemű tüzelőanyagok				
Szilárd anyag csökkentés				Optimalizált égés
NO_x képződés gátlása	A hőmérséklet csökkentése	Füstgáz visszavezetése, tüzelőanyag levegő előkeverése**	NO_x szegény égők	Több fokozatú égés*,*** újraégetés, víz és gőz injektálás**

Megjegyzések:
* nem alkalmazható meglevő gázturbináknál
** csak gázturbináknál használatos
*** A több fokozatú égést másképpen alkalmazzák gázturbinák és kazánok esetében

2.3.1–1. táblázat: Elsődleges intézkedések a kibocsátások csökkentésére [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ezen elsődleges intézkedések részletei nagyban függnek az alkalmazott tüzelőanyagtól és a tüzelési rendszertől. Részletek a 3.1-3.5. fejezetben, belsőégésű motorok esetére a 3.2. és 3.3. fejezetben olvashatók.

Az optimalizált égéshez alkalmazott integrált tüzelőanyag-módosítási intézkedésekkel, mint pl. a tüzelőanyag keverés, tüzelőanyag adalékanyagok, szilárd tüzelőanyagok aprítása és őrlése a 3.1. és a 3.4. valamint a 3.5. fejezet foglalkozik.

Kidolgozás alatt álló, a hatékonyság növelésére is szolgáló, különleges integrált tüzelőanyag-előkészítési technika a szilárd tüzelőanyagok előszárítása, a gázosítás, a szilárd vagy folyékony tüzelőanyagok pirolízise a kombinált ciklusú folyamatokhoz szükséges füstgáztisztítással. Az elgázosítás illetve pirolízis esetén létrejött félkész termékek (pl. széngáz, petrolkoksz) is másodlagos tüzelőanyagok, így ezeket a gáznemű és szilárd tüzelőanyagokkal foglalkozó 3.1-3.2. fejezet részletezi.

2.3.2 SZILÁRD ANYAG KIBOCSÁTÁST CSÖKKENTŐ TECHNIKÁK

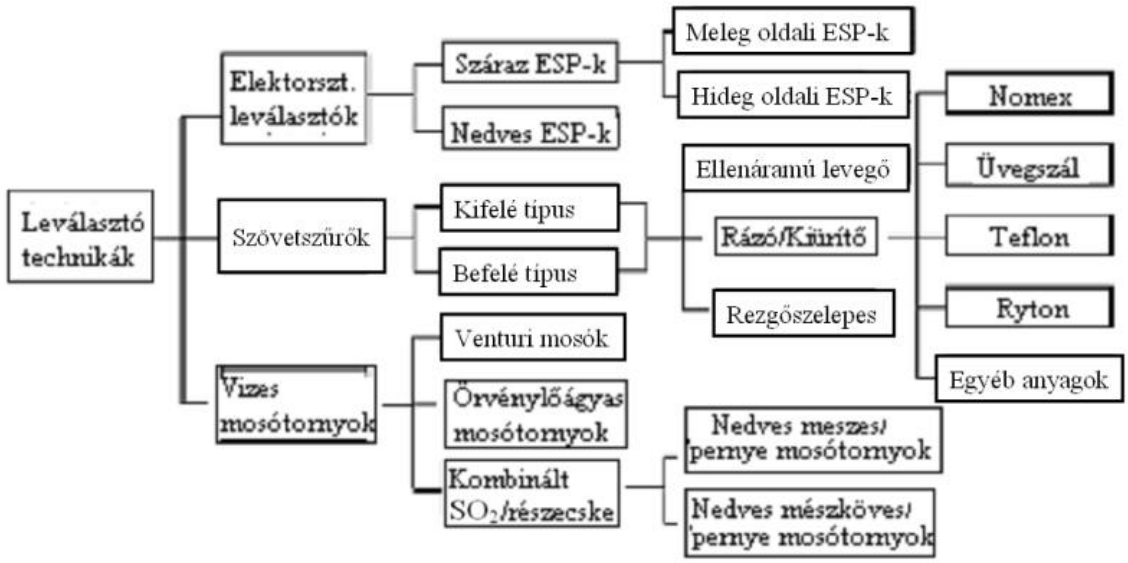
A fosszilis tüzelőanyagok tüzelése folyamán az ásványi anyag hamuvá alakul ill. bizonyos hányadában a füstgázzal, mint szállópernye hagyja el a kazánt.

A füstgázban pernyeként lévő részecskék képezik a porleválasztó rendszerbe kerülő elsődleges szilárd anyagot. A szállópernye összetétele és mennyisége az alkalmazott tüzelőanyagtól függ, pl. a szén ásványi összetételétől és a tüzelés típusától. A porleválasztó rendszer teljesítményét befolyásolja a szállópernye kohézió képességének változása, ami a szén ásványi anyag összetételétől és a pernyében lévő elégetlen szén mennyiségétől függ.

A tüzelés típusa befolyásolja a részecskeeloszlást és így a részecske-kibocsátást is.

A finom szemcsék nagyobb koncentrációban tartalmazhatnak nehézfémeket, mint a durvább szemcsék, mert a finom részecskéknek nagyobb az összes kötődésre alkalmas felülete.

A füstgáz szilárd anyag tartalmának leválasztására különböző technikák használatosak, mint pl. az elektrosztatikus leválasztók, szövetszűrők és nedves gázmosók .



2.3.2-1. ábra: A jelenleg használatos szilárdanyag leválasztó technikák áttekintése

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az elektrosztatikus porleválasztó vagy a szövetszűrő alkalmazásának kiválasztása általában a tüzelőanyag típusától, az erőmű méretétől, a kazán típusától és kialakításától függ.

Mindkét technológia nagyon hatékony eszköz a szilárd anyag eltávolítására, ami még tovább javítható füstgázszabályozással. A szövetszűrős technikát csak néhány dél-afrikai, amerikai és lengyel erőműben alkalmazzák hamu eltávolításra. Az elektrosztatikus porleválasztót és a szövetszűrőt PM_{10}, $PM_{2.5}$ és higany csökkentésére is alkalmazzák.

Bizonyos szeneknél az SO_3 befecskendezés és az elektrosztatikus porleválasztó kombinációját használják a szilárdanyag kibocsátás csökkentésére. (Mivel a mechanikus porleválasztó, pl. a ciklon és a porleválasztó hatásfokát javító SO_3 befecskendezés, önmagukban nem használhatóak, ezért ezen technikákkal e dokumentum nem foglalkozik.)

A por leválasztására a vizes gáztisztítók sokkal kevésbé használatosak, mint az elektrosztatikus porleválasztó és a szövetszűrő. Magas a teljesítményfelvételük és általában alacsonyabb a szilárdanyag eltávolítási hatásfokuk, különösen a finom részecskék tekintetében, mint az elektrosztatikus porleválasztónak vagy a szövetszűrőknek.

A kéntelenítésre használt nedves gáztisztítók a porkibocsátást is csökkentik.

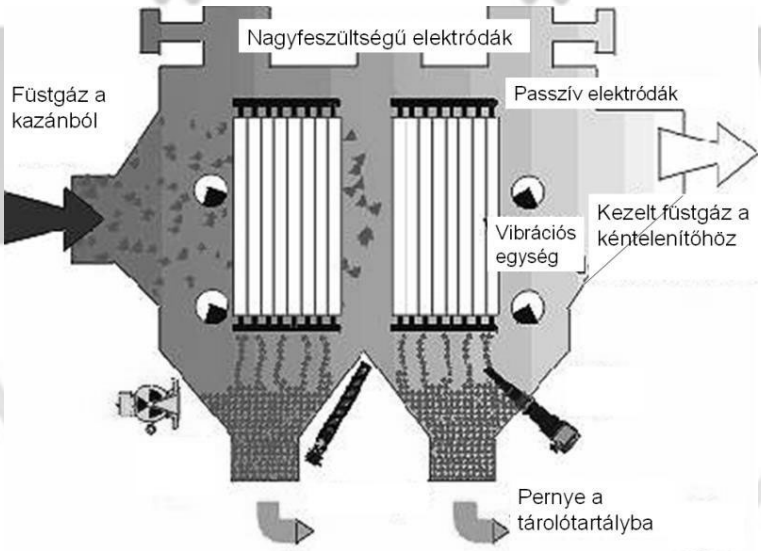
(1) ELEKTROSZTATIKUS PORLEVÁLASZTÓK

Az elektrosztatikus porleválasztók a nagy tüzelőberendezéseknél széles körben használatosak, nagy hőmérséklet-, nyomás- és porterhelés tartományban képesek működni. Nem különösen érzékenyek a szemcseméretre, a port nedves és száraz körülmények között is összegyűjtik. Korrózió- és kopásállóak.

Az elektrosztatikus porleválasztók a legtöbb esetben a léghevítő vagy a levegő előmelegítő után vannak elhelyezve, 80–220 °C közötti hőmérséklet tartományban működnek, **hidegoldali berendezés**nek tekinthetők. Különleges esetekben **melegoldali berendezésként** a léghevítő vagy a levegő-előmelegítő előtt helyezik el, ahol a hőmérséklet 300–450 °C.

Nagy tüzelőberendezések esetén, a tüzelőanyagtól függően, az elektrosztatikus porleválasztók számos különálló, gyakorta három-öt mezővel kerülnek alkalmazásra.

Az elektrosztatikus porleválasztó jellemző felépítését a 2.3.2-2. ábra mutatja.



2.3.2-2. ábra: Az elektrosztatikus porleválasztó jellemző vázlatos felépítése (két mezős kialakítás) [36, Lurgi, 1999]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fix elektródás elektrosztatikus porleválasztó a legfontosabb jelenleg alkalmazott technológia. Az elektrosztatikus porleválasztó egy fenékürítésű kamrából áll, melyben járatokat alkotó lemezek sorakoznak. Ezeken keresztül áramlik a füstgáz. Minden egyes járat közepén nagyfeszültségű egyenárammal táplált elektródák helyezkednek el, melyekhez az áramot egy transzformátor/egyenirányító (T/R) egység biztosítja. Az elektródák közti elektromos mezőt nagyfeszültségű (100 kV) egyenáram hozza létre. Az alkalmazott feszültség elég nagy ahhoz, hogy ionizálja az elektródák közelében lévő gázmolekulákat, egy látható koronát eredményezve. A kibocsátó elektródákról a gázionok áramlása a gázjáratokon keresztül a földelt gyűjtőlemezekig tart, koronaáramlást eredményezve.

A feltöltött ionok ütköznek a füstgázban lévő pernyerészecskékkel és összekötődnek azokkal. Az elektromos mező a töltött részecskéket a gázfolyamból a földelt lemezek felé kényszeríti, ahol azok rétegződve gyűlnek össze. Az összegyűlt réteg eltávolítása a lemezek periodikus ütögetésével történik, amikor a leválasztott por a hamutartályokba kerül.

A részecskék gázáramból történő kivonása négy lépésben történik:

- a por elektromos töltése
- a feltöltött por elektromos mezőbe való helyezése
- a por gyűjtő elektródán való felhalmozódása
- az elektróda felületén lévő por eltávolítása

Minden egyes elektrosztatikus porleválasztó mező vagy mezőrész esetében külön egyenirányító szekciókat használnak, ami lehetővé teszi az alkalmazott feszültség változtatását a bejövő és kimenő zónában, figyelembe véve, hogy a kimenő zóna felé egyre inkább csökken a porterhelés és emiatt lehet a mezőket fokozatosan növekvő feszültség mellett is a szikrázás veszélye nélkül üzemeltetni. A kérdéses zóna szikramentes maximális feszültségének biztosítására egy automata figyelőrendszert alkalmaznak, mely fenntartja az elektródák működéséhez szükséges optimális, folyamatosan változtatott magas feszültséget, hisz az állandó magas feszültségű áramellátás nem tudná fenntartani az optimális gyűjtési hatékonyságot.

A por fajlagos ellenállása különösen fontos. Ha túl alacsony, a gyűjtő elektródát elérő részecskék könnyen elveszíthetik a töltésüket és a por újra a füstgázba kerülhet. Amikor a pornak túl nagy az ellenállása, egy szigetelőréteg képződik az elektródán, ami meggátolja a szabályos korona kisülést és a gyűjtés hatékonyságának csökkenéséhez vezet (fordított effektus).

A részecske méret szerinti eloszlása befolyásolja a részecske vándorlási sebességet. Az 1 μm-nél nagyobb részecskék esetében a vándorlási sebesség fordítottan arányos a részecske átmérőjével, 1 μm-nél kisebb részecskék esetében már független tőle.

Nagy mennyiségű finom részecske alaposan megváltoztathatja az elektrosztatikus porleválasztón belüli elektromos körülményeket. Az elektrosztatikus porleválasztón belül a füstgáz szemcséi egy ionfelhőben, töltött állapotban vannak. A tér töltésének természete változik a szemcseméret eloszlással és a füstgáz terhelésével. A szemcse tértöltése változik az elektrosztatikus porleválasztóba belépett füstgáz egységnyi térfogatára jutott részecskeszám függvényében. A tértöltést növeli a finom részecskék gyarapodása és a magasabb füstgázterhelésben a viszonylag magas részecskevándorlási sebesség, melyek később elektromos rövidzárlatot okozhatnak. A megnövekedett tértöltés csökkenti a belépő mezőn valamint az elektrosztatikus porleválasztón belüli koronaáramot.

A füstgázáramlás eloszlása az elektrosztatikus porleválasztók összteljesítményét befolyásolja. A teljes keresztmetszetben egyenletesnek kell lennie a füstgáz sebességeloszlásának, mert ez biztosítja az egység maximális gyűjtési hatékonyságát. A leválasztó legjobb teljesítményének elérése érdekében optimalizálják az egységen áthaladó gázáramot, egyenletes áramlást

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

biztosítanak, megakadályozva, hogy a gáz megkerülhesse az elektromos mezőt. A bevezető csővezeték megfelelő tervezésével és a bevezető fúvókán belüli áramlást elosztó eszközök használatával egyenletes áram alakul ki a leválasztó bemenetei nyílásánál.

A gyűjtő elektródákon összegyűlt pernye réteg eltávolítására szolgáló ütögetés is okozhatja a por újra füstgázba kerülését azáltal, hogy egyes részecskék elválnak a pernye rétegtől és újra a füstgázba kerülnek. Ez jelentősen ronthatja a hatásfokot. Valójában az elektrosztatikus porleválasztó hatásfoka szorosan összefügg a berendezés méretével. A hatásfok növelése magasabb költséget jelent. A finomabb részecske kibocsátás csökkentésének igénye megnövelte ezen technológia hatásfokának javítását célzó kutatási projektek számát.

A füstgáz mérsékelt kéntartalma csökkenti a részecskék ellenállását és jobb részecskecsökkentést tesz lehetővé. Mindazonáltal a leválasztó egyenetlen gázeloszlása eredményeként akár hidegebb részek is lehetnek a berendezésen belül. A tüzelőanyag kéntartalmának emelkedése megemelheti a harmatpontot is. Ha ez a két feltétel, vagyis az egyenetlen hőmérséklet eloszlás és a magasabb harmatpont egyidejűleg teljesül, akkor nagyobb lesz az anyag károsodásának kockázata, így megnő a berendezés meghibásodásának kockázata is.

Problémák a tüzelőanyag elégetése közben is felvetődhetnek, mikor a keletkezett illékony anyagok bevonják a szemcséket, megakadályozva ezzel a hatékony leválasztást. Ez a gond alacsony fűtőértékű tüzelőanyagok esetén és instabil kazánfolyamatnál léphet fel.

Az elektrosztatikus porleválasztó alkalmazhatósága az elektródák élettartama alapján a széntüzelésű erőművekben kb. 50 000 munkaóra, ezután apró repedések jelenhetnek meg az elektródákon.

Az elektrosztatikus porleválasztó költsége tartalmazza a villamosenergia-fogyasztást, a fenntartás költségeit (függ a kazánfolyamattól és a tüzelőanyag tulajdonságaitól) és a leválasztott hamu elszállítását, de általában ezek a berendezések költséghatékonyan csökkentik a porkibocsátást.

Az alkalmazott tüzelőanyagtól függően a kezdeti beruházási költség magasabb vagy alacsonyabb is lehet más technikák, pl. a szövetszűrő költségeinél. Mindazonáltal az üzemelési költségek alacsonyabbak az egyéb technikák költségeinél és korszerű szabályozórendszerek alkalmazása csak még jobban lecsökkenti ezt. Az üzemelési költségek a szállópernye tulajdonságainak függvényében, tág határok között mozognak. Egyszerű pernye leválasztásakor a fenntartási költségek általában nagyon mérsékeltek. Ezek a berendezések azokban az erőművekben versenyképesek, ahol különböző energiatermelő berendezéseket és változatos kazánfolyamatokat alkalmaznak.

A **nedves elektrosztatikus porleválasztók** az elektrosztatikus porleválasztókkal azonos elven működnek. Ebben az esetben, a gyűjtőlemezeken összegyűjtött port folyadék, általában víz segítségével, folyamatosan vagy szakaszosan öblítik le. Előnye, hogy használható azoknál a poroknál is, melyek odatapadnak a hagyományos lemezekhez, de akkor is jól működnek, mikor a gázáram egyéb komponensei gátolják a működést, pl. alacsony hőmérsékletű, nedves gáz esetén. A kifolyó víz további kezelést igényel. A nedves elektrosztatikus porleválasztót csak új, nehéz fűtőolajat használó nagy tüzelőberendezések esetében alkalmazzák.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

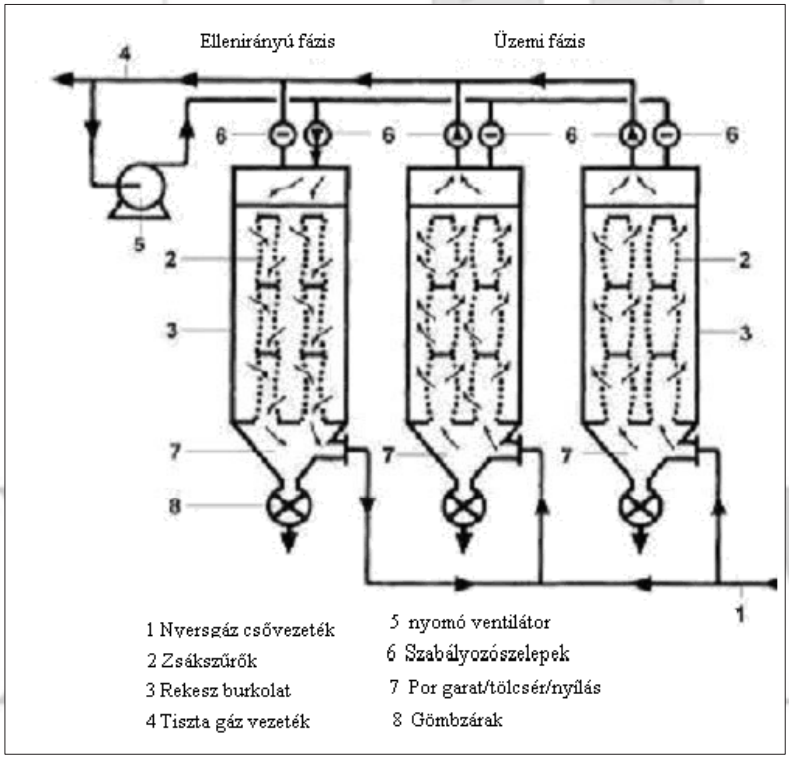
(2) SZÖVETSZŰRŐK („ZSÁKOS SZŰRŐK")

A szövetszűrés világszerte használatos eljárás a füstgáz szilárdanyag (különösen pernye) tartalmának eltávolítására. Főként ipari és kisebb erőművek használják, de a nagyobb erőművek is egyre inkább ezt a technológiát alkalmazzák. Számos olyan eset van, amikor a szövetszűrőt együtt használják a száraz tisztítással vagy egy porított kén-dioxid abszorbenssel (pl. mész vagy nátrium-hidrogén-karbonát), így egyidejűleg csökkenthető a kén-dioxid és a szállópernye kibocsátás is.

A szövetszűrők általában 120-220 °C közötti hőmérséklet tartományban működnek.

A szövetszűrő egység egy vagy több, számos szövetszűrőt vagy csövet tartalmazó, elszigetelt rekeszből áll. A porral teli gáz a zsákok felülete mentén, sugárirányban áramlik keresztül a szöveten. A por a zsákok ellentétes oldalán marad, míg az immár megtisztított gázfolyam kikerül a légkörbe. A szűrő szakaszosan működik, viszonylag hosszú szűrési periódusok és rövid idejű tisztítási fázisok váltják egymást. Tisztítás során a zsákokon felhalmozódott port eltávolítják a szűrőfelszínről és a későbbi ártalmatlanításig egy tartályban tárolják.

A szövetszűrők általános elrendezését a *2.3.2-3. ábra* mutatja, ahol a tisztítási ciklusban egy rekesz vesz részt.



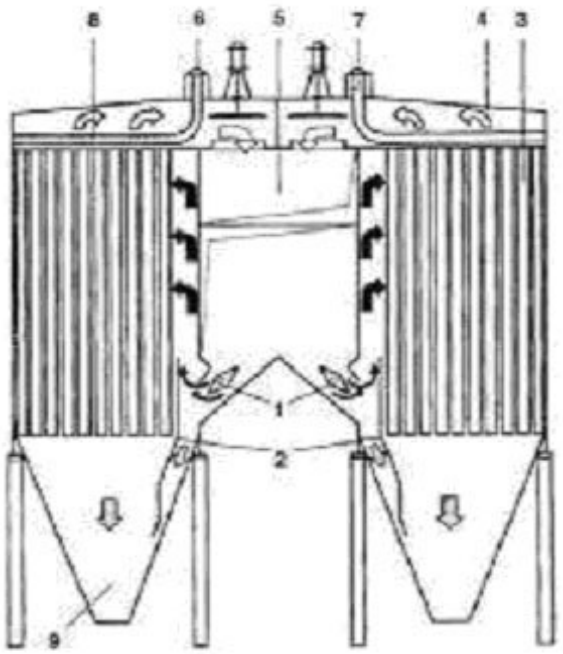
2.3.2-3. ábra: Szövetszűrő általános elrendezése [36, Lurgi, 1999]

A szövetszűrőket legfőképpen az különbözteti meg az egyéb szűrőktől, hogy tisztítás alatt lehetőség van a szűrőfelszín ellenőrzésére.

A szövetről a por rendszeres eltávolítása azért fontos, hogy fennmaradjon a hatékony szűrési képesség, de befolyásolja a szövet élettartamát is. A szövetszűrőket általában aszerint osztályozzák, hogy milyen módszerrel tisztítják azokat. A legáltalánosabb tisztítási eljárások: a

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

fordított légáramlás, a mechanikai rázás, a vibrálás és a sűrített levegős pulzálás. Akusztikai kürtöket is használnak a tisztításhoz. A normál tisztítási mechanizmus eredményeként nem lesz eredeti állapotú a szövet, a szemcsék lerakódnak az anyag mélyebb rétegében, csökkentik a rostok közötti pórusméretet, így hatékonyabban tartják vissza a mikron alatti részecskéket is.



2.3.2-4. ábra: Alacsony nyomású pulzáló sugaras szövetszűrő [36, Lurgi, 1999]

A szűrő anyagának kiválasztásánál figyelembe kell venni a gáz összetételét, a por természetét és szemcseméretét, az alkalmazott szűrési eljárást, a kívánt hatásfokot és a gazdaságosságot. A gáz hőmérsékletére is figyelni kell, de nem szabad elfelejtkezni a gáz hűtésének módjáról, a keletkező vízgőzről és a sav harmatpontjáról sem.

A szűrőzsákok elhasználódása fokozatos, de jól mérhető teljesítménycsökkenést eredményez. Koptató hatású anyag szűrésénél vagy tűzveszély esetén számos zsák megrongálódhat vagy végzetesen megsérülhet a korrózió következtében. Az egyszerű online ellenőrző rendszerek csak hozzávetőlegesen jelzik a teljesítményt.

A lehetséges meghibásodások azonosítása miatt mérik a szövetszűrő porkibocsátási trendjét elektrosztatikus vagy optikai eszközökkel, melyek a tisztítási szakaszok alatti porcsúcsok detektálására is alkalmazhatóak. Amikor ezek a mérések egy zónákra osztott tisztító rendszerben történnek, bármelyik sérült zsákot tartalmazó zóna beazonosítható és a helyszínen meg is javítható.

A szintetikus szűrő anyagok, mint a Gore-Tex® vagy a Tefaire® (teflon/üvegszál) a szövetszűrők széleskörű alkalmazhatóságát és meghosszabbodott szűrőélettartamot tettek lehetővé, még magas hőmérsékleten és koptató körülmények között is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fordított gázrázó rendszerek új eljárások, melyekkel állandóan tanulmányozható a levegő-szövet hányados emelkedése és a nyomásesés csökkenése. Ezalatt a felső részt szabadon hagyják, ezzel is csökkentve az akadályokat a kilépő füstgáz előtt.

Folyamatos kutatások folynak a levegő-szövet arány javítása és a nyomásesés csökkentése érdekében. A füstgáz belépési és kilépési módosításainak célja a zsákos szűrő alsó részén a szállópernye szemcsék leválasztásának tökéletesítése, míg a felső részt tisztán tartják, hogy csökkentsék az eltömődést a füstgáz kijáratánál.

Néhány országban a pulzáló sugaras technológia vált a legkedveltebb szövetszűrős rendszerré, közműveknél és ipari kazánoknál is ez a leggyakrabban használt szilárdanyag leválasztó eszköz.

Némelyik tüzelőanyag pl. az olaj eltömődést okozhat. A szűrő anyaga rendszerint meglehetősen érzékeny a hamu és a füstgáz hőmérsékletére, úgyhogy az elégetlen szén és a forró szállópernye összetapadt részecskéi károsíthatják a szűrő anyagát.

Repedések is keletkezhetnek a szűrő anyagában, melyeket nehéz észrevenni üzemelés közben. Ezek a repedések növelik a szilárdanyag kibocsátást Ha a zsákos szűrő modulrendszerű tervezésű és a modulok elszigeteltek, karbantartási munkák a teljes folyamat leállítása nélkül is végezhetőek.

A szövetszűrők alkalmazhatósága a szűrőzsákok élettartama alapján a széntüzelésű erőművekben kb. 5 000-18 000 munkaóra.

A fenntartás költségei magasak, mivel a szűrő anyagát 2-5 évenként cserélni kell. A szűrő cseréjének minimális költsége kb. 10%-a a beruházási költségeknek. A kiszűrt anyagot könnyű újrahasznosítani.

(3) CENTRIFUGÁLIS LEVÁLASZTÁS (CIKLONOK)

Ez az eljárás gravitációs erők révén működik, száraz körülmények között mindenfajta füstgáznál használható. Mindazonáltal teljesítményének jellemzői kis vagy közepes méretű berendezésekre korlátozza és csak előgyűjtő technikaként, más fajta porleválasztással együtt.

A ciklon egy mechanikai szeparátorból áll. A ciklon pereménél levő centrifugált por agglomerálódik majd továbbmegy a berendezés alja felé, ahol beleesik egy tartályba. A tiszta levegő egy központi csővezetéken át felfelé szökik el, összegyűlik egy kivezető kamrában, ahonnan a szállítóvezetékek felé áramlik.

A mechanikai leválasztók nem fogják fel a finom port, így hatásfokuk korlátozott, 85-90% közötti. A darabos szenet mechanikus rostélyon égető kazánokkal a technológiát még mindig használják mivel a pernye mennyisége relatíve kicsi (20% pernye összevetve a porszén tüzelés 80%-ával). Az 5-10 µm méretű részecskéket közel 100%-os hatásfokkal távolítja el. Kisebb méretű, 1 µm alatti szemcséket is leválaszt, de csak mérsékelt hatásfokkal. A ciklon "kifúvatási" technológiája segíti a magasabb hatásfok elérését elsősorban a nagy tüzelőberendezések mellett működő ciklonoknál, ahol párhuzamosan sok ciklonrekesz működik.

Az összes porleválasztó berendezés közül a mechanikus szeparátoroknak a legkisebb a befektetési költsége. Mivel ez a technológia önmagában nem alkalmas szállópernye csökkentésre, a kombinált technika beruházási költségeivel kell számolni. Az üzemelési költségek tartalmazzák az összegyűjtött por pneumatikus vagy hidraulikus eltávolításához szükséges energiát, illetve a füstgáz nyomásesésének kiegyenlítését biztosító villamosenergiát. A fenntartási költségek a komponensek tartóssága miatt alacsonyak. A magas eróziós kockázat következtében az élettartam korlátozott lehet. [58, Eurelectric, 2001].

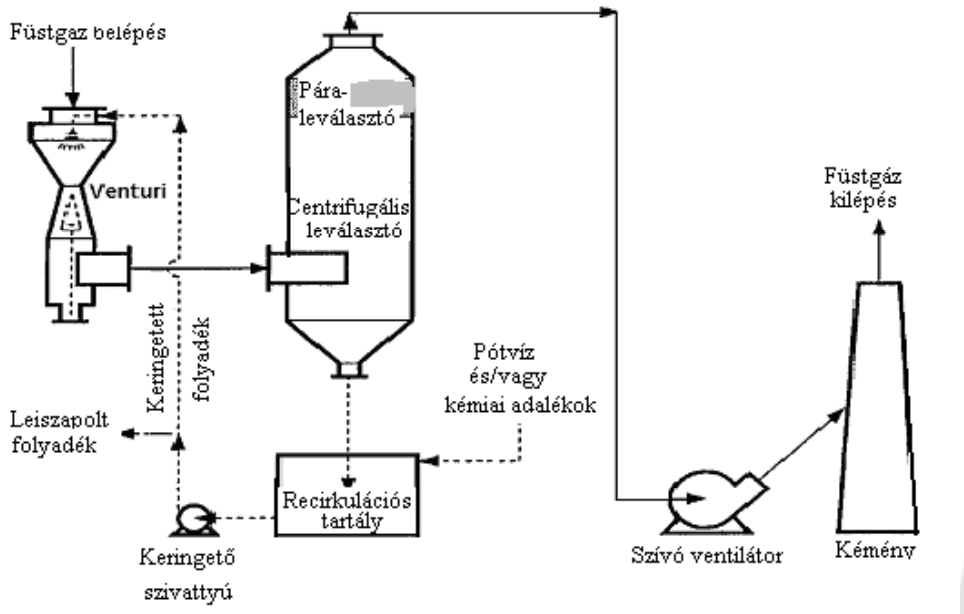
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(5) NEDVES GÁZTISZTÍTÓ

A nedves gáztisztítók évtizedek óta használatosak szilárdanyag leválasztásra. Az elektrosztatikus porleválasztóhoz és a zsákos szűrőhöz viszonyított alacsony beruházási költsége potenciálisan vonzóvá teszi ipari méretű használatra, habár a relatíve magas nyomáscsökkenés és a működési költségek ezt ellensúlyozzák. A füstgáz a nedves gáztisztítás során lehűl, a légkörbe jutást megelőzően újramelegítést igényel, ami növeli az energiaköltségeket. Részben az ilyen működési költségek miatt, a nedves gáztisztítók használata hanyatlott az utóbbi évtized alatt. Mindazonáltal a nedves gáztisztítókat olyan magas hőmérsékletű és nyomású tüzelőberendezésekben használják, mint amilyen az integrált gázosító kombinált ciklus (IGCC) és a nyomás alatti fluidágyas tüzelés (PFBC).

A nedves gáztisztítók számos szemcseleválasztó berendezést takarnak, melyek folyadékot használnak a füstgáz szemcsés anyagainak összegyűjtésére. A legismertebbek a Venturi- és a mozgóágyas tisztítók.

A **Venturi mosó** valószínűleg a leggyakrabban alkalmazott nedves porleválasztó. A Venturi gáztisztítókban a tisztító folyadékot egyenletesen juttatják be a Venturi konvergens részének tetejére, ahogy azt a 2.3.2-5. ábra is illusztrálja. A porral terhelt füstgáz és a tisztító folyadék a Venturi torkolatába lép be, oda, ahol csak a füstgáz sebességének köszönhető a tisztító folyadék porlasztása.



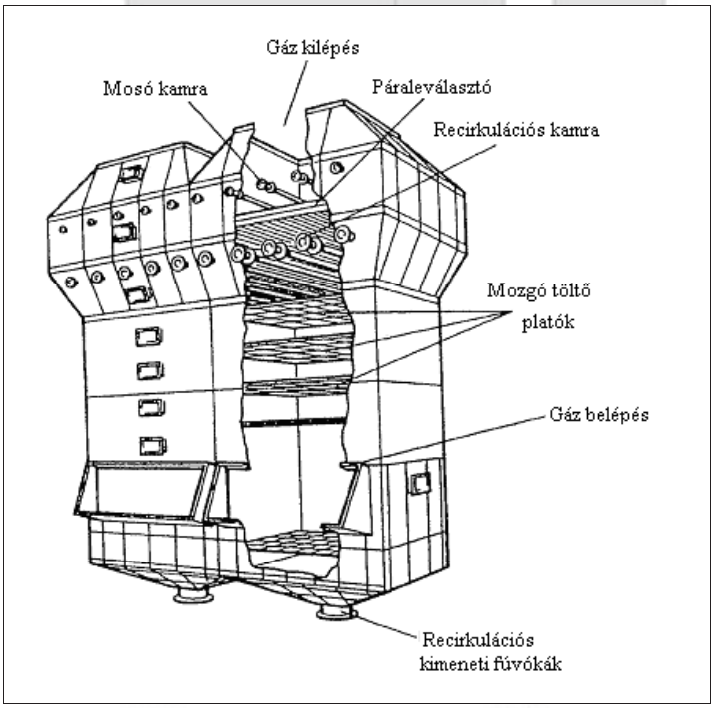
2.3.2-5. ábra: A Venturi rendszer jellegzetes folyamatábrája [33, Ciemat, 2000]

A füstgáz nedvesítése következtében az összegyűjtött kicsiny szemcsék nagyobb, nehezebb cseppekké állnak össze, melyeket sokkal könnyebben megfoghatók az elválasztóban. A cseppecskék és a szemcsék közötti kezdeti relatív nagy sebesség biztosítja, hogy a cseppek a megfogott részecskéket megtartsák akkor is, mikor a cseppek a végsebességükre gyorsulnak fel. A tisztított gáz és a megfogott részecskéket magával sodró cseppecskék aztán egy olyan elágazó szakaszba jutnak, ahol további ütközések és felhalmozódások történnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A nyomásesés és a Venturi teljesítménye erősen függ a Venturi-mosón keresztülhaladó gáz sebességétől. Annak érdekében, hogy lecsökkent kazánterhelés esetén is megfelelő legyen a működés, némelyik Venturit változtatható torkolattal terveztek, amit lehet állandó nyomáscsökkenés közelében működtetni, függetlenül a füstgázáramlás sebességétől (kazánterheléstől). A Venturi után egy leválasztó szakasz következik, amely eltávolítja a magával sodort cseppecskéket.

A mozgóágyas tisztítók alacsony sűrűségű műanyag gömböket tartalmaznak, melyek a burkoló elemeken belül szabadon mozoghatnak, ahogy ezt a 2.3.2-6. ábra is szemlélteti. Fokozhatja a szemcsegyűjtést, ha több mozgóágyat használunk. A mozgóágyas tisztítókat általában ellenáramban használják. A tömörítőket a füstgáz és a tisztító folyadék tartja állandó mozgásban, ezért a tömörítők folyamatos mozgása jelentős mértékben csökkenti az ágy eltömődésének lehetőségét.



2.3.2-6. ábra: Mozgóágyas tisztító [33, Ciemat, 2000]

A szeparáció hatásfoka közepes porterheléseknél megfelelő, magas hamutartalmú tüzelőanyagokhoz ez a technika nem alkalmas. Ha a cseppfogók nem működnek kielégítően, fennáll annak a lehetősége, hogy még tisztítás után is egy kevéske, szállópernyét tartalmazó víz marad a füstgázban. A nagy porterhelés eltömődést okozhat és befolyásolhatja a tisztító egység üzemkészségét és működési hatékonyságát.

A beruházási költségek magasak, de magukban foglalják a reaktor, a lehetséges szorbens injektáló rendszer és a szennyvízkezelő berendezés költségét is. A működési költségek is jelentősek, melyek elsősorban a vízfogyasztással és az energiaköltségekkel függnek össze.

A kondenzációs tisztítók lehűtik a füstgázt és az elnyelt hőt pl. távfűtésre használják, ami javítja a technika gazdaságosságát.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(6) A SZILÁRD ANYAG LEVÁLASZTÓ ESZKÖZÖK ÁLTALÁNOS LEÍRÁSA

Technológia	Eltávolítási hatásfok %				Más teljesítmény paraméterek		Megjegyzések
	<1µm	2µm	5µm	>10µm	Paraméter	Érték	
Elektrosztatikus porleválasztó	>96.5	>98.3	>99.95	>99.95	Működési hőmérséklet	80-220ºC (hidegoldali ESP) 300-450ºC (melegoldali ESP)	- az ESP-nek nagy a hatásfoka, még a kisebb részecskék esetében is - nagy gáztérfogatot tud kezelni kis nyomáscsökkenéssel - alacsony üzemeltetési költségek, kivéve nagyon magas eltávolítási aránynál - bármilyen pozitív nyomásfeltétel mellett tud működni - az ESP, ha már egyszer telepítették, nem tudja rugalmasan kezelni a működési körülmények változását - nagyon nagy elektromos ellenállású szilárd anyagoknál lehet, hogy nem működik
					Energia fogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	0.1-1.8%	
					Nyomáscsökkenés	1.5-3 (10^2 Pa)	
					Üledék	Pernye	
					OFF-GAS áramlási ráta	>200000 m^3/h	
					Alkalmazhatóság	Szilárd és folyékony tüzelőanyagok	
					Piaci részesedés	90%	
Szövetszűrő	>99.6	>99.6	>99.9	>99.95	Működési hőmérséklet	150ºC (poliészter) 260ºC (üvegszál)	- a 10%-os piaci részesedés főként CFB égés és a permetező szárító alkalmazásokon alapul - a szűrés sebessége általában 0.01 m/s és 0.04 m/s közé esik az alkalmazás, a szűrőtípus és a szövet függvényében - a zsákosszűrőkben használt tipikus értékek 0.45-0.6 m/min a fordított levegő, 0.75-0.9 m/min a rázó és 0.9-1.2 m/min a pulzáló sugár alkalmazásokkor - a zsák élettartam csökken, ahogy a szén kéntartalma növekszik és a szűrési sebesség nő - egyéni zsákhiba körülbelül az installált zsákok 1%-ánál évente - a nyomáscsökkenés nő, ahogy a részecske méret nő egy adott füstgáz áteresztőképességnél
					Energia fogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	0.2-3%	
					Nyomáscsökkenés	5-20 (10^2 Pa)	
					Üledék	Pernye	
					OFF-GAS áramlási ráta	<1100000 m^3/h	
					Alkalmazhatóság	Szilárd és folyékony tüzelőanyagok	
					Piaci részesedés	10%	
Ciklon	85-90%. A legkisebb megfogott por átmérője 5-től 10 µ						-korlátozott teljesítőképesség, így csak más csökkentési technikákkal együtt lehet alkalmazni
Nedves gáztisztító (nagy energiájú Venturi)	98.5	99.5	99.9	>99.9	Működési hőmérséklet		- másodlagos hatásként a nedves gáztisztítók hozzájárulnak a gáznemű nehézfémek eltávolításához és elnyeléséhez - szennyvíz termelődik, ami kezelést és további hatástalanítást igényel
					Energia fogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	3%-ig (5-15(kWh/1000 m^3))	
					Folyadék a gázhoz arány	0.8-2.0 l/m^3	
					Nyomáscsökkenés	30-200 (10^2 Pa)	
					Üledék	Pernyeiszap/iszap	

2.3.2–1. táblázat: A szilárd anyag leválasztó eszközök általános jellemzése

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.3 A KÉN-OXID KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

A legtöbb fosszilis tüzelőanyag elégetésekor keletkeznek kén-oxidok a tüzelőanyag kéntartalmának oxidációja következtében. A kén-oxidok, de legfőképp a kén-dioxid füstgázból történő eltávolítására az 1970-es évek eleje óta vannak eljárások, amiket először az USA és Japán alkalmazott, majd a 1980-as évek elején Európában is bevezetésre kerültek. Manapság számtalan különböző módja van a fosszilis tüzelőanyagok elégetésekor keletkező SO_2 kibocsátás csökkentésének.

(1) ELSŐDLEGES INTÉZKEDÉSEK A KÉN-OXID KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉRE

- **Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag alkalmazása**

Az alacsony kéntartalmú tüzelőanyagra való áttérés jelentősen csökkentheti az SO_2 kibocsátást. Olyan tüzelőanyag alkalmazása is jó megoldás, melyek hamuja magas mészkő (vagy más aktív komponens) tartalmuknál fogva önmaguk biztosítják a kén megkötését. Kőszén esetén 5% mészkő a jellemző, de nem általános. Lignit és tőzeg esetén ennél magasabb is lehet, egészen 80%-os kénmegkötő képességig, a tüzelőanyagtól és a tüzelési rendszertől függően. A biomasszával történő együttégetés is megoldást jelenthet.

Mindamellett ezek nagymértékben függnek a tüzelőanyag típusától és a tüzelőberendezéstől, ezért részleteiben a 3.1.-3.5. fejezetekben tárgyaljuk.

Természetes kéntelenítéssel akár 90%-os SO_2-kibocsátás csökkenés is elérhető, olyan gyenge minőségű lignit és tőzeg tüzelésekor, amelynek alacsony a kén- és magas az alkalikus hamutartalma. Így az általánosan használt másodlagos technikák által elért eredményekkel összemérhető, nagyon alacsony SO_2-kibocsátás érhető el.

- **Abszorbensek alkalmazása fluidágyas tüzelésű rendszerekben**

Fluidágyas tüzelésű rendszereknél az abszorbensek használata integrált kéntelenítési módszernek tekintett. Abszorberek alkalmazása 850 °C-ban limitálja a tüzelés hőmérsékletét. A felhasznált abszorbens jellemzően a CaO, a $Ca(OH)_2$ vagy a $CaCO_3$. A tüzelőanyag/abszorbens arány 1,5 és 7 közötti, tüzelőanyagtól függően.

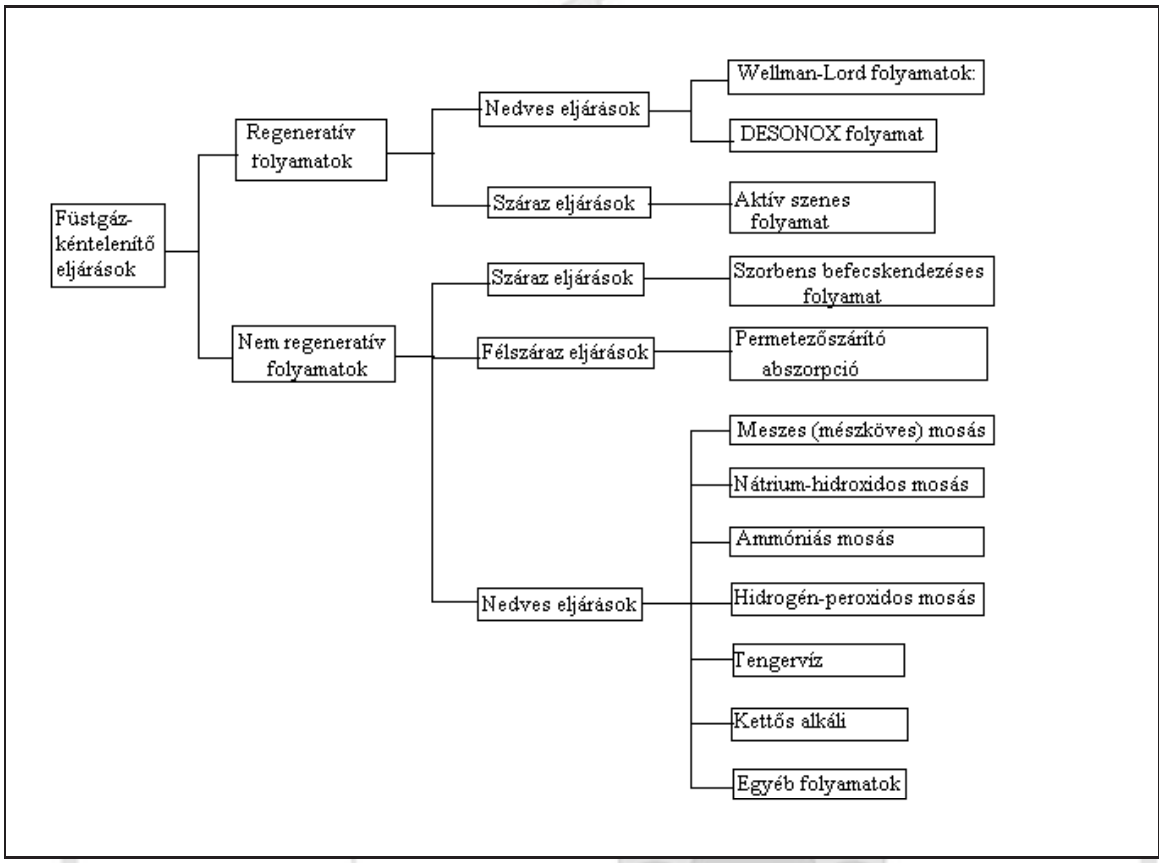
A klór korróziós hatása miatt a kéntelenítési arány felső korlátja 75%. Ez a technika legfőképp széntüzelésű nagy tüzelőberendezésekben alkalmazott, részleteiben a 3.1. fejezetben tárgyaljuk.

(2) MÁSODLAGOS INTÉZKEDÉSEK – FÜSTGÁZ KÉNTELENÍTŐ ELJÁRÁSOK (FGD)

2000-ig 680 füstgáz kéntelenítő berendezést telepítettek a világ 27 országában, további 140 van építési vagy tervezési fázisban 9 országban. [38, Soud, 2000]

Az általános füstgáz-kéntelenítő (FGD) technológiák csoportosítása a 2.3.3-1. ábraán látható.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3.3-1. ábra: A kén-oxidok kibocsátásának csökkentését célzó technológiák áttekintése (másodlagos intézkedések)

❖ Nedves mosótornyok

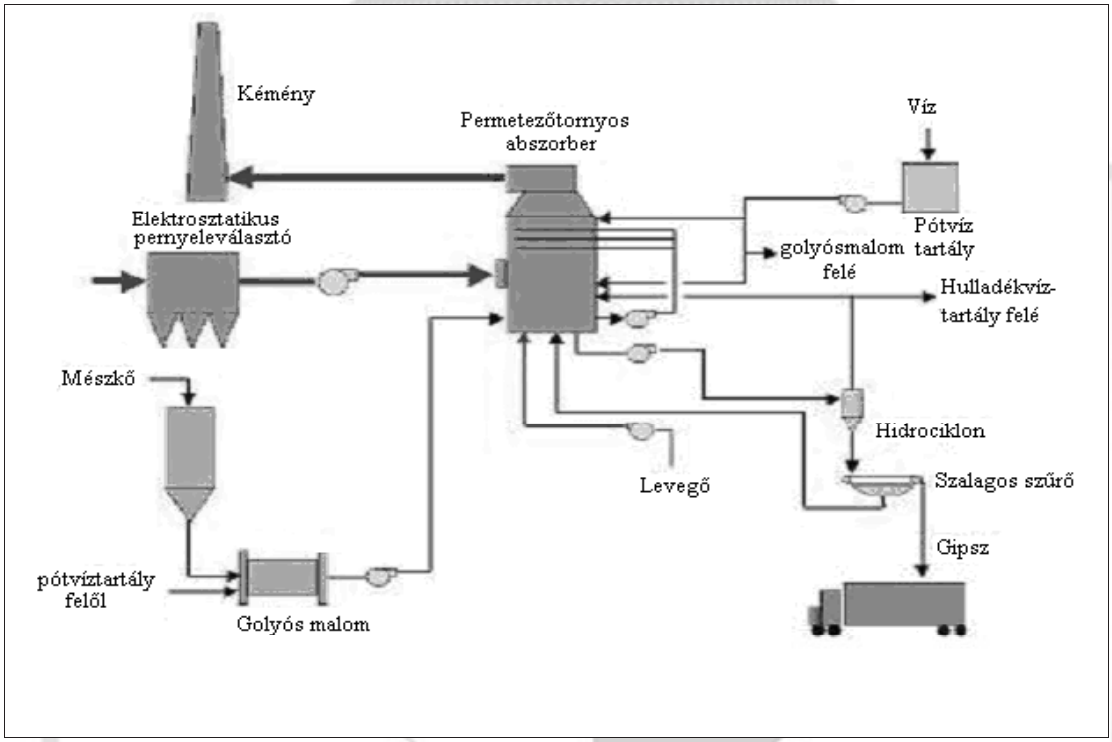
A legjelentősebb füstgáz kéntelenítő technológia a nedves füstgáz mosás, különösen a mészkő-gipsz folyamatok alkalmazása. Főleg a nagy kihasználtságú kazánokban alkalmazzák. E technológia elterjedtsége 80%-os, köszönhetően a magas hatásfokú SO_2 eltávolításnak és nagy megbízhatóságának. Szorbensként főként mészkövet alkalmaznak, mivel az a legtöbb országban nagy mennyiségben áll rendelkezésre és felhasználása olcsóbb más szorbenseknél. A melléktermék vagy gipsz vagy kálcium-szulfát/szulfit keverék az oxidáció módjától függően. Ha a gipsz eladható, az üzemeltetési költség csökkenthető. A kettős alkáli folyamatok az USA-ban az 1970-es évek közepe óta vannak üzemben. A nedves mészköves mosótornyok kifejlesztésük alatt a gipsz lerakódásának problémájával küzdöttek az 1970-es évektől az 1980-as évek elejéig, főleg a mosótornyokban lezajló folyamatok kémiájának hiányos ismerete, valamint a folyamat tervezhetőségének hiánya miatt. A kettős alkáli folyamatot akkor használták, amikor a gyártók és az üzemeltetők megoldották a lerakódási problémát. A kettős alkáli folyamat jelenlegi fejlesztései, melyek lehetővé teszik mészkő alkalmazását a sokkal drágább mész helyett, továbbá a gipsz előállítása újjáéleszthetik ezen rendszer használatát.

a) Nedves meszes/mészköves mosótornyok

Manapság a nedves füstgázmosók a legelterjedtebb füstgáz kéntelenítő eljárások, a beépített berendezések 80%-át teszik ki. A 2.3.3-2. ábra egy új típusú nedves meszes/mészköves füstgáz kéntelenítő rendszer folyamatábráját mutatja. A mész a korai alkalmazásoknál volt általánosan használt reagens a SO_2–vel való jobb reakcióképessége miatt. Később a meszet mészkőre

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

cserélték, hogy csökkentsék a mész kalcinálódásának kockázatát, amit energiaigényes, költséges és időigényes visszafordítani. A mészkövet használó füstgáz kéntelenítő művek csaknem ugyanazt az SO_2 kivonási szintet érik el, mint mész felhasználása esetén. A mészkő reakcióképessége nagymértékben befolyásolja a füstgáz kéntelenítő rendszer hatékonyságát, mindazonáltal jelenleg nincs szabványos vagy normalizált módja a reakcióképesség tesztelésének. Más reagensek, mint pl. a magnéziummal dúsított mész, szintén használatosak.



2.3.3-2. ábra: Meszes/mészköves nedves mosótornyos FGD rendszer sematikus folyamatábrája

A részecske leválasztó rendszert elhagyó füstgáz általában keresztül halad a hőcserélőn és belép a füstgáz kéntelenítő abszorberbe, ahol a SO_2-t a finomra őrölt mészkő vizes szuszpenziója köti meg, amiben a mészkő legalább 95%-a $CaCO_3$ kell legyen. Az abszorberbe folyamatosan kerül friss mészkő szuszpenzió. A megtisztított füstgáz áthalad a páraleválasztón, majd a kéményen vagy a hűtőtornyon keresztül a levegőbe távozik. A reakciótermékeket kinyerik az abszorberből és víztelenítésre, majd további feldolgozásra kerül sor.

A nedves mészköves mosótornyok az oxidáció típusától függően két csoportra oszthatók: **kényszerített oxidációs** és **természetes oxidációs** üzemmódúra. Jellemzőiket a 2.3.3–1. táblázat foglalja össze.

Mód	Melléktermék	Melléktermék kristálymérete	Melléktermék felhasználása	Víztelenítés	Megbízhatóság	Területi elterjedése
Kényszerített oxidáció	90 % gipsz, 10 % víz	0 – 100 µm	Gipszkarton,, cement, stb.	Könnyű hidrociklon szűrővel	>99 %	Európa és Japán
Természetes oxidáció	50–60 % kalcium szulfát/szulfit, 50–40 % víz	1 – 5 µm	Nem használt	Nem könnyű dúsító szűrővel	95 – 99 % lerakódás problémák miatt	USA

2.3.3–1. táblázat: A kényszerített és a természetes oxidáció összehasonlítása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az oxidáció módját a kémiai reakciók, a reagens szuszpenzió pH-ja és a keletkező melléktermékek határozzák meg.

Kényszerített oxidáció esetén és 5-6 közötti pH érték mellett, ami a nedves mészköves mosótornyokban megszokott, a következő kémiai reakciók zajlanak:

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \quad (1)$$

$$CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2 + H_2O \quad (2)$$

$$CaSO_3 + ½\ O_2 + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \bullet 2\ H_2O \quad (3)$$

$$CaCO_3 + SO_2 + ½\ O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 \bullet 2\ H_2O + CO_2 \quad (4)$$

$$CaSO_3 + ½\ H_2O \rightarrow CaSO_3 \bullet ½\ H_2O \quad (5)$$

Az (1) és (2) reakciók minden nedves füstgáz kéntelenítő rendszerben előfordulnak. A (3) reakció a kalcium-szulfit levegővel kényszerített oxidációját és kalcium-szulfát dehidrát vagy gipsz keletkezését mutatja. Kényszerített oxidáció esetén levegőt vezetnek az abszorber aljába, hogy a kalcium-szulfitot kalcium-szulfáttá oxidálják, több mint 99%-os hatékonysággal.

Kényszerített oxidáció esetén a víztelenítés könnyű a gipsz kristályok viszonylag nagy mérete miatt. Az elsődleges víztelenítés általában hidrociklonnal történik, amit egy másodlagos víztelenítés követ szűrőkben vagy centrifugában. A kb. 90% szilárd anyagot tartalmazó gipszet könnyű kezelni, vakoláshoz, cementhez vagy gipszkarton lemezhez értékesítik vagy a természetes gipszet lecserélve bánya- és terepfeltöltéshez használják. A gipsz értékesítése hozzájárul az üzemeltetés teljes költségének csökkentéséhez. Bár az értékesíthető gipsz a másodlagos víztelenítő fázis alatt mosást igényel az oldható sók, mint pl. a kloridok, eltávolítása érdekében.

Természetes oxidáció esetén a kalcium-szulfit csak részben oxidálódik a füstgáz oxigéntartalma által. A fő termék/reakciótermék kalcium-szulfit-félhidrát (5). A keletkező kalcium-szulfit-félhidrát és gipsz elegy iszap formájában van jelen.

Alacsonyabb, 4,5–5,5 pH tartományban a kémiai reakciók ettől különbözőek. A SO_2 abszorpciója után a mészköves közömbösítés elsődleges terméke nem a kalcium-szulfit, hanem a kalcium-biszulfit ($Ca(HSO_3)_2$).

$$CaCO_3 + 2\ H_2SO_3 \rightarrow Ca(HSO_3)_2 + CO_2 + H_2O \quad (6)$$

$$Ca(HSO_3)_2 + ½\ O_2 + H_2O \rightarrow CaSO_4 \quad 2\ H_2O\ SO_2 \quad (7)$$

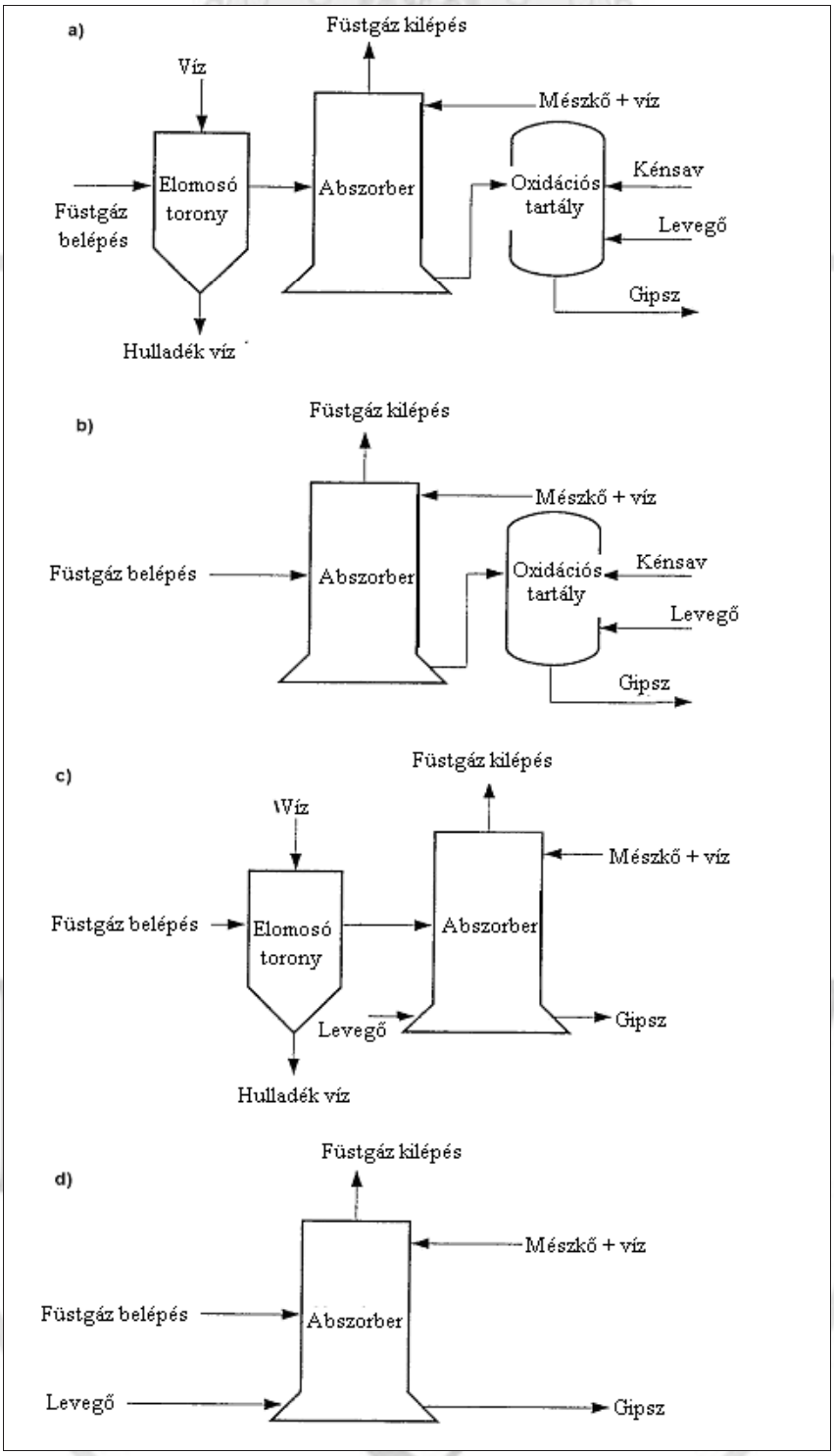
A kalcium-biszulfit sokkal oldékonyabb, mint a kalcium-szulfit. Ezért az alacsonyabb pH értéken történő üzemelés esetén a lerakódás és eltömődés kockázata kisebb. A kalcium-biszulfit gipszé vagy kalcium-szulfát-dehidráttá oxidálódik és kristályosodik (7).

A természetes oxidációs folyamat melléktermére egy olyan keverék, amit nehéz víztelenítení. A keverék kalcium-szulfit-félhidrátból és kalcium-szulfát-dehidrátból áll. Az elsődleges víztelenítés ezért sűrítőt igényel. A másodlagos víztelenítés szűrőkkel vagy centrifugával történik. A végső melléktermék 40-50% vizet tartalmaz. Sok esetben ezt mesterségesen kialakított iszaptárolóban vagy depóniában helyezik el, de előbb pernyével és mésszel kell keverni tixotróp természete miatt. A természetes oxidációs folyamatot jórészt az USA-ban alkalmazzák. A folyamat megbízhatóságát javították, de még így is csak 95-99% körüli a gipsz lerakódás problémái miatt. Megfigyelhető az a tendencia, hogy a természetes oxidációt kényszerített oxidációs folyamattal helyettesítsék, mert a gipsz jobb minőségű, mint az iszap, még földfeltöltés céljára is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A nedves mészköves mosótornyok kialakítása

A nedves mészköves mosótornyok kialakítása négyféle típusba sorolható (a, b, c és d), ahogy ezt a 2.3.3-3. ábra mutatja.



2.3.3-3. ábra: Nedves mészköves mosótornyok különböző típusai [38, Soud, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A c) és d) eset kényszerített oxidációt mutat, de természetes oxidációra módosítható és így az iszapmaradvány csökkenthető az oxigéntartályba bevezetett levegő eliminálásával.

Az **a)** és **b) típus** egy további külön oxidációs tartályt használ, itt nem tárgyaljuk, mert az oxidációs tartályok csak kutatási célú fejlesztéseknél használtak, nincsenek alkalmazásban.

A **c) típus** nem rendelkezik külön oxidációs tartállyal. Itt az oxidációs levegőt az abszorber alsó részébe fúvatják, hogy ott gipsz keletkezzen. Ezt az oxidációs eljárást általában *in situ* oxidációnak hívják és ma a leginkább elterjedt technika. Amikor az oxidáció oxidációs tartályban megy végbe, mint az **a)** és **b) típusok** esetén történik, a folyamatot *ex-situ* oxidációnak nevezik. Bár az előmosó elsődleges feladata a HCl és HF eltávolítása, az alacsony pH-jú előmosók higanyt és esetleg más nyomelemeket tartalmazó finom szemcséket is kivonnak.

Az oxidációs tartály kihagyása vagy az *ex situ* folyamat *in situ* oxidációval való helyettesítése jelentős fejlesztés a füstgáz kéntelenítő technológiában. Az *in situ* oxidációnak számtalan előnye van az *ex situ* oxidációval szemben:

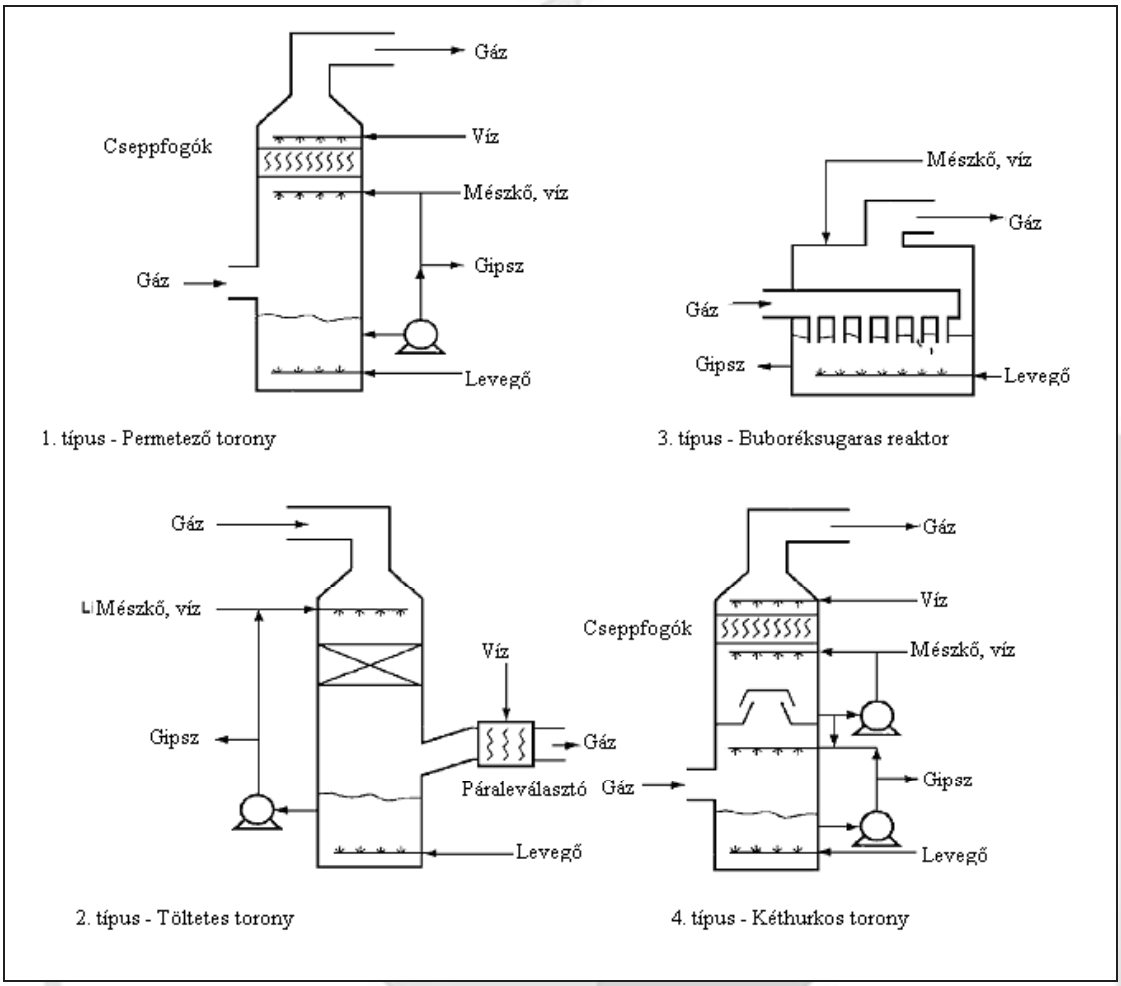
- Először is, az *in situ* oxidáció a termék teljes oxidációja révén megelőzi a lerakódás és eltömődés problémáját, nagyobb üzemeltetési megbízhatóságot biztosítva ezzel a rendszernek. A füstgáz oxigéntartalma miatt a termék részleges oxidációja a gipsz lerakódását okozza az abszorberben.
- Másodszor, az *in situ* oxidációval nagyobb az SO_2 eltávolítás hatásfoka, mint az *ex situ* oxidáció esetén.
- Harmadszor, az *in situ* oxidáció alacsonyabb pH értékeken is elősegíti az SO_2 eltávolítás hatásfokát, a levegő bevezetés hatására a mészkővel gyorsan reakcióba lépő H_2SO_3 oxidációja által keletkező H_2SO_4-nek köszönhetően.

A mészkő felhasználása is jobb, mint *ex situ* oxidáció esetén, mert alacsonyabb pH értékeken a mészkőnek jobb az oldékonysága. A Ca/S moláris aránya 1,01 és 1,05 közötti. Az *in situ* oxidáció további előnye, hogy csökkenthető a keletkező S_2O_3 mennyisége. Ez a SO_3 oxidáció mellékreakciójának terméke, és a kémiai oxigénigény (COD) egyik anyaga. A hulladékvíz kémiai oxigénigényének ötödére-tizedére való csökkentése csökkentheti a szennyvízkezelési kapacitást. Nem szükséges H_2SO_4 hozzáadása az oxidációhoz, eltérően az **a)** és **b) típus**októl. Az *in situ* kényszerített oxidáció megjelenése a nedves mészköves mosótornyokat sokkal előnyösebbé tette.

A **d) típus** a legegyszerűbb nedves mészköves mosótorony konfiguráció, mára ez az elrendezés a legelterjedtebb füstgáz kéntelenítő rendszer. Minden kémiai reakció egyetlen integrált abszorberben megy végbe. Ez csökkenti a beruházás költségét és az energiafogyasztást. A d típus az 1980-as évek végétől igen megbízhatóan üzemel és elfogadható minőségű gipszet állít elő. Az integrált torony kevesebb helyet igényel, megkönnyítve ezzel a már létező kazánok felújítását (retrofit). Németországban a legújabb füstgáz kéntelenítő berendezések mind d típusúak.

Az abszorber konstrukciója nagyon fontos a nedves füstgáz kéntelenítő rendszerekben. 2.3.3-4. ábra bemutatja az abszorberek különböző típusát, ahol minden kéntelenítési kémiai reakció együtt megy végbe.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3.3-4. ábra: Különböző abszorber típusok [33, Ciemat, 2000]

Az első típus a **permetezőtornyos abszorber**; ez a típus a világon a legelterjedtebben alkalmazott nedves füstgáz kéntelenítő rendszer. A permetezőtoronynak általában 3-4 porlasztó szintje van több fúvókával, amin keresztül finomra őrölt mészkő vizes szuszpenzióját porlasztja egyenletes eloszlással. Az abszorberbe bevezetett füstgáz így kapcsolatba kerül az általában ellenáramban szabadon mozgó cseppekkel. A füstgáz által elragadott cseppek a csepleválasztókban nyelődnek el.

A második típus a műanyag rácsot használó **betétes torony abszorber**. Ebben nagy sebességgel, párhuzamosan áramlik a gáz-folyadék, meghosszabbodik az együtttartózkodási idő, ily módon növelve a SO_2 kinyerés hatásfokát. A betétes torony abszorber jelenleg lerakódási problémák nélkül üzemel. A konfiguráció fontos jellemzője a masszív szerkezetű nagyméretű abszorber.

A harmadik típus turbulens, **buborékágyas reaktor** néven ismert. Mialatt a mészkő iszap betáplálásra kerül a turbulens, buborékágyas reaktorba, a füstgáz és az oxidációhoz szükséges levegő számtalan bemerülő csövön keresztül injektálódik az iszapba. Ez az abszorber típus jó példája az egyszerűsített füstgáz kéntelenítő folyamatnak. Fölöslegessé teszi a recirkulációs szivattyúk, permetező fúvókák és fejek, külön oxidációs tartályok és dúsítók szükségességét, ily módon minimalizálja az esetleges nehézségeket és az energiafogyasztást.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A negyedik típus a **kéthurkos abszorber**. Ez az abszorber két, különböző pH értékű hurokból áll, melyeket kioltó abszorbernek hívnak.

A nedves mészköves füstgáz kéntelenítő rendszerek természetükből adódóan agresszív működési környezetet jelentenek, ami korrózióhoz, erózióhoz és kopáshoz vezet. A füstgáz teljes útvonalát az abszorber bemenetétől a kéményig védeni kell, pl. gumi- vagy lemezes béléssel, a gáz adiabatikus hűtése és szaturációja során keletkező savak támadása ellen. Különösen oda kell figyelni a következő komponensekre: bemeneti csővezeték, abszorber, kimeneti csővezeték újramelegítő rendszerek és a kémény belső felülete. Minden iszapkezelő elem korróziónak és kopásnak van kitéve, beleértve az abszorber permetező részét, tartályokat, keverőket, szivattyúkat, csővezetékeket, szelepeket és víztelenítő berendezéseket.

Míg a füstgáz keresztülhalad a nedves kéntelenítő egységen, hőmérséklete kb. 45-80 ºC-ot esik. A kéményből kiáramló száraz füstgáz diszperzióját elősegítendő és a látható csóva kialakulásának gyakoriságát csökkentendő a kémény kimeneti nyílásánál a füstgáz hőmérséklete egy bizonyos minimum értéket el kell érjen, pl. Angliában 80 ºC-ot. E követelmény eléréséhez a füstgázt újra kell melegíteni, amihez leggyakrabban regeneratív gáz-gáz hőcserélőt használnak. Néhány új szabályozás nem írja már elő a kéményből kilépő füstgáz minimális hőmérsékletét. A tisztított füstgáz nedves kéményen keresztüli kibocsátása kisebb elektromos energiát igényel, de látható csóva-jelenséggel jár.

Terjedésszámítási modellek megmutatták, hogy a telephely környezetében lévő levegő alacsony terhelésének biztosítása érdekében a füstgáz diszperziója szempontjából a füstgáz újramelegítése nélkül a kémény magassága sokkal fontosabb, mint a kibocsátott gáz felhajtóereje. A kibocsátott gázok felhajtóereje (és így a diszperziója) szükség esetén a füstgáz újramelegítésével növelhető, de a terjedés ugyanígy javítható a kéményből kilépő füstgáz sebességének növelésével.

Egy nedves kéntelenítő rendszer alkalmazása jelentős területet igényel. Már üzemelő erőművek esetén nem mindig van elegendő hely, ezért speciális megoldásokra lehet szükség, ami megnöveli a beruházás költségét (ezért a rendszer tervezését és kivitelezését esetről esetre kell elvégezni).

Az új folyamat bevezetésekor, egy már létező és üzemelő erőműben, szükség lehet egy új kémény építésére, mert a füstgáz kéntelenítő rendszerből kikerülő füstgáz sokkal korrozívabb (a füstgáz hőmérséklete a mosótoronyban a harmatpont alatt van), mint kéntelenítő nélkül, és a már meglévő kémény esetleg nem megfelelő erre a célra. Az új kémény rendelkezik a modern füstcső bélés előnyeivel; a sav kondenzátum mennyisége kisebb és az induláskori gyors felmelegítésnek köszönhetően a diszperzió tökéletesebb. Ez egyre fontosabbá válik, ahogy a villamosenergia-piac a szükségletekhez egyre jobban alkalmazkodó erőműveket igényel.

A nedves mosótornyos folyamatok az utóbbi évtizedekben jelentős fejlesztéseken mentek keresztül, javult a megbízhatóság, nőtt az eltávolítási hatásfok, a költségek pedig lecsökkentek. A megbízhatóság 99% felett van kényszerített oxidáció és 95-99 % természetes oxidáció esetén. Az alkalmazhatóságot befolyásolja mind az abszorber folyamathoz kapcsolódó mosótorony komponens, mind a kiegészítő folyamatok.

A hidroxid- és szulfid ülepítése, tisztítása és az iszap víztelenítése elősegíti a nehézfémek és a szuszpendált szilárd részecskék eltávolítását is, csökkentve ezzel a kéntelenítőt követő szennyvízkezelés terhelését.

A nedves, mészköves mosótorony **beruházási költsége** viszonylag magas, ugyanakkor az üzemeltetési költségek a korszerű automatizálásnak, megbízhatóságnak és az értékesíthető melléktermékeknek köszönhetően mérsékeltek. A beruházás költsége széles határok között változhat, függ az adott hely specifikációitól, a technikai és gazdasági feltételektől, mint pl. az

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

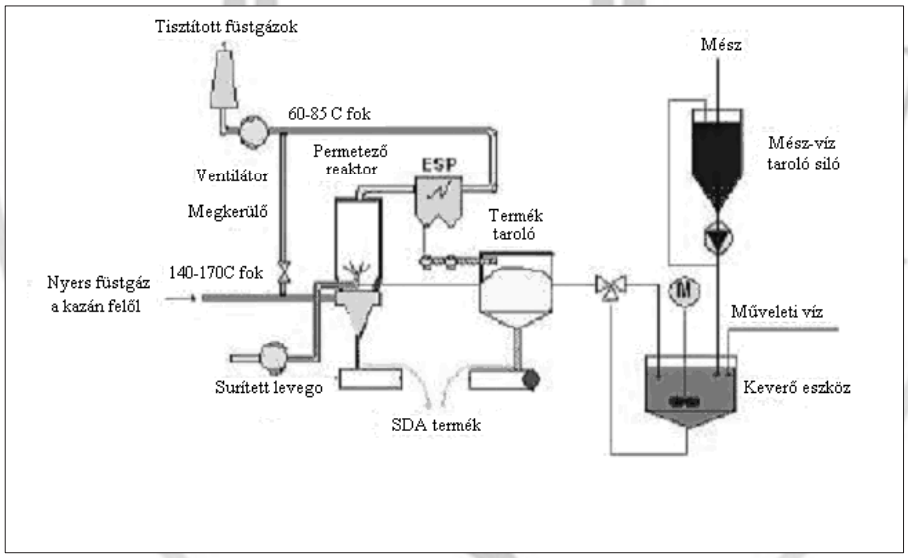
erőmű mérete, az SO_2 bemenő koncentrációja, az SO_2 kibocsátási határértéke, a redundancia stratégia, éves üzemórák száma, üzemévek száma, a gipsz és más maradékok kezelése, kamatlábak, az egységek száma, a kéntelenítés piaci helyzete, stb. A nedves meszes/mészköves mosótorony beruházási költsége leginkább a füstgáz áramlási sebességétől függ. A kéntelenítő retrofitként történő beépítése sokkal drágább, mint a zöldmezős beruházásnál. A nedves mészköves mosótorony beruházási költsége 35-50 EUR/kW_{el} között változik, az üzemeltetés és karbantartás költségei 0,2-0,3 EUR/kWh (bevitt energiára) között változik. Az SO_2 leválasztás jellemző költsége 750-1 150 EUR az eltávolított SO_2 tonnájára vetítve, ennek hatása a villamos áram árára 3-6 EUR/MWh (megtermelt villamos energiára).

Folyékony tüzelőanyagot használó motor, mint például egy nagy diesel motor füstgázának O_2 tartalma 13-15 t% (a légfelesleg-tényező 2,7-3,5). Egy kazánban ugyanez az érték a felhasznált tüzelőanyagtól függően 3-6 t% (a légfelesleg-tényező 1,2-1,4%). A nagyobb oxigén tartalom nagyobb füstgáz áramot jelent és nagyobb kéntelenítő reaktort igényel, ami az előbb említettnél nagyobb kW_e-onkénti beruházási költséget jelent.

- **Száraz porlasztószárító (Spray Dry Absorber –SDA)**

Az alkalmazott füstgáz kéntelenítő rendszerek között a száraz porlasztószárító a második helyet foglalja el a nedves mosótornyok után. Ez a fajta füstgáz kéntelenítő általában mésziszapot használ az SO_2 füstgázból történő eltávolítására. Az SO_2 eltávolítás hatásfoka és az üzemeltetés megbízhatósága sokat javult, ahogy a technológia kiforrottá vált. A száraz porlasztószárítókat általában alacsonyabb beruházási és magasabb üzemeltetési költségekkel jellemzik, mint a nedves mosótornyokat, a jóval drágább szorbens (mész) használatának köszönhetően. A száraz porlasztószárítókat többségükben a viszonylag kis és közepes kapacitású kazánoknál alkalmazzák, melyek alacsony vagy közepes kéntartalmú (1,5%) szeneket használnak. Ugyanezen okból alkalmasak retrofitra és csúcsterhelésen való üzemelésre. A maradék általában kalcium-szulfit, kalcium-szulfát és pernye keveréke, ami kevésbé értékesíthető. Tesztekkel vizsgálták a maradékok ipari hasznosításának lehetőségeit. Néhány esetben szemcse leválasztó rendszert használnak a száraz porlasztószárító előtt, hogy a pernyét külön gyűjtsék.

A száraz porlasztószárító másodlagos füstgáz kéntelenítő technológia, melyet az USA-ban és Európában fejlesztettek ki az 1970-es évek elején és közepén.



2.3.3-5. ábra: A száraz porlasztószárító technika folyamatábrája [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A folyamat elsősorban a porlasztó abszorberből, a porleválasztó berendezésből és a reakció termékek visszaforgató, elhelyező berendezésekből áll. Jelenleg számos száraz porlasztószárító rendszer létezik, amelyek a porlasztó abszorberben alkalmazott mésziszap diszperziós rendszer szempontjából különböznek egymástól.

Az SO_2 abszorpció szorbense rendszerint mész vagy kalcium-oxid. A mészből mésziszapot képeznek, amit mésztejnek is hívnak. A mésziszapot a porlasztó abszorberbe porlasztják, elegendő tartózkodási idővel (kb. 10 másodperc) ahhoz, hogy az SO_2 és más savas gázok, mint pl. az SO_3 és a HCl együttesen reakcióba lépjenek a mészhidráttal és kalcium-szulfitot/szulfátot és kalcium-kloridot hozzanak létre. A folyamat hulladékvíz kezelést nem igényel, mert a víz a füstgáz hőjének hatására teljes egészében elpárolog.

Az SO_2 kivonás kémiai folyamata az SO_2 és a mészhidrát közötti egyszerű sav-bázis reakció a következők szerint:

$$Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$$

$$CaSO_3 + ½\, O_2 + ½\, H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot ½\, H_2O$$

Az abszorpciót több tényező is nagyban befolyásolja, mint a füstgáz hőmérséklete, a gáz nedvességtartalma, a füstgáz SO_2 koncentrációja és a porlasztott mésziszap cseppmérete. A melléktermék a kalcium-szulfit, -szulfát, pernye és a nem reagált mész száraz elegye. A porlasztószárító eljárást néha **félszáraz eljárás**nak is nevezik, mert mésziszapot (mész és víz keveréke) használ, a maradék pedig száraz por, amit elektrosztatikus porleválasztóban vagy szövetszűrőben választanak le. Mivel ez nem reagált meszet is tartalmaz, egy részét általában visszavezetik és friss mésziszappal keverik, hogy javítsák a mész kihasználását.

A legtöbb európai porlasztószárítót alkalmazó erőműnél a pernye nagy részét még az abszorberbe való belépés előtt elő-leválasztóval eltávolítják, a levegőmelegítő és az abszorber között. Az elő-leválasztó telepítésének több előnye is van, melyek ellensúlyozzák a beruházás és a későbbi működtetés költségeit:

- Az adott kéntelenítési ráta mellett csökkenteni képes a mész felhasználást (adott ΔT hőmérsékleten), vagy lehetővé teszi a porlasztószárító üzemi hőmérsékletének emelését (adott Ca/S arány mellett), így csökkenti a porlerakódás veszélyét.
- Segít nagyobb elektrosztatikus porleválasztó hatásfokot, vagyis alacsonyabb kibocsátási szintet elérni.
- Megszünteti a füstgáz okozta eróziót a berendezés kilépő oldalán.
- Csökkenti a lerakásra kerülő hulladék mennyiségét.
- Összegyűjti az értékesíthető melléktermékет (pernye).

Az elő-leválasztó általános esetben egy egyszerű egy mezős elektrosztatikus porleválasztó. Ennek ellenére retrofitnál gyakran használják a már létező leválasztó berendezést elő-leválasztónak.

Európában késleltető típusú oltó tartályokat használnak a porlasztószárító folyamatba. A porított égetett mészhez egyszerű oltótartály használható.

Az abszorber fő része a **mésziszap porlasztó fúvóka**. A mésziszap porlasztó fúvókájának egyenletes porlasztási minőséget kell biztosítania, a fúvókáknak ellenállóknak kell lenniük a füstgáz korróziós és a mész eróziós hatásaival szemben, továbbá alacsony nyomásesésűnek kell lennie és a dugulási rizikót csökkentenie kell. Többfajta fúvóka használatos az iszap porlasztására, mint pl. a *forgó porlasztó* vagy az *álló, kettős fluid* fúvókát. Az első változat a tető közepére van szerelve és a mészhidrát finom cseppjeit permetezi. A füstgáz áramot az abszorberbe történő belépés előtt kétfelé ágaztatják. A füstgáz kb. 60%-a tető-gázporlasztón keresztül, a 40%-a a központi gázporlasztón keresztül lép be az abszorberbe. A két folyam és a gázporlasztó síkjának megfelelő beállítása segít szabályozni a porlasztott cseppek felhőjének

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

alakját és a füstgáz és a szorbens hatékony elkeveredését nyújtja a porlasztó körüli szűk zónában. 100-150 MW_e kapacitású kazánok füstgázának kezeléséhez a megfelelő abszorber méret általában 14-15 m (átmérő) x 11-12 m (henger magasság).

A permetezőszárító mosótornyokban a szorbens kihasználása magasabb, mint a szorbens befúvásos folyamatokban, de a reakcióba nem lépett mész mennyisége 10-40%-a a mész eredeti mennyiségének, ami a rendszerből a kalcium-szulfittal/szulfáttal együtt távozik. A szorbens kihasználásának mértéke az iszap készítésénél alkalmazott szorbens/víz arány szoros szabályozásával, az abszorberben a telítést megközelítő hőmérséklet csökkentésével és a maradvány anyagok egy részének az abszorberbe történő recirkulációjával javítható.

A permetezőszárító mosótornyok maradékanyagának ártalmatlanítása a stabilizált lerakóhelyeken történhet. Mivel a melléktermék reagálatlan meszet is tartalmaz, kezelés nélkül nem helyezhető el, egyrészt mert port termel, másrészt pedig fennáll a veszélyes összetevők ellenőrizetlen kioldódásának veszélye. Ennek elkerülésére vízzel és szállópernyével keverik, mely már egy stabil, elhelyezhető keverék.

A rendszer maradékanyaga előnyös és hátrányos is egyidejűleg. A maradékok felhasználásának átgondolása nagyon fontos a száraz porlasztószárító üzembe helyezésekor. Tekintettel arra, hogy nagy mennyiségű reagálatlan meszet tartalmaz, a közelben lévő nedves füstgáz kéntelenítő üzemekben alkalmazható. A legújabb kísérletek arra irányulnak, lehet-e a maradék műtrágya-alapanyag ott, ahol szükség van a kéntartalmára.

A porlasztószárító abszorberek általában a telítési hőmérséklet felett működnek, ahol a füstgáz telítési hőmérséklete 45–55 °C között van. A legtöbb üzemben nincs szükség a tisztított füstgáz újramelegítésére.

A porlasztószárító alacsony és közepes kéntartalmú tüzelőanyagokhoz és kisebb berendezésekhez is alkalmazható. A berendezésben történik a mészszap előkészítése, kezelése és porlasztása. A teljes berendezés ellenáll az iszap korróziójának. A száraz szilárd melléktermeket számos építőipari célra fel lehet használni.

A száraz porlasztószárító gáztisztító kereskedelmileg jól eladható technika. A világ összes száraz füstgáz kéntelenítőt használó üzemének 74%-a (1998-ban 18 655 MW villamosság) porlasztva szárítást alkalmaz [33, Ciemat, 2000].

A porlasztószárító rendszer **beruházási költsége** nagyban függ az erőmű teljesítményétől, a porlasztó abszorber típusától és elrendezésétől illetve a befúvó rendszertől és döntően az erőmű típusától. A porlasztószárító eljárás beruházási költsége hasonló méretű nagy tüzelőberendezés esetén általában 30-50%-kal alacsonyabb, mint a nedves mészköves eljárás költsége, de az üzemelési költségek magasabbak, ami a magasabb szorbens költségeknek köszönhető. Mivel a porlasztószárító meszet használ, az egy-modulos porlasztószárító használata a 700 MW_{th} teljesítmény alatti, csak 700 000 m^3/h-ás, alacsony és közepes kéntartalmú tüzelőanyagot használó erőművek esetére korlátozódik a működési költségek elfogadható keretek között tartása érdekében. A porlasztószárító rendszerek kisebb méretben gazdaságosabbak.

Kazánhoz tartozó porlasztószárító beruházási költsége becslések szerint 18-25 EUR/MW_e, üzemelési és karbantartási költsége pedig 0,5-0,7 EUR/MWh (hőbevitel). A szennyezőanyagok csökkentésének a költsége 600-800 EUR/ eltávolított SO_2 tonnánként. A villamosenergia árára kb. 6 EUR/MWh a hatása. A magasabb árak megegyeznek a kisebb nagy tüzelőberendezésben alkalmazott nedves füstgáz kéntelenítő áraival.

Egy nagyobb dízelmotor füstgázának oxigéntartalma kb. 13–15 vol-% (a használt tüzelőanyagtól függően a légfelesleg-tényező 2,7-3,5). Kazánok esetén ez jellemzően 3-6 tf% O_2 (levegő tényező 1,2-1,4) között van, függően a felhasznált tüzelőanyagtól. A magasabb oxigéntartalom

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

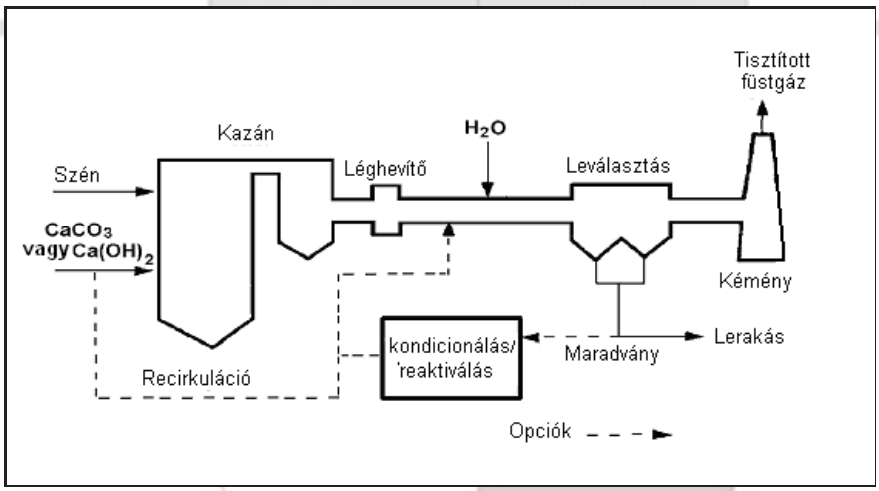
nagyobb kilépő füstgázáramot jelent, amely nagyobb füstgáz kéntelenítő reaktort igényel, ami magasabb beruházási költségekhez vezet, stb.

A melléktermék felhasználásának különböző lehetőségeivel kapcsolatban a melléktermék kezelésének és eltávolításának költségeit is figyelembe kell venni akkor, mikor a száraz porlasztószárító eljárást hasonlítjuk össze a különböző kéntelenítési módszerekkel.

❖ **Reagens anyag befúvása**

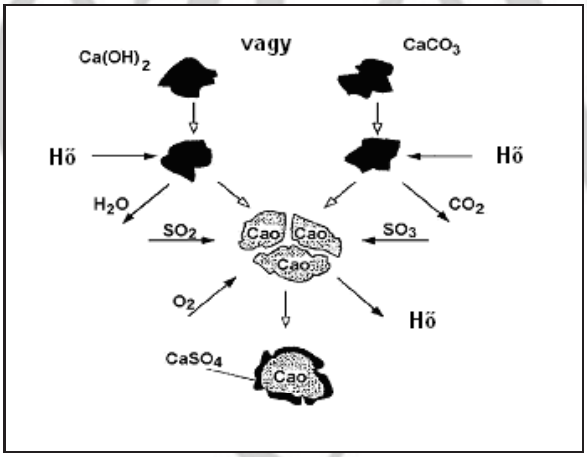
a) A reagens anyag kazánba fúvása

Ennél az eljárásnál a száraz reagens anyagot közvetlenül a kazán gázáramába juttatják be (2.3.3-6. ábra).



2.3.3-6. ábra: A reagens anyag kazánba fecskendezése [33, Ciemat, 2000]

Általánosan használt reagens anyagok az őrölt mészkő ($CaCO_3$) és a dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). A kazánban hő hatására a reagens anyag kiég, kalcinálódik és reakcióképes CaO szemcsék jönnek létre. Ezen részecskék reakcióba lépnek a a füstgázban lévő SO_2-vel, kalcium szulfitot ($CaSO_3$) és kálcium szulfátot ($CaSO_4$) képezve. A 2.3.3-7. ábra szemlélteti a SO_2 eltávolítás két lépését.



2.3.3-7. ábra: SO_2 eltávolítási reakciók a szorbens kazánba fúvása esetén [33, Ciemat, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

$$CaCO_3 + \text{hő} \rightarrow CaO + CO_2 \text{ vagy } Ca(OH)_2 + \text{hő} \rightarrow CaO + H_2O$$
$$CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow CaSO_3 + \text{hő}$$

A folyamat járulékos haszna az SO_3 eltávolítása.

A szorbens kazánba fúvása esetén a mészkő reakciójához szükséges kritikus hőmérséklettartomány 980-1230 °C. A reakcióképes mészkő (CaO) keletkezéséhez elég hosszú időt (legalább fél másodpercet) kell eltölteni a kritikus hőmérséklettartományban. Az oltott mésznek két reakcióablaka van: 980–1230 °C és kb. 540 °C. Erre csak napjainkban derült fény.

Termokémiailag a $CaSO_4$ 1260 °C körül, a magas kéntartalmú fosszilis tüzelőanyagok tüzelési feltételei mellett instabil, ezért mérhető 2 000–4 000 ppm SO_2 pl. széntüzelésnél. A $CaSO_4$ keletkezésének alacsonyabb hőmérséklethatára összetett kölcsönhatás eredménye, melyhez hozzájárul az elszulfátosodási kinetika, a kristálynövekedés, a szinterelés valamint a $CaSO_4$ záróréteg felépítése is a reakcióképes CaO felszínén.

Az 50% körüli SO_2 eltávolítási hatásfokot el lehet érni 4-5 (Ca/S) moláris aránnyal, ha a mészkő befúvása közel a legelőnyösebb működés mellett történik. Az SO_2 eltávolítás és a mészkő felhasználás hatékonysága alacsonyabb, mint a füstgáz kéntelenítő rendszerekben.

Létezik néhány intézkedés, mellyel alacsony költség mellett is javítható az SO_2 eltávolítási hatásfoka. A legegyszerűbb módszer a leválasztó előtt víz bepermetezése a csővezetékbe, ami kb. 10%-kal javítja az SO_2 eltávolítás hatásfokát. A reakciótermékek visszaforgatása is hatékony megoldás lehet, hiszen ezzel tökéletesíteni lehet az SO_2 csökkentésének és a mészkő felhasználásának hatékonyságát is. A porleválasztó berendezések (elektrosztatikus porleválasztó vagy szűrő) által összegyűjtött reakciótermékek újra a kazánba vagy a csővezetékbe juttatása és keringetése. Ezen intézkedésektől akár 70-80%-os SO_2 eltávolítási hatásfok is elvárható.

Ezen reakciótermékeket az alkalmazott porleválasztó berendezés, általában egy elektrosztatikus porleválasztó vagy szövetszűrő a szállópernyével együtt választja le. Ha a Ca/S mólarány 2,0 és 10% a szén hamu tartalma, majdnem megháromszorozódik az a hamu (pernye) mennyiség, melyet a porleválasztó berendezéseknek kell összegyűjteni, majd lerakóhelyre kell szállítani. Néhány felújítható üzemben az elektrosztatikus porleválasztó tökéletesítésre szorul annak érdekében, hogy képes legyen összegyűjteni ezeket a mennyiségeket.

A maradékok pl. lerakóba kerülnek, de nagy körültekintést igényelnek, hiszen aktív meszet és kálcium-szulfitot tartalmaznak. Bár több kísérlet is folyik a reakciótermékek hasznosításával kapcsolatban, a legtöbb olyan műnek, mely a szorbeálószert a kazánba fecskendezi, különlegesen előkészített lerakóhelye van. Ezzel ellentétben a nedves gáztisztítás olyan melléktermékет is gyárt, pl. a gipszet, mely eladható.

Az eljárás alkalmas kis méretű üzemek és alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok alkalmazása esetén is. **Cirkulációs fluidágyas-tüzelésnél** (CFBC) e technika optimális feltételek között működik. 800–950 °C között megy végbe az alacsony hőmérsékletű égés olyan magas abszorpciós hatékonysággal, melynek szorbens felesleg faktora 2 feletti. Az eljárás egyszerű, így kevesebb üzemelést és fenntartást igényel. Száraz szilárd maradékokat termel, felhasználásuk (lerakás, építőipari alapanyag) előtt nem igényelnek további kezelést.

A szorbeálószer kazánba fecskendezése a hőcserélőkben salakképződést és dugulást okozhat, így a koromkifúvatásokat növelni kell.

A szorbeálószer kazánba fecskendezésének **beruházási költsége** az energiatermelésben alacsonyabb, mint a porlasztva szárító rendszer és a nedves gáztisztító költsége. Egy 350 MW_{th} teljesítményű, egy reaktoros egység beruházási költsége kb. negyede a nedves mészkő eljárás költségének. A mészkő költsége kb. fele az eljárás működési költségének, a reagens alacsony

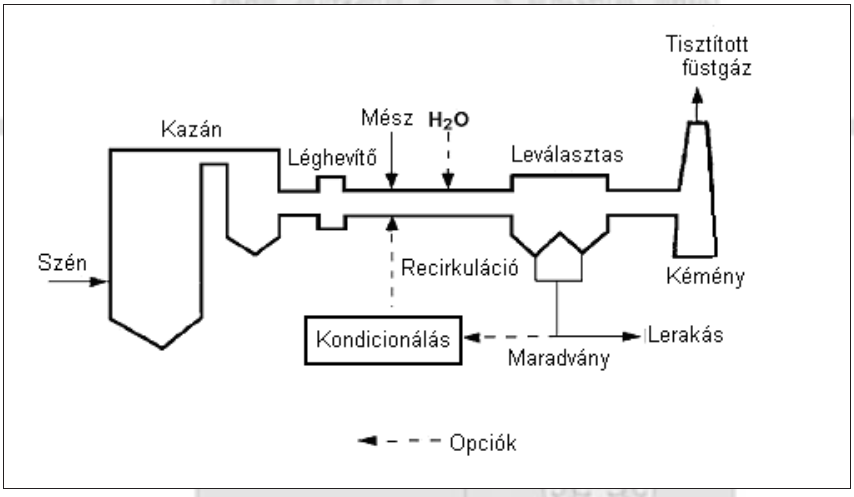
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

árának köszönhetően.

Eme egyszerű eljárás egyik haszna, hogy az eljárás üzemeltetéséhez és karbantartásához nincs szükség pótlólagos személyzetre. A melléktermék újrahasználható, bár nincs gazdasági értéke.

b) A reagens anyag csővezetékbe juttatása (száraz füstgáz kéntelenítő)

A reagens anyag csővezetékbe juttatása azt az eljárást jelenti, amikor a kálium- vagy nátrium alapú reagenst a füstgázba juttatják a léghevítő és az elektrosztatikus porleválasztó vagy a szűrő között, ahogy azt a 2.3.3-8. ábra is mutatja.



2.3.3-8. ábra: A reagens anyag csővezetékbe juttatása [33, Ciemat, 2000]

A reagens anyag csővezetékbe juttatásának legismertebb típusai:

- száraz oltott mész, mely nedvesítést igényel
- száraz nátrium befúvása, mely nem igényel nedvesítést
- mésziszap befecskendezése vagy csővezetéken belüli gázmosás, mely nem igényel külön nedvesítést

A nedvesítő víz két célt szolgál, először is aktiválja a szorbeálószert, hogy növelje a SO_2 eltávolítást, másodszor pedig kondicionálja a szilárd részecskéket.

Bár a szorbens csővezetékbe juttatása látszólag egyszerű eljárásnak tűnik, néhány érdekes jelenség miatt szükséges a fokozott ellenőrzése:

a) a füstgáz kalcium- és nátrium alapú szorbenssel történő kéntelenítése során létrejövő maradékanyagokban magas a nem reagált abszorbens aránya, aminek többlépcsős újrahasznosítása szükséges

b) már meglévő elektrosztatikus porleválasztóval történő összekapcsolása, a hőmérséklet csökkentése és a magasabb nedvességtartalom miatt növeli a hatásfokot. Nem teljesen tisztázott, hogyan képes az összekapcsolt elektrosztatikus porleválasztó 100-szor több terméket és szállópernyét összegyűjteni csővezetékbe juttatott szorbens alkalmazása esetén, mint egyéb esetben. Lényeges szempont lehet a korrózió elkerülése végett úgy nedvesíteni az újrahasznosított termékeket, hogy a falakat és az elektrosztatikus porleválasztót ne érje közvetlenül a víz.

Befúvás után a nátrium-hidrogén-karbonát hő hatására nátrium-karbonáttá alakul át. A nátrium-karbonát felszíne reakcióba lép az SO_2-vel, nátrium-szulfitot vagy -szulfátot hoz létre. A reakció

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

lassú, mert eltömődnek a pórusok, így ellenállnak a gázfázisú SO_2 diffúziójának. Annak érdekében, hogy a reakció folyamatos legyen, a szorbens szemcséknek tovább kell bomlaniuk. A bomlás H_2O-t és CO_2-t fejleszt, melyek kitöltik a szemcsék hézagtérfogatát. A folyamat további szorbens szemcséket eredményez, mire az SO_2 még egyszer bediffundál a részecskék belsejébe. Ez a folyamat, a szorbens fajtájának függvényében 5-20-szorosára növeli az eredeti felszínt. A következő reakciósor eredményeképpen jön létre a nátrium-karbonát, miközben fogy az SO_2:

$$2\ NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 + CO_2$$

$$Na_2CO_3 + SO_2 + ½\ O2 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2$$

A bomlás mértéke és a nátrium vegyületek utólagos elszulfátosodása bonyolult összefüggésben állnak a gázhőmérséklettel, a részecske hőátadási tényezőjével, a füstgáz H_2O és CO_2 tartalmának parciális nyomásával és az egyéb jelenlevő füstgázalkotók hatásaival.

E módszer jellegzetessége, hogy alacsony a beruházási költsége, egyszerű, viszont viszonylag alacsony az SO_2 eltávolítási képessége. A folyamat során az SO_2-nek legalább az 50%-át el kellene távolítani, de ezt az arányt további észrevehető beruházási költségek és üzemelési nehézségek nélkül, 70-95%-ra kellene emelni, aminek alapja a folyamat jobb megismerése. Eme hátránya és a szorbens felhasználás alacsony hatékonysága miatt nehéz kereskedelmi forgalomba hozni. Mindemellett jól alkalmazható viszonylag régi és kicsi kazánoknál, ezért olyan eljárásokat fejlesztenek ki, melyek SO_2 eltávolítása megbízhatóbb és tökéletesebb.

A használt szorbens regenerálása gazdaságilag különösen fontos e módszernél, mivel a hagyományos porlasztva szárító gáztisztítókhoz viszonyított rövidebb szorbens tartózkodási idő (0,5–3,0 s) alacsonyabb szorbens kihasználást jelent. A $Ca(OH)_2$ tömegének csak 15–30%-a lép reakcióba az SO_2-vel, elhasznált szorbens újrahasznosítás nélkül. Ez azt jelenti, hogy 70–85% reagálatlan $Ca(OH)_2$-t gyűjt össze az elektrosztatikus porleválasztó, melyet a száraz szállópernyével együtt távolítanak el. E folyamat egyik hátránya tehát az alacsony szorbens kihasználás. A használt szorbens újrahasznosítása manapság már sok helyen alkalmazott eljárás, mely javítja a szorbens felhasználhatóságát és növeli az SO_2 eltávolítási teljesítményét is.

A szorbens újrahasznosító rendszerben ezen összegyűjtött szilárd anyagok egy részét vezetik vissza a csővezetékbe, ezzel újabb lehetőség nyílik a $Ca(OH)_2 + SO_2$ reakcióra. Ezen szilárd anyagok újrahasznosítása növeli a rendszer $Ca(OH)_2$ tartalmát anélkül, hogy közben emelné a tiszta mész hozzáadásának mértékét. Ebből következik, hogy az SO_2 eltávolítás növelése nem jár együtt a tiszta szorbens költségeinek növekedésével.

A szorbens csővezetékbe fúvása nagyon egyszerű eljárás, könnyen üzemeltethető, így nincs komolyabb kockázata az üzemzavaroknak. Az eljárás számos tüzelőanyagfajta és tüzelési technika esetén alkalmazható, főleg akkor, amikor a szorbens befúvása a csővezeték alacsonyabb hőmérsékletű részébe történik, ezzel elkerülhető a szorbens szintterelése és/vagy olvadása. Mivel az eljárás szabályozása nagyon könnyen megoldható, a kazán terhelésének vagy egyéb paraméterek változása nincs hatással a hatékonyságra.

A száraz szorbens befúvás kis erőműveknél versenyképes. A beruházási költségek alacsonyak és ezen intézkedést eléggé könnyedén be lehet építeni már meglevő erőművekbe is. A beruházási költségek a tüzelőanyag kéntartalmától és az üzem méretétől függnek.

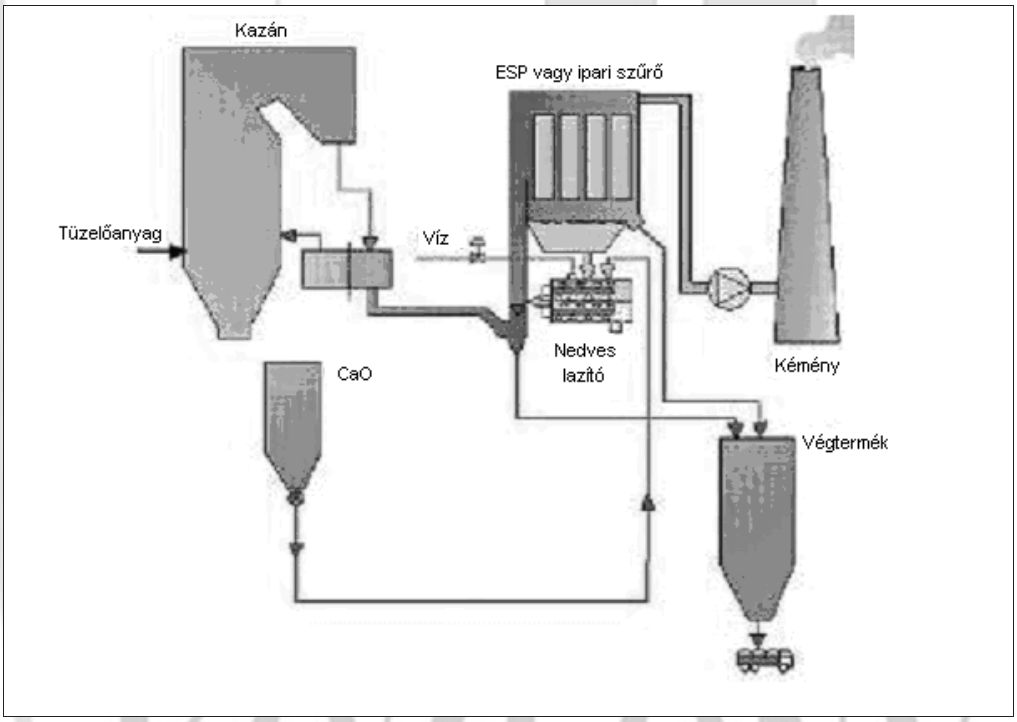
A szükséges reagensek sokkal drágábbak, mint a mészköves eljárásban, pl. a kazánba történő bejuttatás esetén, ami azt jelenti, hogy az üzemelési költségek egyre növekednek csökkenő Ca/S mólarányok mellett is. Az eljárás redukciós sebessége javítható a Ca/S hányados növelésével, ami megnövekedett szorbens költséget és kiegészítő energiaigényt jelent. A melléktermékет nem mindig lehet újrahasználni, s ez többletköltséget okoz.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

c) Módosított száraz füstgáz kéntelenítő eljárás

A kazánból vagy az előgyűjtőből (mely nincs ábrázolva a 2.3.3-9. ábra) kijövő forró, kezeletlen füstgáz a gázporlasztón keresztül a száraz füstgáz kéntelenítő reaktorba jut, ahol találkozik a szállópernye és a mész szabadon áramló, nedvesített porával. Reakcióképes komponensei gyorsan a por alkáli komponenseibe abszorbeálódnak. Ezzel egy időben a víz elpárolog, létrehozva ezzel a hatékony SO_2 összegyűjtéshez szükséges füstgáz hőmérsékletet. A gázeloszlás szabályozása, a por áramlási aránya, a nedvesítő víz mennyisége és eloszlása biztosítja az SO_2 eltávolításhoz szükséges optimális körülményeket.

A kezelt kimenő gáz a részecskegyűjtőbe áramlik (szövetszűrő vagy elektrosztatikus leválasztó), ahol a füstgáz szemcséit leválasztják. A részecskegyűjtőből kijövő gázok a kéménybe jutnak egy szívóventilátor segítségével. Az összegyűjtött szilárd szemcséket egy párásító berendezésen keresztül vezetik vissza a száraz füstgáz kéntelenítő reaktorba. A tartályszint szabályozza a por melléktermékszilóba történő kiürítését, ahonnan eltávolítják. [135, Alstom Power, 2002].



2.3.3-9. ábra: Módosított száraz FGD eljárás [135, Alstom Power, 2002], [162, Notter, et al., 2002]

A módosított száraz füstgáz kéntelenítő eljáráshoz csak minimális kifinomult, speciális berendezés szükséges. Nincs benne forgó porlasztó, mely a nagy sebességű gépezettel lenne kapcsolatban, sem dupla fluid fúvóka a sűrített levegőhöz. Az újra hasznosított reagens elkeverésének energia igénye sokkal kisebb, mint a hasonló egységeknek a hagyományos száraz füstgáz tisztító rendszerben: összehasonlításnál a forgó porlasztó és a kettős fluid szórófej sokkal összetettebb a keverőgépnél. A fúvókákkal és a forgó porlasztókkal szemben a keverőgépnek az az előnye, hogy a berendezések a dolgozókhoz közel, a füstgáz áramától távol, a szövet szűrő mellett találhatóak. Ez az elrendezés könnyebb karbantartást és alacsonyabb költségeket jelent.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

d) Cirkulációs fluidágyas (CFB) száraz mosó

A cirkulációs fluidágyas (CFB) eljárás a száraz mosók egy típusa. Habár ebben a dokumentumban ez az egyetlen eljárás ebben a típusban, a CFB száraz mosó a szorbens befúvások közé tartozik.

A CFB eljárást 1987 óta Németországban öt széntüzelésű közmű kazánja is nagyipari méretben használja. Az oltott meszet közvetlenül a CFB reaktorba juttatják. Az oltatlan mész beoltása egy külön folyamatban történik meg.

A füstgáz a kazán levegő-előmelegítőjéből lép be a CFB reaktor fenekén, majd függőlegesen áramlik felfelé a Venturi szakaszon keresztül. A Venturit úgy tervezték, hogy az edény minden részében megfelelő legyen az áramlás. A Venturin belül a gáz először felgyorsul, majd lelassul mielőtt a hengeres felső edénybe lépne. Az edény felső részének magasságát úgy tervezték meg, hogy a Ca és az SO_2 tartózkodási idejének megfelelő mennyiségű ágyanyagnak elegendő helyet biztosítson. Az összes többi bejövő anyagot, pl. a visszavezetett anyagot, a friss reagenst és a vizet is a Venturi széttartó falára, a gázba juttatják be. Az edénynek nincsen belső mechanikai vagy szerkezeti alkotóeleme.

Az eljárás üzemeltetése nem bonyolult, karbantartása egyszerű, hiszen nincs szüksége olyan komolyabb mechanikai berendezésekre, mint az őrlő malom, kopásálló iszappumpák, szivattyúk, keverők, forgó porlasztók illetve iszap víztelenítők. Ezenkívül a cirkulációs ágy megnövekedett hatékonyságú felszíne sikeresen távolítja el a gázból jóformán az összes SO_3-ot, kizárva ezzel annak a lehetőségét, hogy a lecsapódott SO_3 aeroszol párája korróziót okozzon.

(3) A FÜSTGÁZ-KÉNTELENÍTÉSI (FGD) TECHNOLÓGIÁK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A nedves mész/mészkő mosó általános jellemzői**

Technika	Általános SO_2 eltávolítási arány	Egyéb paraméterek		Megjegyzés
Nedves mész / mészkő mosó	92-98% (az abszorber típusától függően)	Paraméter	Érték	SO_2 eltávolítási aránya meglévő FGD egységnél 85%-tól kezdődik. Az összes beépített FGD teljesítmény 80%-a nedves mosó, amiből 72% mészkövet használ reagensként, 16% meszet. Egy reagenst 12%használ. A mészkő kiválasztása (magas kalcium tartalom, alacsony Al, F és Cl tartalom) fontos feladat, a jó SO_2 eltávolítási arány érdekében. A mészkő beszállításának távolsága az erőműbe és a mészkő reakció képessége szintén fontos kérdés, amit számba kell venni. Néha szerves kiegyenlítőket használnak, hogy fenntartsák a füstgázmosó folyadék/oldat pH értékét. A füstgáz újbóli felmelegítésének energia vesztesége nagy, összehasonlítva a száraz FGD rendszerekhez és a kombinált SO_2/NO_x eltávolítási rendszerekhez képest, ahol nem általános követelmény a füstgáz újbóli felmelegítése A probléma összefüggésben van a forgó gáz-gáz hőcserélő működésével, közel 150°C-on a benne rejlő belső füstgáz szivárgásával, amiből közel 1-3% nyers/tisztítatlan füstgáz megy közvetlenül SO_2 csökkentés nélkül a kéménybe Több erőmű használ nedves FGD rendszert hűtőtoronnyal vagy nedves kémény kivezetéssel. A hűtőtornyon vagy a nedves kéményen történő kivezetéssel kiküszöbölhető a tisztított füstgáz költséges újra felmelegítése, megtakarítható az újrafelmelegítésre használandó energia és lényegesen alacsonyabb emisszió koncentrációt eredményez. A hulladékvíz keletkezése hátrány a nedves mészkő mosónál. Magas vízigény. Magas az erőmű hatásfokának a vesztesége magas energiafogyasztás miatt. A gipsz eladható melléktermék.	
		Működési hőmérséklet	45-60°C		
		Szorbens	Mészkő/mész		
		Energia fogyasztás, az elektromos fogyasztásnak %-ban	1-3%		
		Nyomás esés	20-30 (10^2 Pa)		
		Ca/S moláris arány	1,02-1,1		
		Megbízhatóság	95-99% (az üzemidőnek)		
		Maradék anyag/melléktermék	gipsz		
		Tartózkodási idő	10 sec		
		Gumi béléscső élettartalma	>10 év (kemény szén)		
		SO_3 eltávolítási arány	92-98%		
		HCl eltávolítási arány	90-99%		
		HF eltávolítási arány	90-99/ az abszorberben		
		Részecske/szemcse	>50% a részecske méretétől függően		

2.3.3–2. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott nedves mész/mészkő mosó általános jellemzői

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A száraz porlasztószárító mosótorony általános jellemzői

Technika	Általános SO_2 eltávolítási arány	Egyéb teljesítményi paraméterek		Megjegyzés
		Paraméter	Érték	
száraz porlasztószárító mosótorony	85-92%	Működési hőmérséklet	120-200°C (füstgáz bemenet) 65-80°C (füstgáz kimenet)	Meg kell jegyezni, hogy az SO_3 a száraz porlasztószárítóban sokkal hatékonyabban leválasztható, mint a nedves mosóknál. Toronymalom használata megnövelheti az oltott mész reakcióképességét. A száraz porlasztószárító több SO_3–ot tud eltávolítani, mint a nedves mosó, kevesebb gond van a H_2SO_4-el az erőmű közelében, mint a nedves mosóknál. NO_x és porleválasztó energia fogyasztása általában kevesebb, mint 0,1%, a teljes energia fogyasztás a szennyezés ellenőrzésének általában 1,0% alatt van, ha az erőmű a permetező mosótornyot alkalmazza. Ez nagy előny összehasonlítva a nedves mosókkal, amik 1,0-1,5% energiát fogyasztanak. 4-5-ször magasabb a mész szorbens használata a száraz porlasztószárítóban, mint a mészkő domináns nedves mosóknál Tanulmányok szerint 35-85%-a a gáz fázisban jelenlévő higanynak a mosó ellenáramában eltávolítódik. A száraz porlasztószárító eljárás jelenleg szén tüzelésnél működik, de alkalmazható más fosszilis tüzelőanyagok, mint pl. olaj, lignit esetén is. Kéntartalom 3%, az eltávolítási hatásfok lassan csökken. A száraz porlasztószárító hatásfoka nagyon függ a porleválasztó típusától (pl: szövetszűrő vagy ESP) $CaSO_4$ a visszamaradt anyag.
		Szorbens	Mész, kalcium oxid	
		Tartózkodási idő	2-10 sec	
		Ca/S moláris arány	1,3-2,0	
		Maximális füstgáz áramlás abszorberenként	700 000 m^3/h	
		SO_3 és HCl eltávolítási arány	95%	
		A használt szorbens újra használása	0-15%	
		Szilárd anyag tartalom a befecskendezett folyadékban	10-35%	
		Megbízhatóság	95-99%	
		Maradék anyag/melléktermék	Pernye, nem reagált adalékanyag és $CaSO_3$ keveréke	
		Energia fogyasztás, az elektromos fogyasztás %-ában	0,5-1%	
		Vízfogyasztás	20-40 l/1000 m^3 füstgáz (a gáz T-től függően)	
		Hulladékvíz	Nincs	
		A száraz porlasztószárító nyomás esése	30 (10^2 Pa)	

2.3.3–3. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott száraz porlasztószárító általános jellemzői

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A különböző szorbens befúvások általános jellemzői

Technika	Általános SO_2 eltávolítási arány	Egyéb teljesítményi paraméterek		Megjegyzés
		Paraméter	Érték	
Tűztéri szorbens befúvás	30-50% 70-80% a reakciós termék újbóli használatánál	Működési hőmérséklet	950-1150°C (felső tűztér) 540°C	A hatékony SO_2 ellenőrzés elsősorban a Ca/S moláris arány, a szorbens, a nedvesség tartalom, az adalékok elérhetősége, a befecskendezési pont és a kazán terhelés függvénye. SO_2 eltávolítás hatásfokának a növelésekor, vizet permeteznek be a csőbe az ülepítő előtt, ennek hatására az SO_2 eltávolításának a hatásfoka 10%-kal javul. Probléma merülhet fel a kazán eldugulása, elsalakosodása és a láng stabilitás terén. Tűztéri szorbens injektálás megnövelheti a hamu elégetlen karbon tartalmát.
		Szorbens	Mészkő, hidratált mész, dolomit	
		Megbízhatóság	99,9%	
		Kazán hatásfok növekmény	2%	
		Energia fogyasztás, az elektromos fogyasztás %-ban	0,01-0,2%	
		Maradék anyag	Ca só keverék	
Szorbens csővezetékbe fúvása (száraz FGD)	50-80%	Működési hőmérséklet		Alacsony beruházási költség és rendkívül egyszerű megvalósítás. Könnyű a retrofit (kis helyigény és rövid összeszerelési idő) Nincs hulladékvíz. A hamu kezelése bonyolult, mert a hamu nem reagált meszet tartalmaz.
		Szorbens	Mészkő, hidratált mész, dolomit	
		Megbízhatóság	99,9%	
		Energia fogyasztás, az elektromos fogyasztás %-ban	0,2%	
		Maradék anyag	Ca só keverék	
CFB száraz mosó	90-99%	Működési hőmérséklet	70-80°C	A CFB tartályt, úgy tervezték meg, hogy a belső gáz sebesség tartománya 1,8 m/s tól 6 m/s, kazán terhelés 30-100%, a tiszta gáz áramoltatásánál Ritkán alkalmazzák. Magas a nehézfém eltávolítási hatásfok.
		Tartózkodási idő	3 sec	
		Ca/S	1,1/1,5	
		A használt szorbens újbóli használat aránya	10-100	
		Energia fogyasztás	0,-1%	
		Szorbens	$Ca(OH)_2$	
		Megbízhatóság	98-99,5%	
		Nyomás esés nélkül	7-15 hPa	
		Maradék anyag	$CaSO_3/CaSO_4$/pernye	

2.3.3–4. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott különböző szorbens befúvások általános jellemzői

2.3.4 A NITROGÉN-OXID EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Ez a fejezet a tüzelőberendezések nitrogén-oxid emissziójának csökkentésére használatos eljárások és technikák általános leírásait tartalmazza. (E fejezet elsősorban kazánok NO_x csökkentésére mutat példákat.) A speciális, gázturbinákból és dugattyús motorokból származó NO_x emissziókat a speciális tüzelőanyagokkal foglalkozó fejezetek tárgyalják (folyékony tüzelőanyag, gáznemű tüzelőanyag).

A nitrogén-oxidokat csökkentő technikák **elsődleges** és **másodlagos intézkedések**re oszthatók. Az elsődleges intézkedések a kazánban szabályozzák az NO_x képződést és/vagy csökkentést, a másodlagos intézkedések un. csővégi technikák.

Számos könyv, jelentés és egyéb dokumentum is megjelent a helyhez kötött forrásból származó légköri emisszió csökkentéséről, többek között a nagy tüzelőberendezésről is. A nitrogén-oxidokat csökkentő technikákkal részletesebben a [32, Rentz, et al., 1999] és a [33, Ciemat, 2000] szakirodalom foglalkozik. Mindkettő technikai háttéranyagként szolgált a BREF dokumentum e részéhez.

A fosszilis tüzelőanyagok égetése során keletkező nitrogén-oxid formák az NO, NO_2, N_2O. Az összes NO_x több, mint 90%-át az NO adja a legtöbb tüzelési típusnál. Mint azt az 1.7.2. fejezetben már említettük, elméletileg három különféle mechanizmus létezik az NO_x képződésére: a **termikus NO**, a **prompt NO** és a **tüzelőanyag nitrogén** összetevőjéből történő **NO képződés**. A nagy tüzelőberendezésekben számos elsődleges intézkedést használnak az NO_x képződésének minimalizálására.

A 2.3.4–1. táblázat az EURELECTRIC, a VDEW és a VGB által összegyűjtött denitrifikációs adatokat foglalja össze.

Üzemek és technikák	**A telephelyek száma és villamos teljesítményük**		**DENOX-szal szabályozott villamosenergia termelő telephelyek és teljesítményük**	
Ország	**Telephelyek száma**	**MW_e**	**Telephelyek száma**	**Villamosenergia (MW_e)**
Ausztria	18	4852	17	4178
Belgium	31	5867	-	-
Dánia	13	8447	4	1754
Németország*	960	91090	166	35249
Görögország	10	6138	-	-
Finnország	30	5054	2	600
Franciaország	17	18218	6	1850
Írország	10	2955	-	-
Olaszország	79	41873	27	15690
Luxemburg	-	-	-	-
Hollandia	15	9632	2	1270
Portugália	6	4514	-	-
Spanyolország	41	19357	-	-
Svédország	41	5303	25	2534
Nagy-Britannia	26	37718	-	-
EU-15 (1996)	1297	261018	250	63325

Megjegyzések:
* a német ipari erőműveket (>50 MW_{th}) is beleértve

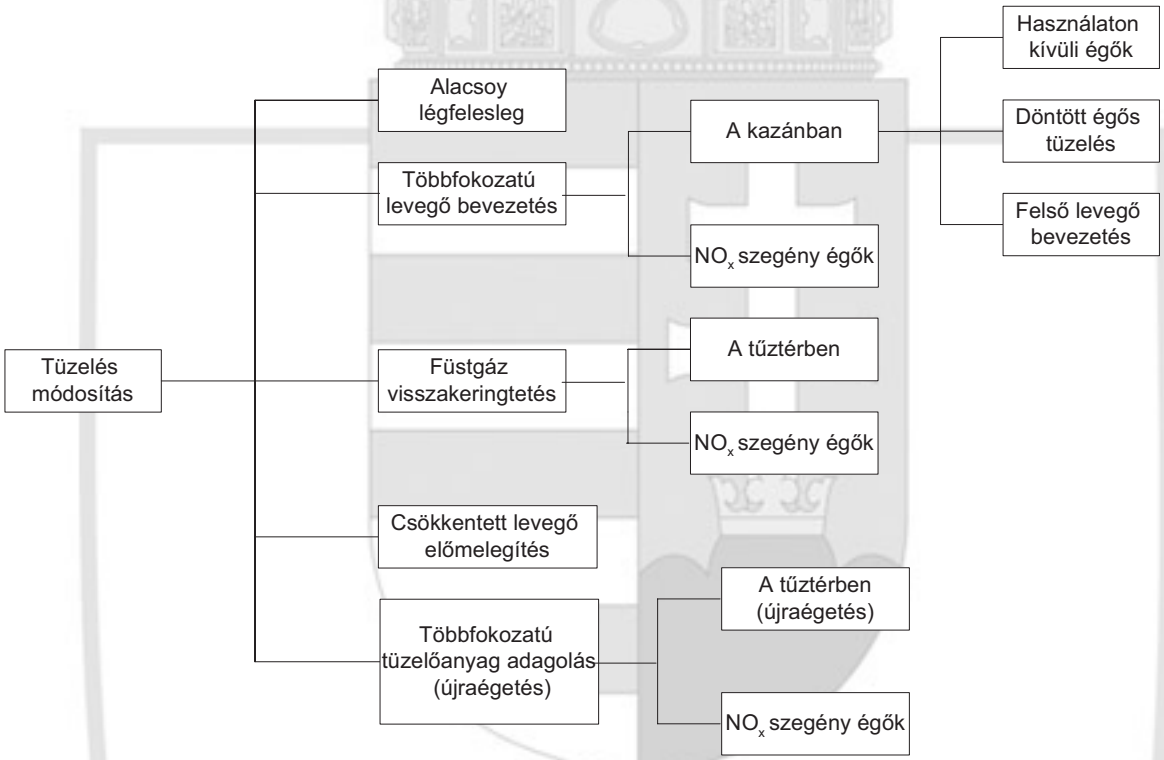
2.3.4–1. táblázat: DENOX (másodlagos intézkedések, az elsődleges intézkedések nélkül) az EU-15 országának jelentős égetőműveiben [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(1) ELSŐDLEGES ELJÁRÁSOK AZ NO_X EMISSZIÓ CSÖKKENTÉSÉRE

Számos elsődleges emisszió csökkentő intézkedés (az égési folyamat megváltoztatása) létezik a tüzelési eljárások során keletkező nitrogén-oxidok mennyiségének csökkentésére. Mindezen eljárásoknak az a célja, hogy a tüzelési paramétereket oly módon módosítsák, ami által csökken a nitrogén-oxidok képződése illetve a már létrejött nitrogén-oxidokat kibocsátás előtt még a kazánon belül átalakítsák.

A 2.3.4-1. ábra foglalja össze az elsődleges intézkedéseket.



2.3.4-1. ábra: Az NO_x kibocsátás csökkentésére alkalmazható elsődleges intézkedések [32, Rentz, et al., 1999]

Fontos, hogy az elsődleges intézkedések ne befolyásolják a kazán működését és a többi szennyezőanyag képződését. A következő kritériumokat kell számításba venni NO_X szegény üzemelésnél:

- üzembiztonság (pl. stabil égés a teljes terhelési tartományban)
- az üzemelés megbízhatósága (pl. a korrózió, az erózió, az elszennyeződés, a salakképződés és a csövek túlmelegedésének elkerülésére)
- különböző a tüzelőanyagok elégethetősége
- tökéletes égés (a hamu széntartalmának csökkentése, mivel csak az 5 %-nál kevesebb elégetlen széntartalmú szállópernyét lehet eladni a cementiparnak újrahasznosításra. A tökéletes égéssel elkerülhető a magas CO emisszió is.)
- lehetőleg alacsonyabb szennyezőanyag kibocsátás, az egyéb szennyezőanyagok képződésének elkerülése (pl. szilárd szerves anyagok (particulate organic matter (POM)) vagy N_2O)
- a füstgáz tisztító berendezésre tett károsító hatás minimalizálása
- alacsony fenntartási költségek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Kis légfelesleg**

A nitrogén-oxidok emissziójának csökkentésére irányuló elsődleges intézkedések közül a kis légfelesleg viszonylag egyszerűen megvalósítható. Az égéskamrában a tökéletes égéshez szükséges minimális szintre csökkentve az oxigén mennyiségét, lecsökkenthető a tüzelőanyaghoz kötött nitrogén átalakulása és a termikus NO_x képződése. Elsősorban régi erőműveknél számottevő emisszió csökkenés érhető el ezzel a lépéssel, ezért több, már létező erőmű alkalmazza. Általában véve az új erőművek olyan mérő- és szabályozó berendezéseket alkalmaznak, melyek lehetővé teszik az égetési levegő betáplálásának optimális beállítását.

A kis légfelesleggel történő tüzeléshez nincs szükség pótenergiára, és megfelelő működés esetén nem csökkenti le az erőmű üzemkészségét. Az oxigén szint lecsökkentése miatt tökéletlenné válhat az égés és megnőhet a hamu elégetlen széntartalma. Ezen kívül csökkenhet a gőz hőmérséklete is. Mivel az elsődleges zóna oxigénjének mennyisége rendkívül alacsony szintre csökken, magasra emelkedhet a CO szint. Ezek a változások a kazán hatásfok csökkenését eredményezhetik, valamint salakosodást és korróziót okozhatnak és összességében rossz hatással vannak a kazán teljesítményére. Ez a technika nemcsak az NO_x-et csökkenti, hanem azt a SO_3-at is, mely a levegő előmelegítő és a porleválasztó elszennyeződését okozhatja. Ezen technika szigorú szabályozás nélküli használata esetén biztonsági problémák is felléphetnek: tűz keletkezhet a levegő előmelegítőben és a hamutartályban, valamint nőhet a hőátadási veszteség és a membránfal elszennyeződése.

❖ **Több fokozatú levegő bevezetés**

A levegő szakaszolt adagolásával történő NO_x csökkentés azon alapszik, hogy két elkülönült égési zóna keletkezik. Az elsődleges égési zónában oxigénhiány van, míg a másodlagos égési zónában légfelesleg biztosítja a tökéletes kiégést. Az elsődleges égési zónában a levegőadagolás szabályozza a hozzáférhető oxigén mennyiségét (az elsődleges levegő 70-90%-a), a sztöchiometrikus feltételek gátolják a tüzelőanyaghoz kötött nitrogén NO_x-é alakulását, emellett a termikus NO_x képződése is lecsökken valamelyest, mert alacsonyabb a láng csúcshőmérséklete. A másodlagos égési zónában az égési levegő 10-30%-át adagolják be. Az égés megemelt láng mennyiség mellett fejeződik be. A viszonylag alacsony hőmérsékletű másodlagos zóna korlátozza a termikus NO_x képződését.

A levegő fokozatos adagolására a következő lehetőségek vannak a kazánokban:

Döntött égős tüzelés (BBF)

A döntött égős tüzelést gyakran használják retrofit eljárások során már létező berendezéseknél (csak függőleges kazánoknál), mivel nem kívánja meg a tüzelőberendezés nagyobb átalakítását. Az alacsonyabb elhelyezkedő égők tüzelőanyagban gazdagon működnek, míg a felső égőknek légfeleslegre van szükségük.

Használaton kívüli égők (BOOS)

Mivel néhány égő használaton kívülivé tétele szintén nem kívánja meg a tüzelőberendezés nagyobb átalakítását, ezt az eljárást gyakran alkalmazzák retrofit eljárások során már meglévő függőleges kazánoknál. Itt az alacsonyabban lévő égők működnek tüzelőanyagban gazdagon, míg a felső égőket nem használják, csak levegőt injektálnak be. Ezen intézkedés hatása hasonló a felső levegő bevezetéshez, de az NO_x csökkentése ezen eljárással nem annyira hatékony. Probléma keletkezhet a tüzelőanyag bevitel fenntartásával, mert ugyanolyan mennyiségű hőenergia kell a kazánba, de kevesebb égő üzemelésével. Ennek köszönhető, hogy ez az eljárás általában gáz- és olajtüzelésű tüzelési folyamatokra korlátozódik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Felső levegő bevezetés (OFA)

A felső levegő bevezetésű üzemhez a légnyílások (légkamrák) a már meglévő égőfejeken kívül kerülnek telepítésre. Az égési levegő egy részét ezeken a felső égősor felett elhelyezkedő nyílásokon keresztül adagolják be. Így az égők kis légfelesleggel tudnak üzemelni, ami megakadályozza az NO_x képződést, de a felső levegő bevezetés biztosítja a teljes kiégést. A teljes égési levegőnek jellemzően a 15-30%-a eltérítésre kerül a felső levegő bevezető nyílásokhoz. A felső levegő bevezetésű eljárásnak egy meglévő kazánba illesztése magában foglalja a membránfal átalakítását is, hogy létre lehessen hozni a másodlagos levegő befecskendező nyílásokat, a kiegészítő csővezetékeket, az égésszabályzókat (légzárókat) és a légkamrát.

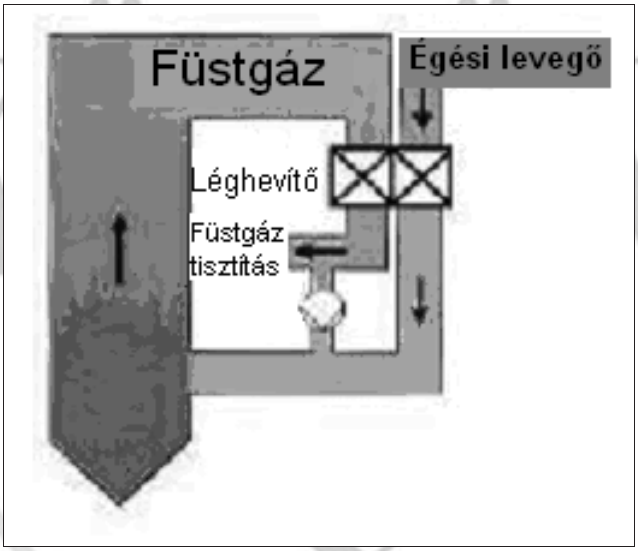
A kazán levegőadagolása nem növeli a tüzelőberendezés energiafogyasztását és nem csökkenti az erőmű működési alkalmasságát sem, ha megfelelően használják.

A levegőadagolásnak, mint NO_x csökkentő technikának két fő hátránya van. Az első az általában szignifikáns mennyiségű CO keletkezése, ha a levegő befúvó nyílások nem jól vannak elhelyezve. A másik retrofit esetén tapasztalható, az elégetlen szén mennyiségének növekedése, hiszen csökken a térfogat az égetési zóna vége és az első hőcserélő között.

Ez egy nagyon olcsó módja a nitrogén-oxid csökkentésének. Nagyon gyakran használják együtt egyéb elsődleges intézkedésekkel, mint pl. az NO_x szegény égők, így elég nehéz megbecsülni csak a levegőadagolás költséghatásait. Durva becslés szerint az OFA kb. 1 millió EUR egy 250 MW_{th} teljesítményű kazánnál, a NO_X csökkentése tonnánként tipikusan 300-1000 EUR-ba kerül. [32, Rentz, et al., 1999].

❖ **Füstgáz visszakeringtetés**

A füstgáz recirkulációja csökkenti a hasznosítható oxigént az égéstérben és mivel ez közvetlenül hűti a lángot, csökkenti a lánghőmérsékletet, ezért mind a tüzelőanyaghoz kötött nitrogén, mind a termikus NO_x képződés lecsökken. Az égési levegőbe történő füstgáz visszavezetés sikeres módszernek bizonyul az olyan magas hőmérsékletű égési rendszerek NO_x mérséklésére is, mint pl. a nedves aljú kazánok és az olaj- vagy gáztüzelésű berendezések. A 2.3.4-2. ábra sematikusan vázolja ezt a technikát.



2.3.4-2. ábra: Füstgáz recirkuláció [34, Verbund, 1996]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Amint az a fenti ábrán is látható, a füstgáz egy részét (20-30%, 350-400 ºC körüli hőmérsékleten) a fő füstgázáramból eltérítik a levegő előmelegítő áramlási irányába és a szilárd anyagok eltávolítása után visszavezetik a kazánba. A recirkuláltatott füstgázt vagy az elsődleges vagy a másodlagos égési levegőhöz keverik. A recirkuláltatott füstgázzal történő működéshez speciálisan kialakított égők kellenek. Nagy mennyiségű recirkuláltatott füstgáz esetén korlátozni kell a felhasználást, mert problémákat okozhat, pl. kéntartalmú tüzelőanyag égetésekor korróziós problémák léphetnek fel, a hatásfok romolhat a kéményben megnövekedett hőmérséklet miatt, nőhet a ventilátorok energiaigénye. Ezért az üzemeltetők arra törekszenek, hogy limitálják a recirkuláltatott füstgáz mennyiségét (körülbelül 30%) és kompenzálják a magasabb NO_x emissziót fejlett NO_x szegény égőfejekkel.

- **Csökkentett levegő előmelegítés**

Az égési levegő előmelegítésének hőmérséklete szignifikáns hatást gyakorol az NO_x képződésére, elsősorban gáz- és olajtüzelésű rendszerekben. Ezen tüzelőanyagokban az NO_x legnagyobb része az égési hőmérséklettől függő termikus NO mechanizmussal jön létre. A levegő előmelegítő hőmérsékletének csökkentése alacsonyabb lánghőmérsékletet eredményez (csúcshőmérséklet) az égési zónában. Ennek megfelelően nagyobb mennyiségű termikus NO_x keletkezik. Ennek a technológiának két fő hátránya van.

Először is néhány kazánban, pl. szén tüzelésénél magas égési hőmérsékletre van szükség, aminek eredményeképpen a magas levegő előmelegítési hőmérséklet nélkülözhetetlen a tüzelőberendezés megfelelő működéséhez. Másodsorban, az előmelegített levegő hőmérsékletének csökkentése magasabb tüzelőanyag fogyasztást eredményez, mivel a füstgázban levő hőenergia nagy része felhasználatlanul a kéményen keresztül elhagyja az üzemet. Ez ellensúlyozható bizonyos energiamegtartó módszerek használatával, pl. az előmelegítő méretének növelésével.

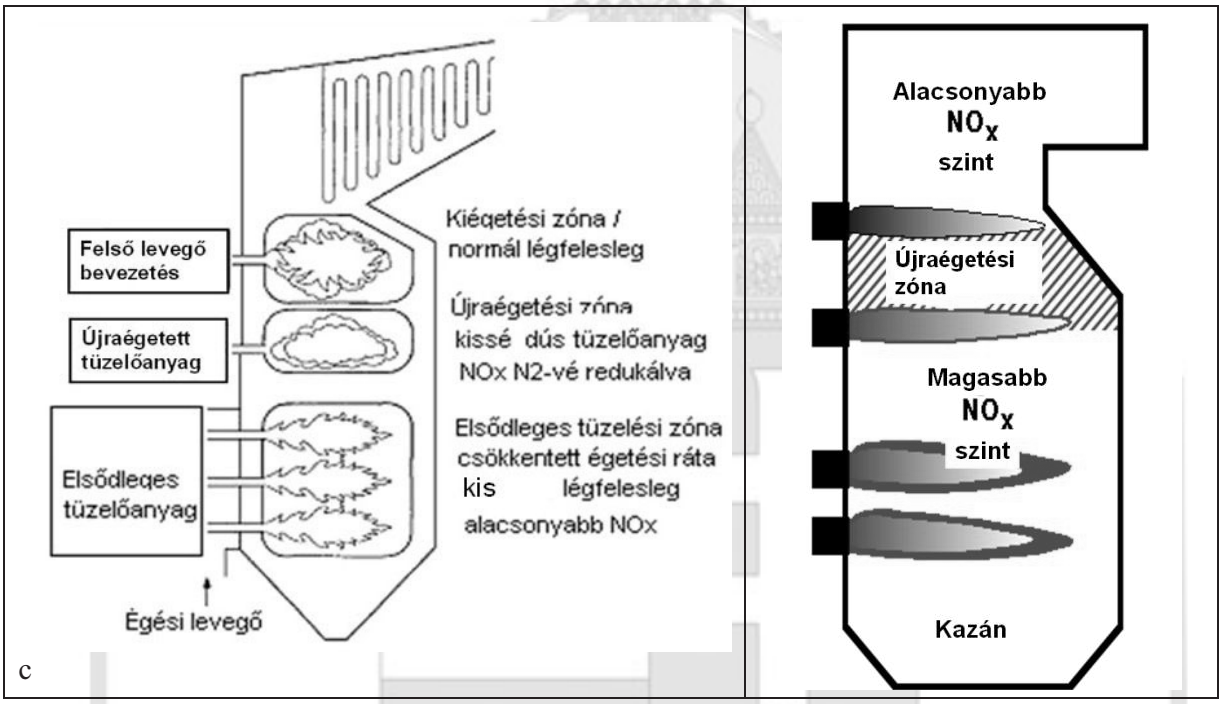
- **Több fokozatú tüzelőanyag adagolás (újraégetés)**

A tüzelőanyag adagolás, vagy más néven az újraégetés, a kazánban létrejött különböző zónák jelenlétén alapul, mely az adagokban beinjektált tüzelőanyagnak és levegőnek köszönhető. Az eljárás célja a már létrejött nitrogén-oxidok (NO_x) elemi nitrogénné (N_2) történő visszaalakítása. Az újraégetés során az égés három zónában megy végbe:

- az **első égési zóná**ban (ahol elsődleges intézkedések is szerepet játszhatnak) a tüzelőanyag 80-85%-a ég el oxidáló vagy gyengén redukáló környezetben. Az első égési zóna azért elengedhetetlen, mert segítségével az oxigénfelesleg nem kerül át abba az újraégető zónába, amely másképpen elősegíthetné az NO_x formák lehetséges kialakulását.
- a **második égési zóná**ban (gyakran újraégető zónának hívják) a másodlagos vagy újraégésre szánt tüzelőanyagot injektálják be. Szénhidrogén gyökök keletkeznek, melyek az elsődleges zónában már kialakult nitrogén-oxidokkal reakcióba lépnek, de egyéb, nemkívánatos nitrogén-vegyületek is keletkeznek, mint pl. ammónia.
- a **harmadik égési zónában** fejeződik be az égés a kiégetési zónába adagolt pótlólagos levegő segítségével.

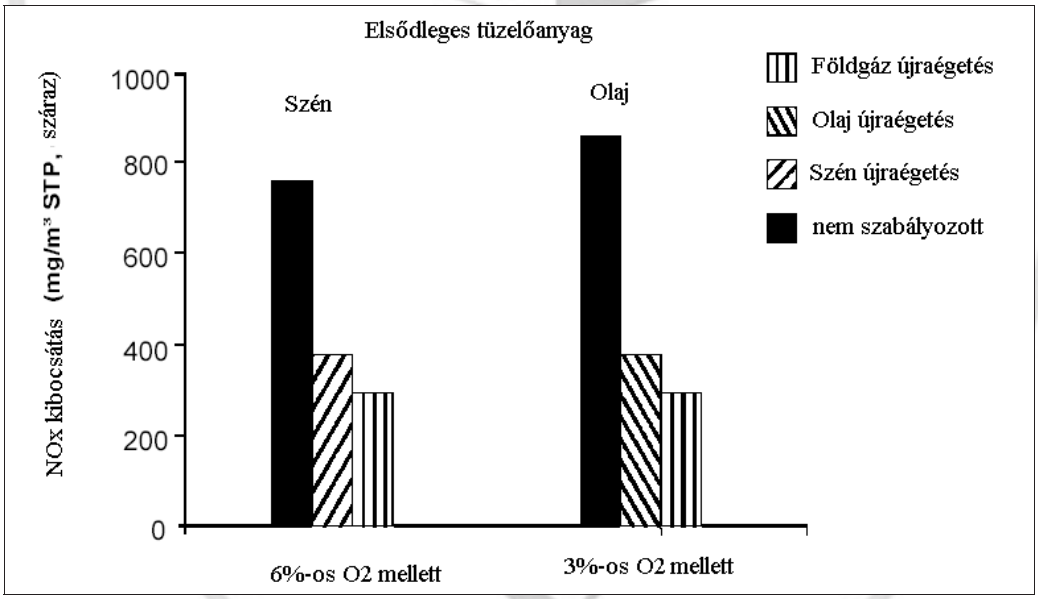
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ahogy azt a 2.3.4-3. ábra is mutatja, a tüzelés három zónára van osztva.



2.3.4-3. ábra: Az újraégetési folyamathoz szükséges paraméterek és a három égetési zóna [32, Rentz, et al., 1999], [33, Ciemat, 2000]

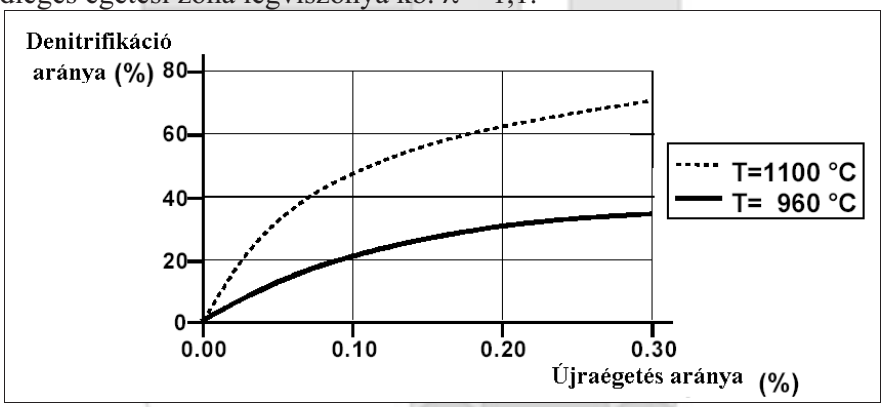
Bármely tüzelőanyag lehet újraégetett tüzelőanyag (szénpor, fűtőolaj, földgáz, stb.), de tulajdonságainak köszönhetően általában földgázt alkalmaznak. A 2.3.4-4. ábra mutatja meg a földgáz előnyeit a szénnel és az olajjal szemben. Szén vagy olaj használatakor az újraégetett tüzelőolajban bizonyos mennyiségű nitrogén van jelen, mely elkerülhetetlenül NO_x-et termel a kiégési zónában. A földgáznak nincs efféle hátránya.



2.3.4-4. ábra: A szén, az olaj és a földgáz, mint újraégésre szánt tüzelőanyag összehasonlítása [32, Rentz, et al., 1999]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az újraégetés hatásfoka több paraméter függvénye:

- hőmérséklet: alacsony NO_x értékek eléréséhez az újraégető zóna hőmérsékletének olyan magasnak kell lennie, amennyire csak lehetséges (1200 °C). A 2.3.4-5. ábra különböző hőmérsékleteken adja meg a denitrifikációs hányadost a különböző hőmérsékleten történő újraégetési arány függvényében
- tartózkodási idő: az újraégetési zónában eltöltött idő növekedése kedvez az NO_x csökkenésnek. A megfelelően hosszú idő 0,4-1,5 s között van.
- Levegőztetési arány az újraégetési zónában: a légviszonynak $\lambda = 0{,}7\text{-}0{,}9$ közötti tartományban kell lennie
- tüzelőanyag típusa
- az elsődleges zónában létrejött, pótlólagos tüzelőanyagból és füstgázból álló keverék minősége
- az elsődleges égetési zóna légviszonya kb. $\lambda = 1{,}1$.
- 

2.3.4-5. ábra: A denitrifikációs arány az újraégetési hányados függvényében [32, Rentz, et al., 1999]

Az újraégetést elvben mindenféle típusú fosszilis tüzelőanyagot tüzelő kazánhoz lehet alkalmazni. Kombinálható az NO_x szegény égőkkel is (elsődleges tüzelőanyagoknál). Ez a csökkentési technika nagyon előnyös új kazánoknál, azonban a nagy mennyiségű elégetlen szén elkerülésére nagy kamratérfogatot igényel. Emiatt kevésbé alkalmazható retrofit esetén, hiszen a helyigénye nagyobb lehet, mint a rendelkezésre álló terület.

Mint azt már korábban említettük, a legfőbb problémák okozója a tökéletlen égés. Ez az eljárás azoknál a kazánoknál alkalmazható, melyekben elég hosszú a tartózkodási idő és ahol a megfelelő tüzelőanyag újraégetése elfogadható áron megvalósítható. A földgáz bizonyul a legalkalmasabb újraégethető tüzelőanyagnak, főleg azért, mert könnyen éghető valamint nincs részecske- és kéntartalma sem.

Az újraégetés költsége függ a kazán szerkezetétől és a használt tüzelőanyagtól. A pótlólagos tüzelőanyag, pl. a földgáz használata is jelent költséget, de az eljárás során hőt szabadít fel, ezért hasznosítható tüzelőanyagnak tekinthető. Következésképpen a költségszámításoknál a teljes erőműre vonatkozó gazdaságosságot figyelembe kell venni, az olyan lehetséges változásokkal együtt, mint amilyen pl. a kazánhatásfok.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy az újraégetés nem annyira költség-hatékony, mint az OFA NO_x szegény égőkkel, ennek ellenére megfelelő eljárás az NO_x emisszió csökkentésére. Becslések szerint az újraégetés költsége egy 250 MW_{th} teljesítményű kazánnál kb. 2,5 millió EUR. Egyes kalkulációk szerint az újraégetési eljárásnak kétszer olyan magas az üzemeltetési költsége, mint amilyen az NO_x szegény égőfejek OFA-val.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ NO_x szegény égők

Az NO_x szegény égők a fejlesztés végső szakaszába értek, de még további fejlesztések szükségesek a már meglévő NO_x szegény égőrendszerrel kapcsolatban. Mivel az NO_x szegény égők kialakítása a gyártótól függ, itt csak általános elveket ismertetünk.

A hagyományos tüzelőberendezésekben a tüzelőanyag és a levegő/oxigén keverékét ugyanazon a helyen injektálják be. A létrejövő láng forró oxidáló, elsődleges zónát hoz létre a láng tövénél és hűvösebb másodlagos zónát biztosít a lángvégnél. Az elsődleges zónában jön létre az NO nagy része, melynek mennyisége ráadásul exponenciálisan nő a hőmérséklettel, míg a másodlagos zóna részesedése csupán mérsékelt.

Az NO_x szegény égők (LNB) módosítják a levegő és a tüzelőanyag bejuttatásának eszközeit a keveredés késleltetésével, csökkentik az oxigén hozzáférhetőségét és csökkentik a lángcsúcs hőmérsékletét. Az LNB-k gátolják a tüzelőanyaghoz kötött nitrogén termikus NO_x-dá történő átalakulását, mialatt magas égési hatásfokot biztosítanak. A levegő vezetékeiben nő a nyomásesés, ami növeli a működés költségeit. Korróziós probléma is felléphet, ha az eljárás nem megfelelően szabályozott.

Az NO_x szegény égési technika megkívánja legalább az égők cseréjét és a felső levegő bevezetés (OFA) üzembe helyezését. Ha a meglévő égők hagyományosak, az égők cseréje majdnem mindig költség-hatékony. Ha az égők késleltetett égésű NO_x szegény égők (régi típus), a retrofit során az égők gyors injektálású NO_x szegény égőkre történő cseréjének hasznát minden egyes esetben külön-külön meg kell fontolni.

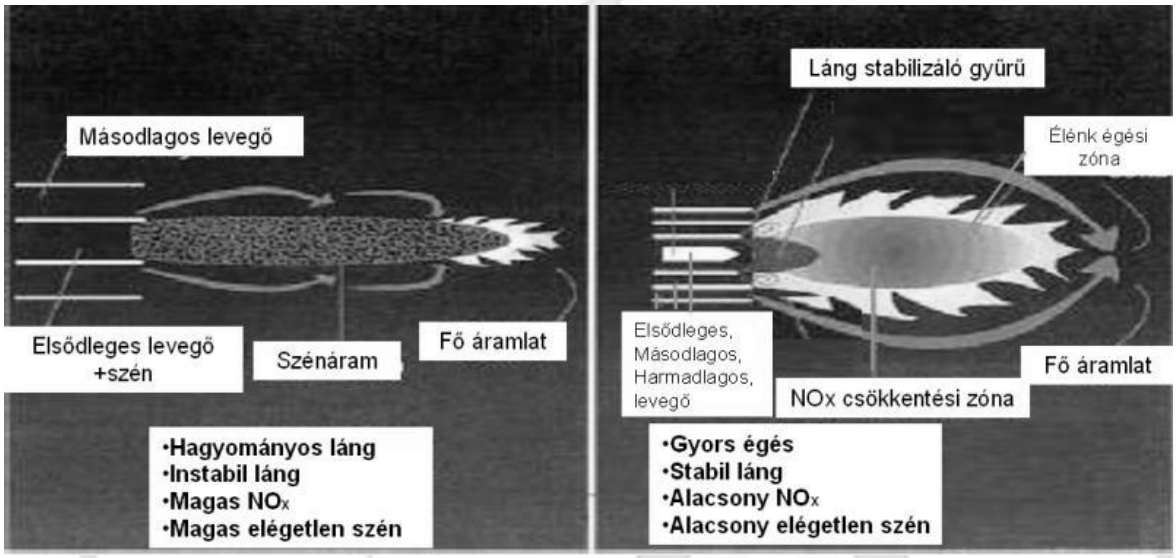
Egy 250 MW_{th} teljesítményű szilárd tüzelőanyag kazán költsége 1,7 millió EUR NO_x szegény égőkkel és OFA-val. Széntüzelésű kazánnak az NO_x redukálási ára 500 EURO körül van, eltávolított NO_x tonnánként.

A NO_x képződés csökkentésére irányuló elveknek megfelelően többféle alacsony NO_x égőt fejlesztettek ki: levegőadagolású-, füstgáz recirkulációs- és tüzelőanyag adagolású égőket.

a) Több fokozatú levegő bevezetésű NO_x szegény égők

A levegőadagolási folyamatban az elsődleges levegő keveredik a tüzelőanyag teljes mennyiségével, tüzelőanyagban gazdag lángot hoz létre, amely mivel viszonylag hűvös és oxigénben szegény, gátolja a nitrogén-oxidok képződését. A tüzelőanyag-levegő keverék és a "másodlagos levegő", ahogy azt a 2.3.4-6. ábra is illusztrálja, sztöchiometrikusnál alacsonyabb égési zónát hoz létre (elsődleges láng). Egy belső recirkulációs zóna jön létre, mely az örvénylő "másodlagos levegőnek" és az égő kúpos nyílásának köszönhető, mely gyorsan felhevíti a tüzelőanyagot. A "másodlagos láng" örvénylése elengedhetetlen a láng stabilitásához. Az illékony komponensek a nitrogén vegyületek nagy részével együtt szabadulnak fel az elsődleges lángban. Az oxigén atmoszféra és a CO magas koncentrációja miatt limitált a nitrogén vegyületek nitrogén-oxiddá oxidálása. A "másodlagos levegővel" együtt egy kiégési zóna is létrejön, melyben az addig elégetlen tüzelőanyag lassú égése valósul meg viszonylag alacsony hőmérsékleten. Ezen a szinten az alacsony O_2 koncentráció gondoskodik az NOx szabályozásáról.

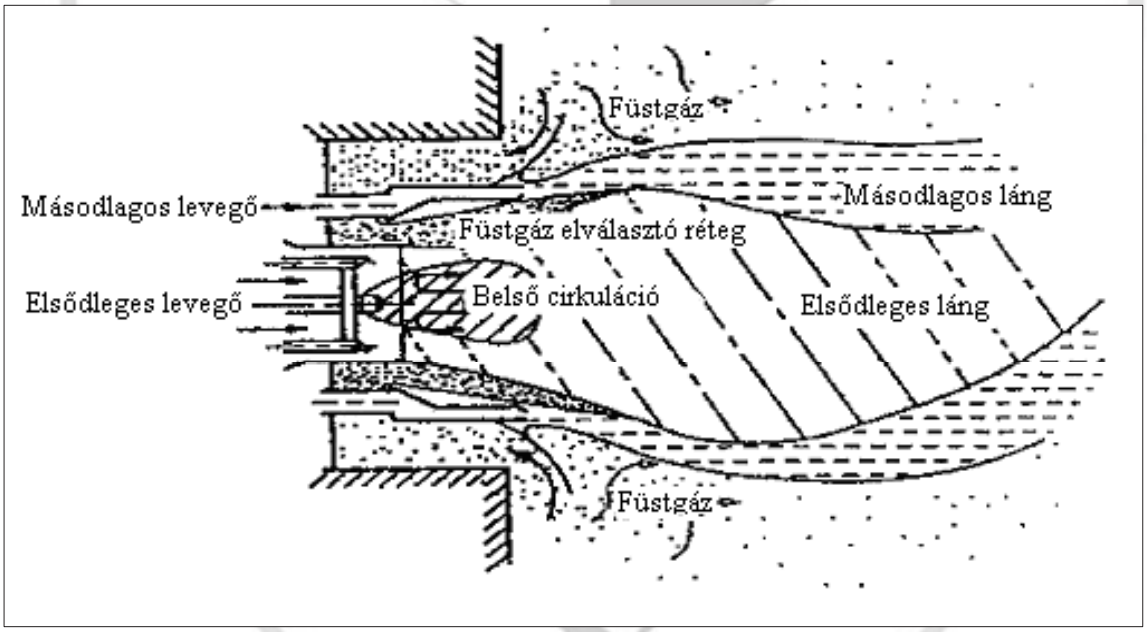
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3.4-6. ábra: Hagyományos és korszerű levegőadagolású NO_x szegény égők összehasonlítása [136, Fortum, 2002]

b) Füstgáz recirkulációs NOx szegény égők

A 0,3 és 0,6 tf%-os nitrogén tartalmú szilárd és folyékony tüzelőanyagokban jóval több a tüzelőanyagban lévő NO, mint a termikus NO (a tüzelőanyag NO általában 75%). Ezért amellett, hogy a lánghőmérséklet csökkenése hatással van a termikus NO-ra is, az O_2 tartalmat is csökkenteni kell anélkül, hogy még több elégetlen szén keletkezzen. A megoldást egy olyan technika kínálta, amely összevonja az elkülönített lángokat a füstgáz belső recirkulációjával. A füstgáz egy részének égési zónába történő beinjektálása illetve az égetési levegő betáplálása csökkenti a lánghőmérsékletet és az oxigén koncentrációt is, lehetővé téve az NO_x képződésének csökkenését.



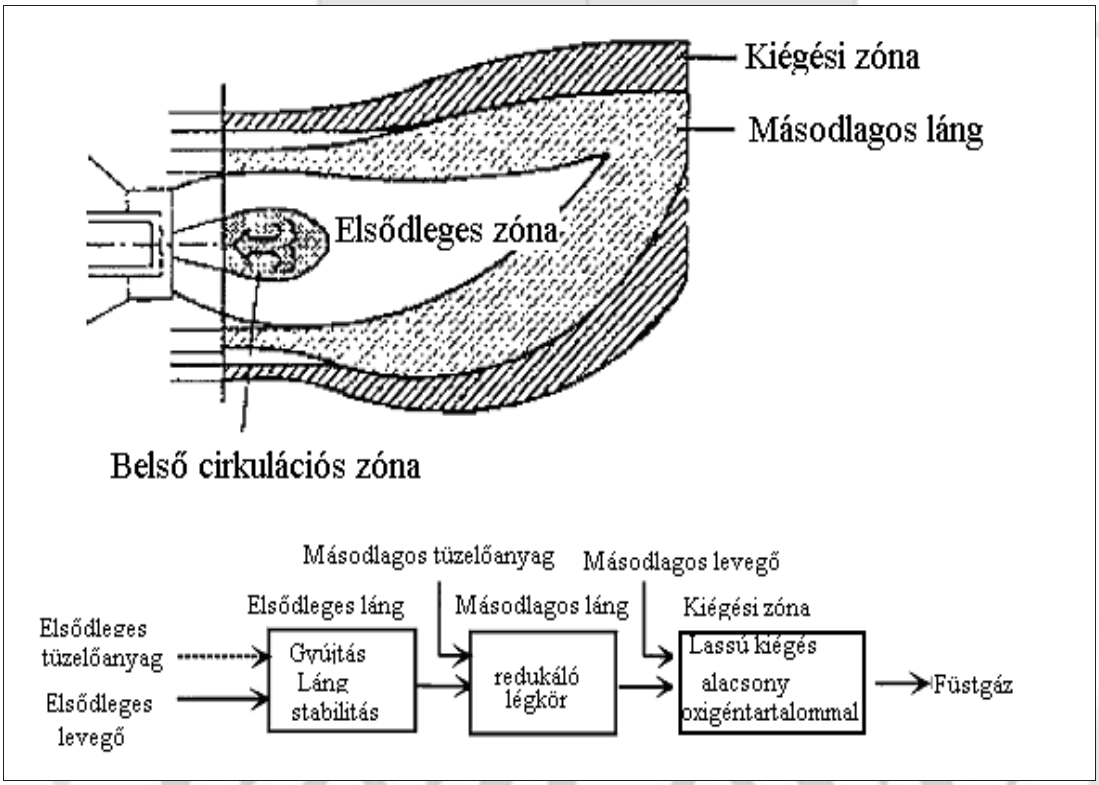
2.3.4-7. ábra: Gáz/olaj füstgáz recirkulációs NOx szegény égő [32, Rentz, et al., 1999]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Alapfunkciója megegyezik a levegőadagolású NO_x égőével, de az elsődleges és másodlagos fúvókák közötti távolság nagyobb, ezért egy füstgáz réteg keletkezik. Ezekben az égőkben a forró füstgáz 15-25%-át belsőleg recirkuláltatják a kiégést biztosító levegőbe az égési levegővel együtt. A füstgáz hígítóként szerepel, csökkenti a lánghőmérsékletet és részben az oxigén nyomását is, redukálva ezzel a NO_x képződését. A belső recirkuláció általában folyékony tüzelőanyagokban és az utolsó generációs kombinált gáz- és olaj LNB-kben működik.

c) Több fokozatú tüzelőanyag bevezetésű NOx szegény égő

Több fokozatú tüzelőanyag bevezetésű NO_x szegény égő célja a már kialakult NO_x formák redukálása a tüzelőanyag egy részének a második zónába történő adagolásával. A tüzelőanyag adagolású LNB legjobban a gázzal működő berendezésekben használható.



2.3.4-8. ábra: Tüzelőanyag adagolás az égőnél [32, Rentz, et al., 1999]

A folyamat kezdetén a tüzelőanyag egy része magas légfelesleg mellett elég, viszonylag alacsony lánghőmérsékletet hoz létre, mely megnehezíti a nitrogén-oxidok képződését. A belső recirkulációs zóna és a közel sztöchiometrikus égés biztosítja a láng stabilitását. Amikor az égés az elsődleges zónában a vége felé közeledik, pótlólagos tüzelőanyagot injektálnak be az elsődleges láng áramlási irányába (az optimális arány 20-30%), létrehozva ezzel a másodlagos lángot, ami erősen sztöchiometrikus alatti. Olyan atmoszféra keletkezik, melyben a már keletkezett NO_x formák redukálódni tudnak N_2–vé NH_3, HCN és CO gyökök segítségével. A kiégési zóna a harmadik szakaszban alakul ki. Az ilyen égőfajta lángja kb. 50%-kal hosszabb, mint a standard gázégőé.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

d) NOx szegény égők új generációja

A legkorszerűbb LNB, a "hibrid NO_x szegény égő" új technikákkal kombinálja a levegőadagolást, a tüzelőanyag adagolást és a füstgáz recirkulációt annak érdekében, hogy lehetővé váljon az extrém alacsony NO_x kibocsátás.

Az első generációs NO_x szegény égők hátránya, hogy a láng szeparációhoz helyre van szüksége: az NO_x szegény lángok átmérője kb. 30-50%-kal nagyobb, mint a hagyományos lángoké. Eme korlátozás és a NO_x emisszió csökkentésére új égőt fejlesztettek ki, mely kombinálja az elkülönített lángokat és a levegőadagolást. Ez a levegő beadagolás 30-40% égési levegő beinjektálásával valósítható meg, fúvókákon keresztül, közvetlenül minden egyes elemi lángba. A berendezés örvénylésére azért kell tekintettel lenni, mert így elkerülhető annak az égési levegőnek az "elvesztése", mely korábban a lángcsóvák között haladt, de most oda kerül, ahol szükség van rá. Ez tökéletesebb NO_x csökkentést eredményez és nem növeli meg az elégetlen szén mennyiségét. Emellett a másodlagos levegőfúvókák nagyobb impulzussal rendelkeznek, mely minden egyes lángot az égő tengelyéhez köt, lecsökkentve ezzel a láng átmérőjét olyannyira, hogy az azonos lesz a hagyományos és a kompakt láng átmérőjével. Ezért ez a fajta NO_x szegény égő már létező berendezések átalakításakor is alkalmazható.

Az NO_x szegény égők a csúcstechnológiát jelentik számtalan szektorban, mindazonáltal kevés információval rendelkezünk kivitelezésükkel és működésükkel kapcsolatban, így csak általános információkkal szolgálhatunk.

Új berendezéseknél az NO_x szegény égő járulékos beruházása, összevetve a hagyományos égővel, elhanyagolható. Retrofit esetén a berendezés végleges módosításait is figyelembe kell venni, de mivel ezek rendszerint üzem-specifikusak, mennyiségileg nem meghatározhatóak.

Az NO_x szegény égők üzemeltetése nagy összegű kiegészítő működési költséget kíván meg, ami a pótlólagos energiafogyasztásnak köszönhető. Ez elkerülhetetlen a következők miatt:

- nagyobb levegőventilátorokra van szükség, mivel nagyobb nyomásesések mennek végbe az égőkön keresztül
- gondoskodni kell a szén porrá őrlésének javításáról, hogy az égőben levő lecsökkent levegő mennyiség mellett is hatékony égés valósulhasson meg

Napjainkban a száraz, NO_x szegény égőterek jelentik a csúcstechnológiát a földgáztüzelésű nagy gázturbinás berendezéseknél. [32, Rentz, et al., 1999]. Részletes leírás a 3.3. fejezetben található róluk.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ NO_x csökkentését elősegítő elsődleges intézkedések összefoglalása

Elsődleges eljárás		Általános NOx csökkentési arány*	Általános alkalmazhatóság	Alkalmazhatósági határok	Megjegyzések
Kis légfelesleg		10-44 %	Minden tüzelőanyag	Tökéletlen égés	Szükségessé válhat a kazánt, a malom és a levegő előmelegítő szigetelése a kis légfelesleggel való tüzelés érdekében
Több fokozatú levegő beadagolás	**Üzemen kívüli égők (BOOS)**	10-70%	Általában gáz és olajtüzelésű erőművekre korlátozva, kizárólag retrofit esetén	Tökéletlen égés (és így magas CO és elégetlen szén tartalom) jellemző a BOOS-ra, BBS-re és OFA-ra	Problémát jelenthet a tüzelőanyag beadagolás fenntartása, mert hasonló mennyiségű termikus energiát kell előállítani kevesebb üzemelő égővel
	Többszintű tüzelés (BBS)		Csak retrofitnál, minden tüzelőanyag		
	Felső levegő bevezetés (OFA)		Minden tüzelőanyag		Egy meglévő kazánnál a felső levegő bevezetésű rendszer felújítása magával vonja a membráncső falazat módosítását is másodlagos levegő befúvó nyílásai kialakíthatóak legyenek. Az NOx csökkentés 10-40%-a lehetséges fal-tüzelésű (wall-fired) kazánoknál OFA-t használva
Füstgáz recirkuláció		20-50% 20%-nál kisebb széntüzelésű kazánoknál és 30-50% túlhevített levegős eljárással kombinált gáztüzelésű erőműveknél	Minden tüzelőanyag	Láng labilitás	Meglévő kazán felújításakor alkalmazva a füstgáz recirkulációt, a kazánoknál és az égőknél is hatásfokvesztés következhet be, kivéve, ha nagyon kis mennyiségű füstgázt recirkuláltatnak Szakaszolt levegő beadagolással együtt retrofitként alkalmazható A recirkuláltatott füstgáz többlet energiafogyasztást eredményez a recirkulációs ventilátor használata miatt
Redukált levegő előmelegítő		20-30%	Nem megfelelő szén tüzelésű nedves salaktölcséres kazánoknál		Az emisszió csökkentés mértékének a megvalósíthatósága elsősorban a kezdeti előmelegített levegő hőmérsékletétől és attól a hőmérséklettől függ, ami ennek az eljárásnak a beépítése után megvalósul.
Tüzelőanyag beadagolás (újraégetés)		50-60 % (az NO_x formák 70-80%-a csökkenhet az elsődleges égéstérben)	Minden tüzelőanyag		Az újraégetés előnyei: kompatibilitás más elsődleges NO_x csökkentő eljárásokkal, egyszerű technológiai illeszthetőség, alap tüzelőanyagok használata redukáló közegként és nagyon kis mennyiségű többletenergia igény. Az elsődleges égéstérben is keletkeznek nitrogén-oxidok Újraégetési tüzelőanyagként földgázt használva a szilárd anyag, az SO_2 és a CO_2 is egyenes arányban csökken visszajuttatott szén mennyiségével
NO_x szegény égők (LNB)	**Több fokozatú levegő beadagolás LNB**	25-35%	Minden tüzelőanyag	Láng labilitás Tökéletlen kiégés	Az NO_x szegény égők egyéb, elsődleges eljárásokkal kombinálva is használhatók, pl. a túlfűtött levegős eljárással és a füstgáz recirkulációs újraégetéssel NO_x szegény égőket felső levegő bevezetéssel együtt alkalmazva 35-70%-os redukciós arány is elérhető. Az első generációs NO_x szegény égők hátránya a láng szétválasztás helyszükséglete: az NO_x szegény láng átmérője körülbelül 30-50%-al nagyobb, mint a hagyományos lángoké
	Füstgáz recirkuláció LNB	20% felett	Minden tüzelőanyag	Láng labilitás	
	Szakaszolt tüzelőanyag beadagolás LNB	50-60%	Minden tüzelőanyag	Láng labilitás Tökéletlen kiégés	

*Megjegyzés:
- Ha a nitrogén-oxid emisszió csökkentésére szolgáló különböző elsődleges eljárások kombinálása nincs hatással a csökkentési arányra A kombinált eljárás csökkentési aránya hely-specifikus jellemzőktől függ, melyeket csak erőműről erőműre lehet és kell érvényesíteni.
- Nem mindegyik elsődleges eljárás alkalmazható minden meglévő kazánra, az alkalmazhatóság a tüzelési konfigurációtól és a tüzelőanyagtól függ
- Az új erőművek mindig alkalmazzák az elsődleges eljárásokat

2.3.4–2. táblázat: Az NOx emisszió elsődleges eljárással való csökkentésének általános bemutatása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) AZ NO_X EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSE ÉRDEKÉBEN TETT MÁSODLAGOS INTÉZKEDÉSEK

A másodlagos intézkedések „csővégi" technikák, a már keletkezett nitrogén-oxidok (NO_x) lecsökkentésére szolgálnak. Akár önállóan is alkalmazhatók, de elsődleges intézkedésekkel (pl. NO_x szegény égővel) is kombinálhatók. A legtöbb NO_x emissziót csökkentő füstgáz technológia ammónia, karbamid vagy más vegyület befecskendezésére alapszik, amely a füstgázban levő NO_x–el reakcióba lépve, molekuláris nitrogénné alakítja át azt. A másodlagos intézkedések két csoportba oszthatók:

- szelektív katalitikus redukció (SCR)
- szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR).

❖ **Szelektív katalitikus redukció (SCR)**

A szelektív katalitikus redukció (SCR) széles körben alkalmazott eljárás a füstgáz nitrogén-oxidot tartalmának csökkentésére nagy tüzelőberendezéseknél is.

Az SCR olyan katalitikus eljárás, aminek az alapja a nitrogén-oxid ammóniával vagy karbamiddal történő szelektív redukciója, katalizátor jelenlétében. A redukáló anyagot a katalizátorral ellenáramban injektálják be a füstgázba. Az NO_x átalakítás a katalizátor felületén megy végbe rendszerint 170–510 ^{0}C között, a következő fő reakciók valamelyikével.

1. Ammóniával, mint redukálószerrel:

$$4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \leftrightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$$

$$6\ NO_2 + 8\ NH_3 \leftrightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$$

2. Karbamiddal, mint redukálószerrel:

$$4\ NO + 2\ (NH_2)_2CO + 2\ H_2O + O_2 \leftrightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O + 2\ CO_2$$

$$6\ NO_2 + 4\ (NH_2)_2CO + 4\ H_2O \leftrightarrow 7\ N_2 + 2\ H_2O + 4\ CO_2$$

A nem nemesfém-oxid SCR katalizátorok a fent említett hőmérséklet tartományban működnek, kereskedelemben hozzáférhetőek és számos berendezésben használhatóak.

Az ammóniát általában vizes oldatban vagy cseppfolyósított állapotban, kb. 1,7x10^6 Pa (17 bar) nyomáson és 20 °C-on tárolják. Kisebb üzemeknél, vagyis ahol a teljesítmény <50 MW, a karbamidot fehér kristályszerű granulátum formájában szerzik be, melyet injektálás előtt vízben feloldanak.

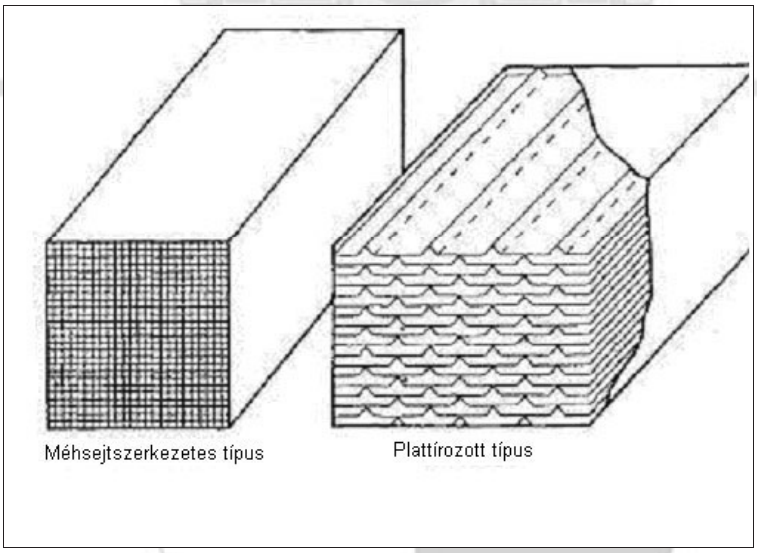
A cseppfolyósított ammónia alkalmazásának gyakorisága meghaladja az egyéb vegyszerek használatát, mert az ammónia kilogrammonkénti ára alacsonyabb, így üzemelési költsége is kisebb. Mindazonáltal a használatához szükséges eszközök jóval bonyolultabb kezelést igényelnek, mint a viszonylag inert vizes oldattal történő kezelés.

Használat során a cseppfolyós ammóniának el kell párolognia, ami egy gőzből vagy forró vízből előállított elektromos árammal fűtött elpárologtatóval valósítható meg. A gázba injektálás előtt az ammóniát levegővel hígítják. Az injektálás egy szórófejes rendszeren keresztül történik, annak érdekében, hogy megfelelően homogén legyen az ammónia-füstgáz elegy. A kilépő gáz csatornájába statikus keverőt helyeznek el, a keveredést tovább tökéletesítve. Azért, hogy magas NO_x eltávolítási hatásfokot érjünk el és minimalizáljuk a maradék füstgázból kilépő NH_3 mennyiségét, különösen fontos a megfelelő NH_3/NO_x arány a füstgázban. 2 ppm feletti ammónia szökés esetén a szálló hamu nem adható el az építőiparnak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A maximális ammónia szökést figyelembe véve az NO_x eltávolítás mértéke függ a használt katalizátortól: magas NH_3/NO_x hányados mellett magas NO_x eltávolítási hatásfok érhető el, de ezzel egyidejűleg a tiszta füstgázban levő használatlan ammónia, az ún. ammónia-szökés is jelentősen megnő. Az ammónia-szökésnek olyan alacsonynak kell lennie, amennyire csak lehetséges, elkerülve ezzel a füstgázban a füstgáz hűtése alatt az NH_3 és a SO_3 reakciójának veszélyét. A reakció ammónium-biszulfátot eredményez, ami a fűtőfelszínek elszennyeződését és korrózióját okozhatja.

A használt katalizátornak többféle mértani formája lehet, pl. méhsejtszerű vagy lemezes, mint ahogy azt a 2.3.4-9. ábra is illusztrálja. Aktív szén esetén szemcsés is lehet a katalizátor.



2.3.4-9. ábra: Méhsejt és lemezes típusú katalizátorok [33, Ciemat, 2000]

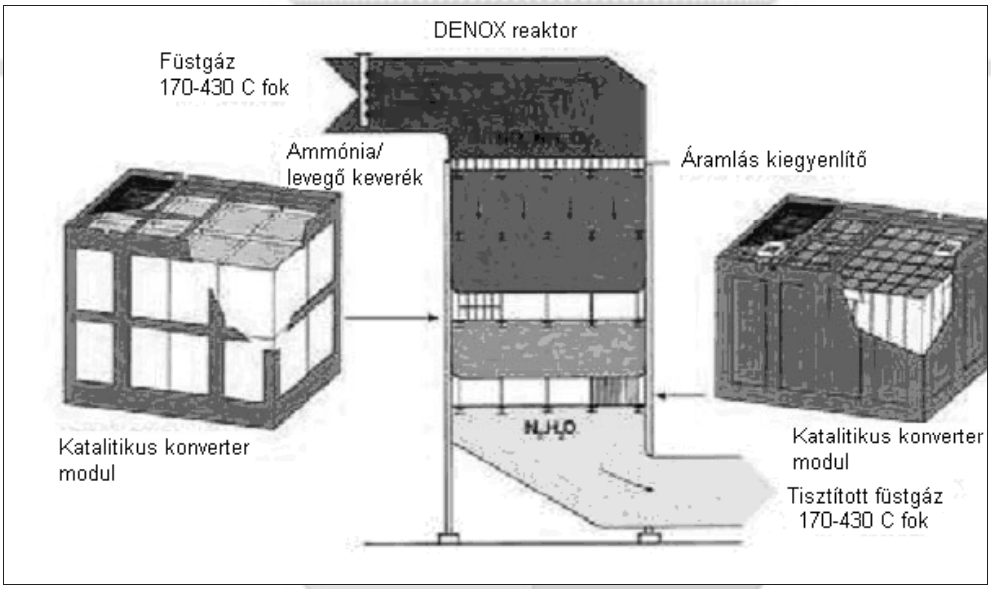
Az SCR-ekkel használt katalizátor anyagok négy típusa:

- **nem nemesfém-oxidok**, amelynek az alapanyaga TiO_2 (titán-dioxid), az aktív összetevők pedig vanádium, volfrám, molibdén. A legtöbb esetben V_2O_5–ot (vanádium-pentoxid) használnak kis mennyiségű WO_3–dal (volfrám-trioxid) adagolva, azzal a céllal, hogy kiszélesítsék a szűk hőmérsékletablakot és adnak még hozzá kis mennyiségű SiO_2-ot (szilicium-dioxid), mely stabilizálja a szerkezetet és valamennyi MoO_3–ot (molibdén-trioxid) is, mely ellenállóvá teszi a katalizátort a füstgázban lévő károsító összetevőkkel szemben. Ez a katalizátor típus 300-450 °C hőmérséklettartományt igényel.
- **zeolitok**, amelyek kristályos szerkezetű, erősen porózus, természetes vagy szintetikus aluminium-szilikátok. 350–600 °C hőmérséklettartományban használatosak.
- **vas-oxidok**, melyek vas-oxid szemcsékből állnak, melyeket vékony kristályos vas-foszfát réteg takar
- **aktív szén**, melyek finomra őrölt fekete vagy barnaszénből állnak, melyekhez inert összetevőket kevernek, és zsugorított pelletekké alakítanak. Az aktív szén magas hőmérsékleten előforduló termikus bizonytalanságának köszönhetően, alacsony üzemelési hőmérsékletet igényel. (100-120 °C között) Ebből kifolyólag az erőművekben aktív szén katalizátort csak a technológiai sor végén lehet alkalmazni.

Négyféle alapanyagot teszteltek, de hosszú távú tapasztalatokat csak két anyag vizsgálatából nyertek. Az egyik nagy tüzelőberendezés több mint tíz éve zeolittal, néhány nagy tüzelőberendezés aktív koksszal üzemel.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A katalizátorokat különböző barázdaátmérővel gyártják. A szükséges átmérő kiválasztásához előzetesen meg kell vizsgálni a kimenő gáz portartalmát, a por jellemző tulajdonságait és az SCR reaktorban megengedhető nyomásesést is. A porlerakódást minimalizálni kell, a nyomásesést pedig alacsonyan kell tartani. A szükséges katalizátor-térfogat függ a katalizátor jellegzetességeitől, pl. az aktivitási tulajdonságaitól, a működési feltételektől, mint pl. a füstgáz térfogatától, a kívánt NO_x csökkenéstől, a gáz összetételétől, a füstgáz hőmérsékletétől és a katalizátor mérgek jelenlététől is. Az egyes katalizátorelemeket egy katalizátoregységbe teszik, s ahogy az a 2.3.4-10. ábra–án is látható, ezek az egységek alkotják az SCR reaktorban az egyes katalizátor-rétegeket.

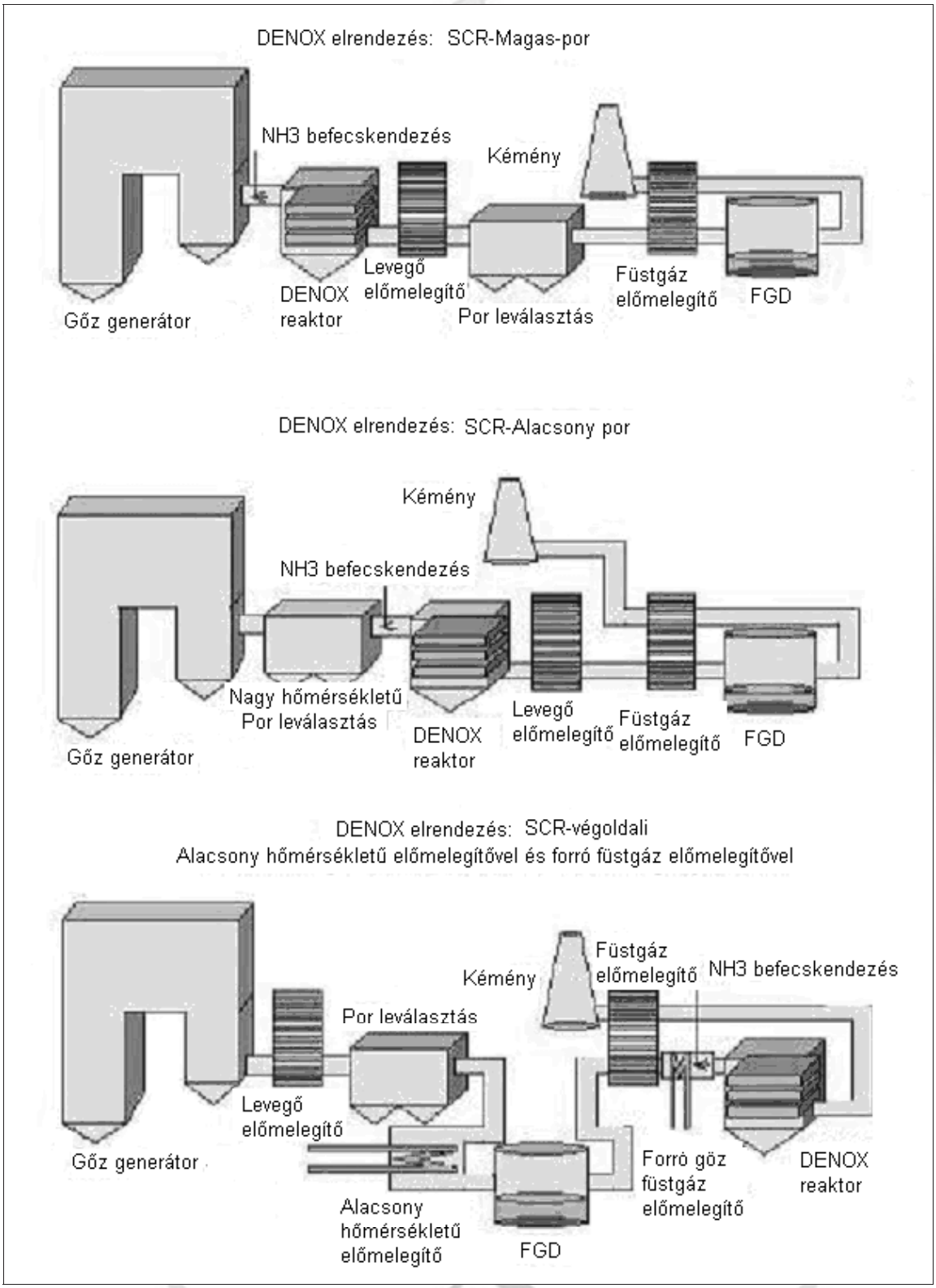


2.3.4-10. ábra: A katalizátor-reaktor, az elem, az egység és a rétegek elhelyezkedése [33, Ciemat, 2000]

Becslések szerint a katalizátorok élettartama széntüzelésű berendezésekben 6-10 év, olaj- és gáztüzelésű berendezésekben 8-12 év. A katalizátor cseréjének szükségessége a helyi jellemzők befolyásolják, mint a berendezés típusa, a tüzelőanyag jellemzői, a kapacitás, az üzemi feltételek, a bemenő NO_x koncentrációja, az NO_x redukció mértéke, az ammónia/karbamid és az NO_x aránya és a megengedhető ammónia szökés. A manapság gyártott katalizátorok sokkal ellenállóbbak a hő- és mechanikai behatások illetve a szennyezők által okozott károsodással szemben. A katalizátor regenerálásával általában meghosszabbítható a katalizátor élettartama, de nem minden esetben alkalmazható sikerrel.

Három alapkonfiguráció létezik az SCR reaktor füstgáz tisztító láncba illesztésére, de minden esetben szem előtt kell tartani, hogy a körülmények – pl. a füstgáz hőmérséklete – megfelelőek legyenek a használni kívánt katalizátor számára. A katalizátorok lehetséges elhelyezkedését illusztrálja a 2.3.4-11. ábra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

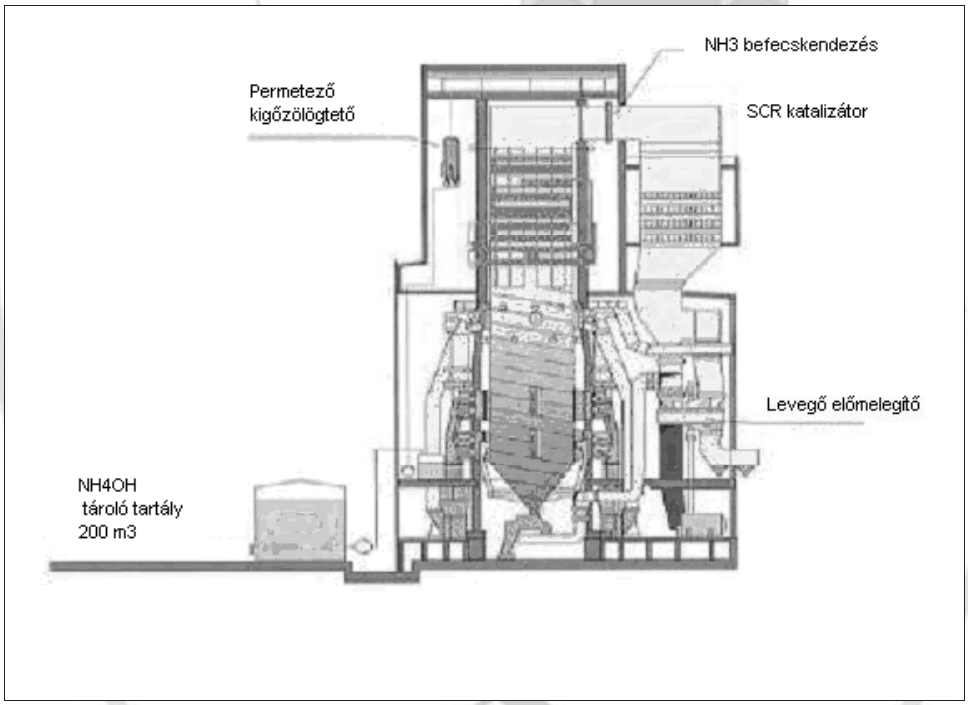


2.3.4-11. ábra: NOx csökkentési technológiák különféle elrendezései

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A három bemutatott elhelyezkedés a magas ill. az alacsony portartalmú füstgáznál alkalmazott elhelyezés és a „csővégi” elrendezés:

- a **magas portartalmú elrendezés** a legáltalánosabban alkalmazott, itt nincs szükség füstgáz újrafűtésre a katalizátor magas üzemi hőmérsékletének köszönhetően (2.3.4-12. ábra). A katalizátor élettartamát a kopásokkal szembeni ellenállósága határozza meg. Mindemellett használatának két hátránya is van: egyrészt a füstgáz tartalmazhat szállópernyét és katalizátormérgeket, melyek inaktiválják a katalizátort, így romlik az NO_x csökkentésének hatásfoka. Ez salakolvasztós kazánokban, speciális tüzelőanyagoknál és együtt-tüzelés során fordulhat elő. Másodsorban, retrofit esetén az SCR elhelyezéséhez helyre van szükség a kazánhoz közel. Ennek ellenére a magas portartalmú elrendezés költség hatékony és a leggyakrabban használt megvalósítási forma.
- az **alacsony portartalmú elrendezés** legnagyobb előnye a katalizátor alacsonyabb mechanikai igénybevétele, mely valószínűsíti a katalizátor hosszabb élettartamát. A kiegészítő fűtés nélküli üzemelési miatt, magas hőmérsékletű por leválasztó telepítése szükséges, ezért ez az elrendezés gyakran gazdaságtalannak bizonyul régi üzemek retrofitja esetén. Azonfelül, a levegőfűtő sokkal jobban ki van téve az ammónium-biszulfát okozta lerakódásoknak.
- a **végoldali elrendezés** létező erőműveknél kedveltebb, köszönhetően a katalizátor kopásnak, korróziónak és inaktiválásnak kitettsége miatt. A katalizátor térfogata is kisebb a magas portartalmú katalizátorénál, hiszen a katalizátort kisebb osztásközzel lehet használni. A belépő füstgázt újra fel kell melegíteni a katalizátor működési hőmérsékletére. Aktív szenes katalizátornál általában elegendő a tisztítatlan gáz és a tisztított gáz közötti hőcsere.



2.3.4-12. ábra: Példa a magas portartalmú SCR elrendezésre [34, Verbund, 1996]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

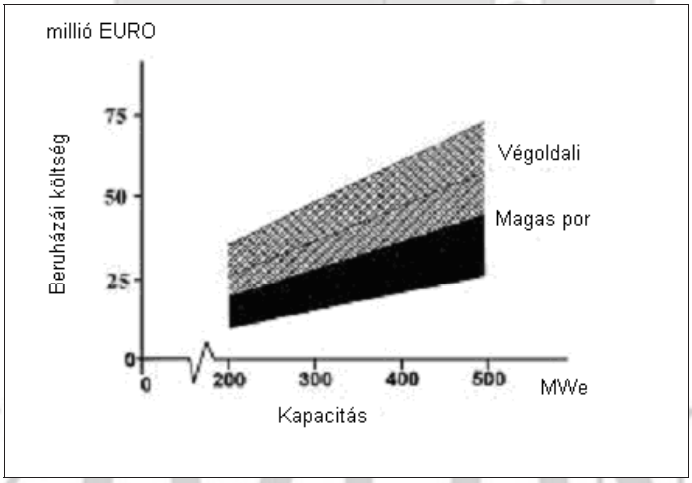
Az SCR hátránya az ammónia szökés (NH_3 szökés), ami akkor fordul elő, ha tökéletlen az NH_3 és az NO_x reakciója, így kis mennyiségű NH_3 is elhagyja a reaktort a füstgázzal együtt. Az ammónia szökés növekszik az NH_3 / NO_x hányados növekedése és a katalizátor aktivitásának csökkenése esetén. A magas ammónia szökés (NH_3 áttöréshez) következményei az alábbiak:

- ammónium-szulfát lerakódások pl. a katalizátoron és a levegő előmelegítőn
- NH_3 a füstgáz kéntelenítő szennyvizében és a léghevítő tisztító vizében
- meg növekedett NH_3 koncentráció a szállópernyében.

Az SCR legfőbb előnyei:

- az SCR eljáráshoz sokféle tüzelőanyag alkalmazható, pl. földgáz, könnyű olajok, technológiai folyamatok során keletkező gázok és szén
- az NO_x átalakítása során nem keletkezik másodlagos szennyező komponens
- az NO_x emisszióját legalább 90% -kal lehet csökkenteni
- a teljes NO_X redukció az SCR-től függ
- ahhoz, hogy az SCR megfeleljen a levegőminőségi követelményeknek, megfelelő NH_3 adagolással kell alkalmazni, hogy csökkenthető legyen az ammónia szökés keletkezése és növelhető legyen a katalizátor élettartama

Az SCR beruházási költsége jelentős (2.3.4-13. ábra). Az NO_x csökkentés kilogrammonkénti ára kazántípusonként változik. Függőleges-tüzelésű kazánoknál magasabb, mert ezeknek alacsonyabb alap emisszió-kibocsátásuk van. A reagensek ára alacsonyabb, mint SNCR üzemek esetén.



2.3.4-13. ábra: Az SCR eljárás beruházási költsége [58, Eurelectric, 2001]

Az SCR beruházási költsége a katalizátor térfogatától függ, melyet a füstgáz térfogatának, az ammónia szökésnek és az NO_x átalakítási hányadosának megfelelően állapítanak meg. Az erőművekben használt katalizátorok becsült költsége 10 000-15 000 EUR/m^3. Ha 1 millió m^3/h a tisztítandó füstgáz térfogata, az SCR egység beruházási költsége kb. 15 millió EUR (a tervezés, összeszerelés és egyéb kiegészítők költségei). Az üzemelés költségeinek legfőbb befolyásoló tényezője a katalizátor élettartama, amit a tüzelőanyag-összetétel és a választott SCR típus befolyásol, a redukáló anyag szükséges mennyisége, valamint a nyomásesésnek köszönhető ill. a füstgáz újrafűtéséhez szükséges energiafogyasztás.

Az alap üzemeltetési információk és az elmúlt 5 év kereskedelmi árai (osztrák és német üzemek) alapján az SCR beruházási költsége a következő összefüggéssel becsülhető meg:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az SCR beruházási költsége x millió m^3/h-s füstgáz térfogatárammal:

beruházási költség = (x millió m^3 füstgáztérfogat/1 millió $m^3)^{0,7}$ * 15 millió EURO

A fenti képlet az elektronikai, mérő és szabályozó műszerek összeszerelési költségeit is tartalmazza. A költségek becslése csak nyersgáz elrendezésekre vonatkoznak. A beruházási és a fenntartási költségek közül a legfontosabb a katalizátor elmozdításának költsége, valamint a redukálószer (ammónia vizes oldata) és a villamosenergia költsége. A beruházási költség tartalmazza a teljes füstgáz csatornarendszer költségét (vezetékek, katalizátorkamra, bypass vezeték, NH_4OH egység, tároló rendszer, az adagoló berendezés, az elpárologtató és keverő rendszer).

A 2.3.4–3. táblázatban egy SCR berendezés árbecslése található, 200 000 m^3/h, 500 000 m^3/h és 1 000 000 m^3/h füstgáz térfogatárammal és 500 mg/Nm^3 (elsődleges intézkedésekkel) és 350 mg/Nm^3 (elsődleges intézkedésekkel és SNCR-rel, külön-külön) tisztítatlan gázkoncentrációval. A tisztított gáz koncentrációját mindegyik esetben 100 mg/Nm^3–nek feltételeztük:

Paraméter	Egység	Füstgáz mennyiség (Nm^3/h)		
		200 000	**500 000**	**1 000 000**
Redukált NO_x koncentráció	g/Nm^3		0,25 – 0,4	0,25 – 0,4
Üzemórák	h/év	5000	5000	5000
Redukált töltet	t/év	250 – 400	625 – 1000	1250 – 2000
Beruházási költség	millió EURO	4,86	9,23	15,0
Éves törlesztés	millió EURO/év	0,50	0,95	1,54
Üzemi költségek (magába foglalja az elektromos energiát, katalizátorokat, redukáló szert, fenntartási költséget, a használatot és a kopást)	millió EURO/év	0,25 – 0,29	0,60 – 0,69	1,17 – 1,34
Éves költségek	millió EURO/év	0,75 – 0,79	1,56 – 1,64	2,72 – 2,88
Éves különleges költségek	EURO/tNO_x	1968 – 3016	1638 – 2488	1442 – 2175
Megjegyzés 1: 15 éven át a 6% kamatláb mellett				

2.3.4–3. táblázat: SCR egységek költségbecslése a füstgáz térfogat függvényében

A „csővégi” elrendezésnél a füstgázokat a kémény előtt újra kell fűteni, ami elérheti a rendszer elektromos teljesítményének kb. 2%-át. Olyan berendezéseknél, ahol nincs szükség újrafűtésre, a működési költségek elsősorban a vegyszerek költségét jelentik.

A retrofit beruházási költsége 50-100 EUR/kW, 60-90% NO_x eltávolításakor, ahol a költségek alsó határa nagyobb erőművekre vonatkozik, kisebb erőművek költsége magasabb. A fő tényezők, melyek a 185 mg/Nm^3 NO_x kibocsátási célt elérni kívánó szénerőműhöz kapcsolt SCR rendszer teljes retrofit költsége áll: az egység mérete, a bemenő NO_x koncentrációja, valamint a változó építési szükségletek, melyek a retrofit nehézségi fokozatától függnek. Pl. ha megnő a kezdeti bemenő NO_x koncentráció 615 mg/Nm^3-ről 1230 mg/Nm^3-re, az SCR beruházási költsége kb. 50%-kal nő meg. Ahogy az egység mérete 1000 MW_e-ról 200 MW_e-ra csökken, a kiinduló SCR beruházási költség kb. 30%-kal csökken. A retrofit során a felújított ventilátorok, a csatornafektetés, a szerkezeti acél és az alapozás is befolyásolják a költségeket, kb. 20-35%-kal emelik azokat. A redukálószer működési költsége kb. 75 EUR/t NO_x vízmentes ammónia esetén, illetve 125 EUR/t NO_x 40%-os karbamid oldatnál. Az összes költség, vagyis az NO_x csökkentés beruházási és üzemelési költségei egy 800 MW teljesítményű, SCR-t használó erőmű esetén 1 500-2 500 EUR/t redukált NO_x [167, Rigby, et al., 2001].

Gázturbinák illetve belső égésű motorok SCR-jének beruházási költsége 10-50 EUR/kW (villamos teljesítményre vonatkoztatva). Ezek a költségek jóval alacsonyabbak, mint a széntüzelésű erőmű SCR berendezésének költségei. A katalizátorok regenerálásának ára az új

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

katalizátor árának 50%-ig is terjedhet. Erőteljes eróziós hatásoktól mentes, magas portartalmú füstgázos inaktív SCR katalizátorok élettartama regenerálással meghosszabbítható.

❖ **Szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR)**

A szelektív nem-katalitikus redukciós eljárás (SNCR) egy további másodlagos intézkedés, mellyel csökkenthető a füstgázban már képződött nitrogén-oxidok mennyisége. Az NO_x redukciója katalizátor nélkül megy végbe kb. 850-1100 °C hőmérsékleti tartományban. Ez a „hőmérsékleti ablak" erősen függ az alkalmazott reagenstől (ammónia, karbamid vagy szalmiákszesz).

Ammónia használatakor a következő kémiai reakciók mennek végbe többé-kevésbé egyazon időben. Alacsonyabb hőmérsékleten mindkét reakció nagyon lassú, magas hőmérsékleten a nemkívánatos mellékreakciók dominálnak, melyek NO_x növekedéssel járnak.

Fő reakció:

$$4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \leftrightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O \text{ (redukció)}$$

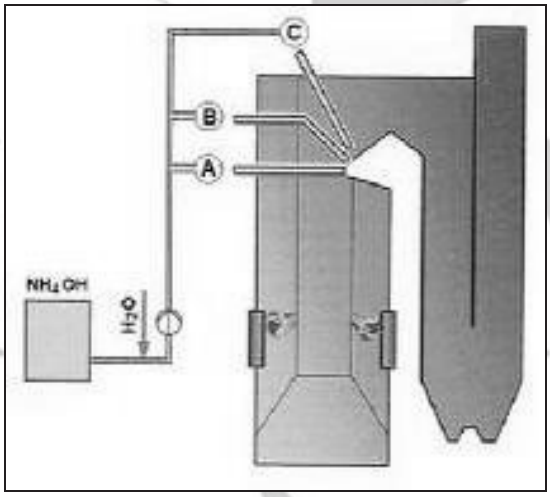
Nemkívánatos mellékreakció:

$$4\ NH_3 + 5\ O_2 \leftrightarrow 4\ NO + 6\ H_2O \text{ (oxidáció)}$$

Az SNCR két működési egységet foglal magában:

- a reagens tároló rész, amely magába foglalja a tárolást, a hűtést és a reagens elpárologtatást
- magát az SNCR egységet, ahol a reagens befecskendezése és a nitrogén-oxidok nitrogénné és vízzé történő bomlása zajlik

A „hőmérsékleti ablak" meglehetősen fontos, mert efelett az ammónia oxidálódik és még több NO_x keletkezik, míg alatta az átalakulási arány nagyon alacsony és ammónia keletkezhet. A terhelésváltozások hatására ingadozik a kazánban levő hőmérsékletablak, a megkívánt „hőmérsékleti ablak" szabályozható az ammónia többszintű befecskendezésével. Az SNCR folyamat különböző ammónia injektálási szintjeit mutatja a 2.3.4-14. ábra.



2.3.4-14. ábra: Az SNCR eljárás [34, Verbund, 1996]

Annak érdekében, hogy magas csökkentési rátát és alacsony NH_3-szökést érjünk el, a füstgázban a vegyszereket és a NO_x-et megfelelően vegyíteni kell. A megoszláson és a keveredésen kívül a reagens cseppek mérete is lényeges paraméter. A kicsi cseppecskék túl gyorsan párolognak el és

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

túl magas hőmérsékleten lépnek reakcióba s mérséklik az NO_x csökkentési hányadost. A túl nagy cseppek nagyon lassan párolognak el és túl alacsony hőmérsékleten lépnek reakcióba, amiből fokozott NH_3-szökés származik. A redukálószerek lehetséges hordozóanyaga sűrített levegő, gőz vagy víz lehet, de az elsődleges eljárások, mint a túlfűtött levegő vagy a füstgáz recirkuláció is használhatók a reagens hordozóanyagának az SNCR eljárások során.

A vegyszer megválasztása is hatással van a dinitrogén-oxid (N_2O) képződésére. Ammónia vagy szalmiákszesz alkalmazása elhanyagolható mennyiségű N_2O képződéssel jár. Ezzel szemben, ha karbamidot fúvatnak közvetlenül a kazánba, nagy mennyiségű N_2O keletkezik, de a karbamid utolsó égési levegővel történő bevezetésével ez a probléma kezelhetővé válik. A karbamid használata az ammónia vagy a szalmiákszesz használatához képest több korróziós problémát okoz. SNCR alkalmazása során a legtöbb probléma a reagens égéskamrán belüli egyenetlen eloszlásából adódik, ezért speciális elosztórendszert alkalmaznak.

A nitrogén-oxidok és az ammónia/karbamid vízzé és nitrogénné történő átalakulása erősen függ a **hőmérséklet**től, az előírt hőmérséklet tartományon belüli tartózkodási időtől és az NH_3/NO_x aránytól is. Az ammónia és a szalmiákszesz hőmérsékletablaka 850-1000 °C között van, az optimális hőmérséklet 870 °C. Karbamid használatakor szélesebb a hőmérsékletablak (800–1100 °C), az optimális hőmérséklet pedig 1000 °C.

A meghatározott hőmérsékletablakon belüli **tartózkodási idő 0,2–0,5 másodperc**. Mivel ez a reakcióidő-skála meglehetősen labilis, ezért az ammónia és nitrogén-oxid aránynak ammónia-gazdagnak kell lennie, nem sztöchiometrikusnak. Optimalizálni kell a NH_3/NO_x mólarányt. Az NO_x eltávolításának a nagyobb arány a kedvező, bár ezzel nő az ammónia szökése, ami megnöveli a különböző egységek (hőcserélők, füstgáz csővezetékek) elszennyeződését. E két egymással ellentétes hatás kiegyenlítésére az optimális NH_3/NO_x hányados 1,5-2,5 közötti.

Az SNCR eljárás berendezéseit viszonylag egyszerű beszerelni és helyigényük sem túl nagy, még akkor sem, ha majdnem minden esetben egynél több befecskendező felületre van szükség. Az SNCR alacsony csökkentési aránnyal rendelkezik, ezért azokhoz a kazánokhoz, amelyeknek az emissziós kibocsátásuk már eleve alacsony önmagában is alkalmazható. Hasznos lehet olyan kazánoknál is amelyeknél már valamilyen elsődleges redukciós technológiát már alkalmaznak. Ezzel ellentétben nem jól használható olyan esetekben, amikor változik a kazán terhelése vagy a tüzelőanyag minősége.

A jelenlegi létesítési költségek a kazántól és az üzemi feltételektől függnek. Becslések szerint egy évente 4000 órán keresztül üzemelő, 250 MW_{th} teljesítményű széntüzelésű kazán költsége kb. 2500 EUR/t redukált NO_x.

❖ Az ammónia tárolásának biztonsági szempontjai

Az SCR és az SNCR technika is ammóniát vagy karbamidot használ redukálószerként. 50 MW_{th} alatti tüzelőberendezésekben gyakrabban használnak karbamidot. A szilárd karbamid tárolásnak nincs egészségkárosító hatása. Az ammónia éghető gáz, ezért vizes oldatban vagy cseppfolyós állapotban, kb. 1,7 MPa (17 bar) nyomáson és 20 °C hőmérsékleten tárolható. Mivel az ammónia az emberi egészségre nagy kockázatot jelent, szállítását, kezelését és tárolását nagyon körültekintően, a szivárgás elkerülésével kell végezni. Alacsony ammónia-koncentráció detektálására is alkalmas monitoring-rendszer beépítése szükséges a tároló és kezelő területek körül. Az acél tartályok korróziójának veszélye miatt a tartály szerkezetét, valamint az alkalmazott folyékony ammóniában lévő hidrogén és oxigén nyomokat rendszeresen ellenőrizni kell. A nyomás alatt tartott és a vizes ammóniára is a Seveso II Directive 96/82/EC vonatkozik, mely a nemzeti szabályozással is összefüggésben van.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A másodlagos NO_x csökkentési technikák jellemzői

Másodlagos eljárások	Általános NO_x redukciós arány	Egyéb teljesítménybeli paraméterek		Megjegyzések
		Paraméter	Érték	
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	80 – 95 %	Üzemi hőmérséklet	350 – 450 °C (magas portartalommal) 170 – 300 °C (technológiai sor végén) 280 – 510 °C (gázturbináknál) 200 – 510 °C (diesel motoroknál)	A maradék ammónia növekszik az NH_3/NO_x arány növekedésével, ami problémát okozhat, pl. nagyon magas ammónia mennyiséget a szálló hamuban. Ez egy olyan probléma, mely megoldható egy nagyobb katalizátor típus alkalmazásával és/vagy az NH_3 és NO_x füstgázban való elkeverésének feljavításával. Az NH_3 és az NO_x befejezetlen reakciója egy ammónium-szulfát formát eredményez, ami folyamatosam lerakódik a berendezéseken, a katalizátor és levegő előmelegítő, az NH_3 mennyiségének a növekedését idézi elő a füstgáz-kéntelenítő szennyvizében, a légfűtő tisztító vizében és növeli az NH_3 koncentrációt a szálló hamuban. Ez a befejezetlen reakció csak az egész SCR rendszer esetleges, valószínűtlen katasztrofális hibája során történik meg. A katalizátor élettartama széntüzelés esetén 6 – 10 év, olaj tüzelés esetén 8 – 12 év és több mint 10 év gáztüzelés esetén. A katalizátor élettartama időszakos mosásokkal 40 000-től 80 000 üzemórára nyújtható ki.
		Redukálószer	Ammónia, karbamid	
		NH_3/NO_x arány	0,8 – 1,0	
		Maradék-ammónia	< 5 mg/Nm^3	
		Hozzáférhetőség	> 98%	
		SO_2/SO_3 átalakítási arány katalizátorral	1,0 – 1,5 % (technológiai sor végén)	
		Villamos kapacitás fogyasztása %-ban	0,5 % minden alkalmazásra	
		Nyomásesés a katalizátorban	4 – 10 (10^2 Pa)	
Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR)	30 – 50 %	Üzemi hőmérséklet	850 – 1050 °C	Néhány ipari jelentés ellenére az NO_x redukciós szint 80% feletti, az együttes meglátás azonban az, hogy az SNCR eljárások általánosan 30 – 50 % redukciós kapacitásra alkalmasak, átlagosan lefedve a különböző üzemi kondíciókat. További NO_x redukció érhető el speciális kazánokkal, ahol a feltételek jók. az SNCR nem használható gázturbinánál, a megkövetelt tartózkodási idő és hőmérsékleti tartomány miatt. Az NH_3 és az NO_x befejezetlen reakciója egy ammónium-szulfát formát eredményez, amely folyamatosan lerakódik a berendezéseken mint a katalizátor és levegő előmelegítő, az NH_3 mennyiségének a növekedését idézi elő a füstgáz-kéntelenítő szennyvizében, a légfűtő tisztító vizében és növeli az NH_3 koncentrációt a szálló hamuban. Az SNCR nem alkalmazható gázturbináknál vagy gázmotoroknál
		Redukálószer	Ammónia, karbamid	
		NH_3/NO_x arány	1,5 – 2,5	
		Hozzáférhetőség	> 97%	
		Maradék-ammónia	< 10 mg/Nm^3	
		Villamos kapacitás fogyasztása %-ban	0,1 – 0,3 %	
		Tartózkodási idő a hőmérsékleti tartományban	0,2 – 0,5 s.	

2.3.4–4. táblázat: Másodlagos NOx emisszió csökkentési eljárások általános bemutatása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.5 KOMBINÁLT TECHNIKÁK A KÉN- ÉS A NITROGÉN-OXID EMISSZIÓ CSÖKKENTÉSÉRE

A kombinált SO_2/NO_x eltávolítási módszerek kifejlesztésének célja a hagyományos FGD/SCR eljárások helyettesítése. Néhány egység illetve bemutató üzem alkalmazza ezt az eljárást, de kereskedelmi (költség) okoknál fogva még nem tört be a piacra. Minden egyes technika egy egyedülálló kémiai reakcióval távolítja el egyidejűleg az SO_2 és az NO_x tartalmat. A kombinált technika kifejlesztését a hagyományos SCR-FGD technológia legnagyobb problémája indította útjára, mely összefüggésben van az SCR reaktorban zajló SO_2 oxidációval. Általában az SO_2 0,2–2%-a oxidálódik el SO_3-dá, mely többféle hatással van a füstgáz tisztító rendszerre, pl. alacsony kéntartalmú szénnél a SO_3 javíthatja a hideg-oldali elektrosztatikus porleválasztó eltávolítási hatásfokát, általában azonban növeli a levegő-előmelegítő és a gáz-gáz hőcserélő lerakódásait és korrózióját.

A kombinált SO_2/NO_x eltávolítási módszerek a következő osztályokba sorolhatók:

- szilárd adszorpció/regeneráció (deszorpció)
- gáz/szilárd katalitikus üzemelés

(1) SZILÁRD ADSZORPCIÓ/REGENERÁCIÓ

Ehhez a fajta eljáráshoz egy olyan szilárd szorbens vagy katalizátor kell, amely reakcióba lép vagy felületén megköti a füstgáz SO_2 és NO_x tartalmát. A szorbenst vagy katalizátort újrahasznosítás végett regenerálják. A szorbensben levő különböző kén és nitrogén vegyületek a regeneráció során szabadulnak fel, mely általában magas hőmérsékletet vagy redukáló gázt igényel a megfelelő tartózkodási időhöz. A visszanyert kén vegyületeket pl. a "Claus" üzembe vezetik, mely elemi kénné, eladható melléktermékké alakítja át. A nitrogén vegyületek ammónia befecskendezés mellett nitrogénre és vízre bomlanak vagy visszajutnak a kazánba. Egyéb módszerek, mint pl. az aktív szenes eljárás, NOXSO, réz-oxid, cink-oxid és magnézium-oxid-vermikulit is része a szilárd adszorpciónak/regenerációnak.

❖ **Aktív szenes eljárás**

Mivel az aktív szénnek nagyon nagy a fajlagos felszíne, már a XIX. századtól széles körben alkalmazzák levegőtisztítási és szennyvízkezelési anyagként. Az is régóta köztudott, hogy az aktív szén megköti a felületén a SO_2-t, az oxigént és a vizet, kénsavat termelve. Az SO_2 és az NO_x együttes eltávolítására is lehetőség van, ammónia hozzáadásával.

A kazánból kikerülő füstgázt először portalanítják, keresztülvezetik egy hőcserélőn, ahol a hő hatására regenerálódik az aktív szén, majd egy vizes előtisztítóban lehűtik. 90–150 ºC közötti hőmérsékleten a gáz belép az aktív szenes ágy első szakaszába (száraz porózus faszén). A füstgázban a kén-dioxid reakcióba lép az oxigénnel és a vízgőzzel (katalitikus oxidáció révén), kénsavat termel, melyet az aktív szén abszorbeál.

Még mielőtt belépne a második fázisú adszorberbe, a keverőcsatornában ammóniát injektálnak be a füstgázba. A második szakaszban a nitrogén-oxidok katalitikus reakcióba lépnek az ammóniával, nitrogén gázt (N_2) és vizet termelve. A tisztított füstgázok, a felszabadított nitrogén és pára a kéményen keresztül távozik el a rendszerből. A redukciós eljárás az adszorbensben megy végbe, ahol az aktív szén pelletek fentről lefelé haladva mozgó ágyat hoznak létre. A gáz átáramlik a rétegeken, elsőként az ágy legalsó részébe lép be.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A kénnel terhelt aktív szén a regenerátorba jut, ahol közvetett melegítésű termikus deszorpció megy végbe, melyhez a hőt korábban nyerték ki a 400–450 ºC–os füstgázból. A szénport eltávolítják, majd az abszorberbe történő visszavezetés előtt kiegészítő pelleteket adagolnak hozzá. A regeneráció eredményeképpen dúsított SO_2 gáz szabadul fel a deszorberből. A dúsított gázt Claus vagy egyéb módszerrel eladható melléktermékekké, elemi kénné vagy kénsavvá alakítják át.

- **A NOXSO eljárás**

A NOXSO eljárás 97%-kal csökkenti az SO_2 mennyiséget és 70%-kal az NO_x-et. A füstgázt víz elpárologtatásával hűtik le, melyet közvetlenül a csővezetékbe porlasztanak. Lehűlés után a füstgáz két párhuzamos fluidágy adszorbensen halad keresztül, ahol a szorbens egyidejűleg az SO_2-t és az NO_x-t is eltávolítja.

A szorbens gömbölyű, nátrium-karbonáttal átitatott nagy felületű aluminium-oxid gyöngyökből áll. A tisztított füstgáz a kéménybe jut. A használt szorbenst a szorbens fűtőtérbe szállítják, mely egy három fázisú fluidágy. A fűtési eljárás 600 °C-on megy végbe, az NO_x deszorbeálódik és részlegesen el is bomlik. A forró levegő deszorbeált NO_x-tartalma visszajut a kazánba, ahol az NO_x N_2-vé alakul CO_2 vagy H_2O felszabadulása mellett. Az égéstér redukáló atmoszférájában levő szabadgyökök segítik a reakciót. A ként a mozgóágyas regenerátorban nyerik vissza a szorbensből, ahol a szorbens kénvegyületei (elsősorban nátrium-szulfát) magas hőmérsékleten földgázzal (metán) lépnek reakcióba. A reakció során magas SO_2 és kén-hidrogén (H_2S) koncentrációjú füstgáz keletkezik. A nátrium-szulfát (Na_2SO_4) kb. 20%-a nátrium-szulfiddá (Na_2S) redukálódik, melyet a későbbiekben a gőzkezelő tartályban hidrolizálnak. Egy mozgó ágy, a hőkezelő reaktor követi a regenerátort, melyben a gőz és a Na_2S reakciójának eredményeképpen tömény H_2S jön létre. A regenerátorból és a gőzkezelőből kijövő gázokat a Claus üzembe vezetik, ahol eladható melléktermékét, elemi ként állítanak elő. A szorbenst a szorbenshűtőben hűtik le, majd visszavezetik az adszorberbe.

- **Egyéb szilárd adszorpciós/regenerációs eljárások**

Az egyéb módszerek, mint pl. a réz-oxid vagy a cink-oxid eljárás még fejlesztés alatt állnak, ezért a dokumentumnak ebben a részében nem foglalkozunk velük.

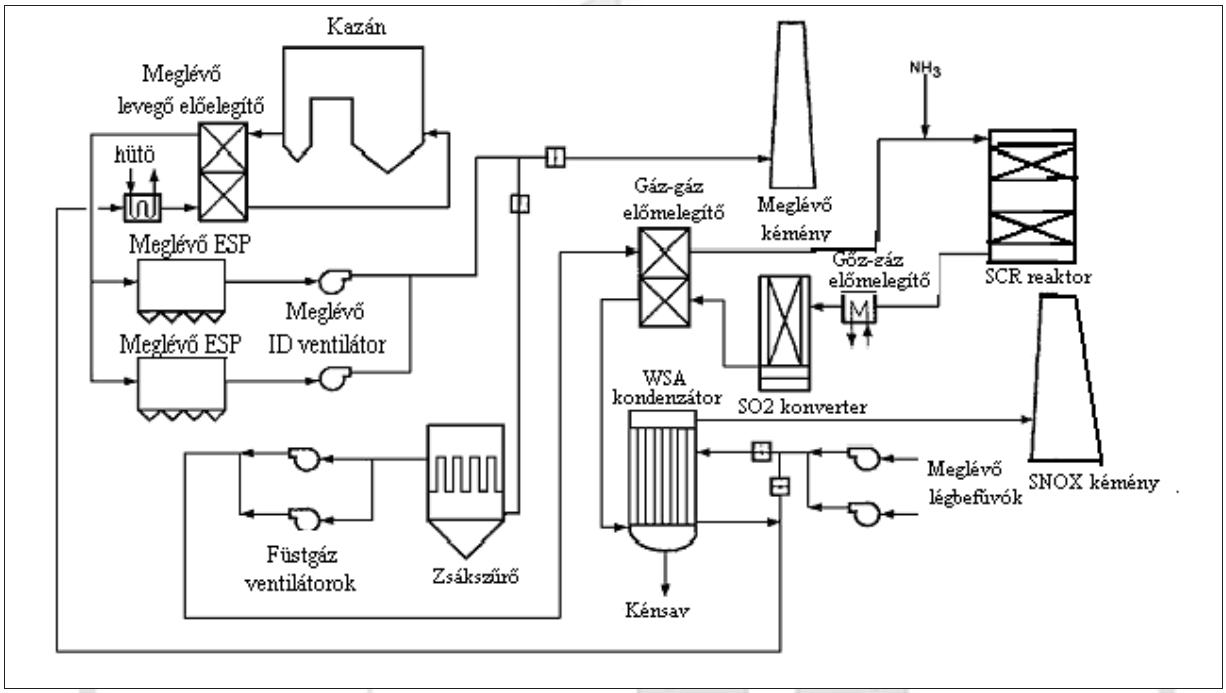
(2) GÁZ/SZILÁRD KATALITIKUS ELJÁRÁSOK

Ez a fajta eljárás katalitikus reakciókat alkalmaz, mint amilyen az oxidáció, a hidrogénezés vagy az SCR. Melléktermékként elemi kén is keletkezik. Szennyvízkezelésre nincs szükség. E csoportba tartoznak a WSA-SNOX és a DESONOX eljárás. Némelyik módszert nemrég hozták kereskedelmi forgalomba.

- **WSA-SNOX eljárás**

Ez az eljárás két, egymás utáni katalizátort tartalmaz az NO_x eltávolításra (SCR-ben) és az SO_2 SO_3-dá oxidálására, hogy aztán ez utóbbit cseppfolyósítva kénsavként eladható legyen. A füstgázban levő kén és a nitrogén-oxidok kb. 95%-a eltávolítható. Az eljárás nem termel szennyvizet és hulladékokat, és az ammónia kivételével, mely az NO_x csökkentéséhez szükséges, vegyszerigénye sincs. A 2.3.5-1. ábra a WSA-SNOX eljárás folyamatábrája látható, mely valójában egy Dániában üzemelő, 300 MW_e teljesítményű, széntüzelésű erőmű sematikus rajza.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3.5-1. ábra: WSA-SNOX eljárás [33, Ciemat, 2000]

A füstgáz a levegő előmelegítő után a porleválasztóba jut, majd átmegy a gáz-gáz hőcserélő hideg oldalán, mely megnöveli a gáz hőmérsékletét 370 °C fölé. Ezt követően, még az SCR előtt adagolják az ammónia és levegő keverékét a füstgázhoz. Az SCR-ben a nitrogén-oxidok N_2-re és vízre bomlanak.

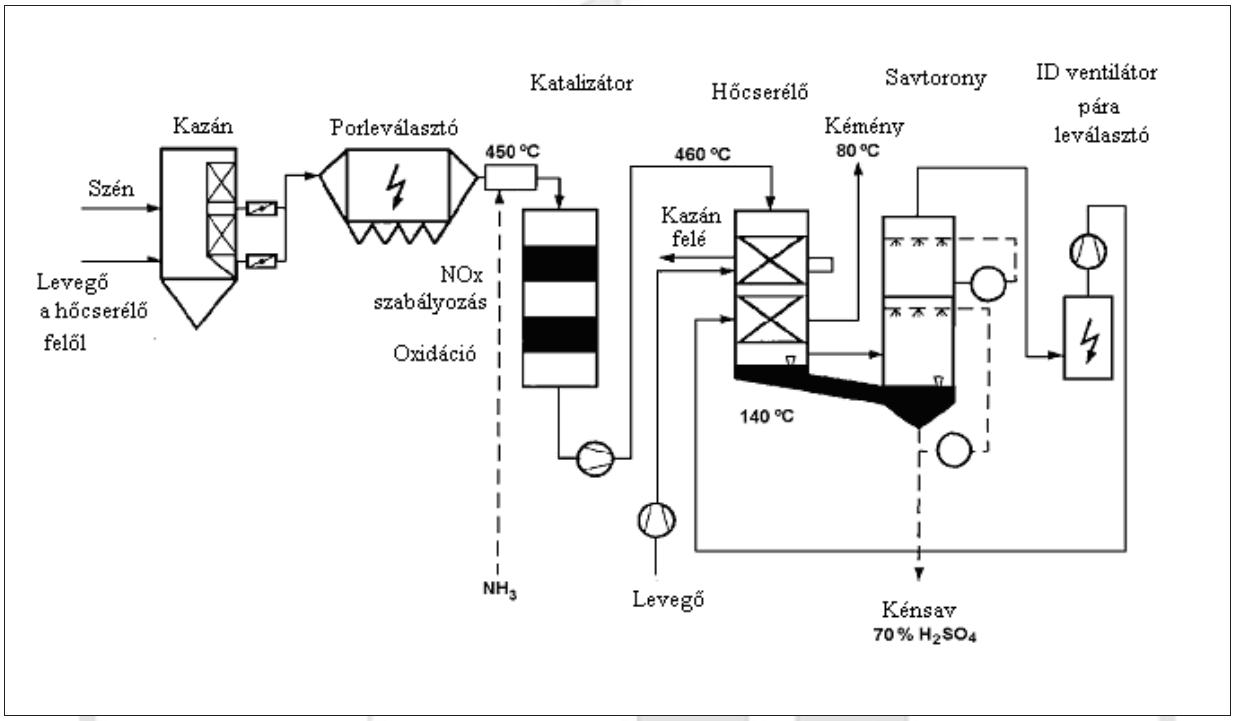
Amint a füstgáz elhagyja az SCR-t, hőmérsékletét finoman beszabályozzák, majd a SO_2 leválasztóba vezetik, ahol az SO_2 kén-trioxiddá (SO_3) alakul át. A SO_3-dal terhelt gáz a gáz-gáz hőcserélő forró oldalán halad át, ahol a bejövő füstgáz által lehűl. Ezután a filmlepárlóba jut (WSA lepárló), ahol a gázfázisból boroszilikát üvegcsövekre csapódik ki, később összegyűjtik, hűtik és tárolják. A lehűlt levegő kb. 200 °C-on elhagyja a WSA lepárlót, s miután a levegő előmelegítőn áthaladva még több hőt halmoz fel, égetési levegőként használható.

Ezen eljárás során lehetőség van hőenergia visszanyerésre is, mely az SO_2 átalakulás, az SO_3 hidrolízis, a kénsav kondenzáció és a DENOX reakció eredménye. A visszanyert energiát a megnövekedett gőztermeléshez használják fel. Így a nettó hatásfok teljes csökkenése, egy 300 MW_e teljesítményű üzemnél (1,6% kéntartalmú szénnél) 0,2% alatt van. Általában a szén 1% kén tartalma 1%-kal növeli a gőztermelést. Amikor a szén kéntartalma 2-3%, a gőztermelés kompenzálja a WSA-SNOX eljárás teljesítményfelvételét.

❖ DESONOX eljárás

A DESONOX eljárásban (2.3.5-2. ábra) a füstgázok először az elektrosztatikus porleválasztón haladnak keresztül, mely eltávolítja a szilárd részecskéket, azután következik az ammónia befecskendezés és az SCR. A gázokat az égési levegő előmelegítésével hűtik le. A füstgáz hőmérséklete kb. 140 ºC-ra hűl le, mely lehetővé teszi az SO_2 katalitikus oxidációját SO_3-dá és az ezt követő kénsavvá (70%) történő kondenzációt is. Az utóbbi lépés a recirkulációs savtoronyban zajlik le. Végül a füstgázokat a nedves elektrosztatikus páraleválasztóba vezetik, a légkörbe bocsátás előtt pedig ismét felmelegítik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3.5-2. ábra: DESONOX eljárás [33, Ciemat, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A SO_2 és a NO_x csökkentésére alkalmazott kombinált technikák általános jellemzői

Technológia	Általános No_x redukciós arány	Egyéb teljesítménybeli paraméterek		Megjegyzések
		Paraméter	Érték	
Aktív-szenes eljárás	98% /60 – 80 %	Üzemi hőmérséklet	90 – 150 °C	Az aktívszenes eljárás is nagyfokú eltávolítási potenciállal rendelkezik SO_3 és légszennyező anyag, mint pl. a dioxin és higany tekintetében Kis mennyiségű szennyvíz csak az előtisztító üzeméből keletkezik Több kereskedelmi üzem került telepítésre legfőképpen Japánban Az eljárás különböző tüzelőanyagok, mint a szén és az olaj füstgáztisztítására alkalmas
		Reagens	Aktív szén, ammónia	
		Megbízhatóság	98%	
		Egyéb eltávolított anyag	HCl, HF, dioxin	
		Energiafogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	1,2 – 3,3 %	
		Melléktermékek	Elemi kén, vagy kénsav	
NOXSO eljárás	97 – 70 % számolt	Reagens	Aluminium-oxid, nátrium-karbonáttal telítve	A NOXSO eljárás kísérleti szakaszban van és a tesztelése egy 108 MWe-os ciklonban tervezett US-ben a US DOE CCT3 program alatt. [33, Ciemat , 2000]
		Megbízhatóság		
		Energiafogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	4%	
WSA-SNOX eljárás	95%/95%	Reagens	Ammónia	Nagyon alacsony szilárd anyag emisszió (5 mg/m^3 alatt)
		Megbízhatóság	96-98%	
		Energiafogyasztás az elektromos kapacitás %-ában	2,0%	
DESONOX eljárás	95%/95%	Tartózkodási idő a hőmérsékleti tartományban	0,2 – 0,5 mp.	A kénes sav aeroszolok eltávolításához alkalmazott nedves ESP használata során keletkezik szennyvíz Elméletben, folyékony SO_2, kénsav és elemi kén keletkezése lehetséges de az erőmű üzembe helyezésekor csak kénsav keletkezett.

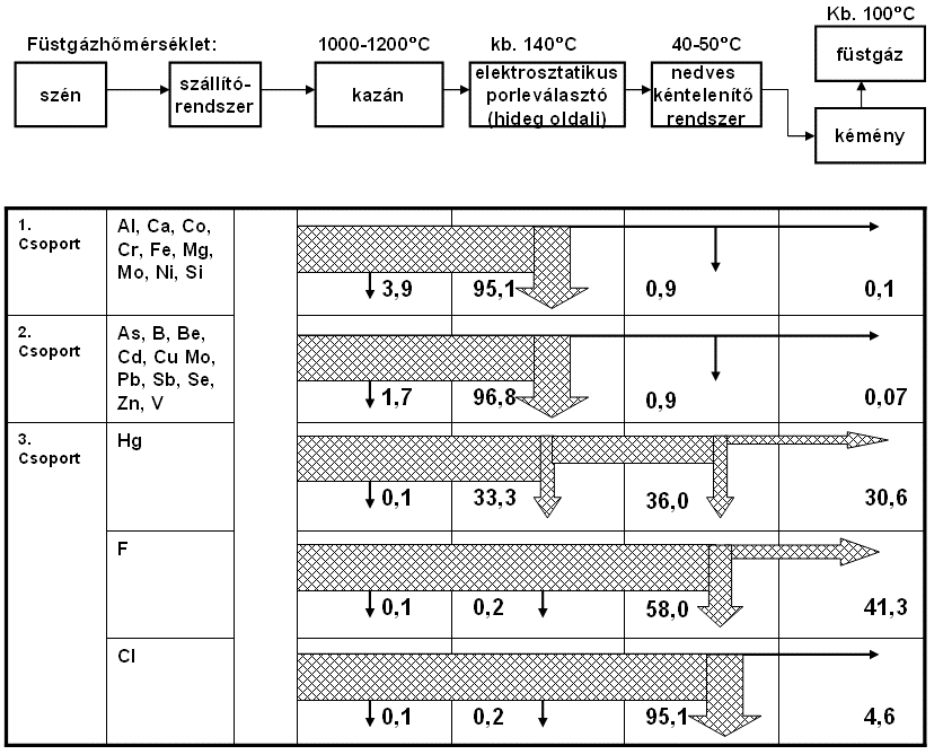
2.3.5–1. táblázat: Különböző szorbens adagolásos technológiák általános bemutatása a kén-oxid/nitrogén-oxid emissziók redukálására

2.3.6 FÉMEK (NEHÉZFÉMEK) EMISSZIÓJÁNAK CSÖKKENTÉSE

A legtöbb fosszilis tüzelőanyag fémtartalma (melyeken általában a nehézfémeket értjük) a tüzelés során felszabadul és a légkörbe jut szilárd részecske vagy gőz formájában. A leggyakoribb fémek a következők: As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, V és Zn. Néhányuk ezek közül nagyon mérgező, különösen, ha jelentős mennyiségben vannak jelen.

A fémek az égetési maradékokba, pl. szállópernyébe és a füstgázba kerülnek. (2.3.6-1. ábra). Mivel az energiatermeléshez nagy mennyiségű tüzelőanyag fogy, nagy mennyiségű potenciálisan veszélyes fém kerül ki a környezetbe. A legtöbb fém a szilárd részecske kapcsolódik, az illékonyak elsősorban a kisebb részecskék felületére kondenzálnak azok nagyobb fajlagos felületének köszönhetően. A Hg egy rendkívül toxikus fém, melyet a füstgáztisztító berendezések távolítanak el. A hulladék frakciók egy részének együtt-tüzeléséből származik, de megtalálható rossz minőségű szénben is. A Hg kibocsátás nagy része gőz formájában történik.

Az emissziós értékek illetve a nehézfémek füstgáztisztítás és az égetés közbeni viselkedésének megfigyelésére a legalkalmasabb módszer a teljes tüzelőberendezés anyagmérlegének megállapítása (2.3.6-1. ábra). Nehézfém anyagmérlegeket sokféle típusú ipari méretű kőszén- és lignit-tüzelésű erőműben végeztek. [127, Clarke és Sloss, 1992], [129, Maier, et al., 1992], [130, Rentz, et al., 1996], [131, Rentz és Martel, 1998].



2.3.6-1. ábra: Nehézfémek, fluor és klór anyagmérleg széntüzelésű erőművekben

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Mivel az illékony fémek az égéstérben áramló finom szemcsés szilárd részek felületén feldúsulnak, ezen elemek emissziója sokkal inkább függ a gáztisztító rendszer hatásfokától, mint a tüzeléstechnikától.

A füstgázban lévő fémek eltávolítására elméletileg alkalmas rendszerek általában két nagy csoportra oszthatók:

- azon technikák, amelyek általánosan használtak a szilárd részecskék, az SO_x vagy az NO_x emissziójának csökkentésére
- azon technikák, amelyeket a füstgáz nyomelemeinek eltávolítására fejlesztettek ki

(1) A HIGANY (HG) EMISSZIÓJÁNAK CSÖKKENTÉSE

❖ **Elsődleges intézkedések a szilárd tüzelőanyag Hg-tartalmának csökkentésére**

A tüzelőanyag tisztítása (főképp szén esetén) az egyik lehetőség, mellyel még a tüzelés előtt eltávolítható a tüzelőanyag higany tartalma. Többfajta tisztító eljárás létezik, mindegyik azon az elven alapszik, miszerint a szén kevésbé sűrű, mint azok a hamutermelő szennyezők, melyek bele vannak keverve vagy ágyazva (piritszerű kén, kő, agyag). A mechanikai berendezések vízlökésekkel vagy légáramlással rétegzik, majd eltávolítják a szennyeződéseket. A centrifugális erőt néha vízzel és levegővel is kombinálják, hogy elősegítsék a szén és szennyezőinek tökéletesebb elválasztását. Másik lehetőség a nehéz-szuszpenziós dúsítás, mely általában magnetitet (nagyon finomra őrölt vas-oxid szemcséket) tartalmazó nehézfolyadék oldatokat használ a szén és szennyeződéseinek különválasztására. A kis méretű szén flotációval is tisztítható. E technika eltér a többitől, mert kevésbé a gravitációra, inkább a kémiai szeparációra összpontosít [168, US EPA, 1997].

❖ **Füstgáz tisztítási technológiák a higany kibocsátás csökkentésére**

A legtöbb fém gőznyomása olyan alacsony a leválasztó berendezések működési hőmérsékletén, hogy könnyen kondenzálódnak a szemcsék felületére. A higany gőznyomása azonban olyan magas, hogy a porleválasztókkal csak változó hatásfokkal lehet összegyűjteni.

A kazánok higany kibocsátására ható legfontosabb tényezők a füstgáz térfogata, hőmérséklete, klórtartalma, a higany koncentrációja és a kibocsátott higany kémiai viselkedése. A kazánokból kibocsátott higany megjelenési formája minden üzemnél más és más. Az eltávolítási hatásfok a jelenlevő higany fajtától függ.

A higany kibocsátás csökkentését a füstgáz alacsony, kevesebb, mint 150 ºC-os hőmérséklete, egy hatékony higanyszorbens jelenléte és a szorbens összegyűjtésére való módszer alkalmazása segíti elő. Általában a szállópernye magas széntartalma megnöveli a szilárd részecskékre történő higanyszorpciót, melyet a későbbiekben a porleválasztó távolít el. Ha a füstgázban hidrogén-klorid (HCl) van jelen, higany-klorid jön létre, mely megkötődik a széntartalmú részecskék felületén. Ezzel ellentétesen hat a füstgázban levő kén-dioxid (SO_2), mely redukáló ágensként az oxidált higanyt elemi higannyá alakítja át, ami nehezebben összegyűjthető.

Az egyéb szennyeződések, savas gázok és szilárd részecskék leválasztására szolgáló technológiák higany-eltávolító teljesítménye változó, de általában 50%-nál alacsonyabb csökkentést érnek el (kivéve a nedves gáztisztítók nagy hatásfokú higany-klorid eltávolítása).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A német közművekben és városi szemétégetőkben a higany kibocsátás csökkentésére sikeresen alkalmaznak szénszűrő ágyakat. Egy szennyvíziszapot együttégető nagy tüzelőberendezésben a füstgázba aktív szenet fecskendeznek be, s így a higany legalább 85%-át távolítják el. Aktív szén további hozzáadására nő az eltávolításra váró részecskék mennyisége [168, US EPA, 1997].

(2) A FÉM KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSE PORLEVÁLASZTÓ RENDSZEREKBEN

A szilárd vagy folyékony tüzelőanyag eltüzeléséből származó füstgáz szilárd részecskéit elektrosztatikus leválasztókkal vagy szövetszűrőkkel távolítják el a tüzelőberendezésekben. Ezen rendszerek össz.hatásfoka >99,9%. Mindamellett az eltávolítási hatásfok általában alacsonyabb kisebb részecskeméret-tartományban, vagyis abban a tartományban, amelyben a fémek feldúsulnak.

A szövetszűrő és az elektrosztatikus porleválasztó eltávolítási hatásfoka hasonló (nagyobb, mint 99,9%), de míg a szövetszűrő jobban szabályozza a finom részecskéket, kevésbé érzékeny a részecsketerhelésre és a szállópernye jellemzőire. A leválasztás hatásfoka tovább növekedhet füstgáz-előkészítéssel, mely során a szűrőkkel ellenáramban kis mennyiségű adalékanyagot adagolnak a gázhoz.

Néhány elem addig maradhat gázfázisban, míg a füstgázokat megfelelően le nem hűtik, akkor azonban lekondenzálódnak. Addigra a füstgázok a szűrőhöz jutnak, lehűlnek olyannyira, hogy hasonlóképpen a hidegoldali elektrosztatikus porleválasztóhoz, valamennyi Hg is lekondenzálódik. Becslések szerint a szövetszűrővel felszerelt erőművek átlagos Hg eltávolítási hatásfoka kb. 40%, ami nagyban függ a tüzelőanyag tulajdonságaitól.

(3) A FÉM EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSE FÜSTGÁZ KÉNTELENÍTŐ RENDSZEREKBEN

A nedves tisztító füstgáz kéntelenítő rendszerek hatékonyan csökkentik bizonyos fémek kibocsátását. Ennek oka, hogy miközben a füstgáz áthalad az abszorberen, hőmérséklete 50–60 ºC-ra csökken, így több illékony fém lekondenzálódik a gőzfázisból, eltávolítható a füstgázból. A lekondenzált fém nagy részét a nedves füstgáz kéntelenítő rendszerből távozó szennyvízbe vezetik.

Különböző tanulmányok szerint a füstgázból a Hg 30–50%-os hatásfokkal távolítható el, míg az Se eltávolítási hatásfoka 60–75 %. Mindazonáltal néhány rendszerben a használt mész kiemelkedő forrása lehet az As-nak, a Cd-nak, az Pb-nak és a Zn-nek, így a füstgáz kéntelenítő áramlási irányában ezen elemek koncentrációja növekedhet. A tisztítóból származó emissziók függnek a speciális eljárástól és az üzemelési feltételektől.

Japánban, egy hulladékégetőműben 96,6%-os Hg eltávolítási hatásfokot értek el azzal, hogy a füstgázba nátrium-hipokloritot adagoltak, ami stabilizálja a füstgázban a Hg-t, így az a tisztítóvízben könnyebben felfogható, a szennyvízből redukcióval, desztillációval, kondenzációval és Hg-szeparációs eljárásokkal távolítható el.

A **porlasztva szárító rendszerek** Hg-eltávolítási hatásfoka 35–85% között ingadozik. Ezekben a rendszerekben a porlasztva szárító előtt egy porleválasztó rendszer van, mely nagy hatásfokkal tartja vissza a fémeket, így ezen elemek nagy részét (az illékony komponenseket is) még a füstgáz kéntelenítő egység előtt eltávolítják. A legnagyobb részecske eltávolítási hatásfokot (különös tekintettel a finom részecskékre) a porlasztva szárító rendszerek és az áramlásirányban elhelyezett szűrők együttes alkalmazásával érték el. Ezen rendszerektől várható el a legmagasabb fémeltávolítási hatásfok is. Azon üzemeknél, ahol a porlasztva

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

szárító gáztisztító előtt porleválasztó rendszereket helyeztek üzembe, a füstgáz kéntelenítő egységbe lépés előtt akár 70 % is lehetett a Hg-eltávolítási hatásfok.

A Hg-eltávolítás növelésére egy porlasztva szárító gáztisztító/elektrosztatikus porleválasztó rendszerben aktív szenes technológiát alkalmaztak az USA-ban. A vizsgálatok szerint a Hg-eltávolítás 27%-ról 78%-ra nő, ha a kimenő hőmérséklet 140 °C és 66%-ról 86%-ra változik 110 °C-os kimenő hőmérséklet mellett. Hasonlóképpen javult a porlasztva szárító gáztisztító/szűrő rendszerek Hg-eltávolítási hatásfoka is 69%-ról 91%-ra adalékanyagok hozzáadása nélkül és 95%-ra adalékanyagokkal. Ezen technikát napjainkban is alkalmazzák egy svájci szemétégető üzemben.

A Hg emisszió csökkenthető olymódon is, hogy egyéb füstgáz kéntelenítő rendszerekhez, pl. száraz befúvási rendszerekhez használunk adalékanyagokat. Az adalékanyag akár Sorbalit is lehet, mely kalcium-hirdoxidból és különböző szerves és szervetlen összetevőkből álló szorbens.

(4) A FÉM EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSE NO_X LEVÁLASZTÓ RENDSZEREKBEN

Az NO_X szegény égők az égetés során nem befolyásolják a fémek tulajdonságait. A fém emissziók növekedhetnek szelektív katalitikus tisztítási rendszerekben (SCR), mely a füstgázhoz adagolt vegyszereknek köszönhető. Mindazonáltal a legtöbb NO_x leválasztó rendszer nem növeli, de nem is csökkenti a fémek emisszióját..

(5) A FÉM EMISSZIÓ CSÖKKENTÉSE FÉM-ELTÁVOLÍTÁSRA TERVEZETT RENDSZEREKKEL

Némelyik rendszert kifejezetten arra terveztek, hogy szemétégetőkben csökkentsék bizonyos fémek (elsősorban Hg és egyéb toxikus fémek, mint pl. As, Cd és Pb) füstgázzal történő kibocsátását. Ezen rendszerekben szelénszűrők, aktív szénszűrők és különböző szorbensek vannak. Röviden bemutatjuk őket e fejezetben.

Különböző szorbensek, pl. szilicium-dioxid, bauxit (timföld), kaolinit, emathlit és mész füstgázból történő fémeltávolítási képességét vizsgálták. Részletes felsorolásuk és egyéb lehetséges szorbensek a [33, Ciemat, 2000] irodalomban találhatók meg, azonban fontos megjegyezni, hogy az eljárások némelyikét a nagy erőművek csak megszorításokkal alkalmazhatják az alacsony üzemelési hőmérséklet, az ártalmas mellékhatások és némelyik szorbens magas költsége miatt.

Az aktív szén vagy koksz szűrőrendszerekkel fémek, pl. Cd, Hg és Pb távolítható el a füstgázból. Információk a [33, Ciemat, 2000] irodalomban találhatók a barnaszén kokszszűrőkkel és a katalizátor rendszerekkel kapcsolatban is, melyek a savas gázok eltávolítása mellett adszorbeálják a fémes elemeket is. A vizsgálatokat egy olyan kísérleti üzemben végezték, melyet egy városi hulladékégetőhöz kapcsoltak. Az eredmények szerint barnaszén koksszal a füstgázakból az összes Hg-t sikerült eltávolítani.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a fémes Hg koncentrációja csökken, ha a füstgáz áramába aktív szenet adagolnak. A szűrő áramlásirányában beadagolt szén 40–60 ppm Hg-t gyűjt össze, mely a füstgázban levő Hg 13–20%-ának felel meg.

A Hg-gőz füstgázból történő eltávolítására **kénnel átitatott adszorbenst** vizsgálnak anyagoszlopban. A tapasztalatok szerint az aktív timföld és a zeolit kénnel történő impregnálása növeli az adszorpciós teljesítményt a nagyság sorrendjében. Bár a szorbenseknek magas Hg-adszorpciós kapacitása van, képtelenek az összes Hg-t eltávolítani

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(mivel a kimenő gázok szűrőn áthaladó koncentrációja már eleve nagyobb nullánál, még a gázáttörés kezdetén is). A füstgázakban nagyon alacsony Hg-koncentrációt lehet elérni olyan kénnel átitatott aktív timföld vagy zeolit adszorbens ágy használatával, melyet még egy második kénnel impregnált aktív szén adszorbens ágy is követ.

2.3.7 A SZÉN-MONOXID ÉS AZ ELÉGETLEN SZÉNHIDROGÉNEK KIBOCSÁTÁSÁT CSÖKKENTŐ TECHNIKÁK

Az elégetlen gázok, a szén-monoxid (CO) és a szénhidrogének (C_xH_y), kibocsátása csökkenthető égési technikák továbbfejlesztésével. A CO és a szénhidrogének kibocsátása a tökéletlen égés következménye, melyet a túl alacsony égési hőmérséklet; az égéstérben eltöltött túl rövid tartózkodás; vagy a tüzelőanyag és az égési levegő, helyi oxigén hiányhoz vezető, nem elégséges keverése okozhat.

A szén-monoxid a legfontosabb elégetlen gáz. Még magas hőmérsékleten is stabil vegyület, ha nincs jelen oxigén. Ezzel szemben a szénhidrogének magas hőmérsékleten, oxigénszegény körülmények között könnyen bomlanak és kormot képeznek. Általánosságban elmondható, hogy elégetlen szénhidrogén kibocsátás alacsony égéstér hőmérséklet és a tüzelőanyag és a levegő elégtelen keverése esetén történhet. Azonban ilyen körülmények ritkák a nagy modern kazánokban.

A CO kibocsátás általában 50 mg/Nm^3 alatt tartható, ha az égés jól szabályozott. A modern erőművek kazánjainak szénhidrogén kibocsátása elhanyagolható, jellemzően 5 mg/Nm^3 alatti. A gázturbinákból és a dugattyús motorokból származó speciális emissziókkal kapcsolatos technikák és ábrák az egyes tüzelőanyag specifikus fejezetekben (folyadék/gáz) találhatók meg.

Az elégetlen gázok kibocsátását számos paraméter határozza meg. Jellemzően, az elégetlen gázok kibocsátása akkor a legnagyobb, ha a gondok vannak a kazánban a tüzelőanyag/levegő arány irányításával, vagy ha a tüzelőanyag minőség nem homogén (ez a helyzet a hulladék és a biomassza esetében). Alacsony reakcióképességű és illékony tartalmú (antracit) szenek növelik az elégetlen gázok kibocsátását. A magasabb emissziók az alacsony égetési hőmérséklet következményei, mely alacsony fűtőértékű tüzelőanyag használatakor, részleges terhelésnél vagy az égő hibás működésekor lép fel.

Néhány, az NO_x kibocsátás csökkentésére irányuló intézkedés, mint a kisebb légfelesleggel való égés vagy a szakaszolt levegő bevezetés, az elégetlen gázok kibocsátásának növekedését okozhatja. Ezekben az esetekben a legfontosabb a hatékony levegő és tüzelőanyag megfelelő elkeveredésének biztosítása az égés rendszerben. Magasabb CO kibocsátást az SNCR módszerrel történő NO_x csökkentés is okozhat. A CO kibocsátás csökkenthető, ha a fluidágyas égésű kazánokban növeljük a mészkőtáplálást.

Az NO_x csökkentésének költségéhez hasonlóan, nem lehet ezen intézkedések költségét elkülöníteni a teljes beruházástól. Ha bármilyen probléma van az elégetlen gázokkal egy meglévő erőműben, az esetet külön kell felmérni és a lehetséges kiadásokat világosan megállapítani egy megvalósíthatósági értékelésben.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.8 A HALOGÉN KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

A légkörben lévő klór, bróm, jód természetes eredetű, forrása a tenger. A fulór kibocsátás fő forrásai az emberi tevékenységek, különösen az olyan ipari források, mint az alumíniumgyártás. Sok országban a fosszilis tüzelőanyagok égetése a legfőbb forrása a klór (mint HCl) és a fluor (mint HF) kibocsátásnak. A tüzelésből származó halogén-kibocsátás rendkívül oldékony savas gázok formájában történik, melyek hozzájárulnak a savas esők kialakulásához.

A halogének kibocsátása számos tényezőn múlik, a tüzelőanyagok halogéntartalmán, az égés körülményein (hőmérséklet, égéstérben töltött idő), és a különféle leválasztó technológiák használatán. Ezek, a például az SO_x kibocsátás leválasztása, pl. mészkő adagolása a kazánhoz és a füstgáz kéntelenítőhöz, a savas halogén gázok kibocsátásának csökkentésében különösen hatékonyak lehetnek. Forgó gáz hőcserélővel a HF kb. 50%-a kerüli meg a füstgáz kéntelenítő rendszert.

Ez az alfejezet a nagy tüzelőberendezésekben leggyakrabban telepített különféle leválasztó technológiák halogén eltávolító hatásfokát tárgyalja (pl. szilárdanyag és kéntartalom leválasztó berendezés).

(1) A HALOGÉN EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSE PORLEVÁLASZTÓ RENDSZEREKBEN

Nagyon kevés információ áll rendelkezésre az elektrosztatikus porleválasztók és a szövetszűrők halogén megtartásáról. Figyelembe véve azonban a gázok természetét, elnyelő hiányában valószínű, hogy nincs vagy nagyon kicsi a hatásuk. Szorbens, pl. mész égési zónába adagolása elősegítheti a halogének részecskéken vagy részecskékben való megfogását, amit megfoghat a szűrőrendszer. A kazánba való száraz szorbens fecskendezéssel a HCl csökkentés behatárolt, mivel magas hőmérsékleten az SO_2 kötődik a szorbens felületéhez.

(2) A HALOGÉN KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE FÜSTGÁZ KÉNTELENÍTŐ RENDSZEREKBEN

A nedves füstgáz kéntelenítő rendszerekben a füstgázokat egy előtisztítóban mossák, mely megállítja a klór felhalmozódását a füstgáz kéntelenítő abszorber cirkulációs hurokban. Az előtisztítóban a legtöbb szállópernyét és oldható gázt, pl. HCl-t és HF-ot eltávolítják, majd a kifolyó vizet a szennyvíztisztító üzembe vezetik.

A nedves füstgáz kéntelenítő rendszert alkalmazó tüzelőberendezésekben a halogén emissziók tényleges eltávolítási hatásfoka nagyon változékony. A klór (HCl) 87% és 97%, a fluor (HF) 43% és 97%, a bróm 85% és 96% míg a jód eltávolítási hatásfoka 41% és 97% között mozog.

A közművek és az ipari kazánok hagyományos száraz füstgáz kéntelenítő rendszere a porlasztva szárító. A füstgáz a porlasztott mészszappal vagy a nátrium-karbonát oldattal kerül kapcsolatba. A forró füstgázok megszárítják a cseppeket és kicsapják az oldott vegyületeket, melyeket aztán a portalanítófülke vagy az elektrosztatikus porleválasztó gyűjt össze a megmaradt kazán szállópernyével együtt. A szakirodalom [33, Ciemat, 2000] szerint a száraz füstgáz kéntelenítők klór és fluor eltávolítási hatásfoka egyenértékű a nedves füstgáz kéntelenítők hatásfokával.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) A HALOGÉN KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE NO_X LEVÁLASZTÓ RENDSZEREKBEN

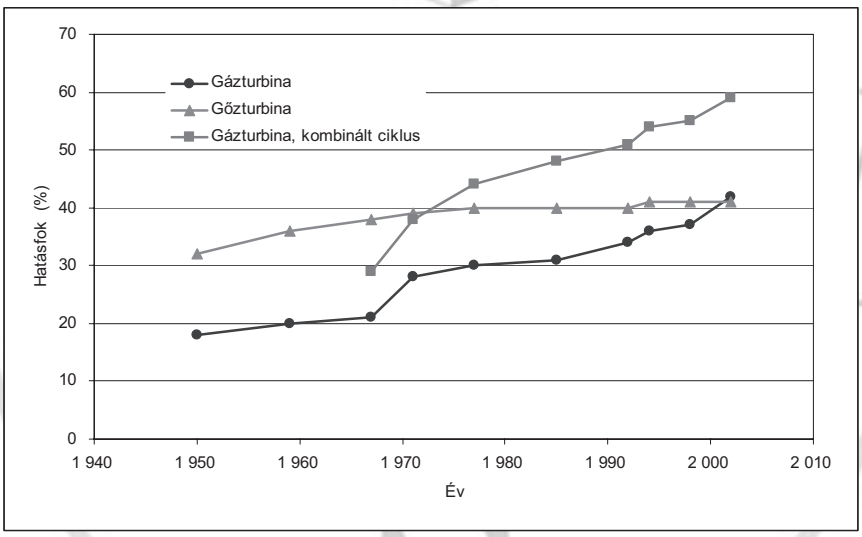
Az SCR és SNCR technológiákat a füstgáz NO_x tartalmának eltávolítására tervezték. Az SNCR-ben az NO_x csökkentésére használt ammónia reakcióba lép a szálló pernyében lévő HCl-dal és ammónium-klorid keletkezik. Feltételezhető, hogy elektrosztatikus porleválasztó vagy egyéb porleválasztó működése esetén az ammónia reakcióba léphet a füstgázban lévő HCl-dal, hatékonyan semlegesítve ezzel a HCl savasságát. Az ammónium-klorid jelenléte látható füstfáklyát eredményezhet.

2.3.9 ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZOK KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Számos módszer, eljárás és technika csökkenti a fosszilis tüzelőanyagot tüzelő berendezések üvegház hatású gázainak kibocsátását, különösen a CO_2 emisszióját. Ez az alfejezet rövid áttekintést nyújt a lehetséges intézkedésekről, kiemelve azokat, amelyek jelenleg alkalmazhatók a hagyományos erőműveknél. Két fő lehetőség van a nagy tüzelőberendezések üvegházhatású gáz kibocsátásának csökkentésére. Az első lehetőség a CO_2 kibocsátás megelőzése az égési folyamat, az energiafelhasználás és karbantartás hatékonyságának javításával. A második lehetőség, hogy a CO_2 kibocsátást füstgázleválasztással és ártalmatlanítással kontrolláljuk, ami még nagyon korai fejlesztési fázisban van, nagy tüzelőberendezésekben még nem alkalmazzák.

(1) A SZÉN-DIOXID EMISSZIÓK CSÖKKENTÉSE A TERMIKUS HATÁSFOK NÖVELÉSÉVEL

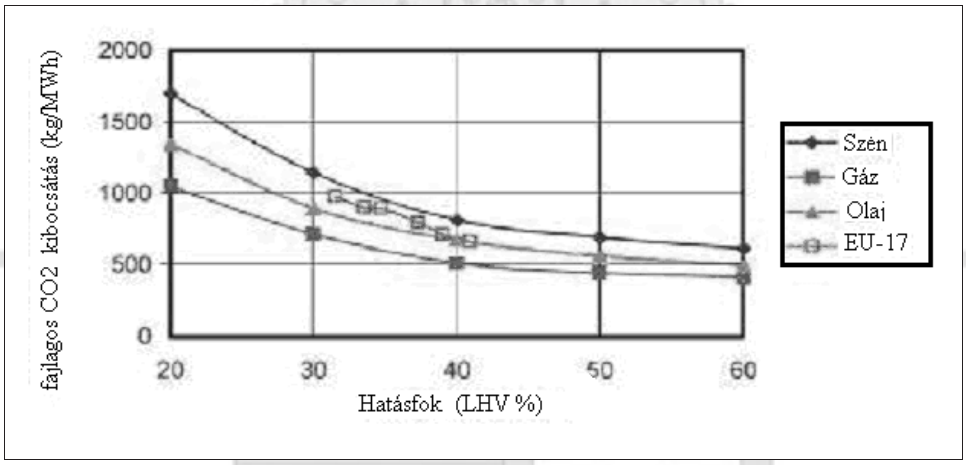
A tüzelőberendezések termikus hatásfokának növelését célzó technológiák fejlesztését gazdasági és környezeti okok indokolják, beleértve az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését. Tökéletesítik mind a hagyományos energiatermelő technológiákat, mind a fejlettebb újabb technológiákat, pl. a kombinált ciklusú gázturbinákat (CCGT). A technológiai fejlődés eredményeképpen, az energiatermelő technológiák hatásfoka folyamatos nő, mint az a 2.3.9-1. ábra alapján is látható.



2.3.9-1. ábra: Az energiatermelő technológiák hatásfokának növekedése az elmúlt 50 évben [105, Steen, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

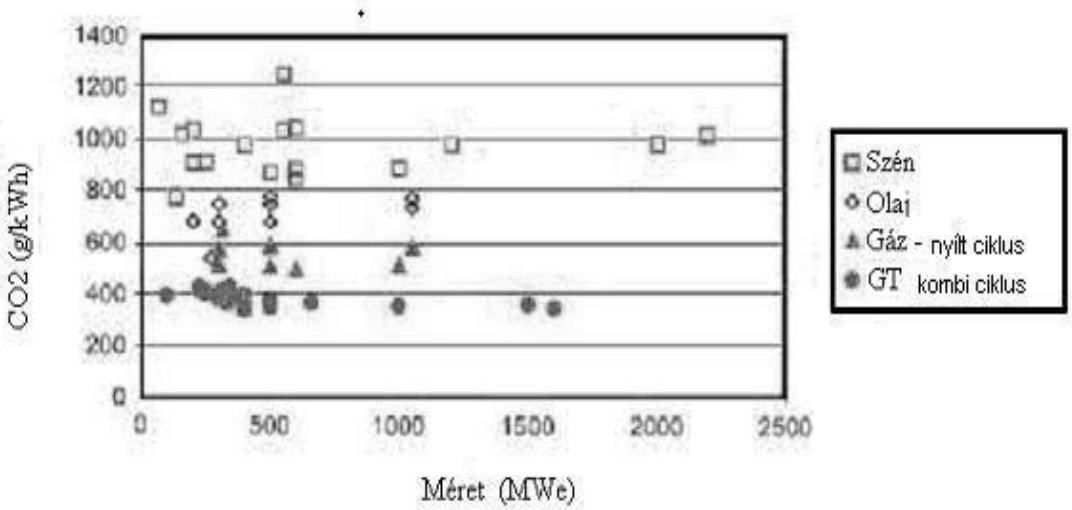
A 2.3.9-2. ábra az EU-17 (EU-15 + Norvégia és Svájc) hőerőművei teljes CO_2 kibocsátásának és hatásfokának trendjét mutatja be az 1970 és 1996 közötti időszakra vonatkozóan, kiegészítve a 2000-2010-ig szóló előrejelzésekkel, amit az utolsó két pont jelez. A különböző tüzelőanyagokhoz tartozó görbék mutatják a hatásfok növekedésével bekövetkező CO_2 kibocsátás csökkenést.



2.3.9-2. ábra: A CO_2 kibocsátás és a hatásfok összefüggése [105, Steen, 2001]

Gáztüzelésű erőmű esetében a hatásfok 40%-ról 41%-ra való növekedése 2,5%-al csökkenti a CO_2 kibocsátást. Egy 500 MW-os erőmű számára 85%-os terhelés mellett, ez 37 000 t/év CO_2 kibocsátás csökkenést jelent. [4]

A 2.3.9-3. ábra mutatja, hogy a CO_2 kibocsátás nem függ az erőmű méretétől.

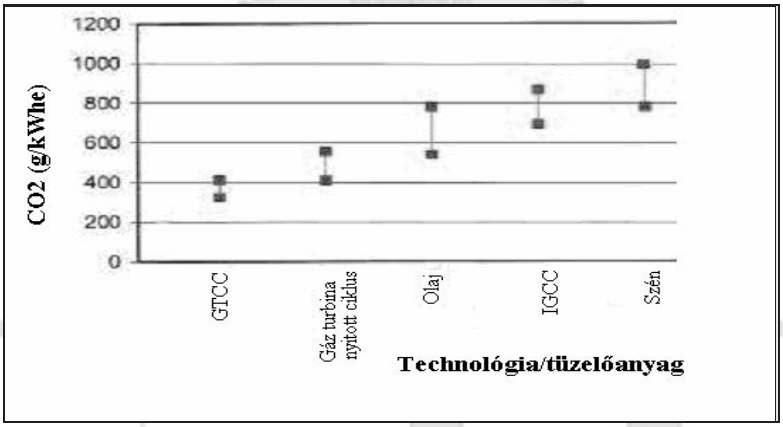


2.3.9-3. ábra: Fajlagos CO_2 kibocsátás és az üzemméret összefüggése [105, Steen, 2001]

[4] 500 MW x (0.85 x 365 x 24h/év) x 400 kg/MWh x 2.5 % = 3.7 10^7 kg/év.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A jelenlegi teljesítmény bemutatására a 2.3.9-4. ábra rangsorolja a különböző energiatermelő technológiákat a fajlagos CO_2 kibocsátásuk szerint. Minden egyes technikához két pont tartozik, az irodalomban megállapított maximális és a minimális értékek [105, Steen, 2001].



2.3.9-4. ábra: A jelenlegi technológiák fajlagos CO_2 kibocsátása [105, Steen, 2001]

A villamosenergia és hőtermelés hatásfokának növelését szolgálja a turbinák, szivattyúk és füstgáztisztító rendszerek működésének optimalizálása, a kondenzátor nyomáscsökkentése, a tápvíz előmelegítő rendszer optimalizálása, a hulladékhő hasznosítása és a szuperkritikus gőzciklus állapotának kiaknázása.

A még nagyobb hatásfokra való törekvés és az energiatermelés környezeti hatása iránti növekvő aggodalom számos új technológiához vezetett, pl. integrált gáz kombinált ciklusú erőmű és a nyomás alatti porszéntüzelésű technológia. Ezek a technológiák a jelenlegi technológiáknál jóval nagyobb hatásfokot tudnak elérni és lényegesen alacsonyabb kibocsátásuk van, de még csak kísérleti fázisban vannak.

A kapcsolt hő- és villamosenergia (CHP) együttes, ún. kogenerációs előállítása egy újabb lehetőség a hatásfok növelésére. Kapcsolt energiatermelést végző erőművekkel az energiafogyasztás akár 50%-kal is csökkenthető azokhoz az üzemekhez képest, melyekben külön-külön termelik a villamosenergiát és a hőt. A kapcsolt erőművek lehetnek több száz MW kapacitású nagy tüzelőberendezések, de kisebb kereskedelmi, intézményi vagy mezőgazdasági létesítmények is. Ezen technológia ésszerű és költséghatékony használata akkor valósítható meg, ha a hőt át lehet adni távfűtésre vagy egy közeli ipari üzemnek [32,Rentz, et al.,1999].

(2) A SZÉN-DIOXID ELTÁVOLÍTÁSA A FÜSTGÁZOKBÓL

A jelenlegi technológiát véve alapul, a legfontosabb intézkedések az egységnyi energiánként kibocsátott üvegházhatású gázok mennyiségének csökkentésére az energia termelő folyamatok termikus hatásfokának javítása. A hatásfok növelését számos tényező korlátozza, így megnövekedett hatásfok mellett is szignifikáns mennyiségű CO_2 kerül kibocsátásra. A CO_2 emisszió további csökkentésére különböző műszaki lehetőségek állnak jelenleg is fejlesztés vagy kutatás alatt. Ezek a CO_2 megkötésére és ártalmatlanítására irányuló műszaki lehetőségek még nem alkalmazottak a nagy tüzelőberendezések esetében, de a jövőben elérhetővé válhatnak. A jelenlegi technikai lehetőségeket részletesen az IEA (International Energy Agency -Nemzetközi Energia Ügynökség) [41, IEA, 1992] mutatja be.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.10 A VÍZBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Ebben a fejezetben a nagy tüzelőberendezések működése során keletkező különféle vízáramokat valamint a bennük lévő szennyező anyagok koncentrációjának csökkentésére alkalmazott vízkezelési technikákat mutatjuk be.

A nagy tüzelőberendezések működéséből származó technológiai hulladékvizek és szennyvizek mennyisége, összetétele több tényező függvénye:

- a tüzelőanyag fajtája és összetétele
- a tüzelőanyag és a vegyszerek tárolási lehetőségeinek jellege
- a tüzelőanyag előkészítésének módja
- a tüzelési folyamatok jellege
- a hűtőrendszer fajtája
- a kazánvízhez és a hűtővízhez használt vegyszerek fajtái
- a rendelkezésre álló nyersvíz összetétele
- a vízkezelő rendszerek fajtája
- a füstgázkezelő rendszerek fajtája
- az égési melléktermékek természete (szállópernye, nedves hamu, füstgáz-kéntelenítőből származó gipsz, stb.) illetve
- elhelyezési lehetőségek (eltávolítás, eladás).

A hulladék és szennyvizek folyamatosan vagy szakaszosan keletkeznek, áramlási sebességük nagyon ingadozó.

A szennyvizekben lévő főbb szennyező anyagok az alábbiak lehetnek:

- szilárd anyagok (pl. szuszpendált szilárd részek)
- folyékony anyagok (pl. olajak, olaj-víz emulziók)
- vízben oldódó anyagok (szerves, szervetlen).

A kibocsátások a különböző erőművi eljárásokban keletkező

- technológiai hulladékvizekből,
- szennyvizekből,
- az összegyűjtött csapadékvizekből és
- a kommunális szennyvizekből tevődnek össze.

(1) TECHNOLÓGIAI HULLADÉKVIZEK ÉS SZENNYVIZEK

- Vízkezelő üzemekből származó technológiai vizek
- A hűtőrendszerből származó technológiai vizek
- A gőztermelő eljárás egyéb eredetű hulladékvizei
- A füstgáztisztító rendszerekből származó szennyvíz

A különböző összetételű és minőségű (szennyezőanyag és koncentráció) vízáramokat általában külön csatornákban gyűjtik össze, ahonnan más-más szennyvíztisztító üzembe jutnak, a kommunális szennyvíz a biológiai szennyvízkezelőbe, a technológiai szennyvizek és a szennyeződött elfolyó csapadékvizek az ipari szennyvíztisztítóba kerülnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A vízkezelő üzemekből származó technológiai vizek**

A nagy tüzelőberendezések működéséhez szükséges technológiai vizeket felhasználás előtt előkezelik. Az előkezelés derítés, lágyítás és sótalanítás. Az előkezelések során a következő technológiai vizek keletkeznek:

A derítő-ülepítő üzemből:

- a szalagszűrő mosóvize (felszíni víztisztítás)
- iszapfogó szűrletvize (vegyi anyagok nélkül)
- iszapfogó szűrletvize (flokkulálás és kicsapatás után)
- homokszűrő visszamosó vize

A vízlágyító üzem különböző területeiről származó technológiai vizeket általában visszavezetik a folyamatba.

A lágyító és sótalanító üzemből:

- többrétegű szűrő visszamosó vize
- ioncserélő gyanták regenerálásakor keletkező víz

A vízlágyító üzem különböző területeiről származó technológiai vizeket általában visszavezetik a folyamatba.

❖ **A hűtőrendszerből származó technológiai vizek**

Ez elsősorban a nedves hűtőtorony leiszapolásából és a hűtőtorony medencéjének időnkénti víztelenítéséből származik. Az egyszer átfolyó hűtőrendszerekben figyelni kell a bemenő szűrő tisztítására, a keletkező hűtővíz kilépő hőmérsékletére illetve a biocidek és egyéb adalékanyagok koncentrációjára.

A hűtőrendszerekből – beleértve az erőművi hűtőrendszereket is – származó kibocsátásokkal az Ipari Hűtőrendszerek BREF foglalkozik részletesen, e kérdéskör ezen nagy tüzelőberendezés BREF-nek nem tárgya.

❖ **A gőztermelő eljárás egyéb eredetű technológiai vizei**

- a kazándob leiszapolásakor keletkező víz
- vízgőz rendszer leürítésből származó víz
- központi fűtőrendszer leürítésekor keletkező víz
- a kondenzátum tisztító üzem regenerálási elfolyó vizei
- a hamu illetve salakkezelő és -eltávolító rendszer elfolyó vize
- vegyszeres kazántisztítás elfolyó vizei
- a kazán vizes karbantartásának elfolyó vize
- a kazán hőcserélő felületek tisztításához használt víz
- laboratóriumi szennyvíz és mintavételből származó szennyvíz
- olajos vizek (a napi tartályok és a tüzelőolaj tároló helyének víztelenítése, a nehéz fűtőolaj és/vagy dízelolaj kezelési rendszeréből származó víz, turbina vagy dízel gépcsarnokok, transzformátorok területe, stb.)

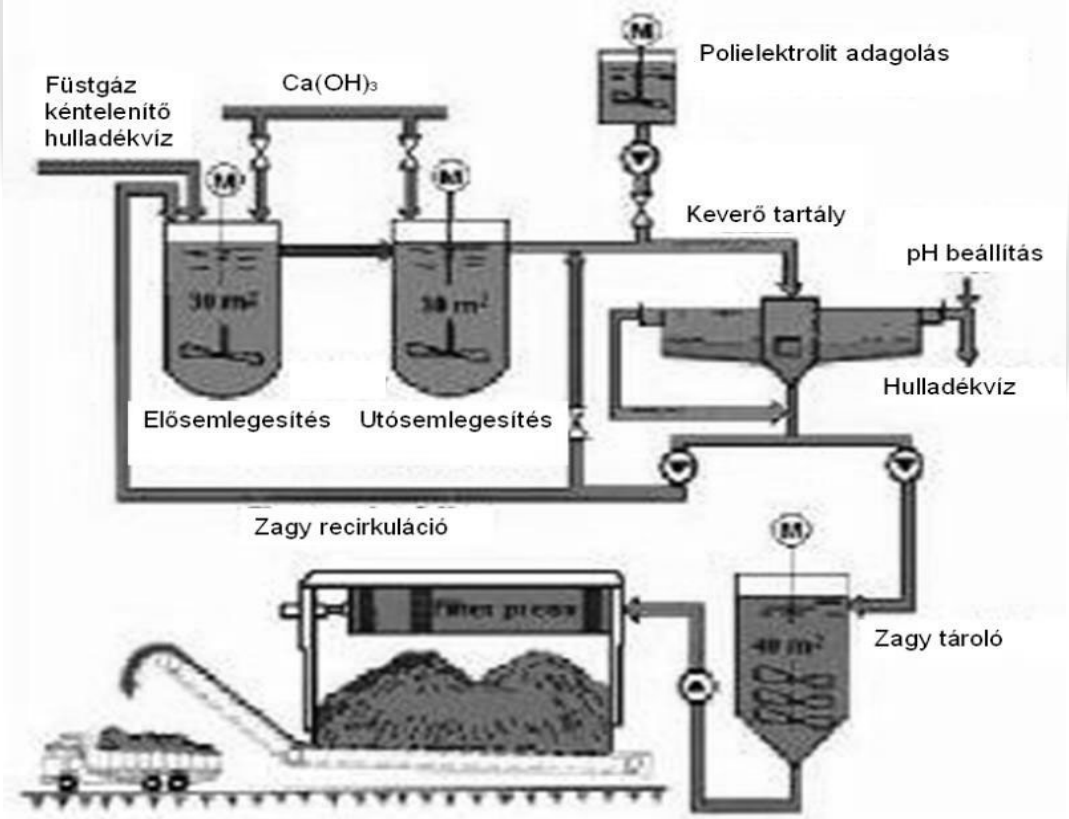
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A füstgáztisztító rendszerekből származó szennyvíz

Minden nedves füstgáztisztítási eljárásban keletkezik technológiai szennyvíz, ami a felhasznált tüzelőanyagok és a felhasznált egyéb anyagok következtében különféle szennyező anyagokat tartalmaz.

A füstgáz kéntelenítésére használt nedves mészköves füstgáztisztító alkalmazása esetén az erőműben keletkező szennyvizek legfőbb forrása a füstgáztisztítási technológia. A füstgáz kéntelenítő szennyvizének pH értékét növelni kell annak érdekében, hogy a nehézfémek kicsapódhassanak. Ezt általában mésztej vagy nátronlúg segítségével érik el, melynek eredményeképpen fém-hidroxidok jönnek létre. Flokkuláló szer hozzáadásával (vas (III)-klorid) pelyhesedés jön létre. Koagulálószer hozzáadására (polielektrolit) a különálló pelyhek agglomerálódnak, nagyobb pelyhek keletkeznek. Az iszapot előülepítik, víztelenítik és lerakják vagy salakcsapolásos (slag tap) tüzelés esetén elégetik. A „híg" iszap egy részét visszavezetik a flokkuláló fázisba, ahol az iszapszemcsék, mint kezdetleges kristálygócok elősegítik a még gyorsabb flokkulációt. Az előülepítésből származó kezelt vizet további ülepítésre egy terelőlapátos sűrítőkádba vezetik, ahol a szuszpendált mikro-részecskék a ferde terelőlapátokra rakódnak. A lapátokról leeső iszap a terelőlapátos sűrítőkád legalacsonyabb pontján gyűlik össze, ahonnan visszaforgatható. A határértékre megtisztított szennyvíz a terelőlapátos sűrítőkád túlfolyóján keresztül jut a csatornába. A pH érték nem lépheti túl a 6–9 tartományt, különben a vizet semlegesíteni kell. Ha ammónia is van a szennyvízben, akkor a vizet egy ammónia sztripperre kell vezetni, csak aztán juttatható a csatornába.

A 2.3.10-1. ábra nedves füstgáz-kéntelenítő szennyvízkezelését mutatja be:



2.3.10-1. ábra: FGD szennyvízkezelő üzem [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az ábrán bemutatott esetben a füstgáz kéntelenítő szennyvizét egy keverőedényben mésziszap segítségével elő-semlegesítik. A pH a második reaktorba adagolt mésziszap hatására tovább nő. A nehézfém-hidroxidok flokkulációja és ülepítése a kör alakú sűrítő reaktormedencében történik. A hidroxid szemcsék közötti taszítás elkerülésére és az ülepítés gyorsítására polielektrolit oldatot adagolnak a sűrítő reaktormedencébe.

A kör alakú sűrítő reaktormedence felső csendes részéből a 6–9 pH-jú kezelt víz visszajuttatható a fő vízáramhoz. Ha a pH értéke 9 fölé emelkedik, akkor sav, pl. sósav hozzáadásával kell azt korrigálni. A sűrítő medencéből az iszap egy részét kontaktiszapként az első keverőedénybe visszajuttatják, hogy segítse a flokkulációt. Az iszap katalizátorként viselkedik a hidroxidok ülepedésénél. A keverőedényből származó iszap nagy részét ideiglenesen egy iszaptartályban tárolják, szűrőprésben víztelenítik majd az eltávolításig tartályban tárolják.

A hulladékok együttégetése esetén néhány esetben magas a szennyvíz Hg tartalma. Ebben az esetben a mészpép után még szerves szulfidot is adagolnak a rendszerhez, mely szulfidként csapatja ki a nehézfémeket, ami sokkal hatásosabb, mint a hidroxidok használata. Hátránya, hogy a nehézfém-szulfidokat (nagy mennyiségben) el kell távolítani, mert ezen maradékok együttégetése során a kénből kén-dioxid lesz és a Hg is újra megjelenik.

(2) EGYÉB SZENNYVIZEK

Az épületek tetejéről, burkolt felületekről és tüzelőanyag tárolókról (pl. széntároló tér) lefolyó csapadékvizek szennyeződhetnek, ha különféle anyagok, pl. tüzelőanyag tárolásból vagy felszíni lerakódásból származó por (szén részecskék) vagy olajok mosódnak be a csatornarendszerbe. A csapadékvíz elszennyeződése a tüzelőanyag és egyéb nyersanyagok megfelelő tárolási gyakorlatával, gondos üzemeltetéssel illetve az üzem tisztántartásával megakadályozható vagy minimalizálható. Az összegyűjtött csapadékvizek ülepítés vagy kémiai kezelés után újrahasznosíthatók a termelési folyamatban, pl. víz permetezésével a por keletkezése megakadályozható a szilárd tüzelőanyag tárolóhelyén.

A tüzelőberendezéseknél számos egyéb eredetű szennyvíz is van. Pl.: a tüzelőanyagot és egyéb nyersanyagokat szállító teherautók tisztító állomásáról származó vizek, általános tevékenységekből, pl. berendezések, padló tisztításából származó vizek, stb. Ezen elfolyó vizeket összegyűjtik és kezelik.

(3) KOMMUNÁLIS SZENNYVÍZ

A kommunális szennyvíz a mosdókból és éttermekből származik, jellemzően magas szervesanyag tartalmú. Az általánosan kibocsátott mennyiség 75 liter/fő/nap.

A kommunális szennyvizek a kommunális csatornahálózatba vagy pedig egy eleveniszapos biológiai tisztítóba kerülhetnek bevezetésre. Alacsony létszámú üzemekben egy külön tartályban is gyűjthetik, ahonnan engedéllyel rendelkező vállalkozó szállítja el.

(4) SZENNYVÍZKEZELÉSI TECHNIKÁK

A legalkalmasabb szennyvíztisztítási eljárást a szennyvizek fajtája, a szennyező anyagok koncentrációja, a különböző forrásból származó várható mennyiségek és, az átfolyó szennyvíz áramok határozzák meg, ezek alapján választható meg a legalkalmasabb szennyvíztisztítási eljárás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A környezetbe történő kibocsátás előtt a szennyvízből el kell távolítani a szennyezőanyagokat, mely a következő fizikai, kémiai és biokémiai folyamatok megfelelő kombinációjával valósítható meg:

- szűrés
- pH módosítás/ közömbösítés
- koagulálás, flokkulálás, kicsapatás
- ülepítés/szűrés/flotálás
- oldott szénhidrogén kezelés
- olaj-víz elválasztási rendszerek
- biológiai tisztítás

A megfelelő tisztítási technika kiválasztása a szennyvíz mennyiségétől és főbb minőségi jellemzőktől valamint a kezelt kifolyó vizet befogadó víz minőségi követelményeitől függ.

Ha a szilárd tüzelőanyagokat égető nagy tüzelőberendezésekből kifolyó víz nagy mennyiségű lebegőanyagot tartalmaz (hamukezelési és eltávolítási rendszer, salak kivonó és eltávolító rendszer, kazán- és levegő előmelegítő mosás, nyitott tüzelőanyag tároló területek, stb.), általában elsődleges ülepítéssel távolítják el a nehezebb lebegőanyagot. Ezt követi a flokkuláció, koagulálószer és szerves polimer hozzáadásával pH beállítás mellett a végső ülepítés és a szennyvíziszap eltávolítása.

A savas vagy lúgos kifolyó vizeket (pl. ioncserélők elfolyó regenerátuma, kazántisztítás vegyszerei, kazán kifúvatás, stb.) közömbösíteni kell kibocsátás előtt. A tüzelőolaj-kezelő rendszerekből, az olajtároló tartályok víztelenítése során elfolyó olajos vizekből, lefejtő állomások, transzformátorok területéről származó olajos vizek nagy mennyiségű olajat tartalmazhatnak, amelyek újrahasznosíthatók, ezért szükség van elsődleges olajszeparációra, mellyel a fent említett olajokat olajvisszatartó terelőlemezekkel felszerelt fajsúly szerinti leválasztó medencében gyűjtik össze.

Azokat a szennyvizeket, melyek még mindig tartalmaznak kis mennyiségű olajat olaj/víz emulzió formájában, olajlefölözővel ellátott lamellás leválasztókban kezelik, vagy veszélyes hulladékként arra feljogosított céggel szállíttatják el.

A speciális szennyvizeket (pl. a laboratóriumi elemzéshez használt szénhidrogéneket és egyéb vegyszereket tartalmazó vizet) elkülönítve gyűjtik és engedéllyel rendelkező vállalkozónak adják át.

A nagy tüzelőberendezésből elfolyó szennyvizek önálló áramonként vagy kombinált kezelési technológiát alkalmazva is kezelhetők.

A víz- és a szennyvízkezelés kérdése nagyon fontos a nagy tüzelőberendezéseknél. A különböző közbenső elvezetések visszaforgatásának optimalizálásával jelentősen csökkenthető az összes vízfogyasztás és a kezelésre szoruló, kibocsátásra kerülő víz mennyisége is kevesebb lesz. A füstgáz kéntelenítő üzem különböző kilépési pontjainál össze lehet gyűjteni a szennyvizeket és vissza lehet juttatni a gáztisztítási folyamatba, aminek következtében gyakorlatilag a füstgáz kéntelenítőnek nem lesz kibocsátása. A különféle szennyvizek szállópernye nedvesítésre is használhatók, kiváltva ezzel kezelt vagy nyersvíz felhasználást.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.11 A TALAJTERHELÉS CSÖKKENTÉSE

A talaj terhelésének csökkentését és az erőforrások megőrzését szolgálják mindazon megoldások, melyek a maradékok és melléktermékek hasznosításával foglalkoznak, hisz ezáltal csökken a lerakókba kerülő hulladékok mennyisége, s így a lerakóhely igény csökken.

A nagy tüzelőberendezésből származó iszapok származhatnak víztisztításból vagy szennyvíztisztításból, a hulladékok és a melléktermékek füstgáz-kéntelenítésből és füstgáz porleválasztásból.

A füstgáz kéntelenítő hulladékvíz kezeléséből származó iszap a füstgáz kéntelenítőben, mint reakciós közeg újra felhasználható a kalcium tartalma miatt. Ezek, mint adalékanyagok a szén tüzelő berendezésekben is felhasználhatók a hamu olvadási tulajdonságának feljavítására. Ezen iszapok nagy része tartalmaz gipszet, ezért egy részüket a gipszipar illetve cementkötés-lassítóként a cementipar is hasznosíthatja.

A nyersvizek kezeléséből származó iszapot, pl. a felszíni vizet szénmentesítik, ami magas kalcium-karbonát tartalmat eredményez (pl. 30% vagy több). Amellett, hogy a fent említett módon szerepet játszanak a füstgáz kéntelenítésében és adalékanyagként használhatóak szén tüzelésű kazánnál vagy olyan területeken, ahol kalcium hozzáadás szükséges, az iszapok hasznosak lehetnek kalcium műtrágyaként és mezőgazdasági talajjavítóként is.

A füstgáz kéntelenítéséből származó maradékok és melléktermékek, mint pl. a gipsz és az ammónium-szulfátok, kalciumot és ként tartalmaznak, melyeket – megfelelő engedélyek birtokában – többek között műtrágyázásra és mezőgazdasági talajjavításra használhatnak. A kéntelenítésből származó maradékok csupán 0,1%-át használják napjainkban műtrágyaként. A talajjavítóként történő használatot gátolja ezen maradékok nehézfém tartalma (pl. Cd, Hg). A száraz porlasztószárító maradékait az EU-ban föld alatti feltöltésekhez használják, pl. föld alatti bányák stabilizálásához. Egyéb kéntelenítő termékeket, mint pl. kenet vagy kénsavat csak kis mennyiségben gyártanak, és azokat kizárólagosan a vegyipar használja fel.

A szilárd tüzelőanyagok elégetése során keletkező maradékanyagok és melléktermékek jellemzően hamuk, mint a kazánsalak a nedves salak tölcséres kazánból, fenékhamu a száraz salak tölcséres kazánból és a füstgáz poreltávolításából származó szállópernye.. A szén hamujának felhasználásával ásványi anyagok és ipari termékek helyettesíthetők, megtakarítva ezzel a nyersanyagok kibányászását, miközben megőrizzük és tartósítjuk a természeti erőforrásokat, csökkentjük az energiafogyasztást és a szén-monoxid kibocsátását is (oly mértékben, hogy 1 tonna szállópernyével helyettesítve a cementet kb. 1 tonna CO_2-t takarítunk meg).

A jó szivárgási tulajdonságai folytán a kazánsalak kb. 60 %-a használható útépítéshez és egyéb felület-megmunkálási munkálatokhoz. A szállópernye kb. 70 %-át cement-, beton- vagy betontermékek gyártásához használják. Habarcshoz, téglákhoz, falazó elemekhez, útburkoláshoz és bányavakolatokhoz is felhasználható. A lignittüzelésű erőművekből származó hamuk füstgáz kéntelenítő üzemekből eredő szennyvízzel keverve általában lúgozásmentes stabilizátorként használhatók kimerült külszíni fejtések feltöltésére. A hamu egy része rekultivációhoz és felszíni takaráshoz használható fel. Bizonyos minőségű lignit szállópernye a betoniparban is alkalmazható.

A füstgázok és szennyvizek tisztításából visszamaradt iszapok és maradékanyagok nem hasznosítható részét a környezetvédelmi előírásoknak megfelelő módon, hulladéklerakóban kell elhelyezni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.12 ZAJKIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉRE IRÁNYULÓ INTÉZKEDÉSEK

(1) ALAPVETŐ LEHETŐSÉGEK

A zajcsökkentés alapvető lehetőségei a forrás módosítása, a zajt továbbító út megváltoztatása vagy a befogadót érintő változtatások végrehajtása. A végrehajtandó első lépés minden zajfelmérés esetében a zaj elsődleges forrásának és útvonalának azonosítása. Olyan egyszerű kísérletek, mint a gépek kikapcsolása, gyakran hatásos a zajproblémák domináns okának meghatározásakor. Ha az egyéni fülvédő és a beburkolás nem kielégítő, a zajszint csökkentésének hatásos módszere a forrás és a vevő közti távolság növelése, mivel a forrástól való távolság növekedésével csökken a zaj. A zajos berendezések és az egész erőmű elhelyezkedésének optimalizálása, valószínűleg a leginkább költséghatékony módja a zaj problémák elkerülésének.

A zajhatás orvoslásának legegyszerűbb módja a zajkeltő forrás kialakításának módosítása. Másik lehetőség a zajforrás beburkolása. Gyakran alkalmaznak akusztikus gátakat a hang útjának megváltoztatására, növelve a hanghullámok által a forrás és a vevő közt megteendő távolságot. A zajelnyelő anyagok használata – különösképp a falakon és a mennyezeten – hatékony módja az épületen belüli visszaverődés vagy többszörös visszaverődés csökkentésének. Ha a terem belső felületei teljesen visszaverők, elviekben a hang a végtelenségig terjed. Ez az oka annak, miért szabályozzák a környezeti zajszinteket, néhány esetben, az épületen belül elhelyezett zajelnyelő anyaggal. Berendezés-specifikus módszer a zaj csökkentésére a hangtompító használata, melyeket jellegzetesen csatornákban és csővezetékekben alkalmaznak.

Néhány általános zajcsökkentési technika:

- zajvédő fal használata a zajforrás elfedéséhez
- a zajos üzem vagy alkatrészek beburkolása hangelnyelő anyagokkal
- rezgésmentes tartó és összekötő elemek használata a berendezéseknél
- a zajkibocsátó berendezések irányának, helyének és a zaj gyakoriságának megváltoztatása

(2) SZERKEZETI ZAJOK

Az olyan forgógépek, mint a turbinák, generátorok, szivattyúk, kompresszorok és elektromos motorok a vibráció és zaj fő forrásai az erőművekben. A zajt gyakran a gépek vibrációja kelti, ami szerkezeti zajokat kelt. A szerkezeti zajok terjedését hatékonyan korlátozzák a gépalapnál alkalmazott rezgéscsillapítók. A csillapítás elve, hogy a szigetelőn nyugvó rendszer természetes frekvenciája sokkal alacsonyabb, mint a gép elsődleges működési frekvenciája. Az elszigetelt rendszer tehetetlenségi hatással egyenlíti ki a gerjesztési erőt. Minél nagyobb a szigetelő tömege, annál kisebb a rendszer rezgése, de a szigetelő minden esetben számottevően csökkenti a környező szerkezetekbe jutó rezgést. Ha a gép elszigetelt talapzaton áll, a gépezetből kijövő illesztéseknek rugalmasnak kell lenniük. Ez hatékonyan meggátolja a szerkezet keltette zajok csatornákba és csővezetékezésbe való terjedését. A nagy gépek talapzatát tartó szigetelők általában spirális acélrugók. Gumielemeket és harangokat is gyakran alkalmaznak szigetelési célokra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) CSŐ ÉS VEZETÉK ZAJOK

Ezeket a rendszereket úgy kell tervezni, hogy a folyadék egyenletesen tudjon áramolni . A hirtelen geometriai változások növelik a zajt, ami erőteljesen függ az áramlási sebességtől, így bizonyos esetekben a zajcsökkentés leghatékonyabb módszere a folyadék sebességének csökkentése. Ennek egyik gyakorlati megvalósítása a csővezetékezés rugalmas belső csillapított támasztékokkal történő ellátása. A nagy görbületi sugár alkalmazása is hasznos lehet. A csővezetékezési zajok két jellemző típusa a széles frekvenciatartományú zajok valamint az egyes, különálló frekvenciákon koncentrálódó zajok. A szivattyúk, ventilátorok és kompresszorok futási frekvencián és lapátfrekvencián generálnak zajt. Ez utóbbi a munkakerék körüli lapátok számától függ. E frekvenciák megváltoztathatók pl. a forgórész tömeg kiegyensúlyozásával. Szelepekben a szélessávú zaj általában a nyomáscsökkenéshez kapcsolódik, a keletkező zaj csökkenthető, ha a nyomásesést szakaszosan valósítjuk meg. A hangtompítók és zajszigetelők alkalmazása, a csövek falvastagságának növelése, a csövek elnyelő vagy szigetelőanyaggal történő bélelése mind jól ismert megoldások a már meglévő erőművek zajproblémáinak megoldására.

(4) HANGTOMPÍTÓK

Különböző típusú hangtompítók vannak. A lefúvató vezetékek és a biztonsági szelepek zajcsökkentésére a "trottling elv" szerint használják a hangtompítókat. A hangelnyelő hangtompítók a széles frekvenciasávú zaj csökkentésére alkalmasak. Tipikus példa erre egy bélelt csővezeték, ahol a hangtompító párhuzamos bélelt lemezekből vagy bélelt nyomáskamrából áll. A reaktív hangtompítók főként a hangtompító geometriáján alapulnak, csak bizonyos frekvencián, vagy egy szűk frekvenciatartományon túl hatékonyak Az egyszerű expanziós kamra vagy az üregrezonátor a reaktív hangtompítók tipikus példái. Az üregben lévő levegő egy spirált formáz, amely a levegőáramot az üreg nyaka felé áramoltatja. A levegőáram olyan tömegként viselkedik, ami alacsony frekvenciájú hangoló hatást idéz elő nagyon behatárolt frekvenciasávban. Az ipari hangtompítók általában az abszorpciós és a reaktív típusok kombinációi.

(5) GÉPZAJ

A gépek működése közben az elméleti optimumhoz képesti kicsi eltérések is zajt generálhatnak. Pl. a rossz beállítás, a tömeg kiegyensúlyozatlansága vagy a forgórész excentrikussága, melyek mindig jelen vannak bizonyos mértékben. Így a zaj szokatlan növekedése, a mechanikai meghibásodás első tünete lehet Ezekben az esetekben a zajprobléma megoldása a gép hatásfokát is növelheti. Villamos motorokban vagy generátorokban a forgórész körüli excentrikus vagy asszimetrikus levegő búra a mágneses erő ingadozását okozza és ezzel zajt kelt. A légbeszívás és kibocsátás zaja hangtompítókkal csökkenthető. Számos esetben a zaj a teljes burkolatra átterjedhet és a gép vagy a csatlakozási változtatásával nehéz módosítani. Ilyenkor a megoldás vagy a gép elnyelő vagy szigetelő anyaggal való kibélelése vagy különálló burkolatok alkalmazása lehet.

(6) KÖVETKEZTETÉSEK

A nagy tüzelőberendezésekben a legfőbb zajforrások a különféle forgó gépek, transzformátorok és szelepek. A nagy tüzelőberendezések zajproblémája általában műszakilag

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

megoldható. Mivel távolság megnövelése a forrástól csökkenti a zajt, a területhasználat tervezése mind közösségi szinten mind egy adott ipari helyen belül valószínűleg a legjobb preventív intézkedés a zaj problémák elkerülése érdekében. Az épületen belül ugyanez az elv érvényesül, vagyis megfelelő térbeosztással el kell különíteni a munkaterületet a zajos berendezésektől. A hatóságok támogatásával a gépgyártók általános célja manapság a berendezések által keltett zaj csökkentése.

Az erőművi zajkibocsátás csökkentése főként a következőkön alapszik:

- akusztikus burkolatok használata
- a géptermi ajtók megfelelő tájolása
- az épület beburkolásánál a szerkezet zajszigetelő hatás szerinti kiválasztása
- hangtompítók használata a bemeneti és kimeneti csatornákon
- hangelnyelő anyagok használata a falakon és a mennyezeten
- rezgéscsillapítók és rugalmas összeköttetések használata
- a csővezetékekben a nyomás ingadozás minimalizálása.

Manapság a zaj az érdeklődés középpontjába került, ami komoly zajszabályozásokhoz vezetett. Napjainkban, a megengedett zajszint olyan tényező, amit az erőmű beruházás fő döntéseinél figyelembe kell venni.

2.3.13 HŰTÉSI TECHNIKÁK

A nagy tüzelőberendezések működését a „Carnot”-elv irányítja. A hőforrás, pl. a kazán, biztosítja a víz gőzzé alakításához szükséges energiát. A hideg forrás, pl. a kondenzátor kondenzálja le az alacsony nyomású turbinából kikerülő gőzt. A kondenzátor és a hűtési rendszer a berendezés kulcsfontosságú berendezései. A megvalósított hűtés módjára tekintet nélkül, ez valójában egy fő érintkezési felület a tüzelőberendezés és a környezet közt. Egy erőmű hatásfoka és alkalmazhatósága nagymértékben függ a kondenzátor integritásától és tisztaságától valamint a hűtőrendszertől.

A 2.3.13–1. táblázat a nagy tüzelőberendezéseknél általánosan alkalmazott hűtési technikákat mutatja be a kapacitásuknak megfelelően.

Hűtőrendszer	**Alkalmazott hűtési hőmérséklet**	**Energiatermelő folyamat kapacitása**
	°C	MW_{th}
Egyszeres átvezetésű rendszerek	13 – 20 (legnagyobb különbség 3 – 5)	<2700
Nyitott nedves hűtőtorony	7 – 15	<2700
Nyitott hibrid hűtőtorony	15 – 20	<2500
Légkondenzátor (Száraz levegő-hűtésű kondenzátor)	15 – 25	<900

2.3.13–1. táblázat: Példák az energiaiparban alkalmazott különböző hűtési rendszerek névleges teljesítményére és termodinamikai jellemzőire [46, Caudron, 1991]

Ezen konfigurációkon belül különféle alkalmazásokat tálalhatunk, mindegyik teljesíti a folyamattal, telephellyel, környezettel kapcsolatos és a gazdasági követelményeket. A nagy tüzelőberendezéseknél használt hűtési technikák környezeti hatásait az ipari hűtési technikákról szóló BREF részletezi.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.14 A KIBOCSÁTÁSOK ELLENŐRZÉSE ÉS JELENTÉSE

Ez a fejezet a fosszilis tüzelőanyagok égéséből származó kibocsátások monitorozásáról és jelentéséről nyújt általános információkat. A kibocsátások monitorozására használt módszereknek és berendezéseknek összhangban kell lenni a nemzeti és a nemzetközi módszerekkel (pl. Szabványosítás Európai Bizottsága – European Committee for Standardisation (CEN); ISO; VDI Richtlinien; Holland Emisszió Szabályozások – Netherlands Emission Regulations; UK Szabályozási Feljegyzések – Guidance Notes; Angol Szabványok – British Standards, stb.). A monitorozásról részletesebb információkat nyújt a Monitorozási BREF.

(1) A KIBOCSÁTÁSOK ÖSSZETEVŐI

A fosszilis tüzelőanyagokat égető nagy tüzelőberendezésekben mértek vagy emissziós faktorokkal és egyéb módszerekkel számított leggyakoribb légszennyező anyagok:

- szilárdanyag kibocsátás, pl. a tüzelőanyag kirakodásából, (rövid és hosszú távú) tárolásából és kezeléséből adódik
- por, mint kémény emisszió (beleértve PM_{10} és $PM_{2.5}$ is)
- nitrogén oxidok (NO_x)
- dinitrogén-oxid (a fluidágyas tüzelés során keletkezhet)
- kén-oxidok (SO_x)
- nehézfémek
- szén-monoxid
- szén-dioxid
- hidrogén-fluorid (a forgó hőcserélő, égési levegő előmelegítő áthordása által)
- halogenid vegyületek
- ammónia NH_3
- szénhidrogének (elégetlen szénhidrogénekként, UHC)
- illékony szerves vegyületek (VOC-ok)
- dioxinok és/vagy POP-ok.

A fosszilis tüzelőanyagokat égető nagy tüzelőberendezések jellemzően az alábbi vízminőségi paraméterekre hatnak:

- szuszpendált szilárdanyagok
- nehézfémek
- sók (klorid és szulfát)
- szerves halogének
- biocidek
- foszfát
- megváltozott pH-értékek.

A pH érték és más komponensek a használt tüzelőanyagtól és az adatok elérhetőségétől függően részben vagy teljesen a tüzelőanyag specifikus fejezetekben találhatók. Az elemzés módszerei meg kell feleljenek a nemzeti monitorozásról és elemzésről szóló irányelveknek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) REFERENCIA FELTÉTELEK ÉS PARAMÉTEREK

A levegőbe történő kibocsátás esetén a következő füstgáz paramétereket kell meghatározni ahhoz, hogy a kibocsátási koncentrációkat standard feltételekre lehessen átalakítani, nevezetesen 273 K, 101,3 kPa, mért oxigéntartalom és száraz gáz:

- a volumetrikus füstgáz áram (az emisszió tömegáramának és koncentrációjának kiszámításához)
- füstgáz hőmérséklet
- a füstgáz vízgőztartalma
- a füstgáz vezeték statikus nyomása
- atmoszférikus nyomás
- monitorozási időtartam/átlag időtartam.

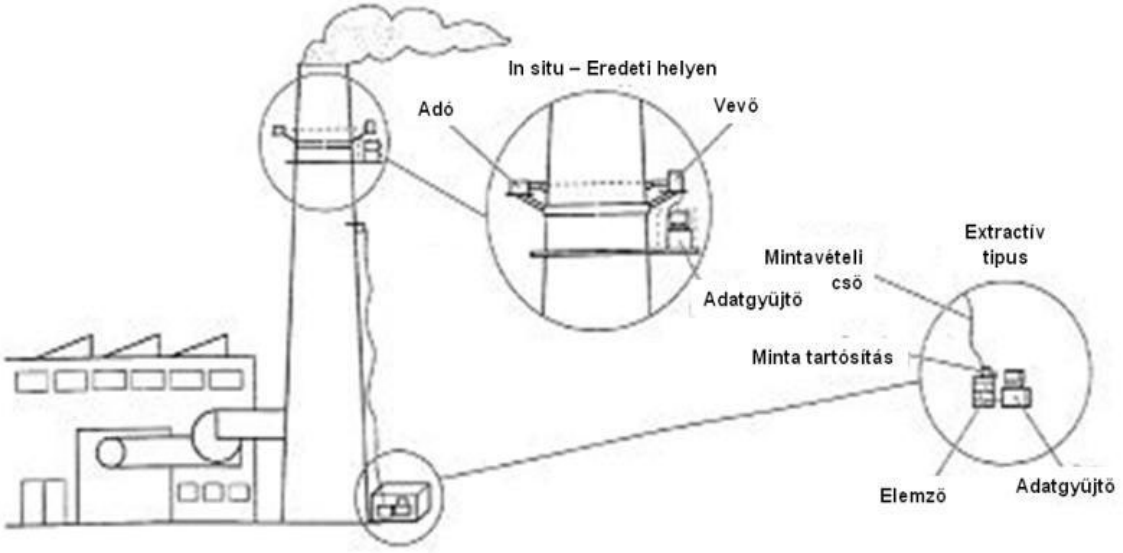
A fentebb említett paramétereken túl, a kazán és a füstgáztisztító rendszer megfelelő működéséhez a füstgáz vezetéken belül, különböző helyeken bizonyos paraméterek (pl. feszültség és áramerősség (elektrosztatikus porleválasztók), nyomásesés (zsákos szűrők), a tisztító folyadék pH-ja (gáztisztítók) és a szennyezőanyag koncentrációk további mérése is szükséges.

(3) MINTAVÉTELI HELYEK KIJELÖLÉSE

A mintavétel pontjait a megfelelő nemzeti irányelvek határozzák meg (2.3.14-1. ábra).

A folyamatos kibocsátás ellenőrzés két fő típusa (CEM):

- in situ, vagyis eredeti helyen, ebben az esetben a mintát a kéményben vagy a vezetékben elemzik csekély mintakezeléssel vagy anélkül
- extraháló vagy kivonó, amikor a mintát kinyerik máshol történő elemzéshez (telephelyen belüli vagy azon kívüli vizsgálathoz).

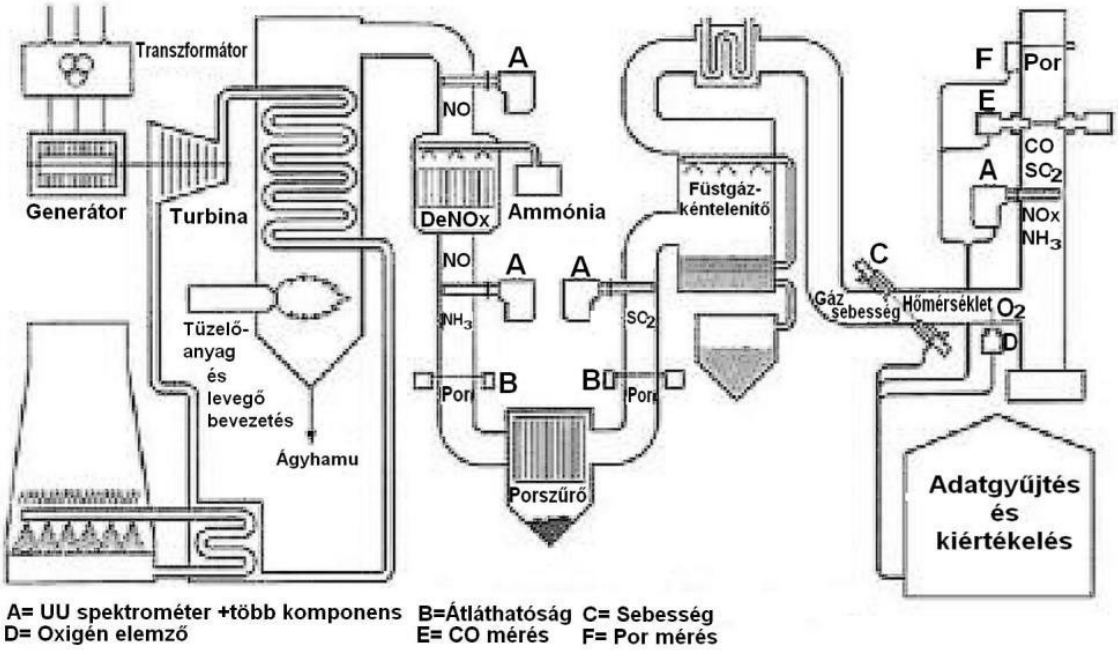


2.3.14-1. ábra: A kibocsátás ellenőrzésének két típusa [106, Sloss, 1997]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) A KIBOCSÁTÁSOK MÉRÉSE

Nagy tüzelőberendezéseknél alkalmazott folyamatirányítás és a légszennyezés megfigyelésének egy példáját mutatja a 2.3.14-2. ábra.



2.3.14-2. ábra: Erőművekben alkalmazott folyamatirányítás és légszennyezés monitorozás [106, Sloss, 1997]

A kibocsátások ellenőrzésének célja a kibocsátott füstgázban és szennyvízben lévő anyagok mennyiségének meghatározása a jelentések elkészítéséhez, vagy az égési folyamat szabályozásához vagy az erőmű ill. folyamatai környezeti hatásának előrejelzéséhez.

Az analízis közvetlen mérésekkel (pl. közvetlen forrás) vagy működési paraméterek mérésén alapuló számításokkal végezhető. A kibocsátási értékek segítségével megbecsülhetők új erőművek vagy meglévő erőmű lényeges változásainak környezeti kibocsátásai.

A mérés kivitelezése előtt monitoring tervek készülnek, melyek számításba veszik:

- az erőmű működés módját (tartalék vagy készenléti erőmű, energiaigénynek megfelelően csökkentett működési idejű erőmű, pl. csúcs és közepes terhelésű erőmű vagy alapterhelésű vagy teljes mértékben igénybe vett erőmű)
- a füstgáz tisztítás üzemi állapotát vagy a kijövő anyagot kezelő üzemeket
- az üzem működési körülményeit (folyamatos, szakaszos, indító és leállító üzemelések)
- a termodinamikai kölcsönhatásokat.

Ezen tényezők képezik az alapját a következő működési feltételek kiválasztásának:

- amelyen a legmagasabb kibocsátást feljegyezték
- a mérések számának és időtartamának kiválasztása
- a legmegfelelőbb mérési módszer kiválasztását
- a mérés helyének és a specifikus mérési pontoknak a meghatározása. Szennyvíz emissziókhoz minősített véletlen mintákat használnak illetve átfolyással arányos 24-órás vegyes vagy átlagidős mintát vesznek. A szennyvízkibocsátás meghatározásához véletlenszerű vagy 24 órás összetett mintát lehet használni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Folyamatos működésnél általában szükség van egy minimális mintagyűjtési időre vagy egy fél órás mérési időre (fél órás középérték). PCDD/PCDF meghatározásához hosszabb mérési idők, ennél fogva más vonatkoztatási idők szükségesek a detektálás korlátai miatt. Folyamatos működésnél, amikor csak kisebb ingadozások vannak a kibocsátás jellegében, a legmagasabb emissziószinten három egyedi mérést végeznek. A mintavételezés vagy a mérés csak az erőmű működése közben történik, a hígító levegő kizárásával.

❖ **Folyamatos mérés**

Az emissziók mérésére általában a közvetlen mérés a legelterjedtebb módszer. Gázok vagy szennyvizek számos komponensének folyamatos emisszió mérésére van lehetőség és számos esetben pontos koncentrációk (mg/Nm^3, ppm vagy mg/l) vagy meghatározott időintervallumok alatti középértékek (félórai, napi, stb.) is megadhatók. Mindehhez természetesen meglévő infrastruktúrára és hozzáértő személyzetre (pl. kalibrációhoz, stb.) van szükség. A füstgáz nyomásának változásait, a nyomásingadozásokat, a füstgáz hőmérsékletét, stb. is figyelembe kell venni a berendezés kiválasztásánál. Ilyen esetekben elegendő szakaszos, pl. éves, fél éves méréseket végezni.

❖ **Szakaszos mérések**

Azokban az esetekben, ahol a folyamatos mérés nem praktikus, az érték a mintavételezési periódus átlaga lesz. A szennyvízben lévő szennyezőanyag koncentrációkat az oldható és nem oldható anyagok koncentrációjának összességeként adják meg.

❖ **A működési paraméterek mérésén alapuló emisszió becslések**

Az aktuális kibocsátás mennyiségének megállapításához nem mindig van szükség a forrásból származó emisszió közvetlen mérésére. A relatíve jóminőségű kibocsátási tényezővel, vagy kibocsátást becslő algoritmusokkal rendelkező források esetén, amikor jellemző működési feltételek között nagy pontossággal számítható az emisszió, az emisszió nyomon követhető a működés adatainak gyűjtése és feldolgozása által is [1, Corinair, 1996]. A megfelelően megállapított kibocsátási tényezők használata akár megbízhatóbb adatot is nyújthat a teljes emissziót illetően, mint a pontminták mérései.

Az előrejelző kibocsátásmérő rendszerek széles körben használatosak a gázturbinák esetében, hogy meghatározzák a NO_x/CO/CO_2 kibocsátásokat. E számítógép alapú rendszerek számos folyamatváltozó, úgymint tüzelőanyag áramlás, égés hőmérséklet, környezeti hőmérséklet/nyomás, stb. rögzítésére alkalmasak. A paramétereket aztán egy berendezés-specifikus algoritmus dolgozza fel, kiszámítva az aktuális légszennyező anyag koncentrációt és az összes kibocsátást. A rendszereket egyedi méréssel, általában évente egyszer kalibrálják, az eredményeket nagyon pontosan rögzítik. A védjegyzett programok és tervek némelyike kereskedelemben is beszerezhető.

Egyes vegyületek kibocsátása tüzelőanyag-elemzés alapján is meghatározható , mint pl. az SO_2 vagy CO_2, a fémek és más, a környezetvédelmi jogszabályok szerint vizsgálandó kibocsátások, ha mérik a tüzelőanyag mennyiségét. Bizonyos elemek, pl. kén és fémek tüzelőanyagban való jelenlétéből előre ki lehet számítani a nyers füstgázban megjelenő előfordulásukat [2, ESAA, 1999]. Feltételezve, hogy a kén teljes mértékben átalakul, az olaj kéntartalmára alapozva olajtüzelésnél kiszámítható pl. az SO_2 emisszió.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Kibocsátási tényezők (emissziós faktorok)**

Ha nem áll rendelkezésre mért adat, a kibocsátási tényezőkkel is meg lehet becsülni a nagy tüzelőberendezések emisszióit. A kibocsátási tényezők a tüzelőanyag-fogyasztáson (g/t elfogyott tüzelőanyag) vagy az energiafogyasztáson (g/GJ betáplált energia) alapulnak.

Az erőmű egész egységként (pl. tekintet nélkül a különálló kazánok típusára vagy méretére) vagy részenként, pl. kazánonként is kezelhető. A kazánok felépítésbeli és működésbeli különbségei, a felhasznált tüzelőanyag és/vagy az aktuális beüzemelt berendezések, eltérő kibocsátási tényezőket igényelnek. Ugyanez vonatkozik a gázturbinákra és a telepített motorokra.

A kibocsátott szennyezők mennyiségének kibocsátási tényezőkkel történő meghatározásához szükség van az erőmű működési jellemzőinek ismeretére is. A működési arányt és a kibocsátási tényezőt azonos vonatkoztatási szinten (pl. egész erőműként vagy kazánonként) kell meghatározni a rendelkezésre álló adatok (pl. tüzelőanyag fogyasztás) alapján. A működési arányhoz a bemenő energia (GJ) használatos, de elvileg más viszonyítás is alkalmazható.

A kibocsátási tényező megállapításához két megközelítés használatos:

Általános kibocsátási tényező: Az általános emissziós faktor a kazánok meghatározott kategóriájának középértéke, mely figyelembe veszi a csökkentési intézkedéseket is (elsődleges és másodlagos). Az általános kibocsátási tényező csak a használt tüzelőanyag fajtájától függ és minden figyelembe vett szennyezőanyaghoz alkalmazható az SO_2 kivételével. Az SO_2-re azért nem alkalmazható, mivel a tüzelőanyag kéntartalma szükséges a SO_2 kibocsátás megfelelő meghatározásához Az általános kibocsátási tényezőket csak olyankor szabad alkalmazni (ideiglenes mérésként), amikor nem áll rendelkezésre technológia-specifikus adat.

Részletes kibocsátási tényező: A részletes kibocsátási tényező az egyes kazánokra egyedileg meghatározott érték, a csökkentési intézkedéseket is számításba véve (elsődleges és másodlagos). A részletes kibocsátási tényező az egyéni tüzelőanyag jellemzőktől (pl. tüzelőanyag kéntartalma) és a technológia-specifikus jellemzőktől függ.

A kibocsátási tényezők meghatározására erőmű-specifikus adatokat kell használni, amennyiben azok rendelkezésre állnak.

A kibocsátási tényezők segítségével megbecsült emissziókkal és a különböző minőségbiztosítások kombinációival kapcsolatban részletesebb információk találhatók az EMEP/CORINAIR Légköri Emissziók Leltárának Ismertetője – Atmospheric Emission Inventory Guidebook [1, Corinair, 1996] szakirodalomban.

(5) A KIBOCSÁTÁSI ADATOK JELENTÉSE

Minden mérési jegyzőkönyvnek és minden mérési módszernek meg kell felelnie a nemzeti szabályozásoknak. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell a következő elemeket: a mérés célja, általános információk a mérésekről, az erőmű leírása, állapota és működési adatok, a mérés alatti működési feltételek, információk a mérés tervezéséről, a mintavételi helyek adatai, a mérési módszer leírása, az egyedi mérések táblázatos összefoglalása, hőmérséklettel, gázárammal vagy térfogattal együtt, az eredmények becslése, a hibák megfontolása, a mérés megbízhatóságának szavatolása és összefoglalás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3 TÜZELÉSTECHNIKAI ÉS KIBOCSÁTÁS-CSÖKKENTÉSI TECHNOLÓGIÁK BEMUTATÁSA

3.1 SZÉN ÉS LIGNIT TÜZELÉSE ÉS A KIBOCSÁTÁSOK KEZELÉSE

A legtöbb országban a fosszilis tüzelőanyagokkal működő, kőszenet és lignitet tüzelő hőerőművek képezik az energiaellátó rendszer gerincét. A fejezet ezen részében a jelentősebb szén és lignittüzelésű erőművekben alkalmazott módszerekről és eljárásokról nyújtunk tájékoztatást.

3.1.1 ALKALMAZOTT TÜZELÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK SZÉN ÉS LIGNIT TÜZELÉSE ESETÉN

(1) SZÉN ÉS LIGNIT HASZNÁLATA NAGY TÜZELŐBERENDEZÉSEKBEN

Az EU országaiban általában kőszenet vagy lignitet használnak a nagy tüzelőberendezések tüzelőanyagaként. A szénrétegek a föld felszíne alatt levő többrétegű növényi maradványokból jöttek létre a hőmérséklet, a nyomás és az idő hatására komplex anaerob biokémiai reakciók eredményeképpen. E folyamat hatására a szerves kémiai anyagok szén és szénhidrogén tartalma feldúsult. A szén kémiai tulajdonságai függnek a növényi maradványokban jelenlevő különféle kémiai összetevők tulajdonságaitól, a változások természetétől és mértékétől, illetve a jelenlevő szervetlen anyagok természetétől és mennyiségétől.

A szénképződési folyamat első terméke a tőzeg, az utolsó az antracit. A fosszilis tüzelőanyagokon belül a szén kémiai összetételének változása szerint szénosztályokat különböztetünk meg, melyek összhangban vannak a szén ekvivalens energiatartalmának növekedésével, a fűtőértékkel. A szén tulajdonságai alapján történő rangsorolást kémiai analízisük és egyéb faktorok, mint pl. agglomeráló karakterük segíti.

A **megközelítő analízis** a ***szén hevítése közben*** ad információt a szénről:

- pl. nedvesség,
- illóanyag,
- kötött szén.

A **végső analízis** a ***gőzképzés során*** segíti a szénfajták szétválasztását:

- pl. összes karbon,
- összes hidrogén,
- összes nitrogén,
- összes oxigén,
- fűtőérték,
- hamu-olvadási hőmérséklet,
- apríthatóság,
- kéntartalom.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Három fő **osztályozási rendszer**t fejlesztettek ki a szén közvetlen analízise alapján:

- az ASTM osztályozást (US),
- a FRB/NCB osztályozást (UK),
- a Nemzetközi Kódolási Rendszert
  - közepes és magas szénosztályokra
  - alacsony szénosztályokra (UN/ECE).

Az **ASTM besorolás** a **kötött karbon**, az **illóanyag** (a száraz, ásványianyag-mentes bázisban) és a **fűtőérték** (a nedves, ásványianyag-mentes alapban) alapján **négy osztály**t különböztet meg:

1) lignit
2) bitumenes
3) alacsony illóanyag tartalmú bitumenes
4) antracit

Az alábbiakban ezek tulajdonságait, valamint a szén minőségének hatását mutatjuk be a tüzelőberendezés teljesítményére.

A legfontosabb hatások:

- a tűztérben való kiégés,
- a salak és pernye mennyisége és minősége,
- gipsz minősége,
- füstgázkibocsátás.

A szilárd tüzelőanyagok tulajdonságainak ismerete elengedhetetlen a nagy tüzelőberendezések megtervezéséhez és hatékony üzemeltetéséhez. Lényeges, hogy a tervezett tüzelőanyagot vagy nagyon hasonló tulajdonságú tüzelőanyagot égessük el, ami hosszú távon nagy hatásfokú, problémamentes üzemelést és optimális környezeti működést biztosít.

A lignit és a szén összetétele, amit a 3.1.1–1. táblázat foglal össze, nagyon sokban különbözik. Eltérések vannak a nehézfémek koncentrációjában és a nyomelemekben is.

Sajátosság	**Egység** (waf = víz és hamumentes)	**Lignit**	**Szén**		
			Bitumenes	**Alacsony illóanyag tartalmú bitumenes szén és fél-antracit**	**Antracit**
Nedvesség	(%)	30-70	2-20	2-20	2-20
Hamu	(%)	5-40	1-30	1-30	1-30
Illóanyag	(daf %)	40-66	>22	8-22	<8
Kötött szén	(daf %)	35-60	55-85	85-92	>92
Összes szén	(daf %)	60-80	80-95	90-95	92-95
Hidrogén	(daf %)	4.5-6.5	4.5-6.5	3.5-4.5	3-8
Oxigén	(daf %)	12-30	1.5-14	1.2-6	1.2-5
Kén	(daf %)	0.5-4.7	0.3-4.5	0.5-1	0.5-0.8
Magas fűtőérték	(MJ/kg daf)	23-35	32-38.5	35-38	35-38
Alacsony fűtőérték	(MJ/kg daf)	6.3-30.1	26-32	25-32.3	30-31.4
daf = száraz és hamumentes alap Alacsony fűtőérték, adatok az EVT Handbook 1990-ből					

3.1.1–1. táblázat: Különböző szenek összetétele [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

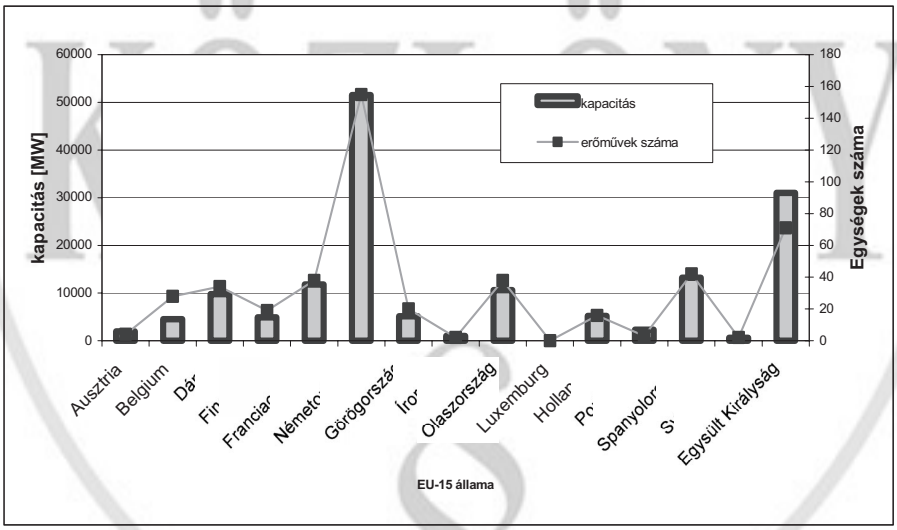
A 3.1.1–2. táblázat különböző eredetű szénfajták adatait tartalmazza.

Mennyiség mg/kg	Lengyelország	Oroszország	Európai Unió
Hamu (%)	15.9	15.4	14.4
As	3.4	4	18.5
Ag	<1.7	<1.6	0.74
Ba	500	210	240
Be	1.6	0.7	2
Cd	0.73	0.27	0.2
Cr	16.3	40	18.7
Co	5.3	3.2	6.2
Cs	3.3	0.9	1.3
Hf	1.6	1.2	0.7
Hg	0.09	0.12	0.131
La	11.3	10.4	11.1
Mn	200	135	80
Mo	<1.1	<1.1	<0.87
Ni	<24	21	<12.5
Pb	32	12.2	9.9
Rb	23	12.3	21
Sb	1.6	0.65	1.12
Sc	5.9	6.9	5.4
Sn	<62	<57	<25
Th	4.1	3	3.5
U	1.7	1.4	1.47
V	38	39	43
Zn	<27	<6.6	<3.2
Zr	39	28	18.3

3.1.1–2. táblázat: Nehézfémek és nyomelemek koncentrációja különböző területről származó szén esetén [85, Itkonen és Jantunen, 1989]

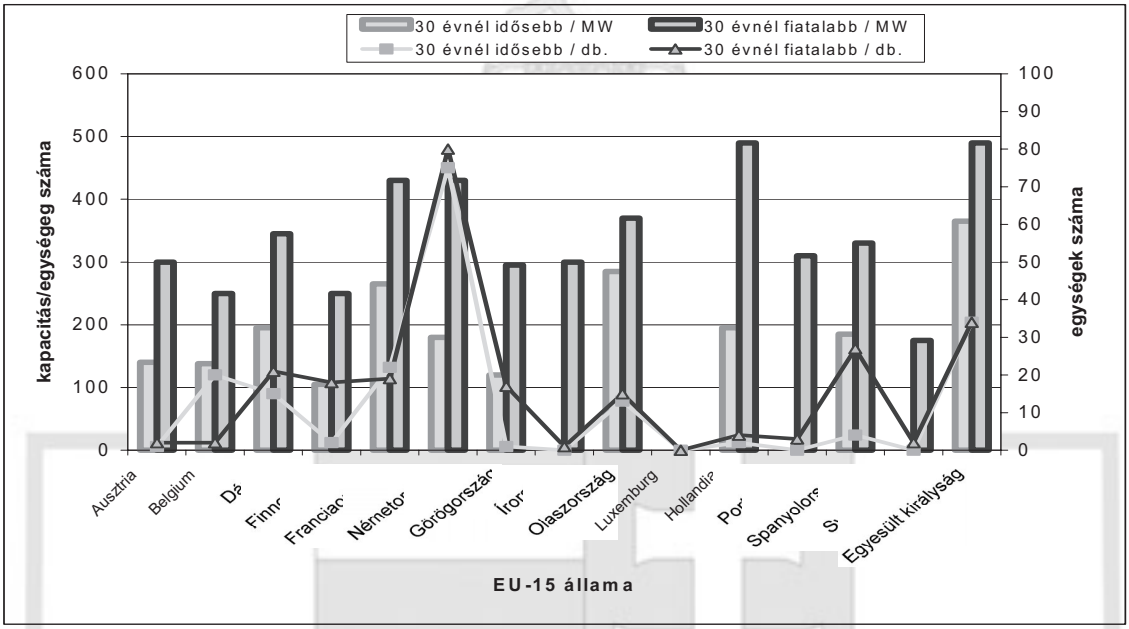
❖ Széntüzelésű erőművek az Európai Unióban

Az EU-15 tagállamai szén és lignit tüzelésű nagy tüzelőberendezéseinek jellemzői a 3.1.1-1. ábra–*3.1.1-2*. ábrán láthatók.



3.1.1-1. ábra: Szén- és lignittüzelésű erőművek az EU-15 országában [110, Kakaras és Grammelis, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.1-2. ábra: A szén- és lignittüzelésű erőművek kapacitása és életkora az EU-15 országában [110, Kakaras és Grammelis, 2000]

❖ Szén- és lignittüzelés Magyarországon

Magyarországon a legjelentősebb, 836 MW, lignit bázisú kapacitással a Mátrai Erőmű ZRt. rendelkezik. Szén bázison a Vértesi Erőmű ZRt. a legjelentősebb, 240 MW kapacitással. Magyarország szén és lignittüzelési kapacitásai a 3.1.1–3. táblázatban láthatók.

Erőmű	**Blokkok, turbinák**			
	Energia forrása	**Száma**	**Beépített villamos teljesítménye egyenként (MW)**	**Összesen**
Bakonyi Erőmű Rt.				
– **Ajkai Erőmű**	szén	5	2*30+12+10+19	102
Mátrai Erőmű Rt.	lignit	5	3*212+2*100	836
Vértesi Erőmű Rt.				
– **Bánhidai Erőmű**	szén	1	100	100
– **Oroszlányi Erőmű**	szén	4	4*60	240

3.1.1–3. táblázat: Szén- és lignittüzelési kapacitások Magyarországon

Magyarország egyetlen, 1981 óta működő **mélyművelésű szénbányája** a Márkushegyi Bányaüzem, amely a Vértes hegység nyugati előterében, Oroszlány város térségében helyezkedik el. A mintegy 400-500 m mélységű, 4x8 km területű földalatti létesítmény eocén korú barnaszén kitermelését végzi. A jelenleg művelt területen az előfordulás egytelepes kifejlődésű, a szén vastagsága 1,8-3 m, fűtőértéke 16 000-21 000 kJ/kg. Az éves termelés mennyisége 1,2-1,3 millió tonna, a termék saját előkészítőműben történő feldolgozást és minőség-beállítást követően, egyenletes – 12 000 kJ/kg-os – fűtőértékkel, külszíni szalagpálya-rendszeren kerül az Oroszlányi Erőműbe.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szén jellemzőit a 3.1.1–4. táblázatban foglaltuk össze.

Megnevezés		Átlag	Tartomány
Immediát szén analízis			
Fűtőérték	kJ/kg	12200	9060 – 12450
Hamutartalom	%	38	36,38 – 49,15
Nedvességtartalom	%	14,8	11,75 – 15,6
Fixkarbon	%	14,2	8,9 – 14,44
Illó	%	33	30,2 – 34,5
Immediát analízis összesen:	*%*	*100*	

3.1.1–4. táblázat: Immediát szén analízis

(2) A SZÉN- ÉS LIGNITTÜZELÉSŰ ERŐMŰVEK HATÁSFOKA

Egy tiszta és új kazán hatásfoka szilárd tüzelőanyag esetén 86-95% (LHV) körül mozog.

A legfőbb veszteségek:

- a füstgáz kéményen át távozó hulladékhőjéből,
- a hamuban levő elégetlen szénből,
- a hamu, salak, pernye veszteségeiből,
- a hősugárzási veszteségekből erednek.

Annak ellenére, hogy azonos kazánteljesítményt feltételezünk (azonos környezeti és füstgáz hőmérséklet, azonos légfelesleg, stb.) a kazánteljesítmény különböző is lehet, a használt tüzelőanyagtól függően pl.:

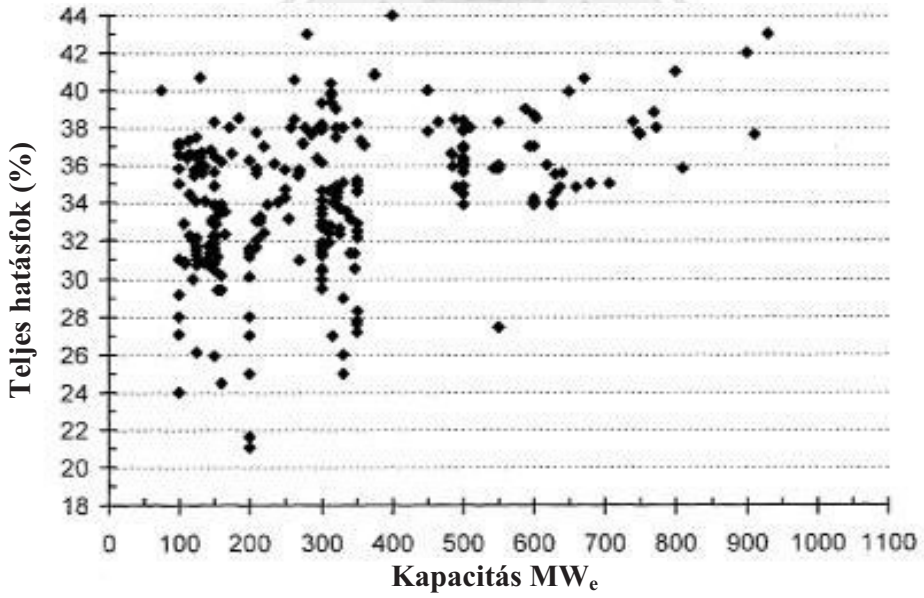
- import szén esetében 95%-os,
- lignit esetében 92%-os,
- míg gyenge minőségű lignitnél 86%-os.

A széntüzelésű kazánok hatásfoka szoros kapcsolatban van a tüzelőanyag fajtájával és a környezeti levegő hőmérsékletével (amelyek a rendszer bemenő adatai). Ezek közül néhány paraméter optimalizálása lehetséges:

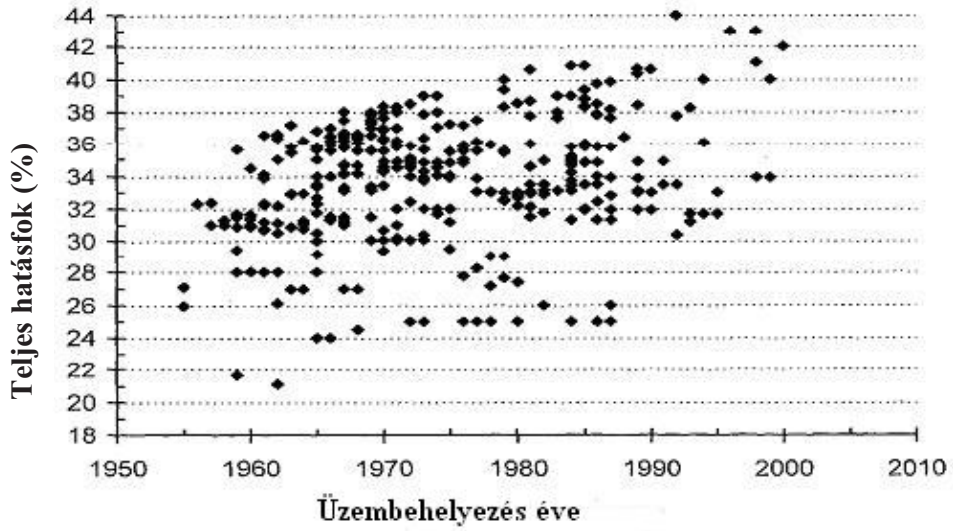
- A tüzelés optimalizálása kevesebb ***elégetlen szén***hez vezet a hamuban. A cél a lehető legjobb kiégés elérése optimális hatásfok és tüzelőanyag felhasználás mellett. Meg kell jegyeznünk, hogy a tüzelés megváltoztatásával járó nitrogén-oxid csökkentési technikák az elégetlen szén mennyiségének növekvő tendenciáját mutatják. Jóllehet, a műszaki és tüzelőanyag jellemzők függvényében – különösen antracit tüzelésekor – nagyobb mennyiségű elégetlen szén fordulhat elő.
- A ***légfelesleg*** a kazán típusának és a tüzelőanyag fajtájának függvénye. A száraz aljú, szénportüzelésű kazánoknál a légfelesleg jellemző mennyisége 20 %. A tüzelés minőségére (CO és elégetlen széntartalom), a kazán integritására, a korrózióra és a biztonságra (a kazán hőtágulásának a veszélye) való tekintettel gyakran nem lehetséges a levegő mennyiségét tovább csökkenteni.
- A tiszta kazánt elhagyó ***füstgáz hőmérséklete*** (a tüzelőanyag típusától függően) hagyományosan 120 és 220 °C közötti érték, így elkerülhető a kénsav lecsapódása miatti savas korrózió kockázata. Ennek ellenére néhány üzem második léghevítőt is beépít, hogy ezt a hőmérsékleti értéket 100 °C alá csökkentse, de ehhez egy speciális bevonat szükséges a léghevítőben és a kéményben, ami miatt ez a csökkenés gazdasági szempontból kevésbé vonzó.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.1-3. ábra és a 3.1.1-4. ábra az európai széntüzelésű erőművek hatásfokát mutatja be az üzembehelyezés évében elért kapacitás függvényében.



3.1.1-3. ábra: Az európai széntüzelésű erőművek hatásfoka a kapacitás függvényében [110, Kakaras és Grammelis, 2000]



3.1.1-4. ábra: Az európai széntüzelésű erőművek hatásfoka az üzembehelyezés évének függvényében [110, Kakaras és Grammelis, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.1–5. táblázat különböző technológiájú nagy tüzelőberendezések energia-hatásfokait hasonlítja össze.

	Technológia						
	PC	**PC**	**PC**	**PC**	**CFBC**	**IGCC (retrofit)**	**PBFBC (retrofit)**
Kapacitás	600 MWe	412 MWe	412 MWe	2x808 MWe	250 MWe	318 MWe	
Gőznyomás	180 bar	250 bar	300 bar	268 bar	163 bar	115 bar	94 bar
Gőz hőmérséklet	2 x 540 °C	2 x 560 °C	3 x 580 °C	547 °C	2 x 565 °C	507 °C	513 °C
Kondenzátornyomás	33 mbar	20 mbar	21 mbar	40 mbar	44 mbar	70 mbar	44 mbar
Hűtőrendszer	Tengervíz	tengervíz	tengervíz	hűtő torony	hűtő torony	hűtő torony	
Tervezett szén fűtőérték (MJ/kg)	Bitumenes	Bitumenes		Lignit	Lignit	Szén/koksz	
Hamutartalom (%)	24,75	26,3	23/30		14,75	13,6/32,65	
Illóanyag tartalom (%)	16	9	5/17	8,3 – 9,2	28	41/0,3	
Nedvességtartalom (%)	35	34		8.8		19/13	
Kéntartalom (%)	8	9	20/40	22–48% daf.	37		
	0,6	0,6	5/14		11	12/7	
			0,1/3	0,3 – 1,4	3,7	0,9/5,5	
Hatásfok	41,2 %	45,3 %	47,5 %	40 %	38,8 %	42,5 %	38,5 %

3.1.1–5. táblázat: Különféle LCP technológiák energia-hatásfokai (LHVnet) [58, Eurelectric, 2001]

A 3.1.1–6. táblázat különböző széntüzelésű technológiák energia-hatásfokait hasonlítja össze, melyek ugyanazon tüzelőanyagot használják (import szén H_i=26 630 kJ/kg, 1% kénnel, 7% nedvességgel, 16% hamuval), azonos a szennyezőanyag kibocsátásuk, de különböző a gőzkörfolyamatuk.

Gőznyomás/hőmérséklet/ kondenzátornyomás	**PC**	**AFBC**	**IGCC**	**PBFBC[1]**
165 bar, 2 x 565 °C, 45 mbar	38,5 %	38,0 %	44,5 % 2	43 %
165 bar, 2 x 565°C forró gáz tisztítással			47%	
250 bar, 2 x 565 °C, 45 mbar	42,0 %	41,5%		44,5 %
300 bar, 3 x 580 °C, 45 mbar	45,0 %	44,5 %	47,0 % 3	45,5 %

Megjegyzések:
1. Tervezett hatásfok
2. IGCC hatásfok
3 szubkritikus gőzciklus (165 bar, 2 x 565 °C) forró gáz tisztítással.

3.1.1–6. táblázat: A gőz tulajdonságainak hatása különféle technikák hatásfokára [58, Eurelectric, 2001]

A működési feltételek nagy hatással vannak a működés közbeni átlaghatásfokra. Az erőmű mért hatásfoka eltér a tervezett hatásfoktól, mivel egyrészt üzemelés alatt ritkán ideálisak a körülmények (lerakódás, salakképződés, gőzhűtés, nem ideális kondenzátorviszonyok, lefúvatás), másrészt a használt szilárd tüzelőanyag karakterisztikája soha nem egyezik meg a tervezett szilárd tüzelőanyag karakterisztikájával (fűtőérték, hamutartalom, stb.). A rendszeresen felújított erőmű is öregszik (lerakódás, salakképződés, erózió, rések), ami hatásfokromláshoz vezet.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) A SZÉN, LIGNIT ÉS ADALÉKANYAGAIK KIRAKODÁSA, TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

❖ **Szén és lignit**

A szilárd halmazállapotú szén és lignit tüzelőanyagokat hajóval, vonattal vagy teherautóval szállítják a bányától a nagy tüzelőberendezésekig. A szállítás módja függ a megteendő távolságtól és az infrastruktúrától. A kirakodást általában szállítószalagok segítik.

A szenet és a lignitet általában a szabadban, garmadába rakva, ún. széntereken tárolják, melyek tárolási kapacitása néhány naptól három hónapig terjed, néhány esetben akár egyéves működésre is elegendő. Ez a tároló kapacitás biztonságosabbá teszi az ellátást, hiszen csökkenti a szállítástól való függést. A tárolóhely kapacitása különböző paraméterek függvénye, mint például a tüzelőanyag ára és hozzáférhetősége, a cég tárolási politikája, a szállítás biztonsága és az időjárási körülmények. (Magyarországon a GKM rendeletben szabályozza az 50 MW-nál nagyobb teljesítményű erőművek energiahordozó készletének legkisebb mértékét és a készletezés rendjét.) A tüzelőanyag a garmadából általában szállítószalagon jut el a blokkba. A blokkon belül egy tároló puffer található (pl. szénbunker néhány órás, általában 4-24 óráig terjedő kapacitással) azokra az időszakokra, amikor a széntérről valamiért nem lehetséges a szállítás.

A tüzelőanyag tárolása és szállítása porképződéssel járhat, aminek csökkentésére a szabadon álló garmadákat vízzel permetezhetik, hogy szabályozzák a finom porrészecskék emisszióját. A por képződés elkerülése miatt nyitott rakodás során minimalizálandó a garmadára, vagy a szállítószalagok között a tüzelőanyag esési magassága. Lakott környezetben a szállítórendszerek gyakran zártak és normál atmoszférikus nyomás alatti nyomáson működnek, hogy minimalizálják az emissziót. Gyakran szövetszűrőket használnak, hogy a tüzelőanyag-részecskékkel teli levegőt megtisztítsák.

Bizonyos szilárd tüzelőanyagok pl. a petrolkoksz szállítására és tárolására teljes zártság van előírva, mert ennek finom pora nagyobb mennyiségű nikkelt, vanádiumot és poliaromás szénhidrogéneket tartalmaz.

❖ **Adalékanyagok és feldolgozás során használt vegyszerek**

A hőerőművek különböző célokra gyakran használnak adalékanyagokat és kémiai reagenseket. Ilyen anyagokat használnak a tisztító eszközökben, pl. a kéntelenítőben a kén-oxidok mennyiségének csökkentésére és a vízkezelő művekben is. Kémiai reagenseket használnak adalékanyagként a kazánok fűtővizében és biocidokat a hűtőrendszerekben.

A szállító vagy felhasználó előírja ezen anyagok megfelelő tárolását. Mivel a vegyszerek egymással reakcióba léphetnek, az alkalmazott tárolási és kezelési eljárások az egymással reakcióba lépő anyagok elkülönítésén alapulnak.

A folyadékokat általában savaknak és egyéb kémiai anyagoknak ellenálló bevonattal ellátott tartályokban vagy acélhordókban tárolják nyitott vagy zárt területen.

A finom por formájú szilárd anyagokat, mint például a mész, vízlevezető rendszerrel ellátott, zárt silókban, hordókban vagy zsákokban tárolják. A darabos szerkezetű szilárd nyersanyagokat gyakran nyitott raktártelepeken tárolják. Az anyagok mozgatására pneumatikus vagy mechanikus szállító eszközöket használnak (pl. szállítócsigák, vedres felvonók, stb.).

A gáznemű anyagok telephelyek közötti elosztása rendes körülmények között fej fölötti magasságban vezetett, kellő mechanikai védelemmel ellátott csővezetékekben történik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az SCR és SNCR egységekben a nitrogén-oxid emisszió csökkentésére használt, folyadék vagy gáznemű ammónia tárolását, kezelését és elosztását egészségügyi és biztonsági előírások szabályozzák.

A szén és lignit előkezelése

A kibocsátások csökkentésének hatékony módja a szén gondos kiválasztása. Fontos, hogy a felhasznált szén nagy energiatartalmú legyen, ugyanakkor a szállítási és kezelési költségek minimálisak maradjanak. A szén előkezelésekor nagy a tűz és robbanás keletkezésének kockázata.

A lignit a tárolóhelyről általában zárt szállítószalagon jut el az erőműbe, ahol 40-80 mm-es vagy még kisebb darabokra aprítják. A felaprított lignitet szállítószalag továbbítja a kazán bunkereihez. Általában 6-8 bunker tartozik egy kazánhoz, egyenként elegendő kapacitással a gőzkazán 4-8 órányi teljes üzeméhez, a malmok normál működése mellett és a legrosszabb lignitminőséggel számolva. Ebben a fázisban a lignit nedvességtartalma 45-70%, így a szállítás és őrlés során csak jelentéktelen mennyiségű lignitpor keletkezik, az átadási pontokat kivéve, ahol a léghuzat keletkezhet kis mértékű por. A levegőt szövetszűrőkkel tisztítják, hogy az épületeken belül a por koncentrációját a megengedett szint alatt tartsák.

Az optimális égési folyamatot segítő állandó tüzelőanyag minőség fenntartásának érdekében a szenet néha keverik vagy vegyítik, az erőmű műszaki előírásának megfelelően. A keverés történhet egyszerűen úgy, hogy a szenet a garmadából nem az odaérkezésnek megfelelően veszik ki, hanem más sorrendben, illetve vegyíthetik a silók, a szénbunkerek és a széntelep különböző típusú szeneit.

A sovány és a dús tüzelőanyag keverék előállításának célját és hatásait a 3.1.1–7. táblázat foglalja össze.

A sovány tüzelőanyag keverék hatásai:	**A dús tüzelőanyag keverék hatásai:**
A füstgáz CO_2 tartalma csökken	A füstgáz CO_2 tartalma emelkedik
A levegő és füstgáz áramlása nő	A levegő és füstgáz áramlása csökken
A füstgáz O_2 tartalma emelkedik	A füstgáz O_2 tartalma csökken
A füstgáz miatti veszteség növekszik	A füstgáz veszteség csökken
A ventilátorok energiafogyasztása és a fajlagos CO_2 kibocsátás nő	A ventilátorok energiafogyasztása és a fajlagos CO_2 kibocsátás csökken
A teljesítmény csökken	
A sovány tüzelőanyag keverék célja:	**A dús tüzelőanyag keverék célja:**
Az tűztér hőmérsékletének csökkentése, (száraz aljú kazán)	Az tűztér hőmérsékletének emelése (salakolvasztós kazán, hatékonyabb pernyekinyerés)
Az elsődleges nitrogén-oxidok mennyiségének csökkentése a füstgázban (kisebb NH_3 fogyasztás, az SCR hosszabb üzemi periódusa),	
A hulladékgáz CO tartalmának csökkentése (kisebb korrózió kockázat),	
Az elégetlen szállópernye mennyiségének csökkentése (a szállópernye minősége)	
Katalizátorok fogyasztásának növelése	

3.1.1–7. táblázat: Tüzelőanyag keverékek (sovány, dús) célja és hatásai

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Minősítő feltételek:

- A CO tartalom a füstgázban nem emelkedhet,
- az elégetlen szén mennyisége a pernyében nem emelkedhet

A tüzelőanyag keverék minőségétől független célok:

- A füstgáz SO_x tartalmának csökkentése füstgáz-kéntelenítő nélkül,
- vagy a füstgáz SO_x tartalmának növelése (hamu rezisztencia).

(4) TÜZELŐANYAG ELŐKÉSZÍTÉSE

❖ Tüzelőanyag előkészítés szilárd szénpor égetéséhez

A szénportüzelő rendszerben a biztonságos, gazdaságos és hatékony felhasználáshoz a nyers szenet megfelelően elő kell készíteni. Minden szénportüzelő rendszerben a tüzelőanyagot **kiszárít**ják, **őrli**k, **osztályoz**zák és a kazánhoz **szállít**ják.

Az optimális égéshez szükséges maximális nedvességtartalom a szilárd tüzelőanyag 1-2%-a. A nedvesség tartalom csökkentéséhez a nyers szenet a szénmalomban lehet szárítani.

Sok malmot úgy terveznek, hogy a kisebb szervetlen vagy fémes anyagokat kiszűrje. Mindamellett a szállítószalag rendszerbe mágneses szeparátort építenek a nagyobb fémtárgyak kiszűrésére. Ha ez nem történik meg, ezek a tárgyak megrongálhatják a szalagot vagy a szénadagolót és akadályozhatják a szén továbbjutását.

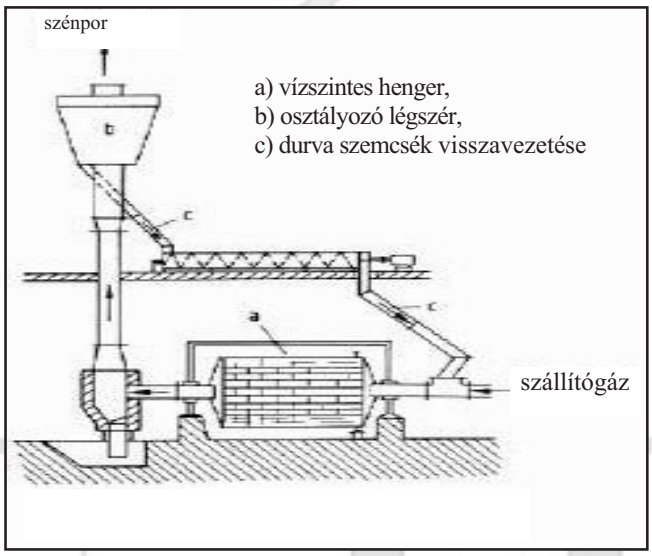
A szénpor méretének megfelelő megválasztása jelentős hatással van a kazán rendszer működésére és gazdaságosságára. A finomaprítás elengedhetetlen a gyors begyújtás biztosításához, a szén teljes és maximális hatásfokú elégetéséhez és a hamu illetve más szemcsés lerakódások minimalizálásához. Mindazonáltal a finomítás mértékét az őrlés költsége határozza meg. Sokszor a működési és környezeti haszon, illetve az őrlési költség egymásnak ellentmondó követelmények. A részecskeméret és így az égés sebességének megváltoztatása (a már üzemelő égőknél) szintén hatással lehet a nitrogén-oxidok kibocsátására.

A szén aprítása többféle módon történhet.

- golyósmalmokban,
- kalapácsos őrlőkben,
- ventilátor malmokban,
- kalapácsos-ventilációs malmokban,
- valamint golyós-, és görgős malmokban történik.

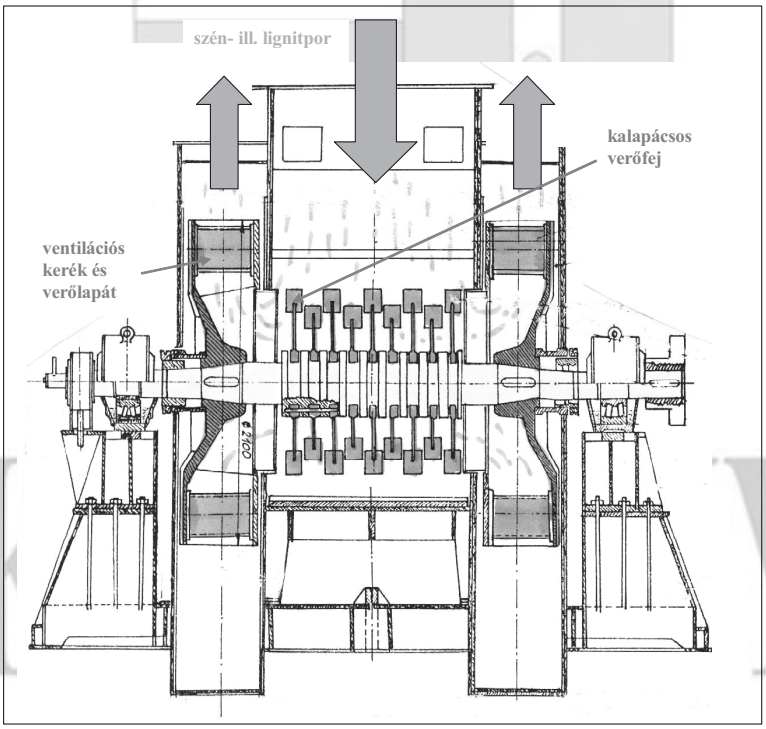
A **golyós malom** (lsd. 3.1.1-5. ábra) egy fekvő henger keményacél lemezekkel a belsejében. A henger körülbelül a harmadáig különféle méretű (30-80 mm átmérőjű) kovácsolt acél golyókkal van feltöltve. A malom forog, miközben a golyók a szénszemcsékkel keveredenek a henger belső felülete mentén. A szénszemcsék a golyókkal és más szén részecskékkel való folyamatos ütközése miatt porrá őrlődnek. A keletkező szénszemcséket aztán forró levegő szárítja, majd az osztályozóhoz vagy légszérhez kerülnek. Itt a túlméretes szénszemcsék elkülönülnek és visszakerülnek a malomba. Bár a golyós malom egyszerű szerkezetű, energiafogyasztása magas, ami nem nagyon változik a terheléssel.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.1-5. ábra: Golyós szénmalom [79, Bell és Chiu, 2000]

A **kalapácsos malom** csuklós és merev kalapácsszerű ütők sorából áll, melyek egy kopásálló lemezekkel bélelt kamrában forognak, lsd. 3.1.1-6. ábra.



3.1.1-6. ábra: Kalapácsos ventilációs szénmalom [Vértesi Erőmű Zrt.]

A szenet ütközés és dörzsölés aprítja. A durvább szemcsék a centrifugális erő hatására a kalapácsok pereménél gyűlnek össze, a finomabb porszemcsék kifolynak a tengely mentén. Miközben a szenet őrli, a malom megemeli a szállító gáz nyomását. Ezáltal alkalmassá válik centrifugális típusú osztályozó használatára, ami elválasztja a túlméretes szemcséket és visszajuttatja azokat az őrlő zónába. Nagy nyomás szükséges a malomban, az osztályozóban és a szénpor- és gázvezetékekben az ellenállás legyőzéséhez. Ha füstgázt használnak a

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

szárításhoz, annak a kazán legnagyobb nyomású részéből kell jönnie. Ha a füstgáz kéndioxidot tartalmaz, a malom falának hőmérséklete a sav harmatpontja fölött kell, hogy maradjon. A kalapácsos malmok kevésbé elterjedtek, mert alacsonyabb a maximális kapacitásuk, mint a legtöbb más típusú malomé. Alkalmazzák a ventilációs malommal ötvözött, ún. kalapácsos-ventilációs malmot is.

A **ventilátor malomban** magát a ventilátor lapátját vagy a lapát előtt elhelyezett ütköző sort használják őrlésre. A ventilátor fokozza a turbulens keveredést és növeli a részecskék és a gáz abszolút és relatív sebességét. A keverés hozzájárul a nagy nedvességtartalmú szén szárításához és a szénszemcsék egyenletes elosztásához a verőkerék kerülete mentén.

A **görgős malom**ban a szén két felület között őrlődik, az egyik felület a másik körül forog. Három őrlő hengert egymástól egyenlő távolságra szerelnek be a malom osztókörátmérője köré. Az őrlő hengerek egy háromszögletű keretre vannak szerelve. Ez rúgónyomást fejt ki a hengerek csapágyazott tengelyein keresztül, hogy a hengereket a forgó őrlőlemezek ellen nyomja. Az őrlőgyűrűt, amely a futógyűrűt tartja, alacsony sebességen forgatják. A görgő átmérője körülbelül 25-45%-a a gyűrű átmérőjének. Ahogy a nyers szén áthalad az adagolóvezetéken, részlegesen megőrölt szénnel és levegővel keveredik össze, amelyek cirkulálnak az őrlő zónában. Miután a szénrészecskék elérték a kellő méretet, kiszáradnak és meleg levegő segítségével egy belső osztályozóba kerülnek. A túlméretes szemcsék visszakerülnek az őrlő zónában további aprításra, míg a megfelelő méretű szemcsék az égőkhöz kerülnek.

Két másik görgős típusú malom is hasonló elvek alapján működik. A **rugós gyűrűsmalom**ban az őrlő felszíneket a görgők és a dob jelenti, a **golyós-rúgós malom**ban pedig golyók és rúgós gyűrű. Az őrlő felszínek rúgókon és hidraulikus hengereken keresztül nyomást fejtenek ki. A görgős típusokban, ahogy a szén Hardgrove őrölhetőségi indexe nő, úgy csökken az energiaszükséglet, hasonlóan, a táplálás tonnánkénti energiafogyasztása csökken, ahogy a táplálás aránya nő. Egy tipikus görgős malom a legfeljebb 5 cm átmérőjű darabokat tartalmazó szénből 70%-nyi 200-as (74 μm) szemcséket tartalmazó terméket állít elő [79, Bell and Chiu, 2000].

A szén utánpótlására és elégetésére számos módszert fejlesztettek ki, beleértve a direkt rendszert és a tárolós (indirekt) rendszert. Direkt szállítás esetén a szénport gáz vagy légáram szállítja transzport csővezetéken keresztül a malomtól az égőkig. Indirekt rendszerben a szénpor nagy szállítási teljesítményű ventillátorral felszerelt szállítási körbe kerül.

❖ Tüzelőanyag előkészítés lignitpor tüzeléshez

A lignitet zárt adagolók juttatják a bunkerekből a malmokhoz. Az adagolók speciálisan vannak kialakítva, hogy igazodjanak a felhasznált helyi tüzelőanyag típusához. A malmok három szerepet töltenek be: **őröl**nek, **szárít**anak és a tüzelőanyagot a **tűztérbe juttat**ják.

A lignit porrá őrlését segíti a forró füstgáz jelenléte is, amelyet a kazánból nyernek recirkulációs csővezetékeken keresztül. A lignit szemcsék méretét tipikusan 90 μm alá csökkentik. A füstgáz hője a lignit nedvesség tartalmát 45-70%-ról 10-20%-ra csökkenti, ez az optimális égéshez szükséges szint. Végül a lignitpor, füstgáz és pára elegye a kazán égőihez jut. Az elegy tartalmazhat még levegőt vagy hideg füstgázt, amit a malomban keverhetnek hozzá.

Amikor nagyon alacsony fűtőértékű és magas nedvességtartalmú lignitet használnak tüzelőanyagként, a lignit tűztérbe jutása előtt egy további lépés beiktatása szükséges a nedvességtartalom hatékonyabb csökkentése érdekében. A malom után a lignitben és

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

nedvességben gazdag elegyet egy különlegesen kialakított **elektrosztatikus csapadékleválasztó** berendezésbe vezetik, ahol a száraz lignitszemcséket elválasztják és a kazán alsó égőihez továbbítják. Az elektrosztatikus csapadékleválasztóból a füstgáz és pára elegye ventillátorokon keresztül a füstgáz kéntelenítőbe kerül.

❖ **Tüzelőanyag előkészítés a fluidágyas tüzeléshez**

A fluidágyas tüzeléshez a legtöbb szilárd tüzelőanyagot meg kell őrölni. A tüzelőanyag tulajdonságaitól függően a kívánatos szemcseméret 3 és 20 mm között mozog. Az előkészített tüzelő közvetlenül a fluidágyba kerül a tűztérben, ahol az átlagos ágy részecske méret a buborékos fluidágyas égetésnél (BFBC) 1000 μm, illetve a cirkulációs fluidágyas égetésnél (CFBC) 100-1000 μm.

❖ **Tüzelőanyag előkészítés rostélytüzeléshez**

Ha a tüzelés rostélyon történik, csak korlátozott mértékben szükséges a tüzelőanyagot előkészíteni. A tüzelőanyag nagyobb darabjainak méretét csökkenthetik, hogy többé-kevésbé homogén méretű szemcsék kerüljenek a tűztér rácsára. A szemcsék maximális méretét sokszor az adagolórendszer és a rács technikai paramétereinek határozzák meg.

(5) TÜZELÉSTECHNIKA

❖ **Kondenzációs erőművek**

a) Szén- ill. lignitportüzelés

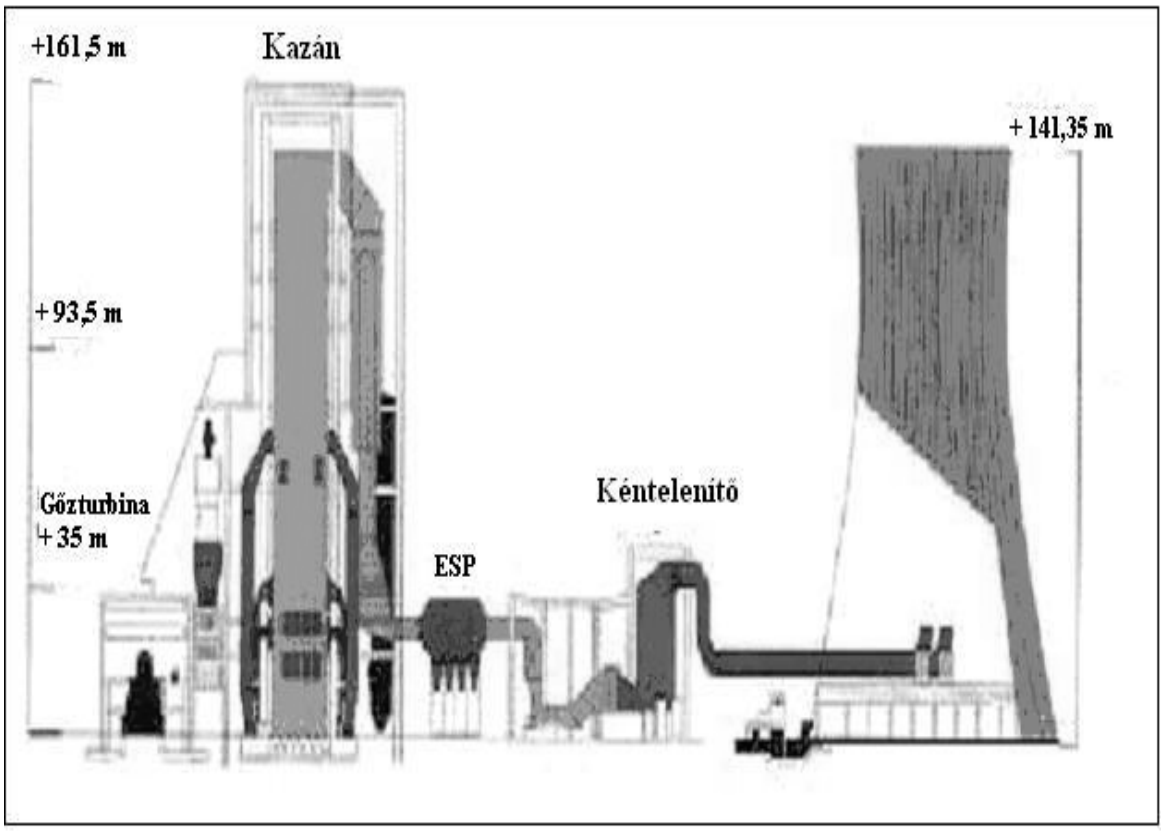
A legtöbb mai, csak gőz kondenzációjával működő erőmű **fajlagos hőfogyasztása ~2,5**, ami a betáplált szén és a kimenőteljesítmény hányadosa (a hatásfok (e) 40%; LHV). Más szavakkal, minden egyes megtermelt áram egységével együtt 1,5 egységnyi hő elveszik. Ez a hő a kéményen keresztül a légkörbe jut, illetve főleg a kondenzátoron keresztül a hűtőrendszerbe kerül. Az 1960-as évek óta az általánosan használt gyakorlat szerint vagy természetes keringtetésű kazánokat alkalmaznak, ahol a kazánban a gőznyomás 170 bar körül mozog, vagy mesterséges keringtetésű kazánokat, ahol a nyomás 240 bar körül van.

Az erőművi körfolyamat hatásfokának javítására használt megoldások közül a leghatékonyabbak a következők: A gőz kezdő paramétereinek, ezen belül a hőmérsékletének a növelése, amelyet részben a túlhevítővel érnek el. A turbinában már munkát végzett gőz újrahevítése ugyanezt a célt szolgálja. A hatásfok javításának további hatásos megoldása a kondenzációs hőmérséklet csökkentése.

A túlhevítési illetve az újrahevítési hőmérséklet mindkét fent említett esetben 540-570 ºC között van, a választott cső anyagától függően. A legkorszerűbb technológiával előállított anyagok használatával a napjainkban épült széntüzelésű kondenzációs erőművekben akár 300 bar gőznyomás és 600 ºC–os gőzhőmérséklet is elérhető.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.1-7. ábra egy napjainkban épült lignittüzelésű erőművet ábrázol.



3.1.1-7. ábra: Új, nagy, frissvízhűtésű, lignittüzelésű hőerőmű elektrosztatikus porleválasztóval, FGD-vel [92, VEAG, 2000]

A legtöbb, az 1990-es években épült szén- illetve lignittüzelésű erőmű nettó fajlagos hőaránya 2,3 (e = 43%). Ha lehetőség van rá, frissvízhűtést alkalmaznak, hogy minél alacsonyabb kondenzátornyomást és hőmérsékletet érjenek el, valamint hogy maximalizálják az erőmű villamosenergia termelési hatásfokát.

A modern kondenzációs erőművek egységei általában nagyok, a beépített teljesítmény 300-900 MW_e közötti. Az ilyen méretű erőműveknél a tüzelőanyagot szénporégőkben égetik el. Az NO_x kibocsátásának ellenőrzésére speciális NO_x égőket illetve egyéb, elsődlegesen NO_x csökkentésére használatos technikákat alkalmaznak. Ha ezekkel az óvintézkedésekkel sem érnek el eredményt, karbamid vagy ammónia felhasználásával szelektív katalitikus csökkentés (SCR) illetve szelektív nem-katalitikus csökkentés (SNCR) alkalmazására nyílik lehetőség.

A távozó füstgáz kéntelenítése a kazán és a kémény közé helyezett gáztisztító berendezéssel oldható meg.

A legrégebben alkalmazott környezetvédelmi intézkedések a kibocsátott gáz pernye, illetve elégetlen tüzelőanyag szemcséinek eltávolítására vonatkoznak, melyek legelterjedtebb módja az elektrosztatikus porleválasztó üzembe helyezése. Széles körben használatos a szövetbetétes porszűrő is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- ***Kazán típusok***

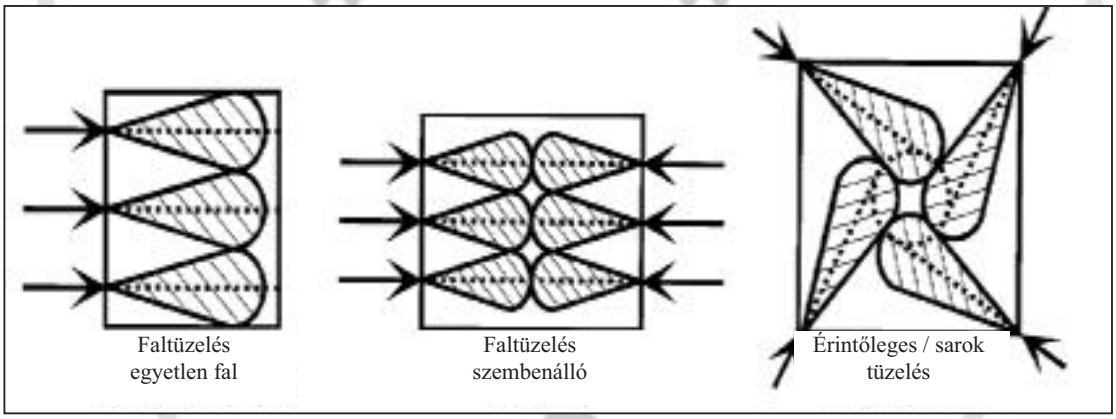
A **száraz salakeltávolítású kazánok**at (DBB) vagy kemencéket a hamu olvadási pontja alatti hőmérsékleten üzemeltetik. A láng centrumában a hőmérséklet gyakran magasabb, mint a hamurészecskék olvadási hőmérséklete. A hamu 10-20%-a lekerül a száraz aljra és eltávolítják, mint fenékhamut, a maradék 80-90% a kibocsátandó gázhoz kerül, ahonnan porleválasztóval vonják ki. A széntüzeléshez kapcsolódóan ez a legelterjedtebb technika a világon. Az új, európai lignittüzelésű erőművek is ezt a technikát alkalmazzák, több, 950 MW_e teljesítményű egységük is épült.

A **folyékony salak eltávolítású kazánok** vagy **salakolvasztós kazánok** (WBB) a salak olvadási pontjánál magasabb égési hőmérsékletre vannak kifejlesztve (1400 ºC). E tűztereknek speciális kerámia bevonatra van szükségük, hogy ellenálljanak a megolvadt hamu hőmérsékletének és a magas hőmérséklet által okozott vegyi hatásnak. A nagy mennyiségű salak ugyanis a falakra kerül, ahonnan folyékony állapotban lefolyik, majd a kazán alján távozik. Ebben a tüzelési rendszerben a pernyét vissza lehet forgatni a tűztérbe, így a kazán melléktermékként salakot termel pernye helyett. A nedves aljú kazánokat főleg feketekőszén (antracit, fekete kőszén) elégetéséhez használják, ahol az illóanyag mennyisége viszonylag alacsony.

- ***Tüzelési rendszerek***

A szénégőkben a füstgázkeverék porlasztófejeken áramlik keresztül az égéskamrába (tűztérbe) és a hozzáadott égéslevegővel együtt ég el. Ha szükséges, különálló gyújtóégőt használnak induláskor, instabil égés folyamán és leálláskor. Ezek az égők a legtöbb esetben fűtőolajjal működnek, de gáz vagy finomra őrölt száraz lignit is használható. Az égők, ha szükséges, az újragyújtást biztosítják instabil égés során. A szén és lignit kazánok esetében a következő tüzelési rendszereket alkalmazzák.

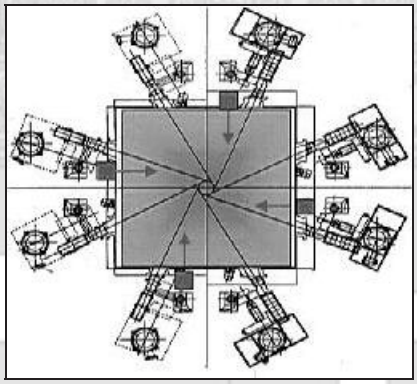
Fal- vagy elülső tüzelési rendszerekben a tüzelőanyag vízszintesen keveredik az égési levegővel. Az égőket egy sorba rendezik, csak az elülső falhoz vagy az elülső és a hátsó falhoz egyaránt. Ez utóbbit szembenálló, oppoziciós tüzelésnek nevezik. Ha egyszer a szén begyulladt, a forró égéstermékek biztosítják a folyamatos működéshez szükséges gyújtási energiát.



3.1.1-8. ábra: Különböző szénégő elhelyezkedések (alkalmazások) [32, Rentz, et al., 1999]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tangenciális- vagy sarokgyújtási rendszerek az egyszeri lángburkolás elvén működnek. Mind a tüzelőanyag, mind az égési levegő azonos magasságból érkezik a függőleges kazán sarkaiból a tűztérbe, mellyel egy kis körpályát hoznak létre a kazán középpontjában. Néhány esetben a tűztér égőit automatikusan megdöntik, hogy kontrollálni tudják a kazán kilépő gázainak hőmérsékletét, ill. hogy fenntartsák a frissgőz vagy túlhevített gőz előírt hőmérsékletét.



3.1.1-9. ábra: Tangenciális tüzelési rendszerek [137, Elsen, et al., 2001]

Függőleges tüzelési rendszerek: Az első porított szenes rendszerek kialakítását nevezték függőlegesnek vagy íveltnek. Ezeket főként olyan szenek tüzelésére használják, melyek illóanyag tartalma 8-15 %. Az alacsonyabb kazánokban a tüzelési rendszer hosszú, hurkos lángot eredményez, ahol a forró gázok a középpontban távoznak.

b) Fluidágyas tüzelés (FBC)

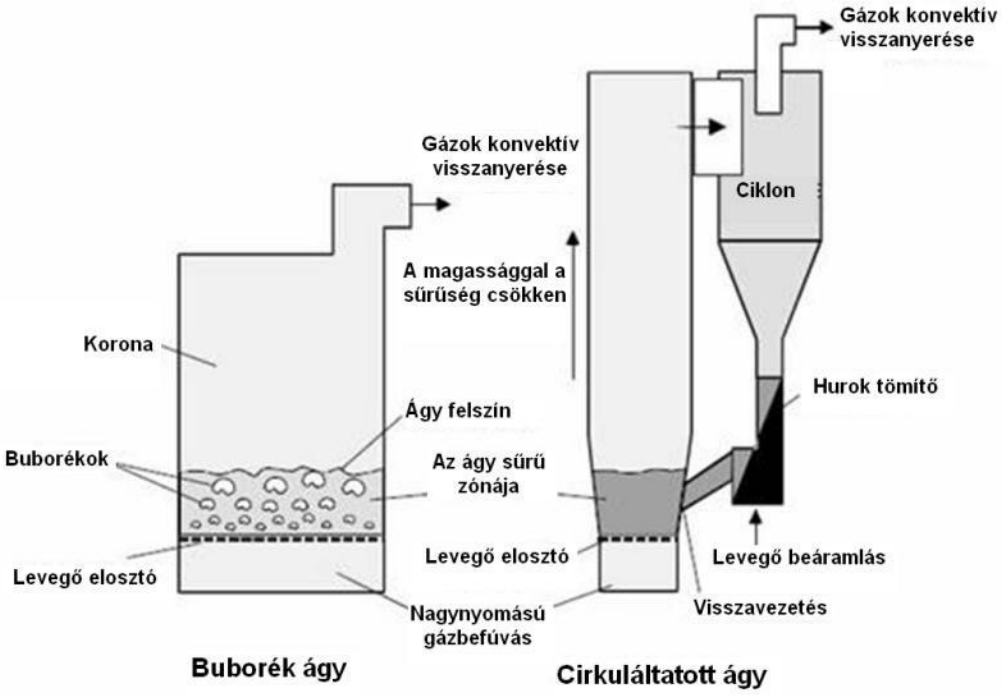
A fluidágyas tüzelés során a tüzelőanyagot a forró turbulens ágyra juttatják,, az égési levegőt pedig a kazán aljáról juttatják be az ágy fluidizációjával. Az ágy anyaga kezdetben általában homok. Az ágy szemcséi fluidizált állapotba kerülnek a kazán beáramló levegője hatására és meggyújtják a tüzelőanyagot. A magas, 750-950 ºC-os égési hőmérsékletnek és a hosszú tartózkodási időnek köszönhetően a tüzelőanyag jól elég, így az égés során képződött szennyezőanyag kibocsátás viszonylag alacsony

A fluidágyas technikát hamuban gazdag szén égetésekor használják.

Manapság két különböző típusú fluidágyas kazán létezik, az átfúvásos vagy **buborékos fluidágyas** (BFBC) és a **cirkulációs fluidágyas** (CFBC).

A CFBC esetén a levegő a kazán aljáról érkezik: egy része elsődleges levegőként a rostélyon keresztül, másik része másodlagos levegőként néhány méterre a rostély fölött. A levegő sebessége elég nagy ahhoz, hogy magával ragadja az ágy szilárd szemcséit, így azok megtöltik a teljes tűzteret. A forró égési gázok a szemcséket az égési rendszer tetejére viszik, onnan nagy teljesítményű porleválasztókba jutnak, ahol leválasztják őket és visszavezetik a fő tűztér aljára. Az SO_2 eltávolításának biztosítására zúzott mészkövet illetve dolomitot adagolnak az ágyhoz. A cirkulációs ágy rendszer növeli a potenciális reakcióidőt és a gázkeveredés mértékét, ezért általában hatékonyabb égést és kén megkötést eredményez.

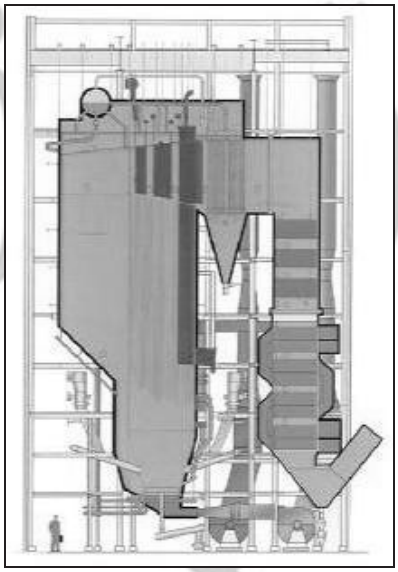
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.1-10. ábra: A buborékos- és a cirkulációs fluidágyas kazánok vázlata [59, Finnish LCP WG, 2000]

A hőátadási szint jelenti a legfőbb különbséget a két fluidágyas tüzelési technika között. A szén kis mennyiségben tartalmaz illékony anyagokat, melyek már az ágyon elbomlanak a hő hatására. A szén 60-80%-a égethető csak el. Ha ez utóbbi hányad a buborékágyon marad, ott felhalmozódik egészen addig, amíg a fluidizációhoz és az égéshez szükséges többlet levegőt be nem juttatják. Az efféle felhalmozódás kerülendő, mivel még rövidtávon is növeli az ágyhőmérséklet feletti kontroll elvesztésének kockázatát.

A CFBC a legjobban megvalósítható fluidágyas tüzelési technológia az 50 MW_{th} teljesítmény fölötti tartományban.



3.1.1-11. ábra: CFBC kazán alacsony kéntartalmú szén elégetésére [83, Foster Wheeler, 1995]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fluidágy a kazán alján található. Az ágy felett a szuszpenzió sűrűsége a kazán magasságával együtt csökken, mivel az ágy anyagát visszakeringtetik a kazánba annak fala mentén. A szuszpenzió sűrűsége a kazán kifolyónyílásánál jellemzően 5-30 kg/m^3 között van. A nagy mennyiségű keringetett inert anyag finomítja a hőmérséklet-profilt a kazán minden egyes pontján. A hűtőfelületet ezért szabadon helyezik el a kazánban vagy az ágy keringető vezetékében. A kazán minden felületén nagyon egyenletes a hőátadás, mert a sűrű szuszpenzió hőleadása független az égéstermék hőleadási tulajdonságaitól.

A buborékágyas és a cirkulált fluidágyas technikák összehasonlítása

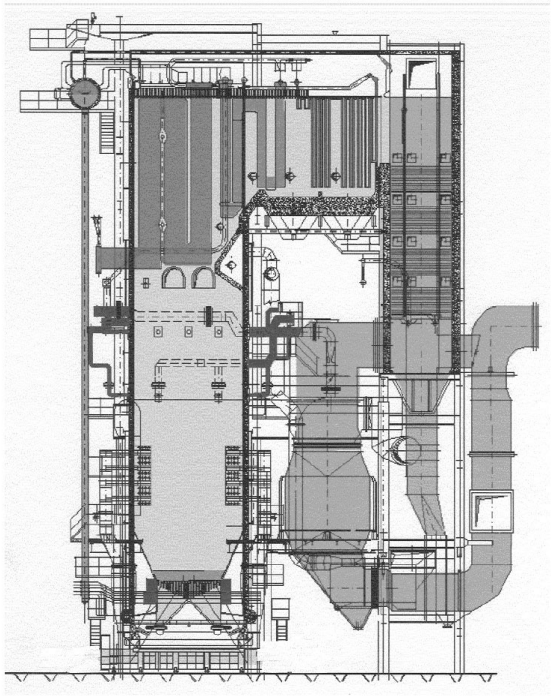
A buborékágyas tüzelés sok tekintetben hasonlít a rostélytüzelésre. A tüzelés legfőbb előnye a jobb hőmérsékletszabályozás. A cirkulált fluidágyas tüzelés a portüzelésre illetve a égővel való tüzelésre hasonlít. Egy különbség azonban mégis említhető, méghozzá a kazán minden részére kiterjedő hőmérsékletszabályozás, mely biztosítja magas hőmérsékletű láng nélkül is a tüzelőanyag meggyulladását.

A fluidágy hőmérséklete általában 800–900 ºC. Az alacsonyabb hőmérséklethatár a tüzelőanyag égési reakcióképességéből adódik, míg a magasabb hőmérséklet a tüzelőanyag-hamu zsugorodásának kezdőpontja.

A BFBC esetén a tüzelőanyagot az ágyra táplálják. A biomassza tüzelőanyagok azonnal elbomlanak a hő hatására, ha a forró ággyal érintkeznek. Az égési levegő 30-40%-a fluidizációs levegőként használódik el, míg a maradék a pirolízisgázok égetésére fordítódik az ún. koronában a buborékágy felett. A legfinomabb részecskék legnagyobb része szintén elég a koronában, ahol akár 1100–1200 ºC is lehet az égési hőmérséklet, sőt lokálisan magasabb is. A buborékágy tulajdonképpen a tüzelőanyag adiabatikus égőtereként funkcionál és az alacsony égési hőmérséklet az oka annak, hogy az elsődleges égési zónában a sztöchiometrikusnál alacsonyabb a használt levegő hányadosa.

A BFBC kazán koronájában egyéb égők is elhelyezhetők és egyidejűleg működtethetők az ággyal, így használhatók gáz-, olaj- vagy szénégők is. Ez utóbbira mutat példát a 3.1.1-12. ábra, amelyen az oroszlányi erőmű hibrid fluid tüzelésre átalakított egyik kazánjának metszete látható. A kazán aljában üzemel a fluidágy, a tűztér felső részében pedig a hagyományos szénportüzelés valósul meg. Az átalakítás eredményeképpen megnőtt a kazán hatásfoka is, mindemellett magával hordozza a fluidtechnika előnyeit, elsősorban a részleges kénmegkötést és az NO_x szegény füstgáz kibocsátást.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.1-12. ábra: Az oroszlányi fluid- és szénportüzelésű kazán metszete [Vértesi Erőmű Zrt.]

A létező CFBC berendezések tapasztalata azt mutatja, hogy a teljes CFBC rendszer megfelelő működésének a ciklon hatásfoka a kritikus paramétere. A ciklon hatásfoka leginkább a szén elégetését, a mészkő égetését, az SO_2 és a CO gázok kibocsátását illetve a hőmérsékletprofilt befolyásolja. A ciklon hatásfoka főleg az alacsony reakcióképességű illetve a finomra őrölt tüzelőanyagoknál lényeges.

A ciklon hatásfokának fokozása növeli a szilárd keringetési hányados mértékét, ezáltal biztosítva az állandóan magas hőátadást a kazánban. A ciklonon végzett legutolsó módosítások optimalizálták a ciklon beömlő-csatornájának elrendezését és alakját, amely szerint azt lefelé megdöntötték, így korszerű örvénycsövet hoztak létre. Az örvény excentrikus elrendezését olyan CFBC berendezésekben is megvalósították, ahol az alacsony hamutartalmú barnakőszén a fűtőanyag, s ezzel lényeges mennyiségű mészkövet és homokot takarítottak meg a működés során.

A kis szemcséjű berendezések előnye, hogy tökéletesítette a szén kiégését, csökkentette a mészkő felhasználását, valamint csökkent a kazán belsejének eróziója is annak köszönhetően, hogy a kisebb hamuszemcsék kevésbé erozívak.

A tüzelőanyagnak nem kell porítottnak vagy száraznak lenni ahhoz, hogy használható legyen fluidágyas kazánban. Megkönnyíti az ágyra történő adagolást a tüzelőanyag mechanikus aprítása is. A fluidágyak széles szemcseméret eloszlást és magas nedvességtartalmat viselnek el az ágy stabilizáló hatása miatt. A forgó tüzelőanyag adagolás jelent némi méretbeli megkötést. Ezzel szemben a reaktív tüzelőanyag előfeldolgozása biztonságosabb, ha

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

mérsékelt mennyiségű nedvességet tartalmaz. A tüzelőanyag feldolgozás és szállítás során a robbanékony por és tűz keletkezésének kockázata normális körülmények között a tüzelő nedvességtartalmának 40 % fölött tartásával szabályozott.

A hőátadó felületek korródálódhatnak és erodálódhatnak, ha a fluidágy redukáló környezetében vannak. A legintenzívebb kopásnak akkor vannak kitéve, ha az oxidáló és redukáló levegő váltakozva éri. Éppen ezért a kazáncsövek a buborékágyban tűzálló kerámia burkolattal vannak ellátva. Az oxidáló zónában elhelyezkedő vertikális hőátadó felületek (kazán membránfalai, stb.) kopásállósága szempontjából az az ideális, ha az ágy anyagából készülnek.

Ami a környezeti megfontolásokat illeti, az FBC rendszerek mészkő-adagolással képesek a SO_2 emissziót csökkenteni és az alacsony tüzelési hőmérséklet miatt képesek viszonylag alacsony termikus nitrogén-oxid szintet elérni. Ez az egyik oka annak, hogy ezt a korszerű tüzelési technikát napjainkban egyre inkább erőteljesen fejlesztik. Azon felül a tüzelőanyagoknak egy széles spektruma égethető ugyanabban a berendezésben, mert a kazán nem annyira érzékeny a tüzelőanyag jellemzőire.

A rostélytüzelés és fluidágyas tüzelés közti választás a hamu minőségétől és a tüzelőanyag fizikai szennyezettségétől függ. Alacsony hamu olvadáspontú tüzelőanyag nem égethető fluidágyon, mert a fluidizáció nagyon hamar megzavarodik. A nehéz fizikai szennyeződések, mint a fém részecskék a háztartási hulladékban, szintén nem fluidizálhatók és nehéz azokat eltávolítani a kazánból. Azonban újabban olyan megoldásokat fejlesztenek és alkalmaznak sikeresen, melyek lehetővé teszik az említett tüzelőanyagok használatát fluidágyon is.

- ***Nyomás alatti fluidágyas tüzelés***

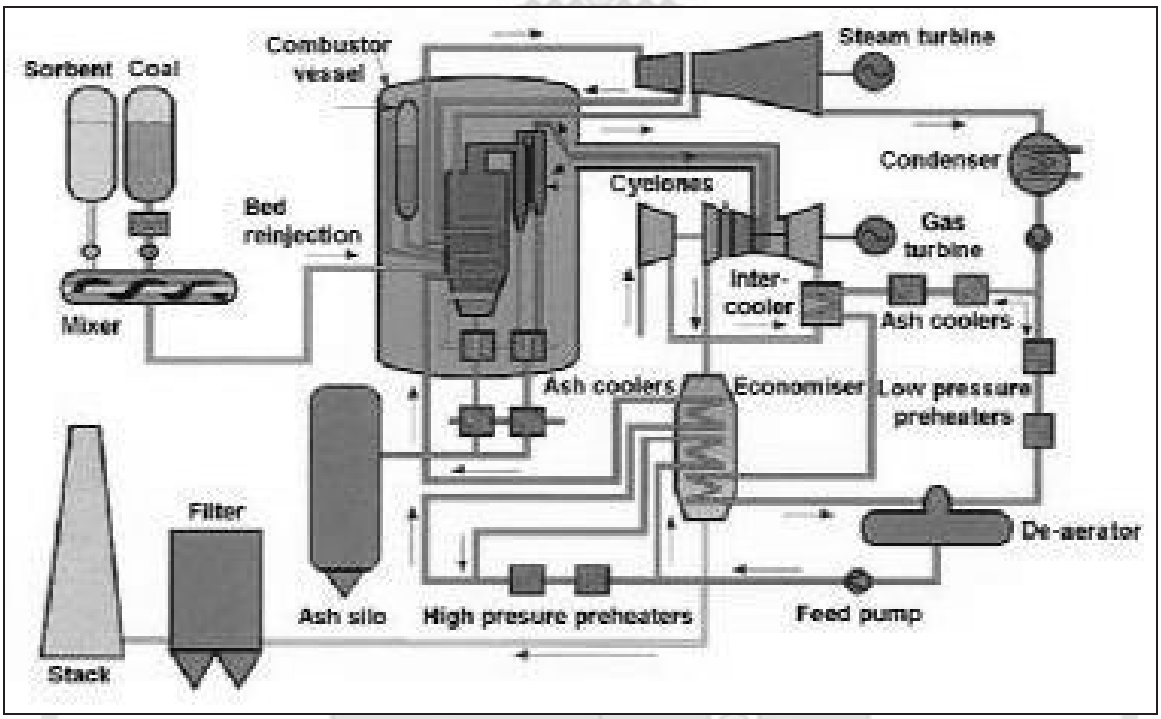
A normál légköri nyomáson működő fluidágyas tüzelő rendszerek tapasztalatai alapján az 1970-es évek közepén megkezdődött a nyomás alatti fluidágyas tüzelési rendszerek (Pressurized Fluidized Bed Combustion – PFBC) fejlesztése. A PFBC rendszerek azonos kimenet mellett a kisebb erőmű méret előnyét kínálják, ami kisebb beruházási költséget igényel, többé-kevésbé kisebb szennyezőanyag kibocsátást eredményez további kibocsátás csökkentő intézkedések nélkül, és mindezt olyan fajlagos hőteljesítményen, ami összemérhető vagy egy kicsit magasabb, mint a hagyományos széntüzelésű erőműveknél.

Az alacsony tüzelési hőmérséklet miatt termikus nitrogén-oxidok nem képződnek és a tüzelés során a tüzelőanyag nitrogén-oxidok mennyisége csökkenthető a koronába vagy a gázturbina előtt bevezetett ammónia adagolásával. Ahogy az atmoszférikus fluidágyas tüzelésnél, itt is megkülönböztetünk buborékos és cirkulált ágy rendszereket. Jelenleg minden 50 MW_e hőkapacitás fölötti erőmű buborékágyas rendszerű, de már úton van a cirkulált rendszer fejlesztése.

A PFBC rendszer fő komponensei a szénelőkészítő és kezelő rendszer, a nagynyomású fluidágyas kazán, a kerámia szűrőgyertyákat vagy porleválasztókat használó forró gáz tisztító szakasz, a gázturbina, és a gőzturbina gőz-vízköre.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.1-13. ábra egy buborék ágyas PFBC rendszer sematikus rajzát mutatja.



3.1.1-13. ábra: Nyomás alatti fluidágyas tüzelési rendszer sematikus rajza [32, Rentz, et al., 1999]

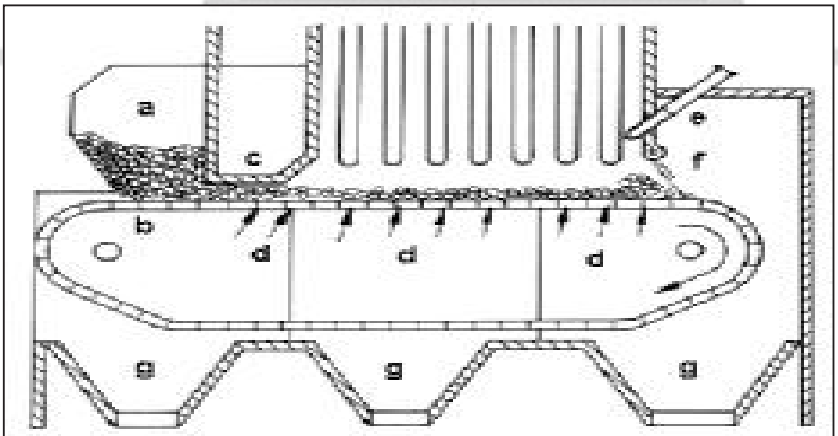
A tüzelés előtt a szenet megőrlik és mészkővel (dolomittal) keverik. Az elegyet pneumatikus szállító rendszer továbbítja a tűztérbe. Az égési levegőnek először megfelelő gázturbina kompresszorral megemelik a nyomását és a tűztér biztonsági tartályába vezetik a koaxiális csővezeték külső részén keresztül, míg a forró füstgázok a középjáraton keresztül visszatérnek a turbinába. Az égés a nyomásálló tartályban megy végbe 850-900 ^{o}C-on és kb. 1,6 Mpa nyomáson. A tűztér merített hőcserélőkkel van ellátva, ami állandó égési hőmérsékletet tesz lehetővé, és nagynyomású gőzt állít elő, amit gőzturbinában hasznosítanak. A forró füstgázt először kerámia szűrő vagy porleválasztó segítségével megtisztítják, majd gázturbinában villamosenergia előállítására hasznosítják. A turbina füstgázait hőhasznosító kazánba vezetik és a kazánt tápláló víz melegítésére, illetve gőztermelésre használják. A gőzturbina az üzem által előállított összes villamosenergia 80%-át állítja elő.

Jelenleg a PFBC rendszerek legfeljebb 45% fajlagos termikus hatásfok elérésére képesek. A növelés lehetőségei behatároltak a gázturbina viszonylag alacsony belépő hőmérséklete miatt, amit a fluidágyas kazán tüzelési hőmérséklete határoz meg. Több tervezetet javasoltak és tanulmányoztak a gázturbina belépő hőmérsékletének megemeléséről, például földgáz vagy tüzelőolaj kiegészítő tüzelésével, vagy a betáplált szén tüzelés előtti elgázosításával és a füstgáz gázturbinában való hasznosításával. Ezek a folyamat-összeállítások jelentősen magasabb teljesítménymutatókat produkálnak, de kísérleti vagy demonstrációs erőmű a mai napig még nem épült. Ahogy korábban említettük, a PFBC technológia legfontosabb előnye az inherens szennyezőanyag kibocsátás csökkentése.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- ***Rostélytüzelés***

A rostélytüzelési rendszerek szilárd fűtőanyagot égetnek rostélyon, miközben levegő halad keresztül a rendszer alsó részén. Ezeken a rendszereken a legtöbb szilárd, darabos tüzelőanyag elégethető. A gyakorlat azt mutatja, hogy a szén kevert szemcseméretttel táplálható, általában 30 mm-től kisebb méretben egészen a nagyon finom szénszemcsékig. A rostélytüzelésű rendszerek a tűztérben állandó tüzelőanyag mennyiséggel dolgoznak, de a szén a ventilátorok működése nélkül is a rostélyon hagyható, és gyorsan újra begyújtható hirtelen gőzszükséglet esetén. A rostélytüzelés kisebb széntüzelésű kazánokban még alkalmazott technológia, főképpen ipari és helyi-, körzeti fűtőművekben használják.



a) szénbunker; b) vándorrostély; c) beömlő csatorna; d) elsődleges levegő; e) másodlagos levegő f) ledobó; g)salaktároló

3.1.1-14. ábra: Vándorrostélyú széntüzelés [79, Bell and Chiu, 2000]

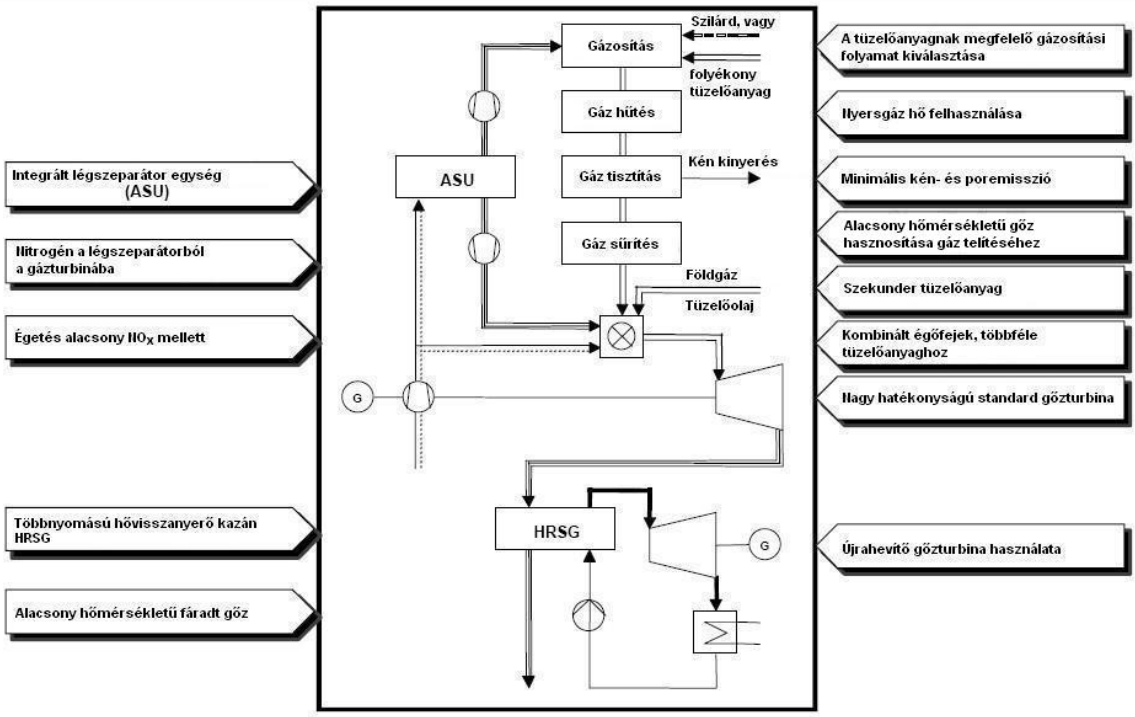
❖ Integrált elgázosító kombinált ciklus

Az integrált elgázosító kombinált ciklus (IGCC: integrated gasification combined cycle) egyesíti a gázosítást a gáztisztítással, a szintézisgáz átalakításával és a gázturbinás technológiával, hogy tiszta és megfizethető energiát termeljen. Az energia-átalakító folyamatok ezen integrálása az energiaforrások teljesebb kihasználását teszik lehetővé, nagy hatásfokot és rendkívül alacsony környezetszennyezési szintet biztosítanak. Továbbá az IGCC gyakorlatilag minden szén alapú nyersanyagot termékké; villamos energiává, gőzzé, hidrogénné és más értéknövelt kemikáliákká képes alakítani. A különböző technikai kombinációk lehetővé teszik az ipar számára az olcsó és készen elérhető erőforrások és hulladékok hasznosítását nagy hatásfokú energia-átalakító választásával.

Az IGCC rendszer általános keretrendszerén belül a folyamatok integrálásának szintjét és a gázosítás típusát (pl. nedves és száraz szénadagolási rendszer, levegő és oxigén befúvás, fix ágyas, buborék ágyas vagy áramoltatott levegős gázosítás) tekintve többféle lehetőség is rendelkezésre áll.

A gázosító a szénhidrogén nyersanyagot gáznemű komponensekké alakítja nagynyomású hő alkalmazásával gőz jelenlétében. A gázosítóba történő levegő vagy oxigén befecskendezésen keresztül a nyersanyag részleges oxidációja hőt termel. A hő és nyomás együttesen felszakítja a nyersanyag alkotórészei közötti kötéseket, felgyorsítja a kémiai reakciókat, és szintézisgázt állít elő.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



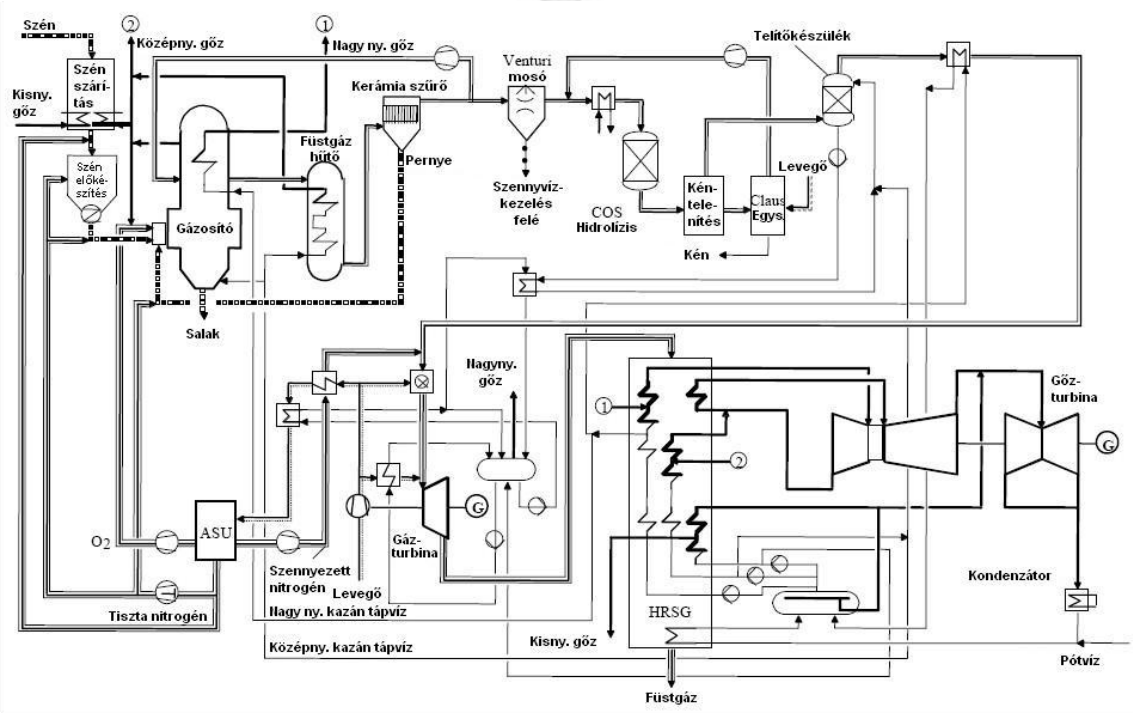
3.1.1-15. ábra: Az oxigén befúvásos IGCC főbb jellemzői [84, Siemens, 1999]

A nyersanyagban található ásványok (hamu) elkülönülnek és a gázosító alján maradnak inertüveg-szerű salak vagy más, a kereskedelemben hasznosítható szilárd termék formájában. Más potenciális szennyezőanyagok, mint pl. a kénvegyületek tipikusan elemi kén vagy kénsav formájában fordulnak elő; mindkét formában hasznosítható melléktermékek A gázosítóban jelenlévő redukáló légkör miatt nitrogén-oxidok nem jönnek létre a gázosítás folyamata alatt. A hidrogén/nitrogén reakciók következtében ammónia képződik, amit kimos a technológiai víz, ahogy a kloridokat is, amik egyébként savakat képezhetnének. Az IGCC-ben a szennyeződések leválasztása után maradt szintézisgázt, részben vagy teljes egészében, tüzelőanyagként hasznosítják a gázturbinában. A gázturbina generátort hajt és nagynyomású levegőt szolgáltat a gázosítónak, és hőt termel, amivel gőzt fejlesztenek a gázosítónak, a gőzturbina villamosenergia vagy más felhasználás számára.

Az IGGC rendszerek hideg gáztisztítással viszonylag jó nitrogén-oxid emissziós értékeket érnek el. Ez annak köszönhető, hogy a tüzelőanyagban jelenlévő kötött nitrogén majdnem teljes egészében eltávolításra kerül a gáztisztítóban. A termikus nitrogén-oxid formációk a gázturbina égésterében nem tudnak létrejönni, mert az égés előtt a füstgázt gőzzel telítik, illetve a levegőszabályozó egységből nitrogént vonnak el. Ezek a kibocsátás csökkenését célzó intézkedések eredményezik a 25 mg/Nm^3-nél kisebb nitrogén-oxid emissziót a füstgáz 15%-os oxigéntartalmánál. Az IGCC továbbá jelentősen csökkenti a makroszemcse, az SO_2 (5 mg/Nm^3), a hulladékvíz és a CO_2 kibocsátás mértékét.

Széntüzelésre csak nagyon kevés erőműben használnak IGCC rendszert.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.1-16. ábra: Egy Spanyolországban működő IGCC erőmű blokk diagramja[84, Siemens, 1999]

Az IGCC termodinamikailag kedvező feltételeit biztosítja a nagynyomású, magas koncentrációjú szennyezőanyagok és az alacsony sebességű szintézisgáz kinyerésének – ami az égéstermék egy századnyi része. Ez a kén és makroszemcsék gazdaságos és intenzív tisztítását teszi lehetővé. A szennyezőanyagok többsége szétválasztásra és elnyelésre kerül az IGCC gáz tisztító folyamata során. A gázosítás redukáló jellege erősen kedvez a folyékony higany átalakulásának annak elemi formájára. Az elemi higany könnyen és megbízhatóan kivonható kénezett aktív szénnel.

❖ Kapcsolt energiatermelés (CHP)

A kapcsolt energiatermelés során egyetlen folyamat termel hőt és villamos energiát egyaránt. A kapcsolt energiatermelés, vagy a hő és villamosenergia együttes előállítása (Combined Heat and Power – CHP) egy bizonyított technológia, amit főleg azokban az ipari létesítményekben használnak, ahol mind hőre (forró víz és gőz), mind villamos energiára szükség van. A költségmegtakarítás mellett a kombinált fejlesztés környezeti előnyöket is nyújt, hiszen a fosszilis tüzelőanyagokat hatékonyabban használja fel. Ez összességében kevesebb károsanyag kibocsátást jelent, mintha külön-külön termelnénk villamosenergiát és hőt, továbbá optimális tüzelőanyag és exergetikus hatásfokot is biztosít.

Fosszilis fűtőanyagokat tüzelő kazánok által hajtott gőzturbinákat évek óta használnak ipari kapcsolt energiatermelő rendszerekben. Hagyományos szén- és lignittüzelésű kazánokban nagy nyomású gőz fejlődik, majd expandál a turbinában, hogy mechanikai energiát termeljen, amivel a generátor meghajtható. A termelt energia mennyisége attól függ, hogy milyen mértékben lehet a gőznyomást csökkenteni a turbinában, miközben az még mindig képes kielégíteni az elvárt hőigényt. Néhány esetben a turbina szeparált vagy integrált, alacsony nyomású részekkel van szerelve, melyek a hőbetáplálástól független villamosenergia termelést tesznek lehetővé.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A kapcsolt energiatermelő rendszerek előnyei a magas általános tüzelőanyag és exergetikus hatásfok, bármilyen típusú tüzelőanyag használható, a hő- és villamosenergia aránya változtatható, nagy megbízhatóság és magas rendelkezésre állás, általában 98% fölötti, széles tartományban használható, hosszú élettartam. Hátránya a magas hő és villamosenergia arány, valamint a magas költség.

❖ **Kombinált ciklusú tüzelés – repowering**

A kombinált ciklus ötlete abból az igényből nőtt ki, hogy fejlesszék az egyszerű 'Brayton' (Joule)-ciklus hatásfokát úgy, hogy hasznosítják a turbina füstgázának hulladékhőjét. Ez egy magától értetődő megoldás, mert a gázturbina viszonylag magas hőmérsékletű, a gőzturbina viszonylag alacsony hőmérsékletű.

A kombinált ciklusú tüzelés főbb célkitűzései a következők:

- növelni az energiatermelést,
- fokozni a teljesítményt,
- javítani az üzembe helyezett erőmű kihasználtságát,
- nagyobb működési rugalmasságot nyújtani,
- növelni a megbízhatóságot és a rendelkezésre állást,
- csökkenteni az üzemeltetési és karbantartási költségeket,
- meghosszabbítani az erőmű élettartamát,
- csökkenteni a károsanyag kibocsátást és az égéstermék mennyiséget.

(6) VÍZ- ÉS HULLADÉKVÍZ-KEZELÉS

Szén- és lignittüzelésű erőművek üzemeltetése közben különféle típusú hulladékvizek keletkeznek. A prizmákról, a salakhányókról (zagyterekről) és a melléktermék raktárakból elfolyó víz kezelése kíván különleges figyelmet. A vízfölösleg kiengedése előtt kezeléssel és monitorozással gondoskodni kell a vonatkozó környezetvédelmi előírások betartásáról. A tiszta vízzel való hígítás ennek érdekében nem elfogadható.

A szén elégésekor ásványi anyag tartalmának nagy része szilárd állapotban távozik a rendszerből annak több pontján: a szénmalmokban, a kazán alján, az előmelegítő füstgáztisztító rendszerben és a kéményen keresztül. Az alsó hamu mindenféle típusú szén- és lignit tüzelésű erőműben kinyerésre kerül, de hogy ez az összes hamu mennyiségének hány százaléka, az változó. A salakolvasztós kazánokban történő füstgáz recirkuláció miatt a hamu 100%-a visszanyerhető salak-granulátumok formájában. Ha a pernyében egy bizonyos mennyiségű elégetlen tüzelőanyag marad, azt külön kinyerik, és speciális silókban tárolják. Cirkulált fluidágyas tüzelés esetén a ciklon visszajuttatja a hamu nagy részét a kazánba, ahol az összekeveredik az ágy anyagával és alsó hamuként nyerhető ki.

Mész vagy mészkő alapú vizes füstgáz kéntelenítő rendszerekben a gipsz határozott kristályszerkezettel nyerhető ki. Ez szükséges a gipsz és a kisebb, fel nem oldott mészkő szemcsék szétválasztásához és a kinyert gipsz szárításához. A túl kis szemcseméret megnöveli a melléktermék nedvességtartalmát, normális esetben körülbelül 10%-kal. Ezen melléktermék mosásával jó minőségű, értékesíthető (a természetes gipsszel összemérhető vagy jobb minőségű) termékhez jutunk az eredeti tüzelőanyagra utaló szennyeződésnek mindössze nyomaival. A legtöbb esetben a gipszet összegyűjtik, és prizmákban tárolják. Néhány erőműben a gipszet tovább szárítják, 4% vagy akár 1%-os nedvességtartalomig, hogy csökkentsék a szállítási költséget és növeljék a felhasználás minőségét.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.1.1-17. ábra: Zárt gipsztároló épület [Mátrai Erőmű Zrt.]

Abban az esetben, ha a gipszre nincs piaci kereslet, a füstgáz kéntelenítő gipsz szabályozott módon terepfeltöltésre használható, a pernyéhez és a nedves hamuhoz hasonlóan. Lehetséges az egyes melléktermékek elkülönített lerakása is, de a füstgáz kéntelenítő gipszből, pernyéből és hulladékvízből kevert elegy, ahogy gyakran hívják, stabilizátum, jobb terepfeltöltési adottságokkal (mechanikai szilárdság, a vízáteresztő képesség és a víztartó-képesség) rendelkezik, mint ez egyes összetevők külön-külön. Lignittüzelés esetén a maradékok és melléktermékek kezelésének legszokványosabb módja a rekultiváció. A pernyét is nagyon gyakran használják a meddőhányók lejtőinek megerősítésére a lignitbányák területén.

A stabilizátum jól teljesít, mert ötvözi a pernye agyag tulajdonságát és nehézfém-, nyomelem megkötő képességét a gipsz tulajdonságaival. Az erőművek szilárd melléktermékeivel történő szabályozott terepfeltöltésnek nincs megfigyelt káros környezeti hatása.

Általánosságban a tüzelési maradékokat és melléktermékeket, mint a hamut és a füstgáz kéntelenítő melléktermékeket különböző pontokon gyűjtik be: a kazánban, a porleválasztó bunkerekben, az elektrosztatikus porleválasztókban, a szövetszűrőkben és a füstgáz kéntelenítő művekben. Ezeket az anyagokat hidraulikus és mechanikus eszközökkel szállítják és silókban vagy speciálisan tervezett raktárépületekben tárolják, hasonlóan a gipsz tárolásához és mozgatásához a füstgáz kéntelenítő műtől.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.1–8. táblázat a széntüzelésű erőművek maradék- és égéstermékeinek újrahasznosítási lehetőségeit foglalja össze. Hogy melyik lehetőség kerül megvalósításra, azt minden egyes esetben külön kell meghatározni.

	Pernye		**Salak**		**Szorpciós folyamat termékei**	**Gipsz**
	Lignit	**kőszén**	**lignit**	**kőszén**		
Betonadalék (a feldolgozott pernye kivételével)	X	X				
Könnyű adalékanyagok betonhoz	X	X	X	X		
Hab vakolat, porózus beton	X	X			X	
Nagy teljesítményű beton	X	X				
pernye feldolgozás (építő ipar)	X					
keverési adalékok a cementiparban	X	X				
Nyers kőliszt összetevő a cement iparban	X	X				
Cement adalékanyag a késleltetés beállításához					X	X
Elkülönítő falak	X	X				
Szerkezeti gipsz						X
Kerámia ipar	X	X	X	X	X	
Útépítés és tájalakítás	X	X	X	X		
Gátépítés RCC technikával (úthengerrel tömörített)	X	X	X	X		
Töltőanyag bitumenes felülethez, kötőréteghez és utak ágyazatához	X	X				
Talajstabilizáció, ömleszett építkezési anyag földmunkához és útépítéshez	X	X	X	X	X	
Hangszigetelés		X		X	X	
Földfeltöltési technológiák, hulladék kezelés	X	X	X	X		
Földfeltöltés	X	X	X	X	X	X
Veszélyes anyag megkötése	X	X				
Biztosítóanyag a tárolók fenékburkolatához	X	X			X	
Felület simítás a földfeltöltés lezárásához			X	X		
szennyvíziszap kondicionálás					X	
Alapanyagok a biológiai szennyvíz/hulladékvíz tisztításhoz			X	X		
Stabilizált hamu cement keverék	X	X			X	
Árokfeltöltés	X	X			X	
A felhasználás egyéb módjai	X	X	X	X		
talajjavító anyagok a bányászatban	X	X	X		X	
Zeolit gyártás	X	X				
Alfa/béta hidrát gyártás						X
Töltőanyag/Kitöltő anyag a papíriparban					X	X
Anhidrit gyártás (=vízmentes kalcium-szulfát)					X	
Hővisszanyerés			X	X		
Füstgáz-kéntelenítés					X	

3.1.1–8. táblázat: Példák a szén- és lignittüzelésű erőművek maradvány- és égéstermékeinek újrahasznosítására [64, UBA, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.1.2 KIBOCSÁTÁSOK SZÉN ÉS LIGNIT TÜZELÉSE ESETÉN

Ez a fejezet a nagy tüzelőberendezésekből származó, a levegőben, a vízben illetve a földben általánosan észlelt, ill. mért kibocsátási szintekről nyújt információt. Az adatok információt adnak az erőmű hatásfokáról, azokról a hulladékokról, melléktermékekről, melyek a nagy tüzelőberendezés különféle működése közben keletkezhetnek illetve az eljárás során keletkező gőz újrahasznosításában vagy felhasználásában is segítenek.

A multimédia komplexitásának mértéke jelzi, hol van kölcsönös függés a bemenő és kijövő teljesítmények között, pl. ott, ahol különböző paraméterek egymás függvényei, vagy ahol kompromisszumot kell kötni annak érdekében, hogy azonos szinteket ne egyszerre érjenek el.

A működési feltételek részletes leírása (pl. a teljes kapacitás %-ban), a mintavétel, az analitikai módszerek és a statisztikai diagramok (átlagok, maximumok, tartományok) minősítik a teljesítmény adatait, amennyire lehetséges. A valós teljesítményadatok összehasonlíthatóak a nemzeti és nemzetközi aktuális szabványokkal.

E dokumentum kibocsátási adatai óránként vagy naponta mért átlagok vagy a termelt energia egységére vonatkozó összes kibocsátások. A gázok vagy a szennyvíz hígítása nem elfogadható. A vízbe történő kibocsátásokhoz random módon vagy 24 óránként vettek mintát. A standard körülmények 273 K, 101,3 kPa egyenletes oxigéntartalmat biztosítva illetve száraz gázokat használva.

(1) LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁSOK

A következő táblázatok néhány, főképpen Európában működő nagy tüzelőberendezésben mért kibocsátási adatokat foglalják össze (SO_2, NO_x, N_2O, por, CO, HF, HCl, NH_3 és nehézfémek, leginkább Hg). Az EURELECTRIC jelentése szerint a porleválasztó rendszer segítségével a kibocsátás 5-500 mg/Nm^3 közé csökkenthető attól függően, hogy mekkora a porleválasztó hatásfoka.

		Szén		**Lignit**	
		NO_x csökkentés nélkül	**alacsony NO_x égőkkel**	**csökkentés nélkül**	**elsődleges intézkedésekkel**
		mg/Nm^3			
DBB	Horizontális tüzelés	1000-1500	500-650		
	Tangenciális tüzelés	600-900	400-650	400-700	200-500
	Vertikális tüzelés	700-900			
WBB	Ciklon tüzelés	1500-2500	1000-2000		

3.1.2–1. táblázat: Létező erőművek NOx kibocsátása másodlagos intézkedések nélkül [58, Eurelectric, 2001]

Égés alatt a nehézfémek illékony fémekké illetve -klorid, -oxid és -szulfid vegyületekké alakulnak. 300 °C–ig a nehézfémek nagy része lekondenzál és a porszemcsék felszínén különválasztható (szállópernye).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Fém	Kőszén, szárazaljú kazán (DBB)	Lignit, szárazaljú kazán (DBB)	Kőszén, nedves aljú kazán (WBB)
Kilépés (% a bemenethez képest): alsó hamu (DBB); salak (WBB)			
As	1,6 – 7,5	0,4	10 – 21,2
Cd	1,8 – 8,9	Az erőmű típusa	15 – 30,1
Hg	2	–	2
Pb	3,1 – 11,3	1,1	76,7 – 88,8
Kilépés (% a bemenethez képest): pernye szűrése (DBB)			
As	88 – 91,2	98	
Cd	89,8 – 95	96	
Hg	17 – 39	49	
Pb	81 – 94	98	
Kilépés (% a bemenethez képest): a gipsznek megfelelő szennyvíz			
As	0,4 – 1,9	0,4	21,4 – 83,5
Cd	1,1 – 3,5	0,4	72 – 79
Hg	27 – 41	4,9	44 – 71
Pb	0,9 – 1	0,4	10 – 17,5
Kilépés (% a bemenethez képest): füstgáz			
As	0,18	0,42	6,5 – 17,3
Cd	0,19	4,2	0,1 – 6
Hg	18 – 32	44	27,6 – 54
Pb	0,17	0,5	1,2 – 2,6
Megjegyzés: A megfelelő DENOX egységek nem szerepelnek. Ezekben az erőművekben elektrosztatikus porleválasztót használnak füst mennyiségének csökkentésére illetve meszet (mészkövet) használó nedves mosó eljárást vagy permetező szárító abszorbciós eljárást alkalmaznak a füstgáz kéntelenítéséhez.			

3.1.2–2. táblázat: Összetett nehézfém anyagmérleg különböző típusú erőművek esetén

Bebizonyosodott, hogy a füstgáz portalanítására és kéntelenítésére tervezett rendszerek nehézfémeket is eltávolítanak (pl. azokat, melyeket a kazán alján levő hamu vagy salak nem tart vissza). Ennek következményeképpen a füstgáz tisztító berendezéssel ellátott modern erőművekben a mosott füstgáz szemcsés nehézfémeinek kibocsátása rendkívül alacsony.

A száraz aljú kazánok (DBB) alacsony Hg-visszatartása a mérhető mennyiségben kibocsátott gázhalmazállapotú higanynak köszönhető. Nedves aljú kazánokban, eltekintve a Hg-tól, a tüzelő- és a füstgáz tisztító berendezésnek is alacsony az As-visszatartása, ezért a füstgázzal együtt ezt is mérhető mennyiségben bocsátják ki. WBB-vel történő szállópernye-recirkuláció esetén csak ezen nagy illékonyságú nehézfémek kibocsátása nő (a Hg, de főleg az As kibocsátása).

A kőszéntüzelésű száraz salakeltávolítású kazánnal végzett kísérletek megbecsülték a terhelés és a különböző szenek égetésének a nehézfémek anyagáramára vonatkozó hatásait. Az eredmények a következők:

- a füstgázon keresztüli higany gázemisszió mennyisége nagy mértékben függ a szén klór és kalcium tartalmától. A klórnak két ellentétes hatása van: egyrészt növeli a gáz halmazállapotú higany részarányát, nedves füstgáz kéntelenítőben viszont javítja a higany leválasztását $HgCl_2$ formájában, ami könnyen kimosható. A kalcium az elektrosztatikus porleválasztóban javítja a higany leválasztását.
- a nehézfémek kazánhamuba történő integrálódása nem függ a szén kémiai összetételétől
- a nehézfémek szállópernyébe történő integrálódása nem függ a szén kémiai összetételétől, de függ a kazán terhelésétől, mivel teljes terhelés mellett maximális mennyiség mérhető.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.2–3. táblázat összefoglalja a mért nehézfémeket három olyan széntüzelésű erőmű esetén, melyek elektrosztatikus porleválasztót és nedves gáztisztító kéntelenítőt használnak.

	A megjelenő nehézfémek mennyisége különböző folyamatok során			**Kibocsátás(3)**
	A hamuval és a pernyével együtt távozik az ESP-ban	FGD végtermékkel vagy a vízkezelés során keletkező szűrési maradékkal távozó rész	Kéményen keresztül távozó hányad	Kibocsátott koncentráció µg/Nm^3
Arzén	97 – 98.7	0.5 – 1.0	0.3 – 2	0 – 5
Kadmium (Cd)	95.2 – 97.6	0 – 1.1	2.4 – 3.6(1)	0 – 5
Króm (Cr)	97.9 – 99.9	0 – 0.9	0.1 – 0.5	0 – 5
Higany(2) (Hg)	72.5 – 82 [2]	0 – 16	5.1 – 13.6 [2]	0 – 5
Mangán (Mn)	98 – 99.8	0.1 – 1.7	0.1	0 – 5
Nikkel (Ni)	98.4 – 99.8	0.2 – 1.4	0.1 – 0.4	0 – 5
Ólom (Pb)	97.2 – 99.9	0 – 0.8	0.1 – 1.8	0 – 5
Vanádium (V)	98.4 – 99.0	0.9 – 1.3	0.2 – 0.3	0 – 5

Megjegyzések:
(1) A kadmium kibocsátás ezekben a mérésekben magasabb volt, mint azt általában az irodalom említi.
(2) A higany kinyerésének hatásfoka ezekben a mérésekben magasabb, a kibocsátott mennyiség alacsonyabb volt, mint azt az irodalom említi. Ott 20–30% higanykibocsátás olvasható és csak 30-40% Hg kerül kinyerésre az elektrosztatikus porleválasztóban.
(3) Tájékoztató jellegű adatok, a kibocsátott gáz és részecske mennyiségét is tartalmazzák. Megfelelő szemcsés anyag kivonással minden egyes nehézfém koncentrációja 1 µg/Nm^3 alatt vagy közelében tartható

3.1.2–3. táblázat: A nehézfémek távozásának lehetséges útjai széntüzelésű erőművekben [59, Finnish LCP WG, 2000]

IGCC-vel befoghatóak és üveges salakban hatékonyan immobilizálhatóak az alacsony illékonyságú, magas forráspontú fémek. A legtöbb magas illékonyságú fém kondenzálható és szintézisgáz-mosóban elnyelethető.

A 3.1.2–4. táblázat a különféle területekről származó szenek különböző higanytartalmát foglalja össze.

Származás	**Minták száma (n)**	**Átlagos Hg tartalom (mg/kg)**			**Szórás v(%)**
Indonézia	7	0.04	±	0.02	63
Új-Zéland	1	0.05			
Kolumbia	7	0.06	±	0.03	57
Oroszország (Kuzbass)	1	0.06			
Ausztrália	17	0.08	±	0.06	70
Venezuela	2	0.08			
Dél-Afrika	12	0.09	±	0.02	23
Keverék	36	0.09	±	0.07	72
Egyiptom	1	0.10			
Norvégia (Spitsbergák)	2	0.14			
USA (kelet)	15	0.14	±	0.12	84
Kína	2	0.15			
Németország (Ruhr vidék)	1	0.16			
Lengyelország	10	0.35	±	0.55	154

3.1.2–4. táblázat: Különböző területekről származó szenek higanytartalma [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 3.1.2–5. táblázat különböző tüzelési technológiákból kibocsátott N_2O szinteket tekinti át irodalmi források alapján.

	Tüzelés techn.	O_2 %	N_2O (mg/Nm^3)					N_2O (kg/TJ)	
			Kremmer 1944	KEMA 1993	VGB 1994	IEACR 1993	Braun 1993	IACR 1993	Peter 2001
Szén	PC (DBB)	6	<2	<4 szakaszos tüzelés nélkül <0.4–1.2 szakaszos tüzeléssel		1-20		0.4-14	2-5
	PC (WBB)	6	3.8-9		4-10			0.4-14	2-5
	Rostély tüzelés		<30		1-10	0.2-3		0.4-14	2-5
	CFBC	7	4-20 (részleges terhelés) 40–700 (teljes terhelés)	16-170 (790-940 ºC)	30-160	60-140	50-120 (csúcsban 380)	36-72	20-45
	BFBC	7	100–150 (részleges terhelés) 140–480 (teljes terhelés)						
Lignit	PC (DBB)	6	10-16		13	1.5-6		0.6-2.3	0.8-3.2
	Rostély tüzelés	6	<30			0.8-2.5			0.8-3.5
	FBC	7	<30		5-20	10-90	5-14 (csúcsban 30)	11-45	3-8

3.1.2–5. táblázat: Különböző irodalmi forrásokból származó, mért N_2O emisszió szintek [98, DFIU, 2001]

A 3.1.2–6. táblázat mutatja az elektrosztatikus leválasztó után a füstgázokban maradó higanytartalmat.

Minták száma	Minimális Hg tartalom	Minimális Hg tartalom	Átlagos Hg tartalom	Szórás v (%)
	Hg koncentráció a füstgázban az elektrosztatikus porleválasztó áramlási irányában (µg/m^3)			
37	0.3	35	4.9 +7.3/-4.6	149
	Az elpárolgott Hg százalékos mennyisége a szénben lévő koncentrációjához képest			
36	1.0	115	43 ± 30.1	69

3.1.2–6. táblázat: A füstgázban maradó higanytartalom [58, Eurelectric, 2001]

Különböző tüzeléstechnikai megoldású kőszén tüzelésű erőművek HCl és HF kibocsátásait a 3.1.2–7. táblázat mutatja.

Kőszén tüzelőanyag	HCl	HF
	mg/Nm³, 6 % O_2	
Kéntelenítés nélkül	100-450	4-28
FGD + kontakt transzfer regeneratív légmelegítővel	3-14	2-8
FGD légmelegítő transzfer nélkül	1-8	0.2-2
FBC + száraz mész adagolás*	50-170	0.5-4
Megjegyzés: *Magasabb SO_2 redukció megemeli a kibocsátott HCl tartalmat		

3.1.2–7. táblázat: Erőművek HCl és HF kibocsátása másodlagos intézkedésekkel és azok nélkül [58, Eurelectric, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Különböző tüzelőanyagok eltüzelése során keletkező dioxin, furán és PAH kibocsátásokat mutatja a 3.1.2–8. táblázat.

Anyag	Szén	Nehézolaj	Orimulsion
Dioxinok és furánok	2.193 pg/Nm3	2.492 pg/Nm3	2.159 pg/Nm3
PAH	0.0606 µg/Nm3	0.0507 µg/Nm3	0.0283 µg/Nm3

3.1.2–8. táblázat: Különböző tüzelőanyagok égése során termelődött dioxin és PAH kibocsátások [192, TWG, 2003]

(2) ÉGÉSTERMÉKEK ÉS MELLÉKTERMÉKEK

Minden erőműben nagy mennyiségű melléktermék termelődik. Egy 750 MW_e teljesítményű erőmű 1 millió tonna kb. 10% hamutartalmú és kb. 1% kéntartalmú szenet éget el, mely évi 6000 órás teljes terhelés mellett 154 000 tonna melléktermékет eredményez. (3.1.2-1. ábra)

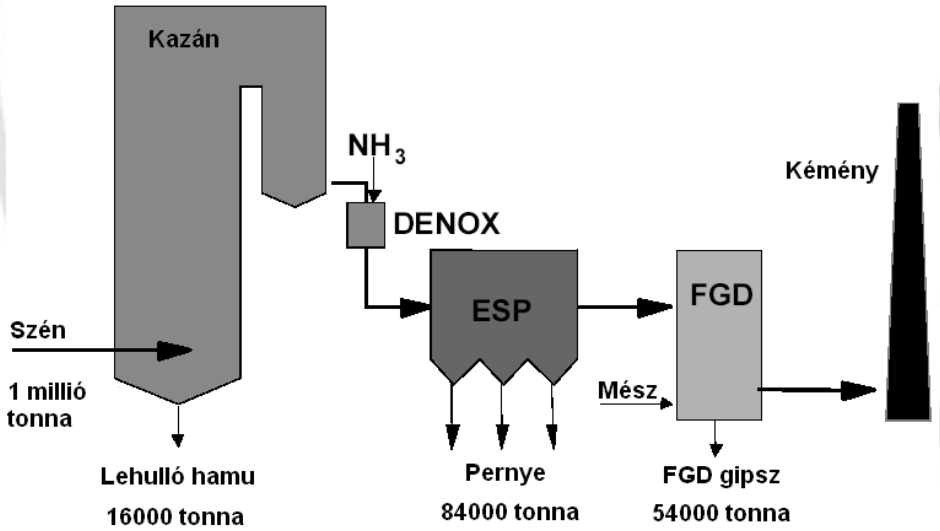
(A hazai mélyművelésű bányából származó közel 40% hamutartalmú és 3,5% kéntartalmú szénből, egy 240 MW_e erőműben évente 1,5 millió tonnát tüzelve, abból mintegy 500 ezer tonna salak és hamu keletkezik összesen.) Napjainkban közel 500 millió tonna hamu (salak és szállópernye) keletkezik világszerte.

A **gipsz** fő komponense kalcium szulfát-dihidrát, szállópernyét és összehasonlíthatóan magas koncentrációban Hg-t és Se-t tartalmazhat, építőipari használata esetén a kritikus paraméterei a méret, a kristályosodás, a víztartalom.

A **szállópernye** tartalmazza a legnagyobb mennyiségű lekondenzált nehézfémet. Betonhoz használva az izzítási veszteség, a Cl, a szabad CaO a kritikus paraméterek. Cementhez használva a cement fizikai, kémiai és mechanikai paraméterei szabályozottak (EN-197-1). Ilyenek az izzítási veszteség, a szulfát, a Cl.

A **fenékhamunak** alacsony a nehézfém tartalma, a tégla- és a cementipar hasznosítja.

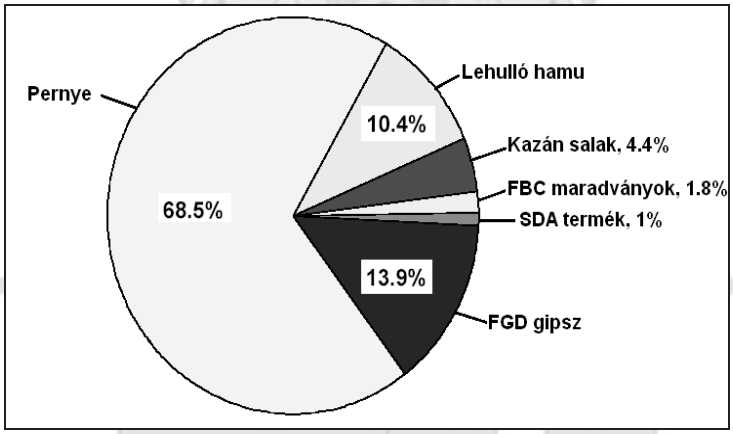
A **befúvásos száraz abszorbcióból származó égési maradványok:** gipszkeverék, kalcium-szulfát és szállópernye; melynek nagy részét lerakják vagy tömítőanyagként használják terepfeltöltésnél.



3.1.2-1. ábra: Egy 750 MW teljesítményű, széntüzelésű erőmű maradékanyag –termelése [90, ECOBA v. Berg, 1999]

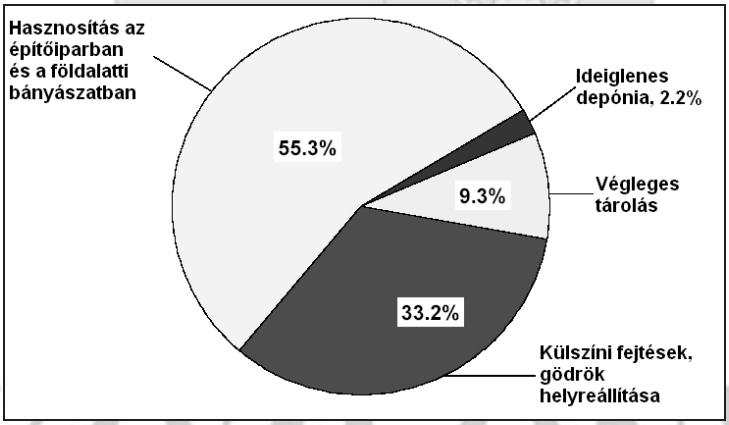
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A [90, ECOBA v. Berg, 1999] szerint az EU-15 országának széntüzelésű erőművei által termelt maradékanyagok mennyisége összesen 55 millió tonna. A 3.1.2-2. ábra és 3.1.2-3. ábra mutatja be a különböző maradékanyagok megosztását, valamint felhasználási területeit 1999-ben.



3.1.2-2. ábra: Széntüzelésű erőművekből származó maradékanyagok az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999]

A maradékanyagok legnagyobb részét az építőiparhoz és az általános mérnöki munkákhoz használták.



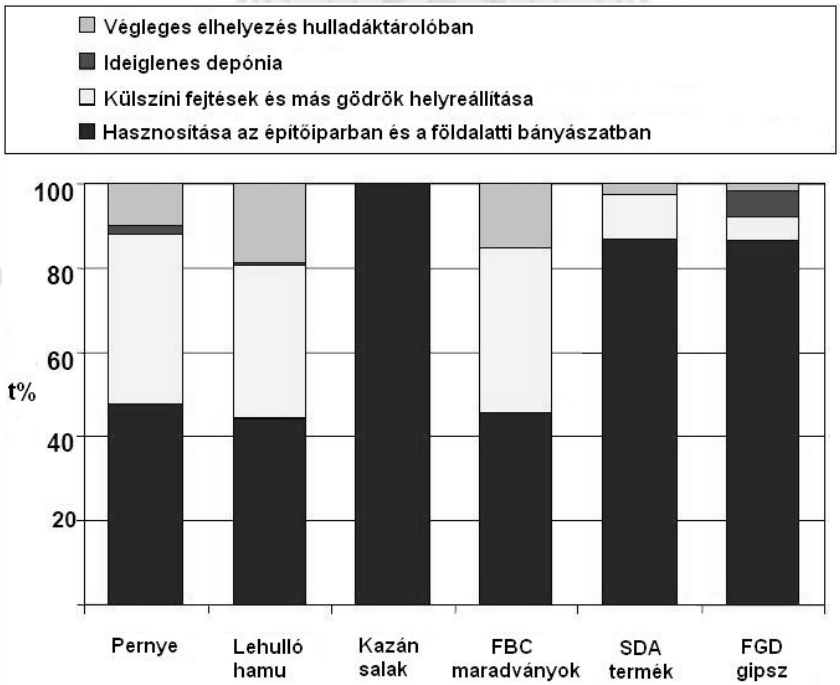
3.1.2-3. ábra: A maradékanyagok hasznosítása és ártalmatlanítása az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999]

A tagállamok másként használják fel a maradékanyagokat, ezt az éghajlat, az adók és a törvénykezés is befolyásolják. Egyes tagállamokban a maradékanyagok közel 100%-át hasznosítják, de némely országban, kedvezőtlen tulajdonságaik, mint pl. nehézfémtartalom, égési veszteség, szabad és össze-kalcium, Cl tartalom miatt csak 10%-át.

Az EU tagországai a kéntelenítés termékeit is különféleképpen hasznosítják. Néhány országban a porlasztva szárított abszorpció (SDA) termékeit az építőipar műtrágyának használja, míg máshol hulladék. A füstgáz kéntelenítő gipszet használják gipszkarton gyártásához, önterülő illetve kötéslassítónak cementhez. Egyre több helyen használják a tüzelés maradékait, ami arra utal, hogy egyre inkább elfogadják azokat. E tendenciához hozzájárulnak az ezzel kapcsolatos kutatások, a gyakorlat tapasztalatai és a marketingmunka erőfeszítései is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az EU-15 országában 1999-ben keletkezett különféle maradékanyagok elhelyezési és felhasználási arányát mutatja a 3.1.2-4. ábra. 1999-ben az égéstermékek 45-48%-át az építőipar és a föld alatti bányászat használta fel, 37-41%-át a külszíni fejtések rekultivációjához használták, 2%-át elraktározták, 10-15%-át pedig hulladéknak tekintették.



3.1.2-4. ábra: Különféle maradékanyagok elhelyezési és felhasználási aránya az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999]

A porlasztószárító terméke és a füstgáz kéntelenítő gipsz közel 86%-át hasznosította az építőipar és a föld alatti bányászat. A külszíni fejtések rekultivációjához a porlasztószárító termék 11%-át és a füstgáz kéntelenítő gipsz közel 6%-át hasznosították, ezen kívül a füstgáz kéntelenítő gipsz 6%-át elraktározták későbbi felhasználáshoz. A maradékanyagok csak 2%-a került ki hulladékként [90, ECOBA v. Berg, 1999].

A különféle égéstermékek nehézfémtartalmát mutatja egyes mérési eredmények alapján a 3.1.2–9. táblázat és a 3.1.2–10. táblázat, de ezek az adatok csak példaként tekinthetők, hiszen a szén típusától és a berendezéstől függően nagy a szóródás.

	Koncentráció (ppm)			Tömegáram (g/h)		
	Szén	**Ágyhamu**	**Pernye**	**Szén**	**Ágyhamu**	**Pernye**
Arzén	10.8	12.0	43.9	3193.6	43.2	3042
Kadmium	0.07	0	0.295	20.7	0	20.4
Króm	39.1	204.7	154.5	11561.9	736.7	10703.4
Réz	16.0	63.2	67.6	4716.4	227.5	4684.7
Ólom	6.7	11.6	27.7	1981.2	41.8	1919.6
Higany	0.28	0	0.1	81.3	0	6.9
Nikkel	40.5	204.0	158.7	11961.1	734.4	10997.9
Szelén	0.99	0.6	1.4	291.3	2.2	97.0
Vanádium	41.3	94.7	169.0	12197.6	340.9	11711.7
Cink	26.1	38.1	116.1	7717.8	137.0	8076.9

3.1.2–9. táblázat: A nehézfém tartalom égéstermékekben [64, UBA, 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	Szén	Mész $CaCO_3$	Pernye	Ágyhamu	Gipsz	Száraz gáz	Kibocsátott por
	(%)						
Arzén	100.0	0.0	99.1	0.4	0.4	<0.1	<0.1
Kadmium	100.0	0.0	95.5	0.0	0.4	4.1	0.0
Króm	99.6	0.4	91.2	5.1	3.6	0.1	0.0
Réz	98.9	1.1	94.3	3.6	0.8	1.4	<0.1
Ólom	99.6	0.4	98.0	1.1	0.4	0.5	<0.1
Higany	99.1	0.9	50.2	0.0	5.0	44.8	0.0
Nikkel	97.3	2.7	88.7	10.8	0.2	0.1	0.2
Szelén	100.0	0.0	51.7	0.6	27.9	16.4	3.4
Vanádium	99.7	0.3	97.8	1.8	0.3	0.0	0.1
Cink	99.5	0.5	97.7	0.8	0.6	0.8	<0.1
Megjegyzés: Egyes elemek outputja, a fém elemek és a mész 100% bevitele alapján az eltávolításhoz képest							

3.1.2–10. táblázat: Széntüzelésű erőművekből származó fémek [64, UBA, 2000]

3.1.3 KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁI

(1) PORSZÉN TÜZELÉSBŐL SZÁRMAZÓ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE

❖ **A tüzelőanyag előkészítése**

Első lépésként, a keletkező károsanyag kibocsátást minimalizálandó, az egész folyamat során tüzelőanyagként felhasznált nyersanyagot a következő módszerekkel lehet feljavítani:

- Különböző országokból származó különböző tulajdonságú szenek össze-keverésével.
- Jó minőségű (nagy fűtőértékű, alacsony víz-és hamutartalmú, alacsony kén, klorid és fluorid tartalommal rendelkező) szén használatával.
- Szénmosó/tisztító eljárások alkalmazásával.
- A szén gázosításával.
- A szén homogenizálásával, biztosítandó a tüzelőanyag végső formájának egyenletes minőségét.

❖ **Átállás más tüzelőanyagra**

A szennyezés jelentős csökkenését eredményezheti jobb környezeti mutatókkal rendelkező fosszilis tüzelőanyagra való átállás. Ez az intézkedés széles körben alkalmazott, jóllehet, az alkalmazhatóság szempontjából a tüzelőanyag csere lehetősége korlátozott, tekintetbe véve más tüzelőanyagok használatát vagy néha a tüzelőanyag beszállító cégek és az energiatermelő cégek között meglevő hosszútávú szerződéseket.

Általánosságban az adaptálhatóság a felszerelt égők függvénye, legtöbbször az egyik széntípusról egy másik, jobb környezeti mutatókkal (alacsony kéntartalom, alacsony illóanyag tartalom) rendelkező széntípusra vagy kőszénről nehézolajra történő átállás kivitelezhető a meglévő égők használatával. A szénről gázra történő váltás normális esetben az égők cseréjével és a hőcserélők módosításával jár. A károsanyag kibocsátás csökkenésének bármilyen javulása nyilvánvalóan függ az eredetileg használt tüzelőanyag jellemzőitől és az új tüzelőanyag fajtájától. Azonban számolni kell az új szén esetlegesen jelentkező negatív hatásaival is, pl. a csökkent kéntartalom miatt csökken az elektrosztatikus porleválasztó teljesítménye vagy nagyobb illóanyag tartalmú szénnel csökken az alacsony NO_x égők teljesítménye.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ A szilárd anyag kibocsátás csökkentése

Szénpor tüzelés esetén a hamu zöme a füstgázzal együtt távozik a tűztérből. A hamunak csak egy töredék mennyisége (< 20%) gyűlik össze lehulló salakként a száraz aljú kazánokban, 80%-a pernye formájában hagyja el a kazánt, amit aztán porleválasztó berendezésekben kell felfogni, mint pl. az elektrosztatikus porleválasztó vagy a szövetszűrő.

Salakolvasztó kazánokban a hamu a nagy kazánhőmérséklet miatt folyékony állapotban van, ami a gravitáció hatására a salakkihordó berendezéshez folyik. Még nagysebességű gázáramlás mellett is a hamu nagy része ott távozik el. A pernyét ebben a kazántípusban gyakran keringetik, hogy az összes hamut salakként nyerhessék ki.

A szenet és lignitet felhasználó európai erőművekben a pernye leválasztására az elektrosztatikus porleválasztó a legelterjedtebben használt berendezés. Az elektrosztatikus porleválasztók összegyűjtik a pernyét, általában száraz formájában, ami aztán újra hasznosítható útépítéseknél, vagy beton és cement előállítására, vagy végső megoldásként terepfeltöltéseknél.

Ciklonokat csak ritkán használnak porleválasztásra az erőművekben.

❖ A higany kibocsátás csökkentése

Általánosságban véve a szén- és lignittüzelésű hőerőművekben nem használnak kimondottan higany kivonására szolgáló rendszereket. A szövetszűrők, az elektrosztatikus porleválasztók és a mosótornyok elsősorban a füst, az SO_2, a HCl és a HF eltávolítására vannak tervezve. A higany kivonása pozitív mellékhatása ezen rendszereknek. A Hg tartalom csökkenése a füstgáztisztító eszközökben a Hg tulajdonságától függ. Mind a gáznemű elemi higany (Hg^0), mind a gáznemű oxidált higany (Hg^{2+}) gőz fázisban van jelen a füstgáz tisztítóhőmérsékletén. A Hg^0 vízben nem oldódik, így mosótoronyban nem nyerhető ki. A füstgázban túlsúlyban lévő Hg^{2+} összetevők a gyengétől az erősig mindenféle oldékonyságúak, az oldékonyabb fajták általában vizes füstgáz kéntelenítő mosókkal kinyerhetőek. A Hg^0 és a Hg^{2+} is abszorbeálódik porózus anyagban, pl. a pernyében, de alapvetően az aktív szénben, ami viszonylag drága, vagy a porleválasztó egységekben lévő kalcium alapú savas gáz szorbensekben. A Hg^{2+}-t általában könnyebb abszorbció útján elnyelni, mint a Hg^0–t. A kötött állapotú Hg_p szilárd fázisú anyagokhoz kapcsolódik, ami elektrosztatikus porleválasztóban vagy szövetszűrőben jól leválasztható. Az elektrosztatikus porleválasztó hatásfoka függ az elektrosztatikus porleválasztó hőmérsékletétől, a szén Cl tartalmától, a hamuban lévő elégetlen széntől, a hamu kalcium tartalmú vegyületeitől.

A nagy tüzelőberendezésekben használt füstgáztisztítási eljárások három alapvető módszert használnak a Hg eltávolításához:

- A szilárd anyag leválasztó rendszerekben, mint pl. az elektrosztatikus porleválasztóban és a szövetszűrőkben, mellékhatásként a füsttel együtt a füstben lévő higanyt is kiszűrik.
- További eltávolítás, a Hg^0 és Hg^{2+} abszorbciója áramoltatott szorbensekben (aktív szén befúvás).
- Mosótoronyban történő feloldása.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

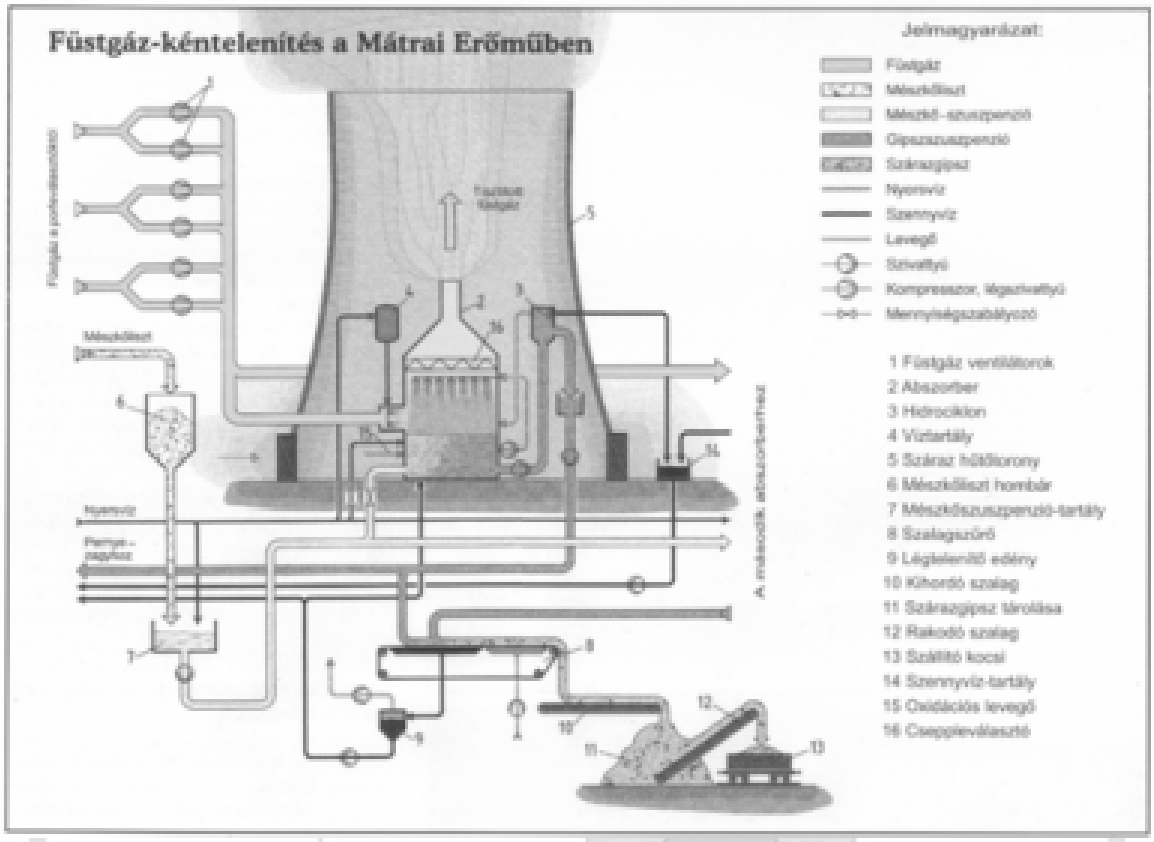
❖ **Az SO_2 emisszió csökkentése**

Az éppen alkalmazott technika számtalan erőmű- és helyszín-specifikus tényező függvénye, mint pl. a földrajzi elhelyezkedés, az erőmű hőkapacitása és terhelési tényezője, a tüzelőanyag és a hamu minősége. Magas bázikus hamu- és alacsony kéntartalmú, rossz minőségű lignitek például (az égetés során végbemenő természetes kéntelenítés miatt) kisebb SO_2 kibocsátást eredményeznek, ami speciális esetekben akár 90%-os SO_2 csökkentésnek is megfelelhet.

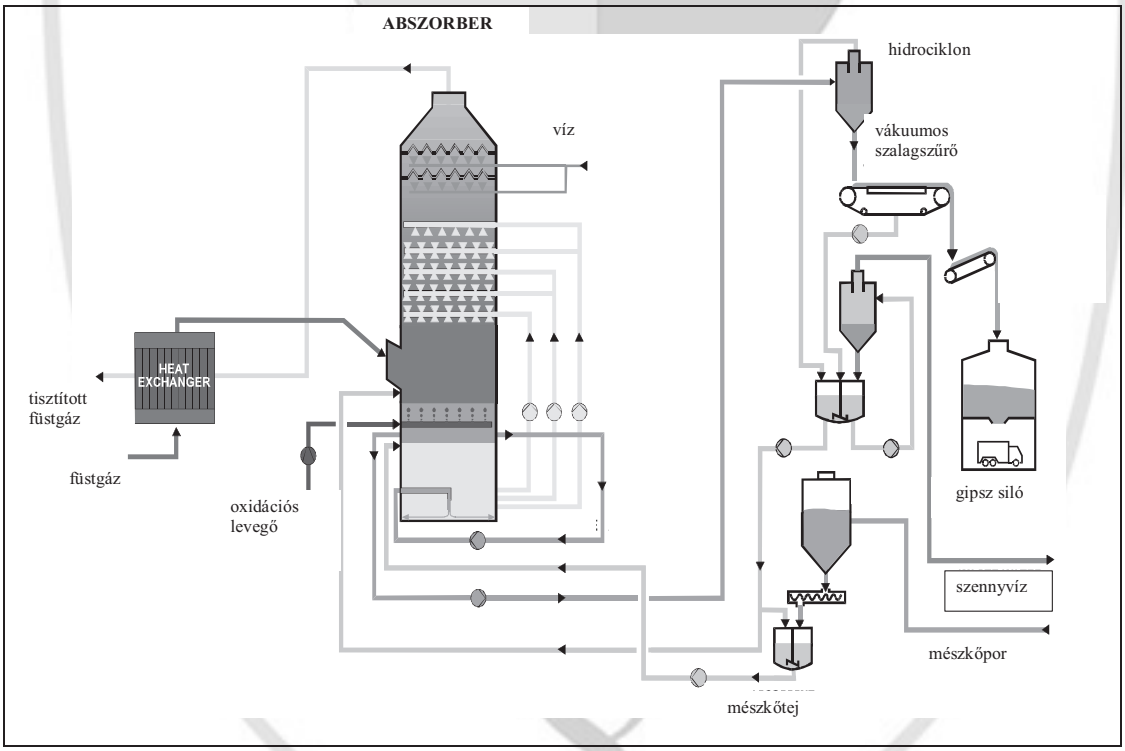
3.1.3-1. ábra: FGD technológia építése már létező erőműben [Vértesi Erőmű Zrt.]

Kisebb erőművekben (< 100 MW_{th}) inkább a száraz és félszáraz technikát alkalmazzák, míg a nagyobb erőművekben (300 MW_{th} fölött) a nedves mosótorony használata a domináns technológia. Az elnyelő tornyokat permetező, csomagolt vagy kétkörös toronyként tervezik. Jó példáját látjuk a nedves füstgáz-kéntelenítő mű alkalmazásának a mátrai (3.1.3-2. ábra) és az oroszlányi széntüzelésű erőműben (3.1.3-3. ábra). (Az oroszlányi erőműben a szalagos szűrő nem került beépítésre.)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



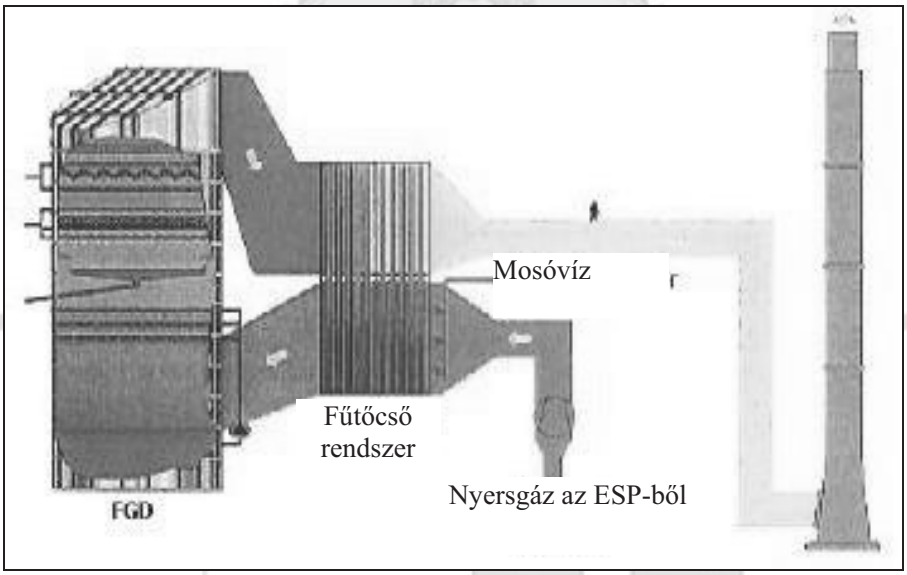
3.1.3-2. ábra: Vizes FGD folyamat a mátrai erőműben [Mátrai Erőmű Zrt.]



3.1.3-3. ábra: Vizes FGD folyamat az oroszlányi erőműben [Vértesi Erőmű Zrt.]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Számos erőműben helyeztek üzembe új típusú hőcserélőket a füstgáz újramelegítésére, hogy elkerüljék a már tisztított/mosott gáz nyers füstgázzal való esetleges szennyezését. (Lásd a 3.1.3-4. ábra)



3.1.3-4. ábra: Hőcsere az FGD egység körül [138, Sandscheper, 2001]

A gáz-gáz hőcserélőkben sokcsöves hőkinyerőket használnak, hogy a nyers gáz hőjét a már tiszta, mosott füstgáznak adják át. Ezek a rendszerek kiküszöbölik az áteresztést, mert a befolyó és a kifolyó csővezetékek nem feltétlenül keresztezik egymást úgy, mint a normál regeneratív gáz hőcserélők esetén.

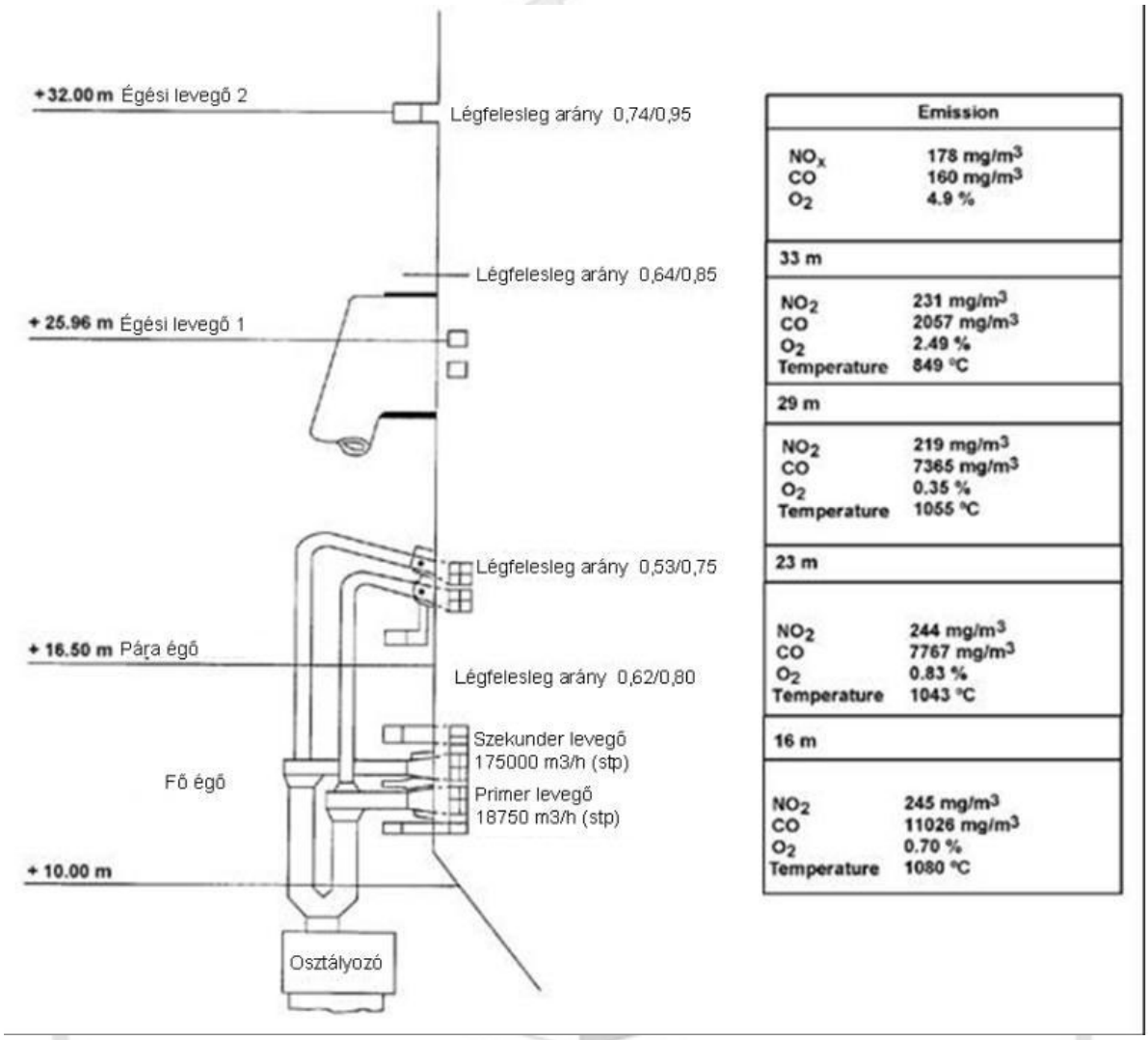
A végtermék melléktermékként történő értékesítése miatt Európában egy széntüzelésű erőműben alkalmaznak kombinált DESONOX rendszert.

- **Az NO_x emisszió csökkentése**

A tüzelési hőmérséklet lignit tüzelése esetén alacsonyabb a kőszénhez viszonyítva és a füstgáz nedvességtartalma magasabb, az NO_x mennyisége összevethetően alacsonyabb, ezért lignittüzelésű erőművekben az elsődleges intézkedések elegendőek az NO_x kibocsátás csökkentésére.

Azokban a széntüzelésű kazánokban, ahol elsődleges intézkedésként **kis légfelesleget** alkalmaznak, a légfelesleg általában 5-7 % között van a füstgázban. Az alacsony légfeleslegű égés 3-6% O_2-tartalommal jellemezhető, az ennek megfelelő NO_x kibocsátás csökkenése 10 és 40% közötti. Ugyancsak fontos tényező az NO_x, a CO és az elégetlen szén mennyiségének egyidejű csökkentésére a tartózkodási idő. Az NO_x, az oxigén és a külső levegő kapcsolata egy 150 MW_e–os kazán különböző szakaszain a 3.1.3-5. ábra látható. Ez a technika kedvezőbb eredményt szolgáltat a faltüzelésű kazánokban a tangenciális tüzeléssel szemben és a széntüzelésű egységekben a lignittüzelésűekhez képest.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1.3-5. ábra: Az NO_x, CO és a légfelesleg közötti összefüggés különböző szakaszokon egy 150 MW_e-os lignittüzelésű kazánban [108, Scott, 1997]

A **füstgáz recirkuláció** széntüzelésű kazánokban ritkán használt. Széntüzelésű kazánok esetén az így elérhető NO_x csökkenés mértéke 15-20%. Lignittüzelésű kazánokban ez a technika csak a forró füstgáz lignit malmokban történő keringetésére használt. Ekkor a füstgáz elsődleges célja a lignit szárítása és nem az NO_x emisszió csökkentése, ennek ellenére a széntüzelésű kazánokhoz képest alacsonyabb NO_x származékok mennyiségének ez az egyik oka. Hideg füstgázzal az NO_x szint gyakran tovább csökkenthető, továbbá csökkenthető a salakképződés az alacsony hőmérsékletű, olvadó hamu miatt.

A **felső levegő bevezetés** (OFA) a széntüzelésű kazánokban a legáltalánosabban alkalmazott elsődleges intézkedés. Modern OFA berendezésekkel (optimalizált fúvókák, elkülönített és örvénylő légáram) 40-50%-os NO_x csökkenés érhető el fal- és tangenciális tüzelésű kazánokban. Tangenciális kazánokban az OFA különösen hatékony NO_x csökkentő technika, ahol az OFA nyílások közvetlenül a legmagasabb égősor fölött valósíthatók meg. Egy másik lehetőség a szétválasztott OFA, ahol további OFA nyílások a fő égési zóna alatt, az égősortól elválasztva találhatóak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az **NO_x szegény égők (LNBs)** használata a leginkább elterjedt NO_x emisszió csökkentő technika új vagy már üzemelő széntüzelésű kazánokban. Ez egy kiforrott technológia. A több fokozatú levegő illetve tüzelőanyag bevezetésű égők NO_x kibocsátás csökkentése 25-60%. Az LNB-t gyakran OFA-val kombinálva használják, különösen tangenciális tüzelésű kazánoknál szénpor befúvókkal és különböző típusú OFA berendezésekkel. Az elérhető NO_x csökkentés mértéke 50-70%.

Lignittüzelésű hőerőművekben a NO_x kibocsátás csökkentése LNB + OFA-val és/vagy füstgáz recirkulációval elérheti a 75%-ot.

NO_x szegény égők üzembe helyezése megnövelheti a szén mennyiségét a hamuban, amit egy bizonyos határérték alatt kell tartani, hogy ne veszélyeztessük a tüzelési maradékok hasznosítását. A probléma ellensúlyozásának egy hatékony módja a szénosztályozó felszerelése a szénmalmokhoz a porszén finomságának javítása érdekében.

Újraégetés a széntüzelésű kazánokban. Az újraégető tüzelőanyag szén, vagy – sokkal elterjedtebben inkább – földgáz. Az újraégetést könnyebb megvalósítani egy új erőműnél, de sikeresen adaptálták már működő egységben is. A gáz újraégető technika csak alacsony NO_x égőkkel és/vagy OFA-val felszerelt egységekhez került beszerelésre. Az ennek megfelelő NO_x csökkenés elérheti az NO_x szegény égőkkel és/vagy OFA-val elért szint 40-50%-át.

Az **SNCR és SCR** széntüzelésű erőművekben széles körűen alkalmazott, másodlagos intézkedések. Néhány eset, ahol SCR rendszert használnak lignittüzelésű erőműben, azt mutatja, hogy a katalizátor élettartama túlságosan rövid, mert a hamu magas kvarc tartalma erősen koptatja azt. A lignit tipikusan sok vizet és hamut tartalmaz, és az égetés elegendően alacsony kazánhőmérsékleten zajlik ahhoz, hogy a 200 mg/Nm^3 kibocsátás tartható legyen SCR alkalmazása nélkül is.

A kazánokban normális esetben az SCR a közbenső előmelegítő és a levegő előmelegítő között van (magas-portartalom), hogy növeljék a hőmérséklet ablakot és ezáltal csökkentség a költséget. Por tüzelésű berendezésnél alkalmazott SCR esetén nem feltétlenül szükséges a megkerülés az indításhoz és a leállításhoz, de az ammónia befecskendezését egy minimum hőmérséklet felett kell tartani. Végoldali elrendezésekben, ahol a katalizátor a légmelegítő után van, a füstgázt a katalizátor üzemi hőmérsékletére kell újra felmelegíteni, és így sokkal költségesebb megépíteni és üzemeltetni.

A katalizátor típusának és tulajdonságainak megválasztása függ a hamutömeg áramlásától és annak eróziós potenciáljától (lemez típus, méhsejtszerkezet típus). A kazántípus és a szénösszetétel fontos tényezők a katalizátor tervezésénél, hangsúlyozott figyelmet érdemelnek minden egyes erőmű esetén. Magas arzén tartalmú, alkalikus vagy alkáli földfémeket, foszfort, kalciumot és más egyéb összetevőket tartalmazó szenek szintén magasabb meghibásodási arányt mutatnak, amit tekintetbe kell venni a katalizátor élettartama és terhelése tervezésénél.

A katalizátor élettartama megfelelő karbantartással optimalizálható, beleértve a megfelelő koromfújás használatát és a pernyének kitett katalizátor nedvességtől való óvását. Rendszer söntöket (megkerülést) kell alkalmazni akkor, amikor a katalizátor üzemen kívül van, vagy ha az előmelegítő hőmérséklete alacsony kazántöltés esetén a katalizátor minimum üzemi hőmérséklete alá esik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) FLUIDÁGYAS TÜZELÉSBŐL SZÁRMAZÓ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE

Fluidágyas rendszerekben a tüzelőanyagot darabosra őrölve használják. Cirkulált fluidágyas (CBFC) tüzelés esetén az ágyzóna nagyobb sebességű légáramlásnak van kitéve, és a hamut az ennél a típusnál elkerülhetetlen ciklonon kell keresztül áramoltatni, hogy visszanyerjük a darabos szemcséket.

❖ **A szilárd anyag kibocsátás csökkentése**

Fluidágyas tüzelésű (FBC) kazánok esetén a szilárd anyag kibocsátás csökkentésére elektrosztatikus porleválasztókat és szövetszűrőket egyaránt alkalmaznak.

❖ **A SO_2 emisszió csökkentése**

Ahogy már korábban említettük, az FBC kazánok rendkívül hatékony működésűek az SO_2 csökkentés szempontjából. Hatásfokuk 80-90% BFBC és 90-95% CFBC kazánok esetén. FBC kazánokban meszet vagy mészkövet adnak közvetlenül a tüzelőanyaghoz. Ezek az adalékok javítják a bázikus hamu természetes SO_2 megkötő képességét. Jó kéntelenítést értek el 1,5 és 3,5 közötti Ca/S arányú mészkő hozzáadásával. A Ca/S arány mellett az ágy hőmérséklete szintén fontos szerepet játszik a hatékony SO_2 csökkentés biztosításában. Mivel a kalcinálás folyamata 700 °C-nál kezdődik és magasabb hőmérsékleteken a folyamat egyre hatékonyabb, a kalcinálás és az elszulfátosodás legkedvezőbb kombinációja 840 °C körül jön létre. A rendszert könnyű üzemeltetni, a szorbens anyag adagolása és a reakciótermék eltávolítása gyakorlatilag be van építve a tüzelés folyamatába.

A majdnem 100%-os SO_2 elnyelés eléréséhez nagytömegű kalcium-oxidnak kell az ágyon feleslegben lennie a sztöchimetrikus feltételek biztosításához. Ez a túladagolás megnöveli a NO_x kibocsátást, különösen CFBC kazánok esetében, mert a CaO katalizálja a nitrogén vegyületek reakcióját.

A fluidágyas tüzelés elve magában foglalja az integrált környezetvédelem lehetőségét. A beruházási költség alacsony, mert a kéntelenítés be van építve a tüzelés folyamatába, külön kazán nem szükséges. Másodlagos intézkedések a kéntelenítéshez nem túl gyakoriak, de időnként alkalmazzák azokat néhány FBC erőműben.

Az üzemeltetési költség legnagyobb hányadát a szorbens fogyasztás és a tüzelési maradékok kezelése teszi ki. A fluidágyas tüzelés melléktermék hamu, $CaSO_4$, elégetlen tüzelő és el nem használt szorbens keveréke. Viszonylag nagy mennyiségű szorbens szükséges a megfelelő szintű SO_x abszorbció eléréséhez, így a szilárd hulladék mennyisége is nagy. Egészen mostanáig, az erőművi FBC kazánok hamujának kezelése leginkább terepfeltöltést jelentett. Ezen kívül a hamu használható még építkezési célokra, mint például út alap vagy szerkezeti feltöltések, nem túl sok kalciumot biztosítva a hamuban.

A megnövekedett porterhelés szükségessé teheti a pernyeleválasztó megnövelését. Az ilyen jellegű beruházások előnyeit külön, gazdaságossági alapon kell kiértékelni.

❖ **A NO_x emisszió csökkentése**

A fluidágyas rendszerek alacsony tüzelési hőmérséklete (850 °C és 950 °C között) kedvező a NO_x kibocsátás csökkentése szempontjából, az FBC kazánok mégis az NO_x kibocsátás jelentős hányadát hozzák létre N_2O formájában, mely jelentős globális felmelegedési tényező.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az alacsony hőmérséklet azonban nem az egyetlen útja az FBC kazánokban az NO_x kibocsátás csökkentésének, más technikák is használhatók. Mészkő hozzáadásával ugyan javítjuk a kéntelenítés hatásfokát, de minden el nem reagált mész katalizálni fogja az NH_3/NO_x átalakulást. Ez azt jelenti, hogy minél több meszet adagolunk a fluidágyba (az SO_x mennyiségének csökkentésére), annál több NO_x fog keletkezni.

Kisebb kapacitású erőművekben különböző típusú fluidágyas tüzelési rendszerek, legtöbbször BFBC vannak alkalmazásban, ami magasabb NO_x kibocsátásra hajlamos.

(3) KÁROSANYAG KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE ROSTÉLYTÜZELÉS ESETÉN

Szén vagy lignit rostélytüzelésű rendszerben való tüzelésekor a hamu nagy része a rostélyon marad, és alsó hamuként gyűlik össze. A hamu csak egy csekély töredéke hagyja el a tűzteret pernyeként, amit aztán porleválasztó egységben kell összegyűjteni.

- **A szilárd anyag kibocsátás csökkentése**

Rostélytüzelésű erőművekben a szilárd anyag kibocsátás csökkentésére jelenleg elektrosztatikus porleválasztókat és szövetszűrőket is alkalmaznak.

- **Az SO_2 emisszió csökkentése**

Rostélytüzelés esetén, ami főleg kisebb (< 100 MW) ipari kazánokban alkalmazott technológia, az SO_2 csökkentésére jórészt alacsony kéntartalmú tüzelőanyagot használnak. Mivel az égés hőmérséklete 850 és 950 °C között változik, az SO_2-megkötés érdekében adalékanyagok, mint mész vagy mészkő adagolható közvetlenül a tüzelőanyaghoz. Ezek az adalékok javítják a bázikus hamu természetes SO_2 megkötő képességét. 850 °C fölött a $CaSO_3$ instabillá válik, CaO-ra és SO_2-ra bomlik, melyek dinamikus kémiai egyensúlya alakul ki. Ezért a rostélytüzelés az SO_2 kibocsátás csökkentése szempontjából nem hatékony.

- **A NO_x emisszió csökkentése**

A rostélytüzelésű rendszerek alacsony tüzelési hőmérséklete kedvező az NO_x kibocsátás csökkentése szempontjából. Ebben az összefüggésben hangsúlyozni kell, hogy a rostélytüzelésű rendszerek (további, szabályozó intézkedések nélkül) NO_x kibocsátása 300 mg/Nm^3. Ezen kívül néha a levegő túlhevítést is használják az NO_x kibocsátás csökkentésére.

3.1.4 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA – BAT – SZÉN ÉS LIGNIT HASZNÁLATA ESETÉN

Az Európai Unió országaiban a környezeti hatásvizsgálati valamint az egységes környezethasználati engedélyezési folyamatok, eljárások nem egységesek, hanem ország-specifikusak, az EU Irányelvek által megszabott kereteken belül minden ország maga alakíthatja ki szabályozását. *Magyarországon a nagy tüzelőberendezések környezeti elemekbe történő kibocsátásaira vonatkozó határértékek jogszabályok által szabályozottak.*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK** Tanácsi Irányelv, az ún. **IPPC irányelv** alapján az EU által kiadott **BAT Referencia-dokumentumok nem tartalmaznak jogilag kötelező érvényű előírásokat, azonban a bennük foglaltakat az engedélyezés során figyelembe kell venni.** A nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó elérhető legjobb technika meghatározásának Útmutatója **technikák gyűjteménye**, **viszonyítási pont**, a lehetséges megoldások tárháza, amely részletes információként szolgál az ipar és a nyilvánosság számára *a nagy tüzelőberendezéseknél használt különböző technikák alkalmazása során elérhető kibocsátási és/vagy anyag-felhasználási szintekkel kapcsolatban.*

Az ebben a fejezetben bemutatott módszerek, technikák, a velük kapcsolatos kibocsátások/anyagfelhasználási szintek vagy tartományok a következő lépések segítségével, iterációs eljárással kerültek értékelésre:

- az ágazat kulcsfontosságú környezeti kérdéseinek azonosítása
- (a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások, a fajlagos hőteljesítmény és az égéstermékek)
- a kulcskérdések alapján a legfontosabb módszerek, technikák, eljárások vizsgálata
- a környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paraméterek meghatározása az Európai Unióban, illetve a világon rendelkezésre álló adatok alapján.
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyekkel e környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paramétereket elérték (pl. a költségek, közvetítőközeg hatásai, az eljárások megvalósításának legfontosabb tényezői.
- az elérhető legjobb technikák (BAT), valamint az azokhoz tartozó kibocsátási és/vagy felhasználás értékek kiválasztása a fentiek alapján

Ez a fejezet azokat a technikákat mutatja be, melyek a kibocsátások csökkentésével, esetenként a kialakulásuk meggátlásával valamint a fajlagos hőteljesítmény növelésével kapcsolatban az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásánál számításba jöhetnek, a szektor egészére alkalmazhatók és sok esetben valamelyik berendezés jelenlegi teljesítményét tükrözik.

E dokumentum minden részére igaz – bár szójátéknak tűnik – hogy a **legjobb elérhető** technika nem azonos az ***elérhető legjobb*** technikával. A *BAT technikák alkalmazásával egyes létesítmények által elért kibocsátási/anyag-felhasználási szintek* azt a környezeti teljesítményt tükrözik, amely ebben a szektorban egy új tüzelőberendezéstől elvárható a speciális technikák alkalmazásának eredményeképpen. Mindazonáltal ezek se **nem kibocsátási**, se **nem felhasználási korlátok** és nem is ilyen módon kell ezeket értelmezni. Néhány esetben műszakilag ezeknél jobb kibocsátási szint is megvalósítható, de a költségek vagy a közvetítőközeg hatásai miatt ezek nem tekinthetők BAT-nak a szektor egészére vonatkozólag, bár néhány esetben, speciális okoknál fogva, ezek a szintek is megindokolhatóak. A BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos kibocsátási szinteket mindig együtt kell vizsgálni a specifikus vonatkoztatási körülményekkel (pl. átlagos időtartamok).

A fent említett „BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos szintek" nem azonosak a dokumentumban máshol használt ***„elérhető szintek" kifejezéssel***. A technikák alkalmazásával vagy e technikák kombinációjának használatával *„elérhető, teljesíthető szint"*, egy ésszerű korszerűsítési idő eltelte után várható el egy, a szóban forgó technikát használó, megfelelően karbantartott és üzemeltetett berendezéstől. Egy-egy technika alkalmazásának tényleges költsége erősen függ a berendezés műszaki jellemzőitől és a telephely-specifikus tényezőktől, mint pl. adóktól, járulékoktól. Néhány esetben kedvezőbb felhasználási és emissziós szintek elérése is lehetséges műszakilag, de a velejáró költségek és mellékhatások miatt a szektor egészére véve nem tekinthetők BAT-nak, hiszen a **költségek** és az **előnyök közötti egyensúly** elválaszthatatlan a BAT definíciójától.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Feltételezhetően az új létesítmények elérik a tervezett szinteket vagy még jobbak is lehetnek, mint az itt bemutatott BAT szintek.. Lehetséges az is, hogy már létező berendezések is képesek a BAT vagy annál még jobb szintek elérésére is, de minden esetben figyelembe kell venni, hogy a technika műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető-e.

Szándékunk szerint az Útmutató e fejezetében leírtak referenciaként szolgálnak létező berendezések jelenlegi teljesítményének vagy új berendezések üzembehelyezésének megítéléséhez, hozzájárulnak a berendezés megfelelő „BAT-alapú" körülményeinek meghatározásához.

(1) A TÜZELŐANYAGOK ÉS ADALÉKANYAGOK KIRAKÁSA, TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

A szén, a lignit tüzelőanyagok és az adalékanyagok, pl. mész, mészkő, ammónia kirakására, tárolására, mozgatására és kezelésére vonatkozó BAT-ot foglalja össze a 3.1.4–1. táblázat.

Anyag	Szennyezőanyagok ill. egyéb hatások	BAT
Szén és lignit	Por	Berakodáskor és kirakodáskor a tüzelőanyag és a deponált anyag közötti távolság minimalizálása, a szálló por keletkezésének csökkentése Vízporlasztó rendszerek alkalmazása, melyek a széntárolás területén csökkentik a szálló por kialakulását A szállítószalagot olyan biztonságos, földfelszín feletti helyen kell elhelyezni, hogy kiküszöbölhetők legyenek a szállítóeszközök és egyéb berendezések által okozható károsodások A szállítószalagokhoz tisztítóberendezések használata a por keletkezésének elkerülésére Zárt rendszerű szállítószalagok használata, melyek az átrakási pontoknál nagy teljesítményű extrakciós és filtrációs berendezésekkel vannak ellátva A szállítórendszer ésszerűsítése annak érdekében, hogy minimalizáljuk a telephelyen belül a por keletkezését és szállítását Tapasztalt tervező és kivitelező alkalmazása és gondos üzemeltetés
	Vízszennyezés	Burkolt, csatornával ellátott felületen történő tárolás, a csatornahálózatban összegyűjtött víz ülepítése A tárolóhelyekről elfolyó esővíz összegyűjtése és kezelése az eltávolítás előtt.
	Tűzvédelem	Automatikus tűzvédelmi rendszerek alkalmazása a tárolóhelyeken
Mész és mészkő	Por	A por emisszió megakadályozására olyan zárt rendszerű szállítószalagok, pneumatikus szállítórendszerek és silók használata, melyek az átrakási pontoknál nagy teljesítményű extrakciós és filtrációs berendezésekkel vannak ellátva.
Folyékony ammónia	Egészségi és biztonsági kockázatok	Biztonsági szempontból az ammónia vizes oldatának tárolása kisebb kockázatot jelent, mint a tiszta ammóniáé A tartályokat az érvényes jogszabályok figyelembe vételével kell létesíteni

3.1.4–1. táblázat: BAT a szén és lignit tüzelőanyag és az adalékanyagok kirakására, tárolására és kezelésére

(2) TÜZELŐANYAG-VÁLTÁS

A BAT szerint a szén és a lignit tüzelőanyagokat elegyíteni, keverni kell, ezzel is biztosítva a stabil égési körülményeket és csökkentve a kibocsátás maximális értékét. A tüzelőanyagok cseréje, pl. egyik szén leváltása egy környezeti szempontból jobb minőségűre, szintén tekinthető BAT-nak.

(3)TÜZELÉSI TECHNIKA

A BAT-tal összhangban a szén és a lignit tüzelésére porszéntüzelés (PC), fluidágyas tüzelés (CFBC and BFBC), túlnyomásos fluidágyas tüzelés (PFBC) és rostélytüzelés egyaránt alkalmazható, mind az új, mind a már létező erőművek esetén. A rostélytüzelés elsősorban olyan új erőművekben ajánlott, ahol a névleges bemenő hőteljesítmény 100 MW alatt van.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Új kazán tervezésénél illetve már létező erőmű retrofit esetén azok a tüzelési eljárások tekinthetők BAT-nak, melyek nagy kazánhatásfokot biztosítanak és amelyek elsődleges intézkedésekkel csökkentik az NO_x kibocsátást (tüzelőanyag és levegő elegy, korszerű NO_x szegény égők, újraégetés, stb.). Korszerű számítógépes szabályozórendszer használata, amelynek segítségével csökkentett kibocsátás mellett nagy kazánhatásfok érhető el, szintén BAT-nak tekinthető

(4) TERMIKUS HATÁSFOK

Az üvegházhatású gázok csökkentésére, főleg a szén- és lignittüzelésű erőművek CO_2 kibocsátásának csökkentésére, a mai technikai és működési körülmények között a termikus hatásfok javítása a legjobb megoldás.

A CO_2 megfogására és ártalmatlanítására tett másodlagos intézkedések mégcsak a fejlesztés kezdeti szakaszában vannak. Ezek a technikák talán a jövőben használhatóak lesznek, de még nem tekinthetők BAT-nak.

Erőműveknél az energiakihozatal kifejezhető a fajlagos hőfogyasztással (tüzelőanyag bemenő energiája/kijövő energiája az erőmű határán) és az erőmű hatásfokával, ami a fajlagos hőfogyasztás reciproka (a termelt energia %-ban/tüzelőanyag fűtőértéke). A hatásfok növelésére ultra szuperkritikus gőzparamétereket, pl. kettős újrahevítést és a legkorszerűbb, magas hőmérsékleten alkalmazható anyagokat alkalmazva, közvetlen vízhűtéssel 2.08 fajlagos hőfogyasztású, 48%-os hatásfokú szén- és lignittüzelésű kondenzációs erőművek építhetők. Mivel az extrém hatékony kondenzációs erőmű építése nagyon drága, gazdasági szempontból nem versenyképes. Emiatt az új, BAT-nak tekinthető közvetlen vízhűtéses (300 MW_{th} feletti kapacitásnál) szén- és lignittüzelésű kondenzációs erőművek (porszén vagy lignit tüzelésű DBB vagy WBB kazánok) fajlagos hőteljesítménye 2,3-2,2, hatásfoka pedig 43–47%, szuperkritikus gőzparamétereket használva. Amikor kapcsolt energiatermelés nem lehetséges, a hatásfok növelésének másik eszköze a gőzparaméterek javítása (szuperkritikus gőz).

Alapterhelésű erőművek esetén csak extrém magas gőzparaméterekkel érhető el a legmagasabb hatásfok. A gyakori indítású csúcs-erőműveket alacsonyabb gőzparaméterekkel tervezik, ami alacsonyabb hatásfokot eredményez.

A kapcsolt energiatermelés a termelt energia egységére vetített CO_2 mennyiségének csökkentése érdekében a legfontosabb BAT lehetőségnek tekinthető. Új építésű erőművek esetén, amennyiben ez gazdaságilag megvalósítható, vagyis, ha a helyi/lokális hőigény elég magas ahhoz, hogy egy drágább kapcsolt energiatermelést megvalósító erőmű megépítése gazdaságos lehessen. Mivel a hőigény változik az év folyamán, a kapcsolt energiatermelést végző erőműveknek nagyon rugalmasnak kell lennie a termelt hő- és villamosenergia hányadosát tekintve és részleges terhelés esetén is magas hatásfokkal kellene dolgozniuk. A gőzvisszanyeréssel működő, kondenzációs turbinával felszerelt erőművek hatásfoka az kapcsolt energiatermelésű és a kondenzációs erőművek hatásfoka között van.

A BAT feltételeinek megfelelően működő CHP erőmű exergetikus hatásfoka a specifikus erőműhasználat függvényében 45-55%, ami megfelel 1,3–1,1 közötti tartományban levő fajlagos hőfogyasztásnak illetve 75-90% közötti termikus hatásfoknak. Ha összehasonlítjuk ezeket az adatokat az új szén-és lignittüzelésű, csak villamos energiát adó kondenzációs erőművek adataival, ahol a hatásfok 42-47%, a fajlagos hőfogyasztás 2.3, a különbség szembetűnő, a tüzelőanyag megtakarításból adódóan kevesebb a CO_2 kibocsátás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Azt azonban nem szabad elfelejteni, hogy nem akármilyen üzemi feltétel mellett érhetők el ezek a BAT szintek. Az a legjobb, ha az energia-hatásfok megegyezik a tervezett értékkel. A valóságos energia-hatásfokok az erőmű üzemelése alatt lehetnek alacsonyabbak is, ami a terhelésingadozásnak vagy a tüzelőanyag-minőség változásának is betudható. Az energia-hatásfok függhet még az erőmű hűtési rendszerétől, a földrajzi elhelyezkedéstől és a füstgáz tisztító rendszer energiafelvételétől is.

Már működő szén- és lignittüzelésű erőműveknél a termikus hatásfok fokozható többszöri retrofittal és új berendezés felszerelésével. A 3.2.6.1. fejezetben leírt technikai lépések figyelembe veszik a BAT követelményeit is, hogy növeljék a már létező erőművek hatásfokát.

Általánosságban a következő intézkedések megfontolásával növelhető a hatásfok:

- az **égés** szilárd hulladékaiban és égéstermékeiben levő elégetlen gázoknak és elemeknek köszönhető hővesztés minimalizálása
- a közepes nyomású **gőz** legmagasabb lehetséges **nyomása** és **hőmérséklete**. A gőz ismételt túlhevítése növeli a nettó elektromos hatásfokot
- a **friss víz hűtés** legalacsonyabb lehetséges hőmérséklete miatti legnagyobb lehetséges nyomásesés a gőzturbina kisnyomású végénél
- a füstgáz miatti hőveszteség minimalizálása (maradékhő felhasználása vagy távfűtés)
- a salak miatti hőveszteség minimalizálása
- a hősugárzás miatti hőveszteség minimalizálása szigeteléssel
- a belső energiafogyasztás minimalizálása megfelelő intézkedésekkel, mint pl. a bepárló salakképződése, a tápvízpumpa nagyobb hatásfoka, stb.
- a kazán tápvizének előmelegítése gőzzel
- a turbina lapát geometriájának javítása.

A 3.1.4–2. táblázat foglalja össze a BAT lépések alkalmazásával kapcsolatos termikus hatásfok szintjeit.

A következő táblázatokban az Iparág megnevezés az eredeti BATREF útmutató készítése idejére vonatkozóan az EU-15-ök iparági képviselőit jelenti.

Tüzelőanyag	**Tüzelési technika**	**Egység termikus hatásfok (nettó) (%)**	
		Új erőmű	**Már meglévő erőmű**
Szén és lignit	Kapcsolt energiatermelés (CHP)	75 – 90	75 – 90
Szén	PC (DBB és WBB)	43 – 47	Az elérhető termikus hatásfok az adott erőmű jellegzetességeitől függ, általánosságban 36[1]– 40 %. Már működő erőművek esetén 3%-os járulékos javulás érhető el a BAT intézkedések alkalmazásával
	FBC	>41	
	PFBC	>42	
Lignit	PC (DBB)	42 – 45	
	FBC	>40	
	PFBC	>42	
1	Az Iparág és az egyik tagország véleménye szerint az elért nettó egységnyi hatásfok a nagyobb felújításokat követően is csak 30-40% között mozog. Állítják, hogy ez függ az erőműtől, a tüzelőanyag jellegzetességeitől valamint sz éghajlati viszonyoktól is, figyelembe véve a hatásfok-esést is, mely az emissziót szabályozó berendezés szignifikáns energiafogyasztásának következménye.		

3.1.4–2. táblázat: A BAT intézkedések alkalmazásával kapcsolatos termikus hatásfok szintek

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(5) LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSOK

❖ Por

Szén és lignit tüzelésű új és már üzemelő erőművek esetén a füstgáz porleválasztására az elektrosztatikus porleválasztók vagy a szövetszűrőkkel felszerelt zsákos szűrők használata tekinthető BAT-nak, ahol a szövetszűrővel normál körülmények között jóval 5 mg/Nm^3 alatti por kibocsátás érhető el. A Hg kibocsátás legkedvezőbb szintjeit általában füstgáztisztítással érik el (pl. FGD + porleválasztó), amiben szintén szövetszűrő van. A ciklonok és a mechanikus leválasztók önmagukban nem tekinthetők BAT-nak, de előtisztításra használhatók.

A porleválasztásra vonatkozó BAT-nak megfelelő kibocsátási szinteket a 3.1.4–3. táblázat foglalja össze. Fontos a finom szemcsék (PM_{10} és $PM_{2.5}$) mennyiségének csökkentése, valamint a nehézfémek kibocsátásának (főleg a szemcséhez kötött Hg kibocsátásának) minimalizálása, mivel a porszemcsék akkumulálják, felhalmozzák a nehézfémeket.

A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szintek napi átlagokon alapulnak, melyeket standard feltételek, 6% O_2 tartalom mellett és tipikus terhelési körülmények között mérnek. Csúcsteljesítmény, elindítás és leállítás idején valamint a füstgáz tisztítórendszer üzemelési problémái esetén rövid idejű csúcsértékek mérhetők, melyek magasabbak is lehetnek.

Kapacitás (MW_{th})	**Porkibocsátás szintje (mg/Nm^3)**		**BAT ezen szintek eléréséhez**	**Megfigyelés**	**Alkalmazhatóság**	**Megjegyzések**
	Új erőmű	**Meglévő**				
50 – 100	5 – 20(1)	5 – 30(2)	ESP/FF	Folyamatos	Új és már létező erőművek	Csökkentési arány: ESP használatával >99,5% Szövetszűrő használatával >99,5%
100 – 300	5 – 20(3)	5 – 25(4)	PC-hez: ESP/FF vagy FGD (wet, sd, dsi) CFBC-hez: ESP/FF	Folyamatos	Új és már létező erőművek	
> 300	5 – 10(5) 5 – 20(5)	5 – 20(6) 5 – 20(6)	PC-hez: ESP/FF vagy FGD (wet, sd, dsi) CFBC-hez: ESP/FF	Folyamatos	Új és már létező erőművek	Csökkentési arány: ESP használatával >99,5% Szövetszűrő használatával >99,5% A kéntelenítéshez használt gáztisztító is csökkenti a port

Megjegyzés:
ESP (Elektrosztatikus leválasztó) FF (szövet szűrő)
FGD(wet) (Nedves füstgáz kénmentesítés) FGD(sds) (Füstgáz-kéntelenítés porlasztószárítóval) FGD(dsi) (Füstgáz-kéntelenítés száraz szorbens injektálással)
A nyers gáz nagyon magas porkoncentrációja esetén, pl. alacsony fűtőértékű lignit használatakor, a csökkentési arány ESP-nél 99,95%, szövetszűrőnél 99,99%. Ezen adatok BAT-hoz kapcsolódó szintek, nem úgy, mint a táblázat koncentrációs szintjei.

1	Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 10 – 50 mg/Nm^3
2	Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 20 – 100 mg/Nm^3
3	Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 10 – 30 mg/Nm^3
4	Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 10 – 100 mg/Nm^3 ESP vagy FF esetén, és 10 – 50 mg/Nm^3 nedves FGD-vel kombinálva Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 10 – 30 mg/Nm^3 Az Ipar és az egyik tagország ajánlása 10 – 100 mg/Nm^3 ESP vagy FF esetén, és 10 – 50 mg/Nm^3 nedves FGD-vel kombinálva
5 6	Az Ipar ajánlására megadott érték nem veszi teljesen figyelembe a tüzelőanyag jellegzetességeit, a hamu ellenállását, a tüzelőanyag bemenő SO_2 koncentrációját, mely meghatározza az FGD szükségességét, a gazdaságosságot és a magas nettó egységnyi hatásfok követelményeket. Az egyik tagállam támogatta az Ipar azon álláspontját, mely szerint még nagy hatásfokú ESP mellett is van poremisszió. Magas hamuellenállású és magas hamutartalmú rossz minőségű lignit használata esetén sem érhető el alacsonyabb szint, mint a már létező erőművekhez ajánlottak, ahol nics szükség nedves FGD-re, a természetes kéntelenítés miatt.
1, 2 5,6	Az egyik Ipari képviselő megemlítette, hogy 50-100 MW teljesítményű széntüzelésű erőműveknél a 30 mg/Nm^3 -nél alacsonyabb porkibocsátás túl optimista, valamint, hogy nincs különbség az erőmű minőségromlásában a karbantartás (főleg FF) és az összegyűjtés változtathatósága szerint. Egy még továbbra is szigorú, de már a gyakorlatban jobban megközelíthető porkibocsátási szint az 50 mg/Nm^3. Az egyik tagország azt ajánlotta, hogy a BAT szintnek 10 – 50 mg/Nm^3 között kellene lennie, mert ez az érték eleget tesz a tagállamok kibocsátási szintjeinek. Ami az új erőműveket illeti, az említett tagállamnak van egy olyan programja, mely széntüzelésű erőműveknél 20 mg/Nm^3 körüli porkibocsátást jósol.

3.1.4–3. táblázat: A szén- és lignittüzelésű erőművek kilépő gázainak portalanítására használt BAT

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 100 MW_{th} teljesítmény feletti, kifejezetten a 300 MW_{th} feletti teljesítményű nagy tüzelőberendezések por kibocsátási szintjei alacsonyabbak, mert az FGD technikák kéntelenítői, melyek megfelelnek a BAT előírásainak, csökkentik a szemcsék mennyiségét.

❖ **Nehézfémek**

A tüzelőanyagok a lelőhelytől függően különféle ásványi anyagokat tartalmaznak. Minden szilárd szüzelőanyag, a szén és a lignit is tartalmaz bizonyos koncentrációban nyomelemeket pl. nehézfémeket. A nehézfémek viselkedését a tüzelési folyamat során komplex kémiai és fizikai folyamatok alakítják. Legnagyobb mennyiségük elgőzölög illetve később, a szemcsés anyagok felületén lecsapódik (pl. szállópernyén). Következésképp a szén és lignit tüzelés esetében a füstgáz nehézfémtartalmát csökkentő BAT a szilárd anyagok nagy hatásfokú leválasztása, a nagy teljesítményű elektrosztatikus porleválasztó (a csökkenés mértéke > 99,5%) vagy a szövetszűrő (a csökkenés mértéke > 99,95%) használata.

A leválasztó berendezések jellemző működési hőmérsékletén a higanynak magas a gőznyomása, így összegyűjtése nagyon ingadozó. Figyelembe véve, hogy a porlasztószárító FGD gázmosók és a mész/mészkő gázmosók használata BAT-nek minősül, nagyobb kazánok SO_2 csökkentésénél, alacsony Hg szinteket érnek el.

A Hg kibocsátások csökkentésével és korlátozásával kapcsolatban elmondható:

- jó minőségű szénnek összehasonlíthatóan alacsonyabb Hg-tartalma van,
- a legjobb csökkentési szinteket szövetszűrő és elektrosztatikus porleválasztót használnak.

Egy nagy hatásfokú elektrosztatikus porleválasztó 130 ºC–nál alacsonyabb hőmérsékleten jól eltávolítja a Hg-t (bitumenes szén). A füstgáz tisztító rendszerek kombinációja nagy mennyiségű oxidált és szemcséhez kötött Hg eltávolítására is képes. Ha az FGD technikával FF vagy ESP működik együtt, mint pl. nedves mészkő gázmosónál, porlasztószárító gázmosónál vagy száraz szorbens injektálásánál, átlagosan 75% (50% az ESP-ban és 50% az FGD-ben) vagy 90% távolítható el SCR-rel kiegészítve. A csökkenés mértéke alacsonyabb, 30-70% alacsony bitumen tartalmú szén vagy lignit eltüzelésekor, ami annak tulajdonítható, hogy egyrészt alacsony a szállópernye széntartalma, másrészt magasabb a gáz halmazállapotú Hg mennyisége ezen tüzelőanyagok tüzeléséből származó füstgázban.

A Hg szakaszos ellenőrzése megfelel a BAT-nak. Évenkénti vagy három évenkénti ellenőrzés ajánlott, a használt szén függvényében. Az teljes Hg-kibocsátást monitorozni kell, nemcsak a szemcsés anyagban jelenlevő Hg-t.

❖ **SO_2 kibocsátás**

A szén- és lignittüzelésű erőművek esetén a kéntelenítés (FGD) és az alacsony kéntartalmú tüzelőanyag használata megfelel a BAT-nak.

Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag alkalmazása kiegészítő technika lehet (főképpen 100 MW_{th} feletti teljesítményű erőművek esetén), de ez önmagában általában nem elegendő az SO_2 emisszió csökkentéséhez.

A BAT alkalmazása szempontjából különbséget kell tenni a nagy porszén- és lignittüzelésű berendezések és a fluidágyas kazánok között, mert más technikát alkalmaznak a kéntelenítéshez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szénpor- és lignittüzelésű erőművekben az alacsony kéntartalmú szén használata mellett a következő BAT-nak megfelelő technikákat használják, a füstgáz-kéntelenítéshez használt technikák 90%-a ezek közül kerül ki:

- nedves gázmosók,
- porlasztószárító gázmosók valamint
- száraz szorbens adagolás (száraz FGD közvetlen szövetszűrővel) – 250 MW_{th}–nál alacsonyabb teljesítményű berendezés esetén.

A kéntelenítés mértéke nedves gázmosó használatakor 85-98%, porlasztószárító gázmosóval 80-92% és száraz szorbens injektálásnál 70-90%. Mindazonáltal a kéntelenítő berendezések nem szükségszerűen működnek ezen szinteken.

A nedves gázmosó nagyon lecsökkenti a HCl és a HF mennyiségét is (98–99%), a kibocsátási szint mindkét szennyezőre 1-5 mg/Nm^3. A forgó gáz-gáz hőcserélővel felszerelt FGD még ennel is jobb eredménnyel dolgozik. HF esetén a teljes eltávolítási hatásfok alacsonyabb, mint SO_2 és HCl esetén. A nedves gázmosó másik előnye, hogy szerepet játszik a por és a nehézfémek (pl. Hg) kibocsátásának csökkentésében is. Nedves FGD rendszert alkalmazó, már működő erőművek az elnyelő konverter áramlási képének optimalizációjával csökkenthetik SO_2 kibocsátásukat. Kisebb erőműveknél drága a nedves gázmosó eljárás, ezért 100 MW_{th}-nál alacsonyabb teljesítményű erőműveknek nem is ajánlott BAT. Más FGD rendszerekkel ellentétben, a nedves gázmosó gipszet termel, mely a cement- és az építőipar számára eladható termék lehet.

A Hg kibocsátását illetően a 84/156/EEC Közösségi Direktíva az irányadó. A Direktívának megfelelően és a Közösségi határértékek hiányában a tagállamok rögzítik a Hg-kibocsátás fix kibocsátási normáját a 76/464/EEC számú Direktívának megfelelően. Az efféle normáknak figyelemmel kell lenniük a legkorszerűbb technikai eszközökre, nem szabad kevésbé szigorúnak lenniük, mint az I. függelék 84/156/EEC számú Direktívája. Ezeken felül monitoringot is igényel.

100 MW_{th}-nál kisebb teljesítményű erőőművekben alacsony kéntartalmú szén használata illetve szorbens adagolása minősül BAT-nak.

A kéntelenítés egyéb technikáit, mint pl. kombinált technika az NO_x és az SO_2 együttes csökkentésére, aktív szenes illetve a DESONOX eljárás, ott fogadhatók el BAT-nak, ahol telephely-specifikus feltételek engedik ezen technikák használatát illetve indokolják a beruházást.

A gyenge minőségű, alacsony kén- de magas alkálihamu-tartalmú lignit használatakor természetes kéntelenítéssel az SO_2 akár 90 %-át is eltávolíthatjuk, de ez a gyenge minőségű tüzelőanyag használata miatt magas poremisszióhoz és nagyobb mennyiségű maradékhoz vezet.

Az FBC égési hőmérséklete kedvező a kénnek, mert reakcióba tud lépni az ágyhoz adott kalcium és magnézium vegyületekkel. A reakciótermékeket, a gipszet és a nem reagált mészkövet egyrészt az ágyhamuval együtt az ágyról távolítják el, másrészt az elektrosztatikus leválasztóból vagy a szövetszűrőből viszik el a szállópernye mellett. A kén jelentős csökkentéséhez magasabb Ca/S arányok szükségesek a fluidágyas tüzelésnél (FBC), mint a nedves gázmosónál vagy a permetezőtoronynál. Ennek ellenére, nagyon magas Ca/S arányok esetén sem ér el az FBC tüzelés olyan jelentős csökkenést, mint a nedves gázmosó.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Cirkulációs fluidágyas tüzelés során (CFBC) nagyobb mértékű kéntelenítéssel számolhatunk, mint buborékágyas tüzelésű (BFBC) kazánnál.

A CFBC-ben szén és lignit eltüzelése esetén, mérsékelt/közepes Ca/S aránynál (2-4 között) 80-95%-os az eltávolítási hatásfok. Amikor a tüzelőanyag kéntartalma nő, a Ca/S arány bizonyos kéneltávolítási szintre csökken (pl. 90%-os eltávolítás). Mindemellett a mészkő felhasználás nő, ahogy a maradékanyag mennyisége is nő.

Ezért általánosan elfogadott az alábbi folyamatok kombinálása magas kéntartalmú (4-6%) tüzelőanyagok CFBC tüzelésénél:

- a) a kén mészkővel történő in situ leválasztása a kazánban
- b) hideg-végű kénleválasztás.

Minden szempontot figyelembe véve, alacsony vagy közepes kéntartalmú tüzelőanyagoknál (<1-3%S) a CFBC ágyába adagolt mészkővel történő kéntelenítés megfelel a BAT-nak.

BFBC használatakor a fentiekhez hasonló minőségű szén és lignit valamint hasonló minőségű és mennyiségű mészkő esetén az eltávolítási hatásfok 55-65% közötti. A BFBC-ben történő kéntelenítés alacsony hatásfoka miatt a mészkő vagy dolomit beadagolása nem tekinthető BAT-nak. A BFBC kazánokban történő porszén tüzelés csővégi technikákkal kombinálva már BAT-nak tekinthető.

Az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére vonatkozó BAT összefoglalása és az annak megfelelő kibocsátási szintek a 3.4.4–4. táblázatban találhatók.

A BAT kibocsátási szintjei napi átlagos értékeken, standard feltételeken és 6%-os O_2 szinten alapszanak és tipikus terhelési szintet reprezentálnak. Csúcsterhelés, indítás, leállás és a füstgáz tisztító berendezés üzemeltetési problémái esetén ezeknél magasabb, rövid távú csúcsértékek is előfordulhatnak.

Teljesítmény (MW_{th})	**Tüzelési technika**	**SO_2 kibocsátási szint BAT-tal összekapcsolva (mg/Nm^3)**		**BAT lehetőségek ezen szintek eléréséhez**		
		Új erőművek	**Létező erőművek**			
50 – 100	Rostély-tüzelés	200-400	200-400	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag vagy FGD (sds)	Új és már létező erőművek	Folyamatos emisszió monitoring
	CFBC és PFBC	200-400(1)	200-400(2)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag vagy FGD (sds, dsi)		
	PFBC	150-400(3)	150-400(4)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, mészkő befecskendezés		
	PC	150-400(5)	150-400(6)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, FGD (sdi), FGD (sds)		
100 – 300	PC	100-200	100-250(7)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, FGD (wet, sds) FGD (sdi, kb. 200 MW_{th}-ig) Kombinált NO_x és SO_2 kivonási technikák		
	CFBC és PFBC	100-200	100-250(8)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, mészkő befecskendezés		
	PFBC	100-200	100-250(9)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, FGD (wet, sds)		
> 300	PC	20-150(10)	20-200(11)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, FGD (wet, sds) FGD (sdi, kb. 200 MW_{th}-ig) Kombinált NO_x és SO_2 kivonási technikák		
	CFBC és PFBC	100-200	100-200(12)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, mészkő befecskendezés		
	PFBC	20-150	20-200(13)	Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag, FGD (wet)		

Megjegyzések:
PC (Por tüzelés……CFBC (Cirkulációs fluidágyas tüzelés) PFBC (Nyomás alatti fluidágyas tüzelés)
FGD (wet) (Nedves füstgáz-kéntelenítés) FGD (sds) (Tüzelőanyag-gáz kéntelenítés porlasztószárítóval)
FGD (dsi) (Tüzelőanyag-gáz kéntelenítés száraz szorbens injektálással)

3.1.4–4. táblázat: BAT a szén- és lignittüzelésű erőművekből származó kén-dioxid megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Megjegyzések a 3.1.4–4. táblázathoz:

	Az Ipar az alábbi szinteket javasolja:
1-6, 8-9, 12,13	a felső szint 300 mg/Nm^3
7	a felső szint 600 mg/Nm^3
10	a felső szint 200 mg/Nm^3
11	a felső szint 400 mg/Nm^3
	A tüzelőanyag tulajdonságai, a bemenő füstgáz SO_2 koncentrációja befolyásolja az elérhető BAT szinteket, számításba véve a nedves mosó elfogadott 85-98%-os SO_2 leválasztó hatásfokát. Az ilyen nedves mosó rendszer magas energiafogyasztása befolyásolja a nettó egység hatásfokát, optimalizáció szükséges a kibocsátást szabályozó technikák teljesítménye (alacsony emisszió szint) és a vonatkozo energiafogyasztás között.
	Az egyik tagállam azt állította, hogy a tartományok felső szintjei hasonlóak, kivéve a 2. esetet, ahol 2000 mg/Nm^3-nek és a 7. esetet, aminek 1200 mg/Nm^3 kellene lennie. Az a véleményük, hogy bizonyos létező lignittüzelésű erőművek esetén a magas kéntartalmú tüzelőanyag eltüzelése esetén a nyers füstgáz SO_2 koncentrációja 15 000-20 000 mg/Nm^3 tartományba esik (száraz és 6% O_2 paraméterek mellett). Csak a 98%-os SO_2-eltávolítási hatásfokú nedves FGD rendszer érhet el 300 – 400 mg/Nm^3 közötti SO_2 kibocsátási szintet.
	Az egyik tagállam azt javasolta, hogy a BAT-tal kapcsolatos emisszió szinteknek a következőknek kellene lenniük:
	a felső szint 600 mg/Nm^3
7, 8, 9	A tartomány módosítása 200 – 400 mg/Nm^3-re
11, 12, 13	Ezek a szintek eleget tesznek a tagállamok kibocsátási szintjeinek. Ami az új erőműveket illeti, az említett tagállamnak van egy olyan programja, mely széntüzelésű erőműveknél 20 mg/Nm^3 körüli porkibocsátást jósol.
1-6	Az Ipari egyik képviselője szerint a kisebb széntüzelésű erőművek üzemeltetői üdvözölnék az alacsony kéntartalmú szén eltüzeléséhez kapcsolódó SO_2 emisszió szinteket, mindazonáltal ez a lehetőség nem valósítható meg kereskedelmi és üzemeltetési problémák nélkül, ezért az SO_2 emisszió szint min 1000 mg/Nm^3 kéne legyen.

❖ NO_x kibocsátások

Szén-és lignittüzelésű nagy tüzelőberendezések nitrogén-oxid (NO_x) kibocsátásának elsődleges és másodlagos intézkedésekkel történő csökkentése általában véve BAT-nak tekinthető. A keletkező nitrogén vegyületek a nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO_2), melyeket együttesen NO_x jelöléssel illetünk illetve a dinitrogén-oxid (N_2O). A BAT-nak megfelelő szintek egyrészt tüzelési technológiák, vagyis porszén vagy fluidágyas tüzelés, másrészt a használt tüzelőanyag, szén vagy lignit szerint csoportosíthatók.

Szénpor tüzelésű kazánoknál az NO_X kibocsátás csökkentésére tett elsődleges és az ezekkel kombinált másodlagos intézkedések, mint az SCR, BAT-nak minősülnek, ahol az SCR rendszer leválasztási hatásfoka 80-95% között van. Napjainkban több módszer ismeretes a használt katalizátor regenerációjára, melyek jelentősen megnövelik a katalizátor élettartamát, ezzel is csökkentve az üzemelés költségeit. Annak eldöntésére, hogy már létező kazánokban gazdaságosság szempontjából érdemes-e SCR rendszer alkalmazni, tudni kell az erőmű várható maradék élettartamát, melyet nem feltétlenül az erőmű életkora határoz meg. Az SCR használatának hátránya az ammónia kibocsátás növekedése. Az SCR használatával elért, BAT-nak megfelelő ammónia-koncentráció kevesebb, mint 5 mg/Nm^3. Ez a mennyiség nem okoz problémát a szállópernye jövőbeli felhasználásánál sem és a környező területeken sem érezhető a füstgáz szaga.

Az NO_x ész az SO_2 együttes csökkentésére használható kombinált technikákat, mint pl. BAT-nak megfelelő aktív szén és a DESONOX eljárás alkalmazhatóságához ismerni kell a helyi körülményeket.

Por lignittüzelésű kazánoknál BAT-nak minősül a különböző elsődleges intézkedések kombinációja, pl. korszerű NO_x szegény égő használható füstgáz recirkulációval, szakaszos tüzeléssel illetve újraégetéssel együtt is. NO_x emisszió csökkentésére BAT lehet az SCR rendszer is, de mivel a kőszéntüzelésű erőművekhez viszonyítva meglehetősen alacsony a lignittüzelésű erőművek NO_x kibocsátása, az SCR rendszer lignittüzelésnél nem minősül BAT-nak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Már létező erőművek korszerű NO_x szegény égőkkel való felszereléséhez tudni kell, hogy a régebbi berendezésekben a kazánokat olyan kicsire építették, amennyire lehetséges volt (nagy intenzitású égésre tervezték őket), így a kazánhőmérséklet csak egy meghatározott mértékig csökkenthető. A kazán mélysége csak az eredetileg tervezettnél kissé hosszabb lánghoz alkalmazható. BAT-nak minősül az is, amikor régebbi kazánokat perdületes égőkkel szerelnek fel, melyeknek nem olyan hosszú a lángja, mint az eredeti égők lángjai.

A régi kazánok magassága általában kicsi, ami gátolja felső levegő bevezetés (OFA) elhelyezését. Még ha lenne is hely az OFA elhelyezésére, a gázok nem tartózkodnak a teljes égéshez szükséges elég hosszú ideig a kazán felső részében. Az utóbbi években épült kazánok, mivel már többet tudunk az NO_x képződéséről, nagyobbak, így alacsonyabb NO_x szint érhető el használatukkal. Az eredmény akkor a legjobb, ha az NO_x csökkentést figyelembe veszik a kazán tervezésénél, vagyis új beruházásoknál.

Kis erőműveknél, ahol nincs nagyfokú teljesítményváltozás és ahol állandó a felhasznált tüzelőanyag minősége, tovább csökkenthető az NO_x emisszió SNCR technika bevezetésével.

Elsődleges intézkedések alkalmazása, szén és lignit esetében is, tökéletlen égéshez vezet, ami növeli a szállópernyében az elégetlen szén mennyiségét és a szén-monoxid kibocsátást is. Jó tervezéssel és az égés szabályozásával ezen negatív hatások legtöbbje elkerülhető. A hamuban levő elégetlen szén mennyisége a tüzelőanyagtól függ, általában némileg magasabb, mint elsődleges intézkedések nélkül. A szállópernye felhasználhatósága miatt a hamuban levő elégetlen szén mennyiségének a BAT szerint 5% alatt kell lennie, ami általában elérhető, de néhány széntípusnál csak a némileg magasabb NO_x emisszió árán. Az NO_x csökkentésre irányuló elsődleges intézkedések szintén hatással vannak a teljes energia-hatásfokra. Ha az égés tökéletlen, az energia-hatásfok is alacsony szinten marad. Az alacsony NO_x égés miatti elégetlen szén mennyiségének normál növekedése kb. 0,1-0,3%-os negatív hatással van az egységnyi hatásfokra.

A szén és a lignit fluidágyas tüzelése BAT-nak minősül. Ebben az esetben az égetés sztöchiometrikus körülmények között kezdődik: hőbomlással a buborékágyban vagy a buborékágy-típusú cirkulációs ágy alacsonyabban fekvő részén. A megmaradó égési levegőt később, bizonyos időközönként adagolják a rendszerhez, ami a sztöchiometrikusnál magasabb feltételek mellett teljessé teszi az égést. A cirkulációs fluidágyakban a cirkulációs ágy anyaga egy olyan hőmérséklet-eloszlást biztosít, mely a kazán hőmérsékletét jellegzetesen 900 °C alatt tartja, mely megakadályozza, hogy nagy mennyiségű termikus NO_x keletkezzen. Másrésztől az alacsonyabb hőmérséklet elősegíti az N_2O termelődését és növeli az elégetlen szén mennyiségét is. A fluidágyas tüzelés lehetősége ezért egyensúlyt teremt a részben egymást kölcsönösen kizáró NO_x, N_2O, és SO_2 csökkentés követelménye és az elégetlen szénhidrogének, a CO és a korom csökkentése között. FBC kazánokban akár 30–150 mg/Nm^3 közötti N_2O emisszió is elérhető, de ez a használt tüzelőanyag függvénye (kőszén vagy lignit).

A buborékágy koronájában, az ágy felett közvetlenül, a pirolízis gázok égése akár 1200 °C-ot is meghaladó hőmérsékletet képes létrehozni, ami elősegíti a termikus NO_x képződését. Általános szabály, hogy az NO_x termelődés alacsonyabban tartható egy megfelelően tervezett fluidágyban, mint ami az NO_x szegény égőkkel elérhető.

A 3.1.4–5. táblázat foglalja össze a BAT-nak megfelelő szinteket. A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szintek napi átlagokon alapulnak, melyeket standard feltételek, 6% O2 szint mellett és tipikus terhelési körülmények között mérnek. Csúcsteljesítmény, indítás és leállítás idején valamint a füst-gáz tisztító rendszer üzemelési problémái esetén rövid idejű csúcsértékek mérhetők, melyek magasabbak is lehetnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Teljesítmény (MW_{th})	Tüzelési technika	Tüzelőanyag	NO_x kibocsátási szint BAT-tal összekapcsolva (mg/Nm^3)		BAT lehetőségek ezen szintek eléréséhez		
			Új erőművek	Létező erőművek			
50 – 100	Rostély-tüzelés	Szén, lignit	200-300	200-300 (1)	Pm és/vagy SNCR	Új és már létező erőművek	Folyamatos emisszió monitoring
	PC	Szén	90-300 (2)	90-300 (3)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés, NO_x szegény égő, stb.), SCR vagy SNCR kiegészítésként		
	BFBC, CFBC, PFBC	Szén, lignit	200-300	200-300	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés)		
	PC	Lignit	200-450	200-450 (3)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés)		
100 – 300	PC	Szén	90(4)-200	90-250 (5)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés, NO_x szegény égő, stb.), SCR vagy kombinált eljárások kiegészítésként		
	PC	lignit	100-200	100-200 (6)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés, NO_x szegény égő, újraégetés, stb.)		
	BFBC, PFBC, PFBC	Szén, lignit	100-200	100-250 (7)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés) és ha szükséges SNCR		
> 300	PC	Szén	90-150	90-200 (8)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés, NO_x szegény égő, stb.), SCR vagy kombinált eljárások kiegészítésként		
	PC	Lignit	50-200 (9)	50-200 (10)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés, NO_x szegény égő, újraégetés, stb.)		
	BFBC, CFBC, PFBC	Szén, lignit	50-150	20-200(11)	Pm kombináció (több fokozatú levegő és tüzelőanyag bevezetés)		

Megjegyzések:
PC (Por tüzelés)
BFBC (Buborékos fluidágy tüzelés CFBC (Cirkulációs fluidágy tüzelés) PFBC (Nyomás alatti fluidágy tüzelés)
Pm (elsődleges NO_x csökkentési eljárások)
SCR (szelektív katalitikus csökkentés) SNCR (szelektív nem-katalitikus csökkentés)

	Az Ipar az alábbi szinteket javasolja:
2,6	a felső szint 450 mg/Nm^3
3	a felső szint 500 mg/Nm^3
4	az alsó szint 100 mg/Nm^3
5, 7	a felső szint 300 mg/Nm^3
9	100 – 200 mg/Nm^3
10	100 – 450 mg/Nm^3
	Egy tagország az alábbiakat javasolta meglévő erőművek esetén:
5-7	100 – 300 mg/Nm^3
8,10,11	alacsonyabb felső értéket javasol: 100 mg/Nm^3
8,10,11	100 – 300 mg/Nm^3 Az iparág másik képviselője szigorúbb értéket javasol: 150 mg/Nm^3 (NO_x kereskedelmi rendszerben tarthatónak véli.) Öreg erőművek részére szélesebb tartományt javasol: 100 – 650 mg/Nm^3
1, 3	Az iparág másik képviselője magasabb értéket javasol: 400 mg/Nm^3

3.1.4–5. táblázat: BAT a szén- és lignittüzelésű erőművekből származó NOx megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Szén-monoxid (CO) kibocsátás**

A tökéletes égés CO kibocsátásának minimalizálása akkor minősül BAT-nak, ha megfelelő kazántervezéssel, nagy hatásfokú emisszió csökkentési technikák használatával és a tüzelési rendszer gondos üzemeltetésével jár együtt. Mivel az NO_x csökkenése negatív hatással van a CO-ra, egy jól beszabályozott rendszer az NO_x emissziók csökkentése mellett a CO szinteket is alacsonyan, 30-50 mg/Nm^3 között tartja porszéntüzelés és 100 mg/Nm^3 alatt fluidágyas tüzelés esetén. Lignit tüzelésű berendezések esetén, ahol elsődleges NO_x csökkentést alkalmaznak, a CO szint magasabb 100-200 mg/Nm^3 is lehet.

❖ **Hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF) kibocsátás**

A nagy tüzelőberendezéseknél az SO_2 csökkentésére használt nedves gázmosó (főleg a 100 MW_{th}-nál nagyobb teljesítményű erőműveknél) és a porlasztószárító BAT-nak minősül. E technikákkal a HCl és a HF mennyisége is lecsökkenthető (98-99%). A nedves gázmosó vagy a porlasztószárító használatához kapcsolódó kibocsátási szint HCl esetén 1-10 mg/Nm^3, HF esetén 1-5 mg/Nm^3. FGD használata nélkül, pl. ha száraz meszet adagolunk az FBC kazánba, sokkal magasabb HCl és HF emissziós szintek érhetők el.

A kéményben levő megnövekedett HCl és HF szintek talán a forgó gáz-gáz hőcserélőben levő belső füstgáz szivárgás következményei. Ebben az esetben a nyers füstgáz közvetlenül a kéménybe jut az SO_2, a HCl és a HF tartalom csökkentése nélkül. Ennélfogva egy modern gáz-gáz hőcserélő alkalmas BAT-nak. Mindazonáltal, üzemi és gazdaságossági megfontolásokból, a hőcserélő cseréjét csak akkor ütemezzük be, ha egyébként is cserére szorulna. Az új gáz-gáz hőcserélő egyesítheti a hőextraktort az újrahevítőt vagy a hőcsövet. Ilyen esetben a legjobb megoldás a füstgáz szabadon bocsátása a hűtőtornyon keresztül. Ilyenkor nincs füstgáz újrahevítés, vagyis gáz-gáz hőcserélőre sincs szükség. Másik lehetőségként használható egy jó minőségű cseppfogó is, ami után a füstgázt saválló kéménycsövön vezetik ki a szabadba. Itt sincs szükség füstgáz újrafűtésre, vagyis gáz-gáz hőcserélőre sem.

Mivel porszéntüzelés esetén az SO_2 csökkentése érdekében a CFBC-hez injektált mészkő (a nedves gázmosó helyett) megfelel a BAT-nak, a BAT-hoz kapcsolódó HCl szint 15-30 mg/Nm^3.

❖ **Ammónia (NH_3) kibocsátás**

Az SNCR és SCR rendszerek hátránya, hogy az el nem reagált ammónia kikerül a levegőbe (ammónia szökés). A BAT szerinti ammónia-koncentráció 5 mg/Nm^3 alatti, amivel elkerülhetők a szállópernye hasznosításának problémái. Az SNCR technika használatának gyakori korlátozó tényezője az ammónia szökés. SNCR technika alkalmazásakor is elkerülhető az ammónia szökés, ha egy vékony SCR katalizátor réteget helyezünk a kazán előmelegítő részébe.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(6) VÍZSZENNYEZÉS

A szén és lignit tüzelésű üzemek működése során keletkező hulladék és szennyvizek mennyiségének és a vízbe történő kibocsátásoknak a csökkentésére és a vízszennyezés megakadályozására szolgáló, BAT-nak megfelelő intézkedések összefoglalása a 3.1.4–6. táblázatban látható.

Technika	**Fő környezeti haszon**	**Alkalmazhatóság**	
		Új erőmű	Felújítható üzem
Nedves FGD			
Vízkezelés pelyhesítéssel, ülepítéssel, szűréssel, ioncserével és semlegesítéssel	A fluorid, a nehézfémek a KOI és a szemcsék eltávolítása	BAT	BAT
Zárt technológia	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
Szennyvíz és hamu keverése	A szennyvízkibocsátás elkerülése	BAT	BAT
Salak elmosása és szállítása			
Szűrés vagy ülepítés során zárt vízkeringetés	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
A sótalanítók és a kondenzvízek regenerálása			
Semlegesítés vagy ülepítés	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
Lelúgozás			
Semlegesítés		BAT – lúgos körülmények között alkalmazható	
A kazánok, az előmelegítők és a csapadékleválasztók mosása			
Semlegesítés és zárt technológia, vagy száraz tisztító módszerek alkalmazása	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
Felszíni lefolyás			
Ülepítések vagy kémiai kezelés és belső újrahasznosítás	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT

3.1.4–6. táblázat: BAT a szennyvíz szennyezettségének csökkentésére

A szén és a lignit esővíz csatornával és vízgyűjtővel ellátott bitumenes felszínen való tárolása BAT-nak minősül. A tárolóhelyeken a lefolyó esővíz apró szemcséket mos ki, amiket kibocsátás előtt össze kell gyűjteni, majd ülepíteni. Az így kezelt víz BAT-nak megfelelő kibocsátási szintje 30 mg/l.

Nem lehet megakadályozni, hogy alkalmanként ne keletkezzen kis mennyiségű olajjal szennyezett mosóvíz az erőművekben, de olajfogó szeparátorokkal általában elkerülhető a környezeti károsodás.

A BAT-nak megfelelő nedves gázmosó kéntelenítés vízkezelőt is magában foglal, ami különböző kémiai tisztításokat alkalmaz a nehézfémek eltávolítására és a szilárd anyag mennyiségének csökkentésére. A vízkezelőmű beállítja a pH-t, kicsapatja a nehézfémeket és eltávolítja a szennyvízből a szilárd anyagot és a csapadékot. A modern technológia a következő paramétereket ellenőrzi (ahol nem az összes paramétert kell folyamatosan figyelemmel kísérni): pH, vezetőképesség, hőmérséklet, szárazanyag-tartalom, klórtartalom, nehézfém koncentráció (úgy mint As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn,), fluor koncentráció és kémiai oxigénigény (KOI). A nedves FGD-ből kikerülő szennyvizet szűrik és semlegesítik, de még további kezelést igényel a magas KOI-tartalom miatt. A vízkezelőműből kikerülő szennyvíz minősége nagy különbségeket mutat a tüzelőanyag minőségétől és a használt kéntelenítő eljárásoktól függően.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Egy nedves FGD rendszer vízkezelő rendszerének BAT-nak minősülő kibocsátási szintjeit, 24 órás reprezentatív vegyes minta alapján a 3.1.4–7. táblázat foglalja össze.

Nedves FGD vízkezelő rendszer kibocsátásai (mg/l)	
Szárazanyag	5 – 30
KOI	<150
Nitrogén vegyületek	<50
Szulfát	1000 – 2000
Szulfit	0.5 – 20
Szulfid	<0.2
Fluorid	1 – 30
Cd	<0.05
Cr	<0.5
Cu	<0.5
Hg	0.01 – 0.02
Ni	<0.5
Pb	<0.1
Zn	<1

3.1.4–7. táblázat: Nedves FGD vízkezelő rendszer kibocsátásai

(7) TÜZELÉSI MARADÉKOK

Az ipar figyelme a tüzelési maradékok és melléktermékek hulladéklerakóban való elhelyezése helyett azok felhasználása felé fordult. A legjobb lehetőség ezért a felhasználás és az újrafelhasználás. A különböző melléktermékek újrahasznosításának számtalan lehetősége kínálkozik. Minden egyes felhasználási mód különböző kritériumokat állít a hamu minősége elé. Mindezen kritériumok ismertetése ezen BAT dokumentumban lehetetlen. A minőségi kritériumok a hamu jellemzőivel és a károsanyag-tartalommal vannak összefüggésben, úgy mint a hamuban lévő elégetlen tüzelőanyag mennyisége, a nehézfémek oldhatósága, stb.

A keletkezett hamuból a szénben gazdag hamu visszanyerhető, visszavezethető a kazánba, és a szénben levő energia kinyerése után egy olyan alacsonyabb széntartalmú hamut eredményez, melynek előnyös újrahasznosítására már több lehetőség adódik.

A nedves gázmosó végterméke gipsz, ami a természetes gipsz helyett használható, s így eladható. Az FGD iszapokat bizonyos határig egyesíteni lehet az FGD eljárás melléktermékével (gipsz). FGD és SCR technikák alkalmazása esetén az iszapok újra beinjektálhatóak a kazánba. Gyakorlatilag a gipsz legnagyobb mennyiségét a gipszkarton-ipar hasznosítja.

A fél-száraz kéntelenítő eljárás végterméke természetes ásványi anyagok helyett használható különböző építési célokra, úgymint útépítés, komposztálási és tárolási földmunkák, rekultiváció és vízmű építkezések töltései.

(8) SZÁMÍTÁSBA VEENDŐ TECHNIKÁK A SZÉN ÉS LIGNIT TÜZELÉS SORÁN ALKALMAZOTT BAT MEGHATÁROZÁSÁNÁL

Ez a szakasz azokat a szokványos, kereskedelemben kapható technikákat ismerteti, melyeket számításba kell venni a kibocsátás csökkentését vagy megelőzését, illetve a fajlagos hőteljesítmény növelését célzó BAT meghatározásánál. Az egyes technikák részletesen szerepelnek a 2.3. alfejezetben, az ott leírt technikák alkalmazhatók szén és lignit tüzelésre is, és azokat a BAT meghatározásakor számításba veendő technikának kell tekinteni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(1) A TÜZELŐANYAG KIRAKODÁSÁNAK, TÁROLÁSÁNAK ÉS MOZGATÁSÁNAK TECHNIKÁI

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemieltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
A szén és a lignit szállítása és kezelése							
Zárt szállítószalagok portalanító berendezéssel	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	A víztartalom korlátozza
Nyitott szállítószalagok szélvédőkkel	Csökken a	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	
Szabályozható magasságú kirakodóberendezés	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	
A szállítószalagok tisztítóberendezései	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	A víztartalom korlátozza
A mész/mészkő zárt tárolása porcsökkentéssel ellátott silókban	Csökkennek a szemcsehatárok	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	
A szén, a lignit és a segédanyagok tárolása							
Vízporlasztási rendszer	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Vízszennyezés	A vízporlasztás és a lefolyt víz összegyűjtésének költsége	
Bitumenes felszínek csapadékvíz gyűjtő rendszerrel	A talaj és a felszín alatti vizek szennyeződésének megakadályozása	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	A szennyvízkezelés költsége	Az összegyűjtött szennyezett csapadékvizet ülepítőmedencében tisztítani kell
Szélvédők	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	
Tiszta cseppfolyós ammónia tárolása		Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nagy a baleseti veszély	Magas beruházási és működési költségek	
Ammónia tárolása vizes oldatban		Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Kisebb a baleseti veszély, mint a túlnyomásos cseppfolyós ammónia tárolásánál	Nincs adat	Magasabb biztonság

3.1.4–8. táblázat: Technikák a tüzelőanyag kirakodására, tárolására és mozgatására

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) A TÜZELŐANYAG ELŐKÉSZÍTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Tüzelőanyag váltás/	A tüzelőanyag kedvezőbb környezeti profilja (alacsony kén és hamutartalom)	Nincs gyakorlatban	A speciális kazán tervezett jellegzetessé-geitől függ	Nagy	A szén alacsonyabb szennyezőanyag-tartalma kevesebb emissziót eredményez. Az alacsony hamutartalom maga után vonja a PM kibocsátás csökkenését és a hasznosítható/eltávolítandó szilárd hulladékok csökkenését	A tüzelőanyag ára magasabb lehet	A tüzelőanyag váltást korlátozhatja hosszú távú szállítási szerződés vagy a helyi bányáktól való függés
Szénelegyítés	Emissziócsúcsok elkerülése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Egyenletes működés		
Szénmosás	Kimosható szennyeződések csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	A szén alacsonyabb szennyezőanyag-tartalma kevesebb emissziót eredményez	A szénmosó üzem járulékos költsége	
Lignit előszárítás	Kb. 3-5%-kal megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Korlátozott tapasztalat, mert eddig csak pilot üzemben alkalmazták	Hatásfok növekedés	A lignitszárítók járulékos költsége	A mai napig nem épültek nagy méretű lignitszárítók
Szén elgázosítás	Megnövekedett üzemi hatásfok és lecsökkent emissziószint (főleg NO_x)	Lehetséges, de eddig csak bemutató üzemeknél alkalmazták	Nem lehetséges	Csak bemutatóüzemeknél alkalmazták		Nem alkalmazható normál működéshez	A középszakaszban a gázosítás lehetséges alternatívát jelenthet, főleg az 51-55%-os várható villamos hatásfokok miatt

3.1.4–9. táblázat: Technikák a tüzelőanyag előkészítésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) A HATÁSFOK NÖVELÉSÉNEK ÉS A TÜZELŐANYAG HASZNOSÍTÁSÁNAK TECHNIKÁI

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Az üzemi berendezések energetikai optimalizációja							
Kapcsolt hő és villamosság termelés (CHP)	A tüzelőanyag felhasználásának kiterjesztése	Lehetséges	Nagyon korlátozott	Nagy			A telephely-specifikus hőterhelés szükségletének függvénye
Turbinalapát csere	Hatásfok növekedés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	A rendszeres karbantartási munkák alkalmával háromdimenziós lapátokra lehet cserélni a gőzturbina lapátokat
Korszerű anyagok használata magas gőzparaméterek elérésére	Hatásfok növekedés	Lehetséges	Nem lehetséges	Új üzemeknél alkalmazzák	Nincs	Nincs adat	Korszerű anyagok használatával a gőznyomás akár 300ºbar, a gőzhőmérséklet akár 600 °C is lehet
Szuperkritikus gőzparaméterek	Hatásfok növekedés	Lehetséges	Nem lehetséges	Új üzemeknél alkalmazzák	Nincs	Nincs adat	
Dupla újrahevítés	Hatásfok növekedés	Lehetséges	Nem lehetséges	Főleg új üzemeknél alkalmazzák	Nincs	Nincs adat	
Regeneráló tápvízfűtés	Hatásfok növekedés	Lehetséges	Nem lehetséges	Új üzemeknél alkalmazzák és néhány már létezőben	Nincs	Nincs adat	Az új üzemek akár 10 szakaszt is használnak, mely kb. 300ºC-os tápvízhőmérsékletet eredményez
Korszerű számítógépesített szabályzórendszerek	Hatásfok növekedés, magasabb kazánteljesítmény, csökkentett kibocsátás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	
A füstgáz hőtartalmának hasznosítása tömbfűtésként	A tüzelőanyag felhasználásának kiterjesztése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nincs adat	Alacsonyabb hűtővíz hőmérséklet lehetséges

3.1.4–10. táblázat: Technikák a hatásfok növelésére és a tüzelőanyag hasznosítására

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
A tüzelési paraméterek optimalizálása							
Kis légfelesleg	hatásfok nő, NOx és N_2O emisszió csökken	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	nincs	Nincs adat	Növelheti a cső meghibásodásának esélyét és az elégetlen tüzelőanyag mennyiségét.
A kilépő gáz hőmérsékletének csökkentése	Hatásfok nő	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Korrózió	Nincs adat	A kilépő gáz hőmérsékletének 10–20 °C-kal a sav harmatpontja felett kell lennie. Az extra hőt csak, mint másodlagos hőt használhatja
Alacsony elégetlen szén a hamuban	Hatásfok nő	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Az NOx emisszió csökkenése magasabb elégetlen szenet eredményez a hamuban	Nincs adat	Optimalizálni kell az NOx emissziót és a hamuban levő elégetlen szén mennyiségét, de elsőbbséget élvez az NOx csökkentés
A tüzelőaynag-gáz alacsony CO koncentrációja	Hatásfok nő	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Az alacsony NOx emisszió magasabb CO koncentráció szinteket eredményez	Nincs adat	Optimalizálni kell a NOx és a CO emissziót, de elsőbbséget élvez az NOx csökkentés
Tüzelőanyag-gáz tisztítása és kibocsátása							
Hűtőtorony kibocsátás	Nem szükséges a füstgázt újrafűteni az FGD üzem után	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs szükség kéményre	A kémény felépítésének és karbantartásának nincs költsége	Megvalósíthatóságát esetről esetre kell elbírálni (pl. hűtőtorony felhasználhatósága, megfelelő elhelyezés
Nedves kémény technika		Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Látható kibocsátott gőz		
Hűtőrendszer							
Különböző technikák							Ld. hűtő BREF

3.1.4–11. táblázat: Technikák a hatásfok növelésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) TECHNIKÁK A SZILÁRD SZEMCSÉKHEZ KÖTÖTT NEHÉZFÉMEK KIBOCSÁTÁSÁNAK MEGELŐZÉSÉRE ÉS CSÖKKENTÉSÉRE

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági tapasztalatok	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Elektrosztatikus porleválasztó	A porkibocsátás csökkentése. A nehézfémek és a Hg eltávolítása pozitív mellékhatás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	13– 60 EUR/kW költségről számoltak be. A diagramok nem tartalmazzák az összegyűjtött hamu kezelésének és szállítórendszerének beruházási költségeit, amely magas hamutartalmú lignit esetén meglehetősen magas.	Az ESP a leggazdaságosabb megoldás, főleg nagy méretű üzemek esetén. A szilárd részecskékhez kötődött higany az ESP-ben eltávolítható. Sub-bitumenes szén és lignit használatakor kevés Hg-t lehet eltávolítani a szállópernye erős lúgosságának és a füstgázok alacsony HCl-szintjének következtében.
Szövetszűrő	A porkibocsátás, főleg a finom por csökkentése (PM 2.5 és PM 10). A nehézfémek és a Hg eltávolítása pozitív mellékhatás.	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Az erőmű hatásfoka 0,1%-kal csökkenni fog.	A működési és karbantartási költségek magasabbak, mint az ESP-nél.	A széntüzelésű erőműben főleg szövetszűrőket használnak a SO_2 emisszió csökkentésére a száraz és félszáraz technikáknál. A szilárd részecskékhez kötődött higany az FF-ben eltávolítható. Sub-bitumenes szén és lignit használatakor kevés Hg-t lehet eltávolítani a szállópernye erős lúgosságának és a füstgázok alacsony HCl-szintjének következtében.
Ciklon	A porkibocsátás csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nagyon korlátozottan csökkenti a finom részecskéket.	Alacsony beruházási költségek	A mechanikai ciklonok csak előportalanítók egyéb technikákkal, mint pl. ESP vagy FF.
Aktív szén hozzáadása az FGD-ben	A Hg kibocsátás csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Korlátozott		Az FGD-ben hozzáadott aktív szén alacsony beruházási és működési költséggel jár.	Az FGD-ben hozzáadott aktív szén nem bizonyítottan növelheti a gipsz higany-tartalmát.

3.1.4–12. táblázat: Technikák a por és a nehézfémek kibocsátásának megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(5) TECHNIKÁK AZ SO_2 KIBOCSÁTÁS MEGELŐZÉSÉRE ÉS CSÖKKENTÉSÉRE

Technika	Környezeti eredmények	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzemek	Felújítható üzem				
Elsődleges intézkedések							
Alacsony kéntartalmú tüzelőanyag használata	A forrásnál csökkenti a SO_2 kibocsátását	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Lehetséges a por és a NO_X kibocsátás növekedése	A tüzelőanyagtól függ	Lehetséges a por és a NO_X kibocsátás növekedése
FBC kazán	Csökkenti az SO_2 és az NO_X kibocsátást	Lehetséges	Nagyon korlátozott	Nagy	Magasabb N_2O kibocsátás	Üzemspecifikus	
Másodlagos intézkedések							
Nedves mész/mészkő gázmosó gipsz termeléssel	Csökken az SO_2, HF, HCl, por, Hg és Se emisszió. A már létező erőművek FGD retrofitja a finom por és Hg kibocsátás csökkenését is segíti	Lehetséges, de 100 MWth teljesítmény alatt ritkán alkalmazzák	Lehetséges	Nagy	A használt mészforrás miatt az As, Cd, Pb és Zn kibocsátása valamivel magasabb lehet. Növekszik a CO_2 emisszió és a szennyvíz.	Üzemspecifikus	A nedves gázmosó magas költsége miatt ez a technika nagyobb erőműveknél kifizetődő. Már létező nedves gázmosók tökéletesíthetők az abszorber áramlási képének tökéletesítésével. A szén füstgáz gáznemű Hg^{2+} vegyületei közül némelyek gyengén oldhatóak, míg mások erősen oldékonyak. Az oldékonyabb fajtákat általában el lehet távolítani FGD gázmosóval.
Másik típusú nedves gázmosó	SO_2 csökkenés	Lehetséges, de új üzemnél ritka	Az egyes üzemtől függ	Nagyon korlátozott	A technikától függ	Nincs adat	Egyéb szennyezők csökkenése a speciális technikától függ.
Permetezve szárító gázmosó	Csökken az SO_2, HF, HCl, por, Hg emisszió. A már létező erőművek FGD retrofitje a finom por és Hg kibocsátás csökkenését is segíti.	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Maradványok, amit tárolni kell.. Csökken a teljes LCP hatásfoka	Üzemspecifikus	A szén füstgáz gáznemű Hg^{2+} vegyületei általában eltávolíthatók permetezőszárító FGD gázmosóban, főleg, ha FF-fel kombinálják.
Szorbens injektálás	SO_2, HF, HCl és por emisszió csökken	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Maradványok, amit tárolni kell.	Nincs adat	
Egyebek	Csökken az SO_2 és a kombinált technikában az NO_x is	Lehetséges, de új üzemnél ritka	Az egyes üzemtől függ	Nagyon korlátozott			Egyéb szennyezők csökkenése a speciális technikától függ.

3.1.4–13. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(6) TECHNIKÁK AZ NO_X ÉS N_2O KIBOCSÁTÁS MEGELŐZÉSÉRE ÉS CSÖKKENTÉSÉRE

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Elsődleges intézkedések							
Kis légfelesleg	Csökken az NO_x és az N_2O emisszió, nő a hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Egyre inkább növekszik a hamuban levő elégetlen szén mennyisége. Kis légfelesleg magasabb CO szintet ad.	Üzemspecifikus	A cső és a fal korróziójának veszélye
Több fokozatú levegő bevezetés (OFA,BBF és BOOS)		Lehetséges	Nagyon korlátozott	Nagy	Egyre inkább növekszik a hamuban levő elégetlen szén mennyisége.	Üzemspecifikus	
Tüzelőanyag-gáz recirkuláció		Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	Már létezőerőműveknél az alkalmazhatóság függ az erőmű adottságaitól
NOx szegény égők	Csökken az NO_x	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Egyre inkább növekszik a hamuban levő elégetlen szén mennyisége.	Üzemspecifikus	Már létezőerőműveknél az alkalmazhatóság függ az erőmű adottságaitól. Gyakran együttjár füstgáz recirkulációval és levegőztetési fázissal..
Újraégetés	Csökken a NO_x	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	Már létező erőműveknél az alkalmazhatóság függ az erőmű adottságaitól A szükséges hely miatt az újraégetés kevésbé alkalmas retrofitre, mint új üzemeknél.
Intézkedések, mellyel csökkenthető az FBC kazán N_2O emissziója							
Kis légfelesleg	Csökken az N_2O emisszió	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	
Megnövelt fluidágy hőmérséklete	Csökken az N_2O emisszió	Lehetséges	Lehetséges	Kísérleti stádiumban		Nincs adat	Korrózióveszély
Katalizátoranyagok, pl. MgO vagy CaO használata a kazánban	Csökken az N_2O emisszió	Lehetséges	Lehetséges	Kísérleti stádiumban		Nincs adat	
Megnövelt füstgáz hőmérséklet	Csökken az N_2O emisszió	Lehetséges	Lehetséges	Pilot üzemi stádiumban		Nincs adat	

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(6) TECHNIKÁK AZ NO_X ÉS N_2O KIBOCSÁTÁS MEGELŐZÉSÉRE ÉS CSÖKKENTÉSÉRE (FOLYTATÁS)

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzemek	Retrofit lehetősége				
Másodlagos intézkedések							
Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR)	Csökken az NO_x, bár a csökkenés mértéke sokkal kisebb, mint SCR esetén	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia szökés	Üzemspecifikus	Nagyon kicsi a hőmérséklet különbség és érzékeny a terhelésváltozásokra. Ezen okokból alkalmazása nagyon korlátozott PF LCP és CFBC esetén
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia szökés	Üzemspecifikus	Mindezidáig az SCR technikát csak kőszéntüzelésű erőművekben alkalmazták
Szelektív auto-katalitikus redukció (SACR)							Új technika az NOx csökkentésére, már ipari méretű kipróbálás alatt van
Kombinált technikák	NO_x és SO_2 csökkenése	Lehetséges, de új üzemeknél ritkán alkalmazzák	Lehetséges, de ritkán alkalmazzák	Nagyon korlátozott	Az egyes eljárás függvénye	Üzemspecifikus	Az SCR technikákhoz képest a kombinált technikák piaci részesedése kicsi

3.1.4–14. táblázat: Technikák a NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(7) TECHNIKÁK A VÍZSZENNYEZÉS MEGELŐZÉSÉRE ÉS CSÖKKENTÉSÉRE

Technika	Környezeti eredmény	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdasági vonatkozások	Megjegyzések
		Új üzemek	Felújítható üzem				
Nedves kéntelenítő (FGD)							
Vízkezelés pelyhesítéssel, ülepítéssel és semlegesítéssel	Fluorid, nehézfémek, KOI és szemcsék eltávolítása	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	A szénhez adagolt iszapból szállópernye és FGD gipsz lesz vagy a bányászatban töltőanyagként újrahasználható	Üzemspecifikus	A szénhez adagolt iszap FGD-n belüli újrahasznosítását lépésről-lépésre értékelni kell
Ammónia csökkentés gáztalanítással, kicsapatással és biológiai lebontással	Csökkentett ammóniatartalom	Csak akkor alkalmazható, ha a szennyvíz ammóniatartalma magas az SCR/SNCR miatt		Nagy		Üzemspecifikus	
A szennyvíz és a hamu keverése	A szennyvízkibocsátás elkerülése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	A megszilárdított anyag külszíni fejtések töltőanyaga lehet	Üzemspecifikus	
Salak elmosatás és szállítás							
Szűrés és ülepítés utáni zárt vízvisszaforgatás	Csökkentett szennyvízkibocsátás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	
A sótalanítók és kondenzvizek regenerálása							
Semlegesítés és ülepítés	Csökkentett szennyvízkibocsátás			Nagy	A víztelenítésre szoruló iszaptól megszabadulnak	Üzemspecifikus	
Lelúgozás							
Semlegesítés		Csak lúgos körülmények között alkalmazható		Nagy		Üzemspecifikus	
Kazán, levegő előmelegítő és szűrő mosása							
Semlegesítés és zárt hurkú üzemeltetés vagy száraz tisztítási eljárások	Csökkentett szennyvízkibocsátás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	
Felszíni elfolyó vizek							
Ülepítés vagy kémiai kezelés és rendszeren belüli újrahasznosítás	Csökkentett szennyvízkibocsátás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	

3.1.4–15. táblázat: Technikák a vízszennyezés megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.2 FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGOK TÜZELÉSE ÉS A KIBOCSÁTÁSOK KEZELÉSE

3.2.1 ALKALMAZOTT TÜZELÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGOK ESETÉN

(1) NAGY TÜZELŐBERENDEZÉSEK FOLYÉKONY TÜZELŐANYAG FELHASZNÁLÁSA

A kitermelt nyersolaj összetétele változó. Alapvetően a következőket tartalmazza:egyenes és zártláncú szénhidrogének, S, N és O vegyületek, kis mennyiségben más, Ni, Fe, V, Mo, Cl, F stb. tartalmú vegyületek.

A nehézolajok összetétele a kiinduló nyersolaj összetételével összhangban változik. Főleg az ásványi olajok finomítási folyamatában keletkező üledékekből, maradékokból áll, amelyek a feldolgozáskor cseppfolyós állapotban megmaradtak. Ezen összetevők atmoszférikus desztillációs hőmérséklete meghaladja az 540 °C-t, így már eltávolításra kerültek belőlük a könnyebb finomítói párlatok.

A Magyarországon kereskedelmi forgalomban lévő fűtőolajok MSZ 2024:2003 szabvány szerinti minőségi paramétereit a 3.2.1–1. táblázatban foglaljuk össze.

Jellemzők		Extra könnyű fűtőolaj	Könnyű fűtőolaj	Közép fűtőolaj	Középnehéz fűtőolaj	Nehéz fűtőolaj
		FA-60/80	FA-60/120	FA-60/130	FA-90/160	FA-100/200
ASTM-szín, legalább		5				
Kinematikai viszkozitás, 100°C-on, mm^2/s		legfeljebb 4,4	4,5-24	25-40	41-75	76-450
Átdesztillált mennyiség legfeljebb, % (V/V)	**250°C-ig**	65		-		
	300°C-ig	85		-		
Lobbanáspont Cleveland szerint, legalább, °C		101				
Folyáspont, legfeljebb, °C		51				
Kéntartalom, legfeljebb % (m/m)		0,2	1,0			
Hamu, legfeljebb, % (m/m)		0,5[1)]				
Víztartalom, legfeljebb, % (m/m)		0,5				
Mechanikai szennyeződés, legfeljebb % (m/m)		0,5				
[1)]Mechanikai szennyeződés nélkül						

3.2.1–1. táblázat: Az MSZ 2024:2003 szabvány szerinti fűtőolajok minőségi paraméterei

Tulajdonság	Egység	Orimulsion
Sűrűség	kg/m^3, 15°C-on	1010
Viszkozitás	cSt , 50°C-on	350
Víz	térf%	28 – 31
Kéntartalom	súly%	max. 3 %
Hamutartalom	mg/kg	0.14 – 0.2
Vanádium	mg/kg	300 – 365
Nátrium	mg/kg	30
Magnézium	mg/kg	6
Alsó fűtőérték	MJ/kg	27 – 38

3.2.1–2. táblázat: Az orimulsion tulajdonságai

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Magyarországon kereskedelmi forgalomban lévő tüzelőolajok szabványok vagy minőségi bizonyítvány szerinti minőségi paramétereit a 3.2.1–3. táblázatban foglaljuk össze.

Jellemzők	Tüzelőolaj, TÜ 5/20*	Erőművi könnyű tüzelőolaj (ETO)**	Gázturbina tüzelőolaj (GTO)***
Sűrűség 15ºC-on, g/cm^3	0,820-0,850	0,880-0,960	max. 0,90
Kinetikai viszkozitás, mm^2/s	2,0-8,0 (20ºC-on)	2,0-5,0(40ºC-on)	3,0-7,0 (20ºC-on)
Lobbanáspont ºC	55 (Pensky-Martens szerint)	101 (Clevland szerint)	min. 55
Kéntartalom % (m/m)	0,20	0,20	0,05-0,2
Fémtartalom (mg/kg)		25 (összesen)	
• **Kalcium**	-		max. 10
• **Na + K tartalom**	-		max. 0,5
• **Nikkel**	-		-
• **Ólom**	2		max. 1
• **Vanádium**	1		max. 0,5
• **Cink**	0,5		max. 2
Klórtartalom (mg/kg)	2	250	max. 2
Víztartalom % (m/m)	nyomokban	0,1	mentes (nyomokban)
Mechanikai szennyeződés	0,05 % (m/m)	30 (mg/kg)	-
Hamutartalom % (m/m)	0,01	0,01	0,01
Poliklórozott-bifenil-tartalom mg/kg	1	5	-
Fűtőérték MJ/kg	42,0	40,0	Min. 42,0

*MSZ 11715:1997
**MSZ 11717:2001
***Forgalmazó által kiadott minőségi bizonyítvány alapján

3.2.1–3. táblázat: Tüzelőberendezésekben alkalmazott tüzelőolajok szabvány szerinti minőségi paraméterei

A folyékony tüzelőanyagok közül a nehéz fűtőolaj (HFO) a legfontosabb tüzelőanyag, könnyű fűtőolajból (LFO) kevesebb mennyiséget használnak, elsősorban magas ára miatt. Az extra könnyű fűtőolajnak alacsony kéntartalma van, mivel a tisztítási eljárás során a ként eltávolítják belőle.

Általában a HFO használata a füstgáz kéntelenítése (FGD) nélkül a nemzeti szabályozás szerint korlátozott; hazánkban a legmagasabb megengedett HFO kéntartalom 1%. Bizonyos HFO fajtáknak lehet egészen magas kéntartalma, ezekben az esetekben füstgáz kéntelenítő szükséges. A HFO hamutartalma alacsony, általában jóval 0,2 súly% alatti, de a füstgázból a pernyét így is el kell távolítani.

Magyarországon a HFO-val szemben az utóbbi időben az LFO, GTO és az ellátási lehetőségektől függően az ETO használata került előtérbe. Ezek előnye az alacsony kén- és hamutartalom, így nincs szükség a füstgáz tisztítására.

Az EU más országaiban használt olajok égési hőmérséklete ugyan magas, de nitrogéntartalma alacsony és ennek eredményeképpen csak mérsékelt mennyiségű NO_x keletkezik. *Magyarországon ez nem érvényes, a hazai olajok nitrogén tartalma jóval magasabb.*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGÚ TÜZELŐBERENDEZÉSEK HATÁSFOKA

A kazán hatásfoka folyékony tüzelőanyagot használó, tiszta és új kazán esetén 95% körüli (LHV). A legnagyobb tüzelési veszteségek a füstgáz hővesztesége, az elégetlen szén okozta veszteség és a hősugárzási veszteségek.

Az olajtüzelésű kazán **hatásfoka** szoros kapcsolatban van a tüzelőanyag természetével és a környező levegő hőmérsékletével.

A tüzelési módosítások által kialakított NO_x kibocsátás csökkentési technológiák eredményei szerint növekszik az elégetlen szén mennyisége.

A **légfelesleg** mértéke függ a kazán típusától. Az olajtüzelésű kazánoknál jellemzően 5% többlet levegő az általános. A tüzelés minősége (a CO és az elégetlen szén keletkezése), a korrózió és az égetési biztonság miatt gyakran nem lehetséges a légfelesleg további csökkentése.

A tiszta kazánt elhagyó **füstgáz hőmérséklete** (tüzelőanyag típustól függően) hagyományosan 120 és 220 °C között van, azért hogy elkerüljük a kénsav kondenzációja által keletkező savas korróziót. Kivétel néhány olyan konstrukció ahol a levegő előmelegítők egy második fokozatát is kiépítették, hogy füstgázhőmérsékletet 100 °C alá csökkentsék. Ez az energetikai haszon azzal jár, hogy a levegő előmelegítők és a kémények felületét/bélelését korrózióálló anyagból kell kivitelezni, ami a beruházási költségeket növeli.

Az eredő kazánhatásfokot befolyásoló **segédberendezések önfogyasztása** több tényezőtől függ:

- A szennyezőanyag eltávolításának hatásfoka: a meglévő füstgáz-kéntelenítők jelentős villamos energiát fogyasztanak és a hatásfok növelésével általában nő az önfogyasztás.
- A segédrendszerek túltervezése: a kazán segédrendszereinek tervezésekor felkészülnek minden lehetséges üzemállapotra és vészhelyzetre, ezért a nominális üzemi feltételek mellett a túlbiztosított technikai megoldások nem eredményeznek optimális önfogyasztást.

(3) FOLYÉKONY TÜZELŐANYAG LEFEJTÉSE, TÁROLÁSA ÉS ELŐKEZELÉSE

A folyékony tüzelőanyagok szállítására csővezetéket, hajót, vasutat vagy teherautót használnak, attól függően, hogy melyik szállítási mód érhető el az olajkút, a finomító és a nagy tüzelőberendezések helyén. A folyékony tüzelőanyagokat a finomítókban dolgozzák fel közvetlenül a motorok, fűtési rendszerek és nagy tüzelőberendezések számára. A lefejtés főleg csővezetéken keresztül történik.

A tüzelőanyagot állóhengeres földfeletti, duplafalú, merevtetős, vagy belső úszótetős acéltartályokban tárolják. A tároló térfogat 1000-től 100 000 m^3-ig változhat. A tartályok általában egy védőgyűrűvel (kármentő medence) vannak körbevéve, amely a tárolt tüzelőanyag mennyiség egészét, vagy egy részét (de legalább a legnagyobb tartály maximumával egyenlő mennyiséget) képes megtartani a tüzelőolaj tartályok kilyukadása, vagy egyéb sérülése esetén (pl. tűz, robbanás, csőtörés, stb.). A töltésnek tökéletesen zártnak kell lennie, és magában kell foglalnia olajfolyás érzékelő csonkokat, hogy elkerüljék az olaj kijutását a területről.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A terület időjárási viszonyaitól és a tüzelőanyag típusától függően, a tároló tartályokat el kell látni melegítő rendszerekkel, hogy a fűtőolajat (különösen a nehéz fűtőolajat (HFO)) a megfelelő hőmérsékleten tartsák a szállításhoz és hogy biztosítsák az égőfejben a porlasztást. Ilyen esetekben a tartályokat hőszigetelni kell. A melegítő rendszerek két fajtáját használják a fűtőolaj felmelegítésére: „fenék" melegítők, amelyek a fűtőolaj teljes térfogatát felmelegítik; és a visszakeverő előmelegítők, amelyek a szivattyú csővezeték előtt vannak elhelyezve, és csak akkor melegítik a fűtőolajat, amikor az elhagyja a tároló tartályt. A könnyű olajakat nem kell előmelegíteni szivattyúzáskor vagy a porlasztáshoz.

Gyakran a tároló tartályban lévő gázokat is áteresztik a szállító tartályba, kivéve, ha úszó tetejű tartályt használnak. A toldó vezetékek összekötéseit a kármentőn belül kell elhelyezni.

A tartály tartalmát rendszeresen kell ellenőrizni. Automata rendszerek, belső érzékelők ellenőrzik a töltöttség szintjét. Alkalomszerűen használnak inert gázpárnát. A tároló berendezések és csővezetékek rendszeres ellenőrzése a jó kezelők általános gyakorlata. A folyékony tüzelőanyag elosztása a felszíni tároló tartályokból a tüzelőberendezésbe rendszerint felszíni csővezetékekkel vagy szerviz árokban történik, ritkábban földalatti csővezetékkel. Védőkorlátokat használnak a felszíni csővezetékek sérülésektől való védelmére. Földalatti csővezetékeknél a legjobb, ha olyan kettős csövezést használnak, amelyekben a védőgyűrű folyamatosan ellenőrzött és speciális kialakítása van (pl. a földalatti részben hegesztett acélcsövek szelepek nélkül, stb.).

A nagy tüzelőberendezésekben használt ásványi olajtermékeket, mint a nehéz és könnyű fűtőolajok, finomítóban dolgozzák fel, a nemzeti és az import tüzelőanyagra vonatkozó minőségi előírások betartása mellett. A 3.2.1–1. táblázat és a 3.2.1–2. táblázat a különböző típusú kazánokhoz használt különböző olaj jellemzőit részletezi. A folyékony tüzelőanyagok elégetésénél meghatározó szennyező a fűtőolajban található kén mennyisége, amit a finomítóban tudnak csökkenteni.

Az olajtüzelésű gázturbinákban közvetlenül csak finomított folyékony tüzelőanyag használható. Az olaj nyomását a gázturbinában való égetés előtt a szükséges belépő nyomás szintjére kell felemelni.

A korszerű gázturbinákban tüzelőanyagként használt tüzelőolajat (GTO) kezelni kell, hogy csökkentsék annak nátrium, kálium és kalcium koncentrációját, és eltávolítsák a szilárd szennyeződéseket, amelyek károsítják a turbina lapátokat. A tüzelőolaj egy előkezelőbe kerül, amely olajtisztító egységeket, vagy öntisztító centrifuga egységet tartalmaz, esetleg egy elektrosztatikus típusú egységet az összes szükséges szivattyúval és csővezetékkel.

Ha nehéz fűtőolajat (HFO) kell használni tüzelőanyagként gázturbinákban, akkor arra egy speciális kezelési eljárás szükséges. Ebben az esetben a tüzelőanyag előkezelő a következőket tartalmazza:

- melegítők, amelyek felmelegítik a kezeletlen HFO-t (elektromos, vagy gőzfűtéssel);
- emulzió bontó rendszerek, amelyek eloszlatják az olaj emulziót;
- szeparátorok (centrifugális, vagy elektrosztatikus típusok), amelyek eltávolítják a HFO-ban található szilárd szennyeződéseket, különösen a magas hamu tartalmú tüzelőanyagok esetében;
- kiegészítő adalék-adagoló rendszerek, amelyek megemelik a vanádium oxidációs termékek olvadáspontját és az összes szükséges szivattyút és csővezetéki berendezéseket.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az erőmű összes hulladékát összegyűjtik és elszállítják a hulladékkezelőbe.

A gáz turbinákban használt bármely tüzelőanyaggal kapcsolatos fő követelmények:

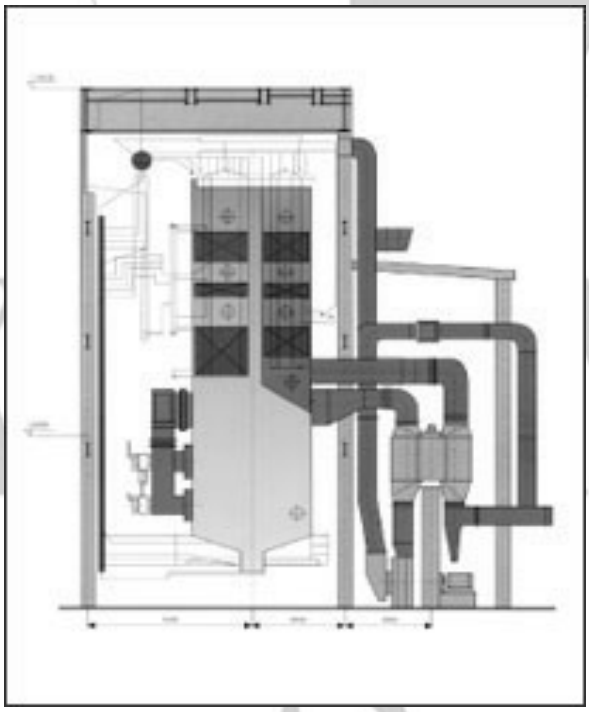
- magas fűtőérték,
- a turbinába való intenzív hőbevitel,
- nagyfokú tisztaság,
- alacsony korrozivitás, mind a szerelvények, mind a turbina lapátok esetében,
- alacsony lerakódási és eltömődési hajlam, különösen a forró turbina lapátok esetében.

A megfelelő szivattyúzási és működési feltételek biztosítása érdekében a dízelmotoroknak a tisztított és szűrt tüzelőolaj folyamatos betáplálására van szükségük, megfelelő áramlás és viszkozitás mellett (HFO-nál 730 cSt alatt, 50°C-nál). Nehéz tüzelőolaj esetén a gázturbinákhoz hasonló HFO kezelőket használnak, de csak centrifugális szeparátorok és elektromos vagy gőzfűtésű előmelegítők vannak a HFO megfelelő hőmérsékletre való felmelegítésére (a jó porlasztás érdekében szükséges a betáplálási viszkozitás csökkentése 12-20 cSt értékre az adagoló fúvókánál). Általában emulzióbontó rendszereket (az olaj emulzió eloszlatására) nem használnak, és nincsenek adalék-adagoló rendszerek sem, amelyek a vanádium termékek olvadáspontját emelnék.

(4) FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGÚ TECHNOLÓGIÁK

❖ **Olajtüzelésű kazánok**

A könnyű és nehéz fűtőolaj elégetésére tervezett kazánok nagyon hasonlóak azokhoz a kazánokhoz, amelyeket a szén elégetésére használnak. A 3.2.1-1. ábra egy jellegzetes nehéz fűtőolaj tüzelésű kazán látható.



3.2.1-1. ábra: Nehézolaj tüzelésű külső füstgáz visszakeveréses gőzkazán

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A homogén égés eléréséhez 30-150 μm méretű, apró aeroszol cseppeket porlasztanak a kazánba mechanikus módszerrel, vagy magasnyomású présgázzal (levegő vagy gőz), illetve a kettő kombinációjával.

Ha nehéz fűtőolajat használnak, az égéshez alacsony viszkozitás szükséges a tüzelőolaj megfelelő porlasztása érdekében. A megfelelő viszkozitás biztosításához a tüzelőanyagot kb. 120-140 °C-ra kell felmelegíteni. A nehéz tüzelőolaj égésének javításához adalékokat is használnak.

Homlokfal- vagy frontfal-tüzelő rendszerek: A homlokfaltüzelésű rendszereknél a tüzelőanyagot keverik az égési levegővel. Az égők sorokban helyezkednek el, vagy csak az elülső falon, vagy mind az elülső, mind a hátsó falon is. Az utóbbi elrendezést ellentétes tüzelésnek nevezik.

Tangenciális- vagy sarok-tüzelő rendszerek: A tűztér sarkain elhelyezett égőket úgy irányítják, hogy a tűztér keresztmetszetének közepén elképzelt körhöz érintőlegesen csatlakoznak a befúvósugarak. Ezzel a megoldással megfelelő örvényt létesítenek az égéshez és a tűztéri láng kialakulásához.

Három alapvető probléma megoldására kell felkészülni a nehéz fűtőolaj elégetésénél:

- a fűtött tárolás kialakítására,
- a koksz részecskék képződésére,
- a korróziós lerakódásokra.

Az első kettőt az alkotórészek némelyikének magas molekula súlya és részecske megkötő természete okozza. A második és a harmadik a tüzelőanyagban lévő kén, nitrogén, vanádium és más fémek hatására jön létre.

Az emulziók esetében, a vízadagolás jobb égési eredményre vezet a porlasztás javulásával. A túlhevített cseppekben gőzbuborékok képződnek, növekednek, majd kipukkadnak, ami mikro-robbanásokat okoz. Mivel az olaj az égés során magas hőmérsékletet képes fenntartani, a vízcseppek túlhevülnek. Az emulziócsepp a vízcseppek gyors elpárolgása miatt összetörik. Ezt a folyamatot másodlagos porlasztásnak is nevezik, amely megnöveli a párolgási felületet és elősegíti az égő részecskék keveredését a levegőben. A tökéletesebb égéssel a keletkező füst mennyisége csökken.

Olajtüzelésű berendezések ipari alkalmazásokra

Az ipari kemencék, vagy hevítők azok a tüzelőberendezések, melyeket tűztéri csöveikben áramló kőolajkészítmények, vegyszeroldatok és gáz halmazállapotú anyagok felmelegítésére terveztek. A csövek közvetlen fűtésű, különféle tüzelőanyagot használó égőkkel vannak fűtve. A tüzelőanyag lehet nehéz és könnyű tüzelőolaj, földgáz, vagy a technológiai folyamatból keletkező különböző összetételű egyéb melléktermék. A függőleges kemencék alacsony légfeleslegű olajégővel is üzemelhetnek. Ez a tüzelési rendszer jó levegőszabályozást biztosít, csökkenti a légfelesleget, javítja az energetikai hatásfokot, és ezáltal csökkenti a szennyező-anyag kibocsátásokat. Az égési levegőnek a távozó füstgázzal történő előmelegítésével csökkenteni lehet a tüzelőanyag fogyasztást.

A fűtés célja a folyadék hőmérsékletének emelése a további technológiához vagy a kémiai reakciók elősegítése. Az ipari alkalmazású tüzelőberendezések hőátadásának elsődleges módja a sugárzás és a hőáramlás, amely az égetőkben a tüzelőanyag elégetéséből keletkező energia eredménye. Az ipari alkalmazású tüzelőberendezések az égők száma, a tervezési és

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

technológiai követelményektől függően változik. Az égők elhelyezkedhetnek a feneken, vagy a falon, több szinten, függőlegesen felfelé fűtve; vagy sugárirányban fűtve a berendezés közepe felé.

A töltetet tartalmazó csövek használata különleges, összehasonlítva más típusú ipari tüzelési alkalmazásokkal. A folyadékok csőben való felfűtésének sok előnye van a tartányban való fűtéssel szemben. Az előnyök: jobban megfelel a folyamatos működéshez, jobb ellenőrizhetőség, magasabb hőátadási értékek, több flexibilitás, kisebb tűzveszély, egy korszerűbben üzemeltethető berendezés.

Fluidágyas tüzelésű kazánok

A fluidágyas tüzelésű kazánokban (FCB) a folyékony tüzelőanyagokat (pl. magas kéntartalmú HFO, vagy maradványok) ritkán kiegészítő tüzelőanyagként égetik el más szilárd tüzelőanyagokkal (szén) együtt. A fluidágyban jó hatásfokú kéntelenítés érhető el mészkő adagolásával. Az olajtüzelés által keletkezett kis mennyiségű hamu miatt a mészkő adagolása fontos lehet. Egy másik előnye a fluidágyas tüzelésnek az alacsony égési hőmérséklethez tartozó alacsony NO_x kibocsátás.

- **Belsőégésű (gáz/dízel) motorok**

A 60-as és 70-es években a motoros erőműveket főleg vészindítás és csúcsrajáratás esetén üzemeltették, másodlagos volt az energiatermelés. Ma az újabb motorokat széles körben használják, különösen a folyamatos energiaellátáshoz. Mind a nagy alapterhelésű motorral hajtott erőművek (200 MW villamos teljesítményig), mind a decentralizált kisebb, egyidejűleg hő és villamosenergia termelő egységek (CHP) elterjedtek világszerte. Ennek a trendnek az egyik oka a magas hatásfokú, közepes és alacsony sebességű motoroknak az elmúlt évtizedekben történt fejlesztése, amelyek alkalmassá tették alapterhelésű üzemvitelre. A piacon elérhetők a közepes fordulatszámú dízelmotoros egységek 50 MW_{th}, vagy nagyobb, illetve gáz-dízel motorok (nagynyomású és alacsony nyomású alternatív tüzelőanyag típusúak) 40 MW_{th}-nál is nagyobb bemenő hőteljesítménnyel. Az alacsony fordulatszámú dízelmotor egységek bemenő hőteljesítménye 130 MW_{th}, vagy több, míg a gáz-dízel motoros egységeké 85 MW_{th}-ig terjed.

Európában folyékony tüzelőanyaggal üzemelő nagyobb energiarendszereket ellátó motoros erőmű kevés van. Alkalmazásuk főleg az elszigetelt rendszerekre korlátozódik, (pl. szigeteken működők), ahol nem létezik más energiaellátási lehetőség.

Az ilyen alkalmazásokra használt motornak számos előnye van, pl. magas termikus hatásfok (alacsony tüzelőanyag fogyasztás), optimális összeállítás a különböző terhelési követelményekhez, rövid gyártási és telepítési idő, egyszerű fenntartás és robusztus konstrukció.

A belsőégésű motorral működtetett erőmű másik lényeges előnye – főleg környezetvédelmi szempontból –, hogy ezek az erőművek elhelyezhetők városi területeken is, közel a hőt és villamos energiát igénylő fogyasztókhoz. Kevesebb távvezetékre van szükség, csökken a járulékos energia veszteség és a földterület-igény is csökkenthető. A motoros CHP erőművek jól megfelelnek pl. ipari alkalmazásokra, helyi társaságoknak, lakossági és kereskedelmi célú épületeknek. A hő átalakítható gőzzé, forró vízzé, forró levegővé, stb. További lehetséges hasznosítási lehetőségek a lakossági és intézményi fűtés/hűtés, sótalanítás, a levegő előhűtése néhány eljáráshoz, stb. A motoros erőmű optimális hő-/villamosenergia aránya körülbelül 1:1,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

összehasonlítva egy magasabb hőfokú rendszerrel, amelynek a tipikus hő-/villamosenergia aránya 3/2, vagy magasabb. Sok helyen az igényelt hőmennyiség a meghatározó szűk keresztmetszet a termelhető villamosenergia vonatkozásában. A motoros kapcsolt hő és villamos energiát termelő erőművekkel több villamosenergia termelhető azonos hőkiadás mellett.

A dízelmotorok tüzelőanyag-flexibilisek és mindenféle tüzelőanyagokat képesek használni, pl. dízelolajat, nehéz tüzelőolajat, gázt, nyersolajat, bio-tüzelőanyagokat, sőt, néhány esetben az orimulsiont is. A dízelmotorban a levegőt belenyomják a hengerbe és azt a dugattyú összenyomja. A befecskendezett tüzelőanyag a levegő összenyomásakor keletkezett hő segítségével berobban . A levegő és a tüzelőanyag égésterméke kitágul, ami elmozdítja a dugattyút. Végül a füstgáz eltávozik a hengerből, befejezve a körfolyamatot. A tüzelőanyag elégetéséből felszabadult energiát a dugattyú mozgásának átalakításával továbbítják a motor főtengelyéhez. A forgó főtengely és a lendkerék egy villamos energiát termelő generátort forgat.

Nehéz tüzelőolajjal való üzemelésnél a tüzelőanyagot előtisztítják a tüzelőanyag kezelő rendszerben, mielőtt befecskendezik a motorba. A tüzelőanyag kezelőben lévő szűrők és szeparátorok eltávolítják a szennyeződéseket és a vizet a tüzelőanyagból. A nehéz tüzelőolajat a megkívánt viszkozitásig előmelegítik, a megfelelő tüzelőanyag porlasztás érdekében. A folyékony tüzelőanyag nyomását kb. 1100-1800 bar-ra emelik (a motor típusától függően), hogy elég kis cseppeloszlást érjenek el a gyors és tökéletes égéshez. Könnyű tüzelőolaj használata esetén általában nincs szükség előmelegítésre vagy szeparációra. A tüzelőanyag befecskendezés jó tervezése egyik alapvető meghatározója az égési folyamatnak.

A gyulladás közel állandó térfogat mellett történik a nyomás növekedése mellett, míg az égési folyamat közel állandó nyomás mellett zajlik. Az égés nem folyamatos, csak a folyamat egy részében jelenik meg. A nyomás és a hőmérséklet fontos paraméterek a jó égés biztosításához. A legnagyobb nyomást korlátozni kell a meghibásodások elkerülése végett. A motor anyagának kb. 1200 °C-ot kell kibírnia, ami 2500 °C legnagyobb pillanatnyi hőmérsékletet jelent. Az ilyen fajta motor hatásfoka körülbelül 40-50%.

Az alternatív tüzelőanyagú motor új motortípus a piacon, amit olyan országoknak fejlesztettek ki, ahol földgáz is felhasználható. A motortípus változatos tüzelőanyagok használatára képes, működtethető alacsony nyomású földgázzal, vagy folyékony tüzelőanyagokkal, mint a dízelolaj, nehéz olajok, stb., ugyanakkor teljes terhelésen képes működni mindegyik tüzelőanyag fajtával.

A gázos üzemmód esetén a motor nagy légfelesleggel üzemel, vagyis kb. kétszer annyi levegő kerül a hengerbe, mint amennyi minimálisan szükséges a gáz teljes elégetéséhez. Ez ellenőrzött égést és magas fajlagos hengerteljesítményt biztosít az öngyulladás, vagy kopogás jelentős kockázata nélkül. A gázmotorokban a levegő/gáz keverék összenyomása a dugattyúval nem melegíti fel eléggé a gázt ahhoz, hogy elkezdődjön az égési folyamat, ezért valamennyi hozzáadott energia szükséges, amit „gyújtó” tüzelőanyag befecskendezésével érnek el (pl. dízelolaj). Mivel a folyékony tüzelőanyagnak, mint pl. a dízelolajnak alacsonyabb az öngyulladási hőmérséklete, mint a gáznak, a hengerben a legfelső pozícióhoz közeli hő elegendő ahhoz, hogy meggyújtsa a folyékony tüzelőanyagot, amely viszont elég hőt képez ahhoz, hogy meggyújtsa a levegő/gáz keveréket. A gyújtó tüzelőanyag mennyisége 1-2%-a teljes tüzelőanyag fogyasztásnak. Ez a motor a dízel-folyamatnak megfelelően működik, ha folyékony tüzelőanyagot használ, és az Otto-körfolyamatnak megfelelően, ha gáz a tüzelőanyag. A tüzelőanyag és a levegő égő keveréke kitágul, elmozdítja a dugattyút.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Végül az égéstermékeket eltávolítják a hengerből, befejezve a ciklust. A tüzelőanyag elégéséből keletkező energiát a motor főtengelyének adja át a mozgó dugattyú. A motor forgó tengelyéhez egy generátor kapcsolódik, amely villamos energiát állít elő.

- **Folyékony tüzelőanyagú gázturbinák**

Folyékony tüzelőanyaggal működtetett gázturbinákat (nem úgy, mint a kiegészítő tüzelésűeket) nagyon ritkán alkalmaznak Európában. Ez a folyékony tüzelőanyagok magas költségének köszönhető, főleg a desztillált olajok esetén. Ezért nagyon ritka az alkalmazása és csak olyan helyen fordul elő, ahol földgáz nem áll rendelkezésre, illetve ha a villamosenergia rendszer szabályozásához használják, vagy rövid idejű csúcserőműként. A folyékony tüzelőanyag tüzelésű gázturbináknak két fajtája üzemel jelenleg: a strapabíró nehéz ipari gázturbinák és a repülőgép turbinákból származtatott korszerű aeroderivatív, könnyű ipari gázturbinák.

A gázturbinákban egy axiális kompresszoron keresztül sűrített levegőt vezetnek be az égőkamrába, ahová a tüzelőanyag fúvókák vannak becsatlakoztatva. Az égési reakció során a füstgáz hőmérséklete 1000-1350 °C-ra emelkedik, amit rávezetnek a turbinalapátokra. A turbinarész csökkenti a forró füstgázok nyomását és hőmérsékletét, miközben forgó mozgásával egyidejűleg működteti a légkompresszort és a villamos energiát termelő generátort. A 30-40% hatásfokú nyíltciklusú gázturbináknál a > 450 °C hőmérsékletű füstgázok egyenesen a légkörbe távoznak.

A gázturbinák a folyékony tüzelőanyagok széles skáláját használhatják fel, mint pl. a maradvány nyersolajtermékek. Az aeroderivatív gázturbinák általában könnyű desztillált tüzelőolajjal, vagy kerozinnal üzemelnek. Az utóbbi időkben tervezett magas bemenő hőmérsékletű gázturbináknál a gyártók előírásai igen szigorúak a tüzelőanyag minőségét illetően. Meghatározzák a szükséges fizikai és kémiai tulajdonságokat, hogy eleget tegyenek a berendezés műszaki követelményeinek és a környezetvédelmi előírásoknak, különösen a fémszennyeződések (nátrium, kálium, ólom, vanádium, kalcium), a kén-dioxid és a szilárd anyag kibocsátásnak.

Kombinált ciklusú gázturbinás erőművek

A kombinált ciklusok ötlete abból a szükségletből született, hogy bizonyítsák az egyszerű Joule-ciklus hatékonyságát, a gázturbinából távozó füstgáz hulladékhőjének hasznosításával. Ez egy kézenfekvő megoldás, mivel a gázturbina egy relatíve magasabb hőmérsékletű gép, mint a gőzturbina.

A kombinált ciklusú tüzelési rendszereket ugyanúgy lehet használni folyékony tüzelőanyagokhoz, mint ahogy más tüzelőanyagokhoz használják őket. A nehéz vagy könnyű tüzelőolajat esetenként póttüzelésként használják hőhasznosító kazánokban, vagy tartalék tüzelőanyagként földgáztüzelésű kombinált ciklusú erőművekben.

Kapcsolt energiatermelés (CHP)

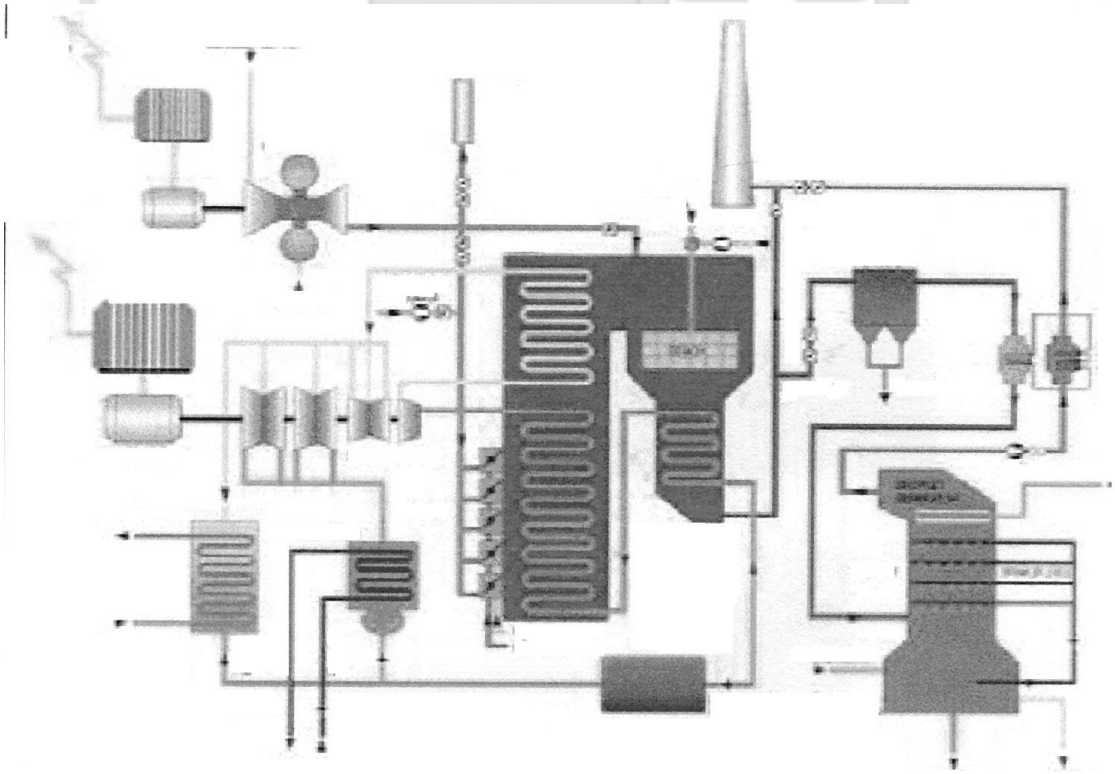
A kapcsolt energiatermelés egy egyszerű eljárás a villamosenergia és a felhasználható hő együttes előállítására., főként olyan erőműveknél, ahol mind az áram, mind a hő (forró víz, vagy gőz) szükséges. Bizonyított technológia. A költségek csökkentésén felül a kombinált előállítás környezetvédelmi hasznot is hajt azáltal, hogy hatékonyabban használja a tüzelőanyagokat. Az optimalizált villamos és hőenergia termelése kevesebb kibocsátáshoz vezet, mint a különálló áram és hő előállítása.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fosszilis tüzelőanyaggal fűtött kazánokkal üzemeltetett ellennyomású gőzturbinákat régóta használják ipari rendszerekben.. A hagyományos kazánban termelt nagynyomású gőzt a turbinán belül használják fel mechanikus energia előállítására, amit azután villamos generátor hajtására lehet használni. Az előállított villamosenergia attól függ, hogy a helyi hőenergia szükségletek ellátása mellett mennyire lehet a gőztubinából kilépő gőz nyomását lecsökkenteni.

A folyamatos üzemű motorok szintén népszerűek és jól használhatók a kapcsolt energiatermelésben, elsősorban forróvíz és gőz előállításnál (esetenként kiegészítve gőzturbinával a villamos hatásfok növelése érdekében), távfűtésnél, hűtőrendszereknél és levegő felmelegítésnél. Az ilyen fajta alkalmazások tüzelőanyagra vetített hatásfoka nagyon magas, néhány alkalmazásnál közel 90%-os. A motoros CHP-k hő/villamosenergia aránya 0.5-1.3 között van. A nehéz tüzelőolajjal üzemelő 80%-os hatásfokú CHP erőművek fajlagos CO_2 kibocsátása 370 g/kWh körül van.

Gázturbinákat is lehetne használni CHP erőművekben. Az ipari létesítmények a helyszínen megtermelik a villamos energiát, akár 1,5-3-szoros hőenergia előállítása mellett.



3.2.1-2. ábra: Nagy tüzelőberendezés nehézolaj tüzelésű kombinált ciklusú gázturbinával

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(5) MAGYARORSZÁGI PÉLDÁK

Magyarországon a folyékony tüzelőanyagokat leginkább tartalék tüzelőanyagként alkalmazzák, elsősorban akkor, ha az elsődleges tüzelőanyag (pl. földgáz) ellátás nem kielégítő. Előfordulhat például, hogy hosszú kemény tél miatt bevezetett földgázkorlátozás, vagy az elsődleges tüzelőanyag szolgáltatásában bekövetkezett zavar miatt alkalmaznak rövid ideig folyékony tüzelőanyagokat. A 3.3.1 sz. alfejezet ezen részében néhány példát ismertetünk a különböző olajtüzeléses létesítmények napjainkban Magyarországon alkalmazott technikáival kapcsolatban.

GTO TÜZELÉSŰ, NYÍLT CIKLUSÚ GÁZTURBINA (SZEKUNDER TARTALÉK) JELLEMZŐ PARAMÉTEREI: (ÉVES ÜZEMÓRA KB. 120 ÓRA/ÉV)

Megnevezés	Jellemző paraméter			
	1. üzemállapot (normál üzemmenet)	2. üzemállapot (kísérleti)	3. üzemállapot (kísérleti)	4. üzemállapot (kísérleti)
Gázturbina terhelés (MW)	138	51	51	130
Olajfogyasztás (l/min)	693	332	327	639
Vízbefecskendezés (kg/s)	7,28	0,874	-	-
SO_x* (SO_2-ben kifejezve) (mg/Nm^3)	64,2	70,2	72,1	57,2
CO* (mg/Nm^3)	2,95	11,0	2,85	0,1
NO_x* (NO_2-ben kifejezve) (mg/Nm^3)	106,2	127,1	244,3	515,4
Szilárd anyag (korom) **	1	1	1	1

* 15%-os O_2-re számolt

** Bacharach koromszám

3.2.1-3. ábra: Magyarországi példa GTO tüzelésű gézturbinára

A mérési eredmények alapján a légszennyező anyagok koncentrációértékei a vonatkozó kibocsátási határértékeket nem lépték túl. A négy üzemállapot közül az 1. üzemállapot tekinthető az átlagos, rendes üzemmenetnek, a további három üzemállapotot kísérleti vizsgálat céljából végezték.

TARTALÉK TÜZELŐANYAGKÉNT FA 60/120 KÖNNYŰ FŰTŐOLAJJAL ÜZEMELŐ PTVM 100 TÍPUSÚ FORRÓVÍZ KAZÁN A BUDAPESTI ERŐMŰ ZRT. ÚJPESTI ERŐMŰVÉBEN

Az alábbi táblázatban a Budapesti Erőmű ZRt. Újpesti Erőművében tartalék tüzelőanyagként FA 60/120 könnyű fűtőolajjal üzemelő PTVM 100 típusú forróvíz kazán jellemző paramétereit ismertetjük. A kazánt 1983-ban állították üzembe, azonban a négy darab fenékégőt 2001-ben felújították. A kazán bemenő hőteljesítménye 116,3 MW_{th}, keringtetett vízárama 2000-2500 t/h.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Megnevezés	Jellemző paraméter		
	1. üzemállapot (alapterhelés)	2. üzemállapot (átlagos terhelés)	3. üzemállapot (maximális terhelés)
Fűtőolaj térfogatárama (m^3/h)	4,88	6,20	9,27
Füstgáz térfogatárama (Nm^3/h)	59 780	75 920	113 580
Füstgáz hőmérséklete (ºC)	126	130	155
SO_x* (SO_2-ben kifejezve) (mg/Nm^3)	1117	1099	1073
CO* (mg/Nm^3)	19,1	15	22,4
NO_x* (NO_2-ben kifejezve) (mg/Nm^3)	425	431	448
Szilárd anyag kibocsátás (mg/Nm^3)	59,6	43,4	88,5

*3%-os O_2-re számolt érték

3.2.1-4. ábra: Magyarországi példa könnyű-fűtőolaj tüzelésű kazánra

A mérési eredmények alapján a légszennyező anyagok koncentrációértékei a vonatkozó kibocsátási határértékeknek megfelelnek.

TARTALÉK TÜZELŐANYAGKÉNT TÜ 5/20 TÜZELŐOLAJJAL ÜZEMELŐ MHD GŐZKAZÁN A BUDAPESTI ERŐMŰ ZRT. KISPESTI ERŐMŰVÉBEN

Az alábbi táblázatban a Budapesti Erőmű ZRt. Kispesti Erőművében tartalék tüzelőanyagként üzemelő jellemző paramétereit ismertetjük. A kazánt 1968-ban állították üzembe, azonban 2003-ben szerkezetileg felújították. A kazán 1 db NO_x szegény fenékégővel üzemel, az égő gyártója Babcock Oberhausen. A kazán bemenő hőteljesítménye 60 MW_{th}, névleges gőzárama 60t/h.

Megnevezés	Jellemző paraméter		
	1. üzemállapot	2. üzemállapot	3. üzemállapot
Terhelés (t/h)	30	45	60
Tüzelőolaj térfogatárama (m^3/h)	2,50	4,00	5,20
Füstgáz térfogatárama (Nm^3/h)	26250	42000	54600
Füstgáz hőmérséklete (ºC)	128	143	156
SO_x* (SO_2-ben kifejezve)* (mg/Nm^3)	213	225	228
CO* (mg/Nm^3)	<1,5	<1,5	<1,5
NO_x * (NO_2-ben kifejezve) (mg/Nm^3)	188	182	203
Szilárd anyag kibocsátás (mg/Nm^3)	3,1	3,2	<1,0

*3%-os O_2-re számolt érték

3.2.1-5. ábra: Magyarországi példa TÜ 5/20 tüzelőolaj tüzelésű kazánra

A mérési eredmények alapján a légszennyező anyagok koncentrációértékei a vonatkozó kibocsátási határértékeknek megfelelnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.2.2 KIBOCSÁTÁSOK FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGOK ESETÉN

(1) LÉGSZENNYEZŐANYAG KIBOCSÁTÁSOK

Tüzeléstechnika	Csökkentés mértéke (%)
Levegő-elosztásos égő	25 – 35
Tüzelőanyag-elosztásos égő	40 – 50
Kis légfeleslegű égő	20 – 25
Levegő elosztásos tüzelő-lándzsák	35 – 51
Alacsony NO_x kibocsátású égők	25 – 65
Külső füstgáz-recirkuláció	50 – 60
Belső füstgáz-recirkulációs	40 – 50
Levegő vagy tüzelőanyag elosztásos tüzelés, külső füstgáz recirkulációval	55 – 75
Levegő vagy tüzelőanyag elosztásos tüzelés, belső füstgáz recirkulációval	60 – 80

3.2.2–1. táblázat: Az NOx kibocsátás csökkentése tüzeléstechnikai módszerekkel

Módszer	Csökkentés mértéke (%)
Ammónia befecskendezés	43 – 70
Karbamid befecskendezés + alacsony NO_x kibocsátású égők	55 – 70
SCR	65 – 90
SCR + alacsony NO_x kibocsátású égők	70 – 90

3.2.2–2. táblázat: NOx kibocsátás csökkentése kiegészítő módszerekkel

Tüzelőolaj fajta	Kibocsátási koncentráció (mg/Nm^3) 15 térf% O_2 tartalom
Nehéz tüzelőolaj: >1 súly% S és <0.08 súly% hamu	<75
Nehéz tüzelőolaj: <1 súly% S és <0.06 súly% hamu, CCR <12 súly%	<50
Dízelolaj (max. 0.02 súly% hamu)	<30

3.2.2–3. táblázat: Szilárdanyag kibocsátások tüzelőolaj-tüzelésű motoros erőművekből

Motor típusa	NO_x kibocsátás (mg/Nm^3) (nehéz tüzelőolaj)	Megjegyzések
Folyékony tüzelőanyagú motorok (0.gen.)	4800	HFO (2.5 % S), SO_2<3800 mg/Nm^3 (5% O_2 tartalom), referenciamotor
Alapterhelésű motor alacsony NO_x optimalizálva (1.gen.)	<2300	Általános felhasználású dízelmotorok 2000-ig üzembe helyezve.
Alapterhelésű motor alacsony NO_x-re optimalizálva (2. gen.)	<2000	Általános felhasználású dízelmotorok napjainkban.
Befecskendezés késleltetés	Jellemzően 10-20 % csökkenés (motortípustól függően)	A tüzelőanyag fogyasztás növekedése a befecskendezés késleltetésétől függ, (jellemzően 3 % növekedés)
Víz hozzáadása	<1300-1600	Főleg hajóhajtásra használják (a tüzelőanyag fogyasztás nő)
Megjegyzés: referencia pont-=15 térf-% O_2, száraz gázban, 0 °C-nál, 101.3 kPa, 85-100 % közötti, állandó motor terhelésnél.		

3.2.2–4. táblázat: Fejlesztésekkel elérhető jellemző NO_x kibocsátások motoroknál

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az alábbi táblázatokra (amelyek a választott referenciákból származó méréseken alapulnak) a következők vonatkoznak: a kibocsátások mg/Nm³-ben vannak megadva (Nm³, 0ºC-on, 101,3 kPa mellett), száraz füstgáznál (15 térf%, vagy 5 térf% O_2) A SO_2 érték a fűtőolaj kéntartalmától függ, a szilárd anyag kibocsátások pedig főleg a tüzelőolaj hamutartalmától. A tüzelőanyag nehéz fűtőolaj (HFO), folyamatos névleges motorterhelésen.

Berendezés	**Tüzelőolaj jellemzők**	**NO_x kibocsátás, (mint NO_2) mg/Nm³)**	**Szilárd anyag kibocsátás mg/Nm³**	**Megjegyzések**
Alacsony NO_x motor, NO_x-re optimizálva	1,88 súly% S, 0,05 súly% hamu, 13.8 súly% MCR	2163 – 2178	56 – 60	70 MW_e erőmű
Alacsony NO_x motor, NO_x-re optimizálva	1,83 súly% S, 0,06 súly% hamu 13,6 súly% MCR	1739 – 1881	54 – 61	100 MW_e erőmű
Megjegyzés: az adatok mg/Nm³-ban megadva – száraz, 15 térf% O_2, tartalom mellett a száraz gázban (MCR=mikro szén maradvány)				

3.2.2–5. táblázat: Kibocsátási értékek NOx –re optimalizált motor üzemeltetése esetén

Berendezés	**Tüzelőolaj fajta**	**NO_x kibocsátás, mint NO_2 mg/Nm³**	**Szilárd anyag kibocsátás mg/Nm³**	**Megjegyzések**
SCR	0.45 súly% S	325	44	30 MW_e erőmű
	Dízel DIN 51603 és DIN 590	>90 % csökkentés (5% O_2-nél)	n.a.	karbamid adagoló egységgel, szabályozó rendszerrel Terhelés>70 %-nál a CO <20 mg/Nm³
	gázolaj	180	n.a.	31.6 MW_e CHP
	HFO (2-3% S)	153	n.a.	34 MW erőmű
	HFO (1% S)	91	n.a.	3.8 MW hajómotor
	Dízelolaj	150	n.a.	21 MW CHP erőmű
	Könnyű tüzelőolaj	145	n.a.	49 MW erőmű
Megjegyzés: (15 térf% O_2 a száraz füstgázban)				

3.2.2–6. táblázat: Mért NOx kibocsátások SCR-rel üzemelő motoros erőműveknél

Berendezés	**Tüzelőolaj fajta**	**NO_x kibocsátás, mint NO_2 mg/Nm³**	**Szilárd anyag kibocsátás mg/Nm³**	**Megjegyzések**
Alacsony fordulatszámú motor + „vízadagolás”	2 súly% S (HFO)	1540	55	20 MW_e erőmű
Megjegyzés: (15 térf% O_2 a száraz füstgázban)				

3.2.2–7. táblázat: Vízadagolás hatása az NOx kibocsátásra (elsődleges kibocsátás csökkentési eljárás)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tüzelési technika	Hulladékvíz eredete	Hulladékvíz kezelése	Koncentráció a hulladékvízben (mg/l)						
			Hidrazin	Szűrhető anyag	Szulfát	Szulfit	Fluorid	Hg	Szulfid
Nehéz tüzelőolaj kazánban	Nedves FGD	Fil/Pre/Floc/Sed/Neu		7.3	2130	20	3.3	0.002	
	Kondenzátum és a tápvíz kezelésből	Neu/Sed		17					0.8

Tüzelési technika	Hulladékvíz eredete	Hulladékvíz kezelése	Fajlagos hulladékvíz mennyiség (m^3/MW_{th})	Koncentráció a hulladék vízben (mg/l)										
				Cl	AOX	KOI	P	N	Zn	Cr	Cd	Cu	Pb	Ni+V
Nehéz tüzelőanyag olaj kazán	Nedves FGD	Fil/Pre/Floc /Sed/Neu	0.11	9.2		27.9		85	0.01	0.1	5	0.1	0.1	0.058
	A kondenzátum és a tápvíz kezelése	Neu/Sed	0.056		1			840						
Kombinált ciklus (könnyű olaj)	A kondenzátum és a tápvíz kezelése	Neu/Sed	0.32		0.031	16.5	0.16	43.5	0.078	0.0038	0.0003	0.0044	0.0053	0/0036

Megjegyzés:
Fil= szűrés
Pre=előzetes kicsapatás
Floc= pelyhesítés
Sed= ülepítés
Neu= semlegesítés

3.2.2–8. táblázat: Vízszennyezések olajtüzelésű erőművekben (névleges terhelésnél)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) MARADÉKANYAGOK ÉS HULLADÉKVIZEK KEZELÉSE

A füstgáz-kezelésen kívül még maradékanyagok (hamu) és gipsz kerülnek ki a füstgáz-kéntelenítő egységből, az erőművi hulladék- és maradékanyagok túlnyomó többsége pedig olyan járulékos tevékenységeknek köszönhetően keletkezik, mint a karbantartás és a vízkezelés. A hulladékanyagok lehetnek fémek, fáradt olaj, csomagolóanyagok, kompresszorok/gázturbinák mosatásához használt folyadékok, ioncserélő gyanták és aktívszén. Közönséges háztartási hulladékok is keletkeznek.

Maradékanyag	Átlagos évi mennyiségek (t/MW)
Vízkezelő berendezések hulladékai:	
Ioncserélő gyanta	0.003
Kiszűrt anyagok	0.033
Vas-hidroxid iszap	0.937
Ülepítő berendezés iszapja	2.056
Hulladékvíz kezelő berendezések szilárd hulladékai	
Az FDG –ből kikerülő iszap	0.371
Maradványok a vízkezelési eljárásból	0.19
Semlegesítés iszapja	0.004
Víztisztítás iszapja	0.169
Szeparátorok iszapja	0.293
Egyéb ülepített anyagok	2.338

3.2.2–9. táblázat: A hagyományos olajtüzelésű erőművekből származó maradékanyagok fajlagos éves mennyiségei

A folyékony tüzelőanyagú berendezések (kazánok, gázturbinák, motorok) hulladék vizeinek kezelésére a hagyományos vízkezelési technikákat alkalmazzák.

Az olajtüzelésű berendezések vízkezelésének nincsenek speciális követelményei. A kazánok leiszapolásából, a tartályokból, illetve a víz/gőz körfolyamat elfolyásaiból kikerülő víz pótlására ionmentesített sótalanvíz szükséges. A víz minőségének meg kell felelnie a kazángyártók által támasztott követelményeknek.

A gázturbinához és a hőhasznosító kazánhoz (HRSG) a **sótalanított víz** a következők miatt szükséges:

- **Pótvíz** a hőhasznosító kazánhoz, a tartályokból elfolyó lefúvató víz pótlására. Ha gőz vagy víz befecskendezést alkalmaznak, a vízveszteséget kompenzálni kell pótvíz hozzáadásával. A minőségnek meg kell felelnie a gyártók által támasztott követelményeknek, ezért szükséges a víz kezelése.
- **Víz/gőz befecskendezés az NO_x kibocsátás csökkentésére**. A befecskendezett vízmennyiség a teljes tüzelőanyag felhasználás 50-120%-át érheti el.
- A gázturbina **kompresszor**ának **mosás**ára is sótalanított vizet használnak. Üzemelő gázturbina mosásához („online") általában sótalanított vizet adagolnak egy különálló mosóegységbe, de előfordul, hogy a víz/gőz körfolyamatból való kondenzátumot használnak. Az „offline" mosásnál a sótalanított vízhez mosószert adagolnak a mosóhatás fokozására.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gázturbina és a hőhasznosító kazánhoz üzemeltetésekor a következő **hulladék vizek** keletkeznek:

- **Leiszapolás** a kazán cirkulációs rendszeréből. A kazán tápvízhez adalékokat adnak (ammónia, nátrium hidroxid és/vagy foszfátok) a kazán korróziójának csökkentése érdekében. A kazán vízminőségének megtartására érdekében a lúgokban besűrűsödött vizet folyamatosan, vagy szakaszosan leürítik. A gyakorlatban ezt a leiszapolt vizet lehűtik és a csatornarendszerbe, vagy – ha nem felel meg a környezetvédelmi követelményeknek – egy vízkezelő üzembe vezetik.
- A **gázturbina mosásából** keletkező hulladékvizet eltávolítják és attól függően, hogy milyen mosóanyagokat használtak a mosásnál és hogy milyen anyagokat távolítottak el a kompresszorból, vagy a meglévő vízkezelő üzembe juttatják tisztítás céljából, vagy mint veszélyes hulladékot elszállítják ártalmatlanítóra.
- **Egyéb hulladékvíz** az üzemből, mint pl. öblítővíz, leürítések vize. Ezt általában kiengedik a kommunális csatornarendszerbe.

A belsőégésű motoros egységek saját vízvesztesége minimális. A hűtőkörök a felhasznált tüzelőanyag energiájának közel 20-30%-át tárolják. A hűtőkörben tárolt hőmennyiséget el kell távolítani, ha nem lehet más kapcsolt folyamatban hasznosítani. Egy 130 MW_e olajtüzelésű dízelerőmű nedves hűtőtornyai kb. 220 m^3/h pótvizet használnak fel. Hasonló teljesítményű kéntelenítés nélküli szén/olajtüzelésű gőzturbinás erőmű hűtőtornyai már kb. 500 m^3/h pótvizet igényelnek. A motoros erőművek bevált léghűtéses rendszereit összehasonlítva az előző példával, a szükséges pótvíz lényegesen kevesebb, (elsősorban az olajkezeléshez és a szeparátorokhoz), a motor-hűtőkörhöz és a mosatáshoz általában csak 5 m^3/h mennyiséget használ fel.

Az alacsonyabb vízszükséglet eredménye a kevesebb hulladékvíz, ennek hatására kevesebb hőszennyezés kerül ki a környező vízrendszerbe. Egy másik eredmény a különféle víztisztító vegyszerek kisebb mértékű használata és ennek következtében a környezet csökkentett veszélyeztetése. A hulladékvíz kezelésénél itt is a hagyományos technikákat alkalmazzák.

Az olaj kezelése egy teljes tüzelőanyag kondicionáló rendszert foglal magába, beleértve a centrifugális elválasztó egységeket és modulokat, a szűrőket, a kombinált tisztító berendezéseket. A rendszerbe további szétválasztással és kicsapatással működő olaj-visszanyerő és iszap-kezelő egységek építhetők be, így a visszanyert olaj vagy tüzelésre alkalmas anyag külön kazánban elégethető.

A lerakodott iszapot a levegő előmelegítők mosási hulladékából, a kazán füstgáz oldaláról és a többi berendezésekből is összegyűjtik. Az összes iszapot víztelenítik, sűrítik, kiszárítják és elégetik, vagy elszállíttatják. Az iszap víztelenítéséből származó vizet, ami olajjal, vagy tüzelőanyagot tartalmazó olajjal szennyezett, megfelelő módszerrel összegyűjtik és külön elszállítják ártalmatlanításra.

3.2.3 KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁI

Nehéz tüzelőolaj (HFO) használatakor a levegőszennyezést okozó SO_x és NO_x kibocsátások a tüzelőanyagban lévő kénből és bizonyos mértékig a nitrogénből származnak. A szilárd részecskék főleg a hamu tartalomból erednek, kisebb részben pedig a tüzelőanyag nehezebb frakcióiból. A kormozódás megjelenése veszteséget is jelent az üzemeltetésben, részben az elégetlen tüzelőanyag miatt, részben a berendezésekben keletkezett lerakódások és azok eltávolítása miatt.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(1) OLAJTÜZELÉSŰ KAZÁNOK LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

❖ **A szilárd anyag kibocsátás csökkentése**

A nehéz olajak elégetéséből keletkező szilárd anyag kibocsátás két fő csoportra osztható:

A tüzelőanyag szerves anyag tartalmából és annak tökéletlen égéséből származó anyagok

- elégetlen szénhidrogének (füst),
- szilárd részecskék, amelyek a gázfázis égése, vagy a pirolízis során keletkeznek (korom),
- a hő hatására széteső (kenoforézis) folyékony tüzelőanyag maradványok, illetve a hamu széntartalma (koksz).

Hamu a tüzelőanyag szervetlen tartalmából

Szilárd anyag keletkezhet a szénhidrogének elégetlen maradékából, ami finom köd formájában csapódik ki. Napsütés esetén ezek a részecskék reakcióba lépnek a légkör NO_x tartalmával és fotokémiai szmogot képeznek.

A korom az elgőzölgött szerves anyagok gáz-fázisú reakciói során képződik, amely magában foglalja a tüzelőanyag pirolízisét, polimerizációs reakciókat, hősugárzást, a részecske növekedését és kiégését. A lángcsóvában elégő tüzelőanyag cseppek magas hőmérsékletnek vannak kitéve, ami tüzelőanyag elpárolgáshoz és a nagymolekuláris szerkezetek hősokkjához (kenoforézis) vezet, amely így az elemek magasabb C/H arányát eredményezi, mint a hideg tüzelőanyag esetében. Dús tüzelőanyag-keverékben legvalószínűbb a korom keletkezése, amely esetleg megfelelő körülmények között (pl. amikor másodlagos levegőt juttatnak be az égésterébe) teljesen elég a magas hőmérsékletű oxidációs zónában.

Koksz részecskék a folyékony fázisú folyamatokban képződnek, és az összes nem-kormozott szenet és a hamuanyag egy részét is tartalmazzák. Az ilyen részecskék majdnem gömbölyűek és porózusak, méretük 1 és 100 μm között van.

A hamu szennyeződés és a korrózió a fő probléma a nehéz tüzelőolajok égetése során. A legártalmasabb elemek a vanádium és a nátrium, amelyek vanádium-pentoxidot (V_2O_5)-öt és nátrium-szulfátot (Na_2SO_4) hoznak létre. A hamulerakódások veszélyeztetik a hőátadást a fém felületeken, és a tüzelési szerelvények korrózióját okozzák, emellett csökkentik a berendezés élettartamát. Az irodalomban megadott értékek azt mutatják, hogy egy alig 0,32 cm vékony lerakódás 10%-os csökkenést okozhat a gázturbina teljesítményben.

A szilárd anyagok korróziót, eróziót és kopást okoznak, ami csökkenti a berendezések élettartamát. Az izzó szén részecskék megnövelhetik a tűztér sugárzásos hőteljesítményét, ami a tűztér anyagainak sérülését okozza. Ezen túlmenően, gazdasági veszteség is keletkezik az elégetlen anyag levegőbe való kikerülésével, ami egyben a tüzelőanyag felhasználás hatékonyságát csökkenti.

A fent említett hatások miatt az égési feltételek fontosak a részecske és hamu keletkezésének csökkentése érdekében. A viszkózus tüzelőanyagot porlasztás előtt előmelegíteni kell. Az adalékokkal kezelt tüzelőanyag égéstermékei ártalmatlan szilárd részecskéket képeznek, amelyek sérülés okozása nélkül áthaladnak a tüzelőberendezésen.. Az adalékok jelentősen csökkenthetik az elégetlen szén mennyiségét is (közel 5 %-ra a hamuban). A magas széntartalmú hamu fekete, míg az alacsony széntartalmú hamu sárga vagy szürke. A tüzelőanyag leghatékonyabb hasznosítása érdekében a lehetséges legkevesebb el nem égetett széntartalom elérése a cél.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A régebbi olajtüzelésű kazánokban mechanikai porlasztással ellátott égőket szereltek be. A tökéletesített gőzporlasztású égők a HFO hatékonyabb elégetését és így alacsonyabb szilárd részecske kibocsátást eredményeznek. A füstgázban (szűrés előtt) a pernyekoncentráció értékét 100 mg/Nm^3 alá lehet csökkenteni, bár ez nagyban függ a HFO hamu tartalmától. A pernyemennyiségét tovább lehet csökkenteni másodlagos porleválasztó berendezés alkalmazásával, mint az elektrosztatikus porleválasztó. A részecskéket általában száraz formában gyűjtik össze, amit utána ellenőrzötten letárolnak. A tüzelőolaj égetéséből keletkező hamunak nagy mennyiségű szén tartalma lehet, azt még el lehet égetni. A folyékony tüzelőanyagból – jó tüzelési feltételei mellett – alacsony széntartalmú (20%-nál alacsonyabb) hamu keletkezik, ami ellenőrzött körülmények között deponálható. A tüzelőolajat felhasználó berendezésekből kikerülő hamu veszélyes hulladék.

❖ Az SO_2 kibocsátás csökkentése

Rendszerint kén is található a szénhidrogén tüzelőanyagokban, normális esetben maximum 3%, és főleg szerves formában, bár szervetlen összetételben is létezik. A nehéz tüzelőolajok általában magasabb S értékeket tartalmaznak, mint más ásványolaj termékek, mivel a finomítási eljárás során az üledékben hajlamos koncentrálódni.

Az égésre jellemző magas hőmérsékleten és oxigén koncentráció esetén, a kén keveredik a szénnel, a hidrogénnel és az oxigénnel, SO_2-t, SO_3-t, SO-t, CS-t, COS-t, H_2S-t, S-t és S_2-t képezve. Ilyen körülmények között majdnem az összes kén oxidált állapotban van, de az SO_2 a meghatározó alkotórész. Az égés során ezek az alkotók teljes egyensúlyi koncentrációkban vannak jelen, de mivel a gázok lehűlhetnek, az arányok változhatnak és az alkotórészek lecsapódhatnak mielőtt elérik a szobahőmérsékletet.

A megfelelő légfelesleggel üzemelő kazánoknál az SO_2 és egy nagyon kis mennyiségű SO_3 van jelen. Az SO_3-nak a lehető legkevesebbnek kell lennie, hogy csökkenteni lehessen a H_2SO_4 keletkezését. A kénsav a felelős a korrózióért a kazán leghidegebb részeiben.

Az alacsony kéntartalmú olajra való áttérés olyan technikai megoldás lehet, amely jelentősen hozzájárulhat az SO_2 kibocsátás csökkentéséhez. Az olajban lévő kéntartalom 0,5%-kal való csökkentése 800 mg/Nm^3 értékkel csökkenti a kibocsátási értéket, a távozó füstgáz 3% oxigén tartalma esetén.

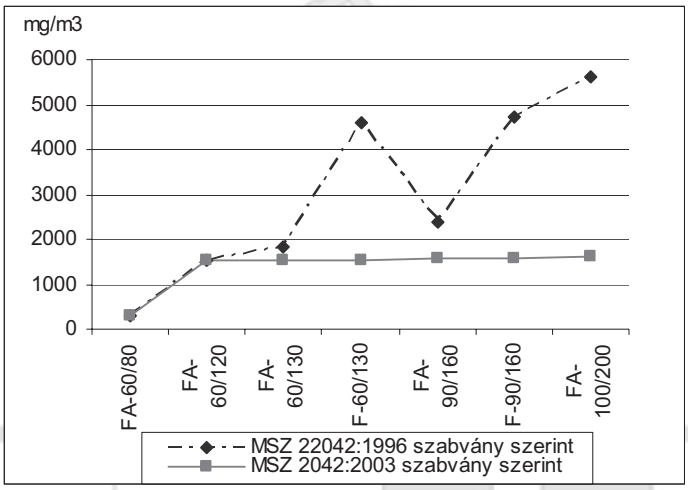
Alkalmazási példa: A 10/2003. (VII. 11.) KvVM rendelet előírása szerint alkalmazott 1% alatti kéntartalmú olajok használatából következő SO_2 kibocsátás csökkenés

A címben említett rendelet 6.§ (7). bekezdése értelmében a felhasznált tüzelőanyag kéntartalma nem haladhatja meg az 1,0 tömegszázalékot.

Termék		MSZ 2042:1996 (régi)	MSZ 2042:2003 (új)
Neve	Jele	Kéntartalma legfeljebb % (m/m)	Kéntartalma legfeljebb % (m/m)
Extra könnyű fűtőolaj	FA-60/80	0,2	0,2
Könnyű fűtőolaj	FA-60/120	1,0	1,0
Közép fűtőolaj kis kéntartalmú	FA-60/130	1,2	1,0
Közép fűtőolaj	F-60/130	3,0	1,0
Közép nehéz fűtőolaj, kis kéntartalmú	FA-90/160	1,5	1,0
Közép nehéz fűtőolaj	F-90/160	3,0	1,0
Nehéz fűtőolaj	F-100/200	3,5	1,0

3.2.3–1. táblázat: Magyarországon forgalomba kerülő olajok kéntartalma

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.2.3-1. ábra: Az SO_2 kibocsátás értékek eltérő kéntartalmú olajok esetén

Környezeti hatás: A grafikon jól szemlélteti, hogy a tüzelőanyagok alacsonyabb kéntartalma jelentős mértékű SO_2 kibocsátás csökkenést eredményezett. Az MSZ 2042:2003 szabványban szereplő olajok alkalmazásával bármilyen egyéb műszaki beavatkozás nélkül teljesíteni lehet a kén-dioxid kibocsátásra vonatkozó határértékeket.

Közvetett hatás: Az új szabványnak megfelelő olajok alkalmazásával a tüzelőberendezések nehézfém kibocsátása is jelentősen csökkent.

Gazdasági hatás: Az új szabvány bevezetésével már csak kis kéntartalmú olajokat forgalmaznak, az erre való átállás kb. 10%-al jelent nagyobb kiadást évente, mint a 3%-os kéntartalmú olajok használata.

A vegyes tüzelés, vagyis a folyadék és a gáznemű, vagy folyékony tüzelőanyag és a biomassza egyidejű elégetése szintén egy olyan megoldás lehet, amely jelentősen hozzájárulhat az SO_2 kibocsátás csökkentéséhez, emellett nagyon fontos hatással lehet a helyi levegőszennyezésre. A vegyes tüzelés történhet ugyanabban, vagy különböző égőkben, amelyek azonos tűztérben kerültek beépítésre.

A folyékony tüzelőanyagú kazánokból kikerülő SO_2 csökkentésére, különösen a HFO-t felhasználók esetében, néhány erőmű nedves gáztisztító berendezést alkalmaz. A nedves gáztisztítás végterméke gipsz, a legjobb kivitelezhető megoldás a kéntelenítésre. Mindazonáltal, gazdasági és működési megkötések miatt, valószínűleg nem alkalmazható kis és közepes méretű kazánoknál. A kisebb teljesítményű kazánok esetében a füstgáz kéntelenítését meszes, vagy száraz-mészköves, meszes-félszáraz eljárással, aktívszén eljárással, vagy nátrium-karbonátos eljárással célszerű elvégezni.

A száraz kéntelenítés javítható a füstgáz visszakeverésével, mert megnöveli a tartózkodási időt a szorbens és a füstgázok között adott hőmérsékleten. A fenti eljárások közötti választás függ a kéntelenítés elvárt eredményességétől és a helyi lehetőségektől (a melléktermékek hasznosításától, illetve a maradékok tárolásától).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ NO_x kibocsátás csökkentése

A hagyományos tüzelőanyagok esetében az NO_x keletkezés mértéke nagymértékben függ a gáz hőmérsékletétől és a tüzelőanyagban lévő nitrogén mennyiségétől. Mindkettő alapvetően meghatározza az NO_x képződést. A termikus NO_x keletkezését az égés csúcshőmérsékletének csökkentésével lehet szabályozni (pl. határolt égéstér terhelés). A kazán mérete szintén befolyásolja a füstgázok NO_x koncentrációját.

Az olaj-tüzelésű kazánok esetében a füstgáz szokásos O_2 tartalma 2-4% tartományban van. Az kis légfeleslegű tüzelés 1-2% O_2-vel jellemezhető, gyakran használják alacsony NO_x kibocsátású égőkkel (LNB), vagy felső levegő bevezetésű tüzeléssel (OFA) kombinálva.

A füstgáz recirkulációt LNB-vel és/vagy OFA-val kombinálva 60-75%-os csökkenés érhető el az eredeti NO_x kibocsátás alapszintjéhez képest.

Az olajtüzelésű kazánokban leggyakrabban az égők szabályozott kikapcsolását (BOOS) és OFA-t alkalmazzák. Korszerű OFA konstrukcióval (optimalizált porlasztófúvóka, leválasztott és örvénylő levegő fluxus) 60% mértékű NO_x kibocsátás csökkenés is elérhető.

A füstgáz recirkulációt olajtüzelésű kazánoknál is használják, összekapcsolva a különféle típusú LNB-vel. Legfontosabb egy hatékony olaj LNB, hogy a jó olajporlasztást párosítva az égő aerodinamikájával, ne növekedjen a hamu széntartalma. A megfelelő olajporlasztással ellátott modern LNB konstrukciókkal 50%-os NO_x kibocsátás csökkenés is elérhető. Az LNB égőkkel felszerelt olajtüzelésű erőműveknél általában 370-400 mg/Nm^3 (3% O_2 esetén) az NO_x koncentráció.

A póttüzelés, vagy rátüzelés jó megoldás lehet az új erőműveknél, de alkalmazzák a már meglévő egységekben is. Az olajtüzelésű kazánokban a póttüzelést általában gázzal, ritkábban olajjal végzik. Az elmúlt években sok meglévő olajtüzelésű kazánt szereltek fel gáz/olaj póttüzeléssel 35-től 660 MW_e-ig. Fontos megjegyezni, hogy ezek a blokkok mind fel lettek szerelve legalább OFA-val és füstgáz recirkulációval, valamint néhányan közülük alacsony NO_x égőkkel is.

A póttüzelés 10-20%-a a teljes tüzelőanyag felhasználásnak. A megfelelő kialakítással elérhető NO_x csökkenés 50-80% tüzelőolaj, és 65-80% a földgáz póttüzelése esetén.

Másodlagos eljárásokat – mint SNCR és SCR rendszerek –, alkalmaznak számos olajtüzelésű erőműben. Az SCR technológia sikeresnek bizonyult a folyékony tüzelőanyagú erőművekben, Európában ezeket a rendszereket használják.

Az SNCR eljárásokat bármilyen méretű olajtüzelésű kazánnál lehet alkalmazni. Az SNCR eljárásokban felhasználhatnak NH_3-t, gáznemű NH_3-t, folyékony és szilárd karbamidot, mint redukáló hatóanyagot. Ezeket bejuttatják a kazán tűzterébe azokra a területekre, ahol a hőmérséklet 900 °C körül van. Az SNCR alkalmazásánál jól kell ismerni a hőmérséklet eloszlást a tűztér minden szintjén, egyúttal a bejuttatott redukáló mennyiségét is jól kell tudni szabályozni. A megfelelő adagolás a füstgázzal távozó NH_3, és/vagy az NO_x mérésével érhető el. Az NO_x kibocsátás csökkenés elérheti a 60%-ot az optimálisnál 10 ppm-nél kisebb eltérésű NH_3 adagolása mellett.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) IPARI KAZÁNOK LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Az ipari kazánok széles tüzelőanyag lehetőségét figyelembe a kibocsátások csökkentésére a következő stratégiák használatosak:

❖ **Égés módosítása (elsődleges eljárások)**

Számos módszer létezik amit az égési folyamat módosítására használnak. Népszerű módszer az LNB konstrukció. Ahogy más erőművekben, az előkeveréses LNB-t, mint az NO_x kibocsátások keletkezésének csökkentésére használják. Más eljárások kis légfelesleggel üzemelnek és füstgáz recirkulációt, illetve víz/gőzbefecskendezést használnak, valamint újraégetést (pl. metán újraégetés). Az NO_x kibocsátást például a kemencébe történő levegő beszivárgás minimalizálásával is lehet csökkenteni. A légbetörés hatással van a légfeleslegre és az NO_x kibocsátásra. A többlet levegő csökkentésének haszna a termikus hatásfok növekedése, mivel a szükségtelen légmennyiség elnyeli a hőt, ami teljes hőtartalmát felhasználása nélkül távozik a kéményen.

❖ **Az olaj és a gáz együttes égetés**

Az olaj és a gáz együttes égetése az ipari kemencékben többféle okokból célszerű:

- csökken az SO_2 kibocsátás,
- a lángkép változtatásával javítható a csövek felé történő hőátadás,
- hasznosítható a technológiai folyamatban keletkezett gáz.

❖ **Utó-kezelések (másodlagos eljárások)**

A legegyszerűbb másodlagos eljárások a szelektív katalitikus redukció (SCR) és a szelektív nemkatalitikus redukció (SNCR), valamint a pernyeeltávolítás (elektrosztatikus porleválasztó). A HFO tüzelésekor nedves és száraz FDG-t használnak az SO_2 kibocsátás csökkentésére. A másodlagos eljárások egyik előnye, hogy több tüzelőberendezés füstgázát lehet együtt kezelni.

(3) DÍZEL/GÁZMOTOROK LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

A fő szennyező anyagok, amelyek a nehézolajat tüzelő tipikus dízelmotor égésteréből kikerülnek, (nitrogén oxidokat (NO_x), szilárdrészecskéket (PM) és kén-oxidokat (SO_x) tartalmaznak. A magas hőmérsékletű égés jó hatásfokának köszönhetően a szénmonoxid és az el nem égetett szénhidrogének kibocsátása alacsony.

❖ **A szilárd anyag kibocsátás csökkentése**

A nehézolaj tüzelésekor a keletkező szilárd anyag főleg a tüzelőolaj hamu tartalmából áll, kisebb mértékben koromból, szénhidrogénekből és szulfátokból. A könnyűolaj felhasználásakor a szilárd anyag főleg koromból és szénhidrogénből áll. A nagyobb dízel motorokhoz alkalmas másodlagos tisztító berendezések jelenleg fejlesztés alatt állnak.

A füstgázok különböző hőmérséklete és oxigén tartalma miatt a szilárdrészecskék elektromos tulajdonságai (pl. fajlagos ellenállás stb.) különbözőek a kazán füstgázok részecskéivel összehasonlítva, ezért szükséges az elektrosztatikus porleválasztó megfelelő tesztelése a kereskedelmi forgalomba hozatal előtt. Az erősen viszkózus és magas kéntartalmú olajokat fűtési célú motorokban égetik el. Az ezeknél használt füstgáz kéntelenítő nedves tisztítóval kombinálva, vagy a nedves elektrosztatikus porleválasztó technika is alkalmazható a szilárd részecskék eltávolítására.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szövetszűrő felszínén védőrétegre van szükség, hogy a részecskék megfelelően magas leválasztási aránya elérhető legyen. Az olaj égetésekor ez a réteg fokozatosan elvékonyodik és a leválasztás idővel nem elég hatékony.

❖ **Az SO_2 kibocsátások csökkentése**

A kén oxid kibocsátás arányos a tüzelőanyag kéntartalmával. Az SO_2 kibocsátás csökkentésére az elsődleges módszer olyan tüzelőanyagot használni, amelynek alacsonyabb a kéntartalma.

Jelenleg kevés füstgáz kéntelenítő (DESOX) berendezés üzemel, legtöbbjük kis, vagy közepes méretű egységben. A távozó füstgáz összetétele változhat, aminek hatása lehet a DESOX-ban folyó reakciókra. A DESOX berendezés beruházási költsége változhat attól függően, hogy melyik eljárást választják. A működési költség főleg a reagens típusától és mennyiségétől, a víz és villamosenergia önfogyasztástól, a fenntartás és a végtermék deponálásának költségeitől függ. A DESOX módszert megfelelően kell üzemeltetni, hogy optimálisan működjön. Terjedelmessége miatt nagyobb telepítési helyre van szükség, magas fajlagos füstgáz mennyiségnek következtében (a légfelesleg 2,7 körüli) a DESOX mérete relatíve nagyra adódik.

A DESOX referenciák legtöbbjét a dízelmotoros erőművekben a nedves gáztisztítók jelentik, amelyek NaOH (kb. 50%) vizes oldatát használják reagensként. A füstgázt átmossák a reagens vizes oldattal és az SO_2-t eltávolítják. A rendszer főrészei a reagens tárolótartály és szállító rendszer, a gáztisztító a recirkulációs szivattyúkkal és az oxidációs tartály.

Az NaOH vizes oldatot, mint reagenst használó nedves gáztisztító néhány előnye:

- egyszerűség,
- megbízhatóság (nincs eltömődési veszély),
- jó hatásfokú SO_2 eltávolítás,
- alacsonyabb beruházási költségek, más DESOX módszerrel összehasonlítva (a végtermék kezelési költségei nincsenek beszámítva, és újramelegítés sincs figyelembe véve (ez az alkalmazandó környezetvédelmi előírásoktól függ).

Néhány a hátrányok közül:

- költséges reagens,
- mérsékelt a füstgáz szilárd tartalmának csökkentése,
- alacsony kipufogó gázhőmérséklet (kicsi járulékos kéménymagasság),
- nagy vízigény,
- jelentős a hulladékvíz mennyiség.

Nagyobb dízel erőművekben másféle DESOX eljárások gyakran versenyképesebbek, mint az NaOH-DESOX (több motoregység kapcsolható ugyanahhoz a DESOX egységhez, ezért a relatív beruházási költségek csökkennek, az olcsóbb reagens alacsonyabb működési költséget jelent). Minden DESOX eljárásnak nagy mennyiségű pótvízre van szüksége, és jelentős mennyiségű melléktermékет produkál, amit kezelni kell környezetvédelmi szempontból megbízható módon. A melléktermékek deponálásának módja függ a helyi és nemzeti előírásoktól és a rendelkezésre álló infrastruktúrától.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Az NO_x kibocsátások csökkentése

Napjaink termék fejlesztésének fókuszában a költség-hatékony és technikailag megfelelő elsődleges megelőző technikák és a másodlagos kipufogógáz-tisztító technológiák állnak. A másodlagos módszerek alkalmazása a levegőbe történő kibocsátások csökkentése úgy, hogy a kipufogógázból próbálják eltávolítani azokat, gyakran nagy költséggel. Az elmúlt évtizedben a nagy motorok NO_x kibocsátását jelentős mértékben csökkentették a elsődleges intézkedésekkel, a motorokon végzett kiterjedt fejlesztőmunka eredményeképpen, fenntartva annak magas hatásfokát. Néhány intézkedés az alábbiakat tartalmazza:

- elsődleges eljárások: motor-fejlesztések, tüzelőanyag befecskendezés késleltetése, vízadagolás közvetlenül az égéstérbe, vagy bekeverve a tüzelőanyagba, az égési levegő nedvesítése,
- a kettős tüzelőanyagú motornál (gáz üzemmódban) nagy légfelesleggel üzemelnek, ennek következményeképpen az NO_x kibocsátás alacsonyan tartható,
- dízelmotorokhoz alkalmazható másodlagos módszer, pl. SCR.

A fent említett pontnak megfelelően, az NO_x kibocsátás csökkentésére tett technikai intézkedések szétválaszthatók elsődleges intézkedésekre és a kipufogógáz kezelésre.

Alacsony NO_x kibocsátású tüzelés: A koncepció egyik eleme a tüzelőanyag befecskendezés késleltetése. Ebben az eljárásban, az égési csúcshőmérséklet csökkenthető. Kezdetben ennek az eljárásnak a hátránya volt a megnövekedett fajlagos tüzelőanyag fogyasztás, ezért a motor kompresszió viszonyát megnövelték, ami alacsonyabb NO_x kibocsátást eredményezett a tüzelőanyag fogyasztás számottevő növekedése nélkül.

Miller-elv: A magasabb kompresszióval kombinált késleltetett tüzelőanyag befecskendezés megköveteli a befecskendezési viszonyok finomítását, ezzel együtt az égéstér alakjának költséges módosítását is. Egy modern tüzelőanyag-befecskendezésű berendezés következés-képpen kulcs eleme ennek a technikának. A folyamatos technológiai fejlesztés lehetővé tette a dízel-körfolyamat további optimalizálását. A Miller-elv alapján sor került néhány részegység további fejlesztésére, mint a turbófeltöltő, tüzelőanyag befecskendező szivattyúk, fúvókák és a vezérműtengely.

Napjaink jó hatásfokú motorjaiban az alacsony NO_x kibocsátású tüzelést a Miller-elv eredményeivel kombinálva az NO_x kibocsátás kb. 40%-al lecsökkent a 90-es évek motorainak kibocsátásához képest.

A befecskendezés késleltetése egyszerű módja az NO_x kibocsátások csökkentésének. Csökkenti az égési hőmérséklet csúcsát és az égési folyamat progresszíven elmozdul a mechanikai energia kinyerése felé. Egy mai hagyományos és egy új modern motor kibocsátása között ezzel az eljárással az NO_x kibocsátás eltérése kb. 10%-os.

Motorfordulatszám: Az NO_x kibocsátás függ a motor fordulatszámától. A tüzelőanyag hatékony, de nagy űrtartalmú és alacsony fordulatszámú motorok NO_x kibocsátása magasabb, mint a gyorsabban futó kisebb motoroké. Ha a motor fordulatszáma alacsonyabb, az NO_x koncentrációk magasabbak az égéstérben, mert hosszabb idő marad az NO_x keletkezésére.

Kipufogógáz recirkuláció alkalmazása: a kipufogógáz recirkuláció (EGR) szintén egy lehetséges eljárás az NO_x kibocsátások csökkentésére nagy űrtartalmú motoroknál, de ez megköveteli a kipufogó gáz hűtésével és tisztításával kapcsolatos problémák megoldását, mielőtt az visszaáramolna a motorba. A visszakeverésre kerülő gázok főleg szén-dioxidból, nitrogénből és vízgőzből állnak, ami segít csökkenteni az égési láng hőmérsékletét. A kipufogógáz tisztítása egy savas, szennyezett olajos iszapot eredményez, aminek ártalmatlanítását el kell végezni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Bármilyen kis mennyiségű kénsav visszamaradása a tisztított gázban megtámadhatja a motor fémrészeit. Tapasztalatok alapján egy 15%-os kipufogógáz visszakeverésnél akár 50%-os NO_x csökkenés is bekövetkezhet. Mindazonáltal, a fent említett problémákat számításba kell venni az EGR alkalmazása során.

Tüzelőanyag/víz emulzió befecskendezése: az NO_x csökkentés úgy is elérhető, ha friss vizet adnak az tüzelőanyaghoz és emulgeálják a keveréket, mielőtt beadagolják a motorba. Az tüzelőanyag/víz emulzió a meglévő befecskendező szivattyún keresztül jut be az égéstérbe. Egy programozott ellenőrző egység vezérli a keveredési folyamatot. A víz elgőzölög az égéstérben, csökkenti az égési hőmérsékletet, ami azután csökkenti az NO_x termelődést és a kipufogógáz áramban lévő részegységek hőterhelését is. Az ilyen motorok fajlagos tüzelőanyag fogyasztása általában 1%-kal nő 10%-nyi vízbefecskendezés hatására. Az NO_x kibocsátás csökkenés egyenesen arányos a víz befecskendezéssel, ezért elérhető a 20-30%-os csökkenés is.. Ez a megoldás kedvező hatással lehet a gázolajjal üzemelő motorok kipufogógázban lévő elégetlen alkotókra is, mint a CO és a szénhidrogének. Az emulzió minősége fontos, mivel a nehéz olaj felfűtésével keletkező gőzbuborékok megrongálhatják a befecskendező rendszert.

Közvetlen víz befecskendezés: Közvetlen víz befecskendezés alkalmazható, mint alternatíva az emulgált tüzelőanyagokhoz. A motor típusától függően, akár 40-60% NO_x kibocsátás csökkenés érhető el. A közvetlen víz befecskendezés csak néhány tüzelőolajjal üzemelő motor típusban használható. A tüzelőanyag fogyasztás növekedése és a szükséges víz mennyisége az NO_x kibocsátás csökkenési arányától függ. Ez a módszer a motor-tervezésnél nagyobb módosításokat követel meg. A hengerfejnél és a dugattyúnál korrózió alakulhat ki, megnövelve a karbantartási igényeket.

Nedvesített levegő befecskendezése: A nedvesített levegő befecskendezés egy hőcserélőből és egy nedvesítő cellából áll, amely lehetőség szerint helyettesíti a közbenső hűtést.

A meleg, száraz levegőben a befecskendezett víz elgőzölög, csökkentve a távozó levegő hőmérsékletét. A levegő közel telített vízgőzben: a szükséges víz mennyiségét szabályozza a távozó levegő hőmérséklet, amely elsősorban a víz hőmérsékletétől függ. Ezzel a módszerrel a motor a tüzelőanyag fogyasztás kétszeresének megfelelő vízmennyiséget is felhasználhat. A motorokban alkalmazott nedves levegő befecskendezéssel kapcsolatos tapasztalatok szerint a fenntartási költségek csökkennek, az égésterek tisztábbak és a kenőolaj fogyasztás is csökken. Az NO_x kibocsátások 70%-os csökkenése is elérhető a közepes fordulatszámú motoroknál.

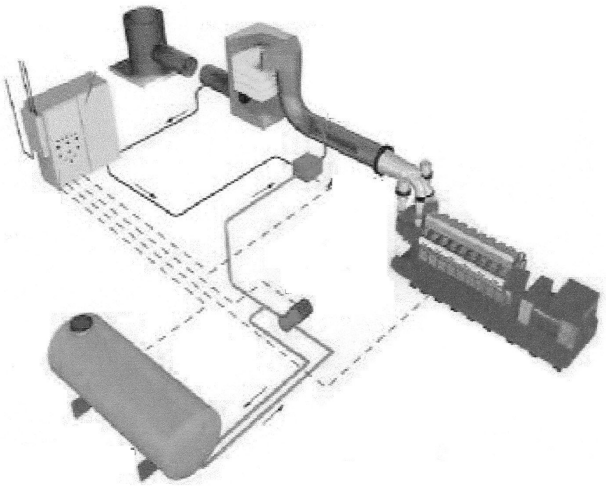
A nagyobb NO_x csökkenés az elégetlen összetevők (CO, szénhidrogének, füst stb.) magasabb kibocsátásaihoz vezet. A kísérletek kimutatták, hogy a gyakorlati alkalmazásokban az 50 %-ig terjedő NO_x kibocsátás csökkenés érhető el, hogy elfogadható kibocsátási értékek legyenek az elégetlen összetevőkre is. A nedvesítés előnyös hőmérséklet csökkenéshez is vezet, melynek mértéke a turbófeltöltő nyomástól és a vízgőz mennyiségétől függ. A motoron átáramló keverék mennyisége enyhén növekszik a vízgőz miatt, anélkül, hogy szükség lenne további sűrítő munkára. Korrózió előfordulhat a szelepeken, dugattyúkon és levegő tartályokon is, amely megnöveli a karbantartási szükségletet és költségeket. Ezért hosszabb vizsgálatokat kell elvégezni a korrózió hatásának és a lehetséges következményeinek felmérésére.

SCR: A mai napig Európában, Ázsiában és az USA-ban több száz motort szereltek fel SCR-rel az erőművekben és a CHP egységekben. Ezek különböző minőségű folyékony tüzelőanyaggal üzemelnek, a dízel, vagy tüzelőolajtól kezdve az alacsony minőségű nehéz tüzelőolajig (180 cSt, 5% S), vagy krakkolási maradékkal, sőt Orimulsionnal is (védjeggyel védett, bitumen-alapú tüzelőanyag). Egy nagyobb dízel motornak alacsonyabb elégetlen anyag kibocsátása van. Az SCR rendszer 85-90% NO_x kibocsátási csökkenésig egyszerűen szabályozható, de nagyobb csökkentési igényekhez, komplikált reagenst előkeverő és befecskendező rendszer és egy fejlettebb szabályzórendszer kialakítása szükséges.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A villamosenergia-termelésre használt nagy dízel motorok üzemeltetőinek gyakori feladata a CO, a szénhidrogén és a szilárd anyag kibocsátás csökkentése is. Gyakran a zajkibocsátást is csökkenteni kell hangtompítók használatával. Az oxigén katalizátorokat tartalmazó SCR rendszerek magukban hordozzák annak előnyét, hogy képesek mindezeket a feladatokat együtt kezelni. Így az NO_x kibocsátás csökkenése 90%-os, a CO és az elégetlen szénhidrogének csökkenése 80-90%-os. Továbbá a szilárd anyagok 30%-os és a zaj 8-10 dB(A)-es csökkenése várható névleges motor teljesítménynél.

Általában, az SCR rendszerekben használt redukáló közeg 25%-os vizes NH_3-oldat, vagy körülbelül 40%-os karbamid oldat. Néhány berendezésben tiszta ammóniát (100%) használnak (főleg az ára miatt). Az üzembe helyezés során a változó terhelésű motorok kibocsátását eltérő terhelési szinteken mérik. A mért kibocsátási értékeket betáplálják a szabályzórendszerbe, ami biztosítja, hogy a redukáló közeg megfelelő mennyiségben jut be a kipufogógázba. A katalizátor típusát és az SCR reaktor méretét úgy választják meg, hogy az a motor teljesítményét lehetőleg ne befolyásolja.



3.2.3-2. ábra: SCR eljárás sémaképe és megvalósítása dízelmotornál

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Amikor az SCR alkalmazhatóságát vizsgáljuk a dízelmotoros erőművekben, az alábbiakat kell figyelembe venni:

- ügyelni kell a kipufogógáz hőmérsékletére, hogy elkerüljük a sóképződést a katalizátoron. Biztosítani kell a legkisebb füstgáz hőmérsékletet, amely az üzemanyag kén tartalmától függ. Néhány maradék fém, amely jelen lehet az üzemanyagban, „katalizátor méreg"-ként viselkedhet, ezért a használt üzemanyag hamu tartalmát ajánlatos analizálni, mielőtt a módszert bevezetik, ha rosszabb minőségű nehéz tüzelőolajat használnak;
- a karbamid használatával minimálisra lehet csökkenteni az ammónia használatával járó szállítási és tárolási veszélyeket. Néhány helyen a megfelelő ipari infrastruktúra hiánya következtében a reagens rendelkezésre állása korlátozott.
- az SCR technológiának magas tőke- és működési költségei vannak. Technikai minden motort fel lehet szerelni saját SCR egységgel. A működési költségek a szükséges reagens mennyiségétől és a katalizátor elemek csereperiódusától függnek (cserélni kell, ha az SCR hatásfoka az előírt érték alá csökken). A használt katalizátor elhelyezéséről megfelelően intézkedni kell. A gyakorlat azt mutatta, hogy ha nehézolajat, vagy más maradvány üzemanyagot használnak, akkor korom-kifúvató rendszert kell beépíteni a tisztíthatóság érdekében.
- az SCR rendszer rendszeres karbantartásával elkerülhető az ammónia-szökés, amely hatására veszélyes sólerakódások képződhetnek a berendezések belső felületén.

(4) OLAJTÜZELÉSŰ GÁZTURBINÁK LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

❖ **Kén-dioxid (SO_2) kibocsátások csökkentése**

Az olaj és gáztüzelésnél kapcsolt energiatermelésre, vagy az alacsony kéntartalmú olajra való áttérés megoldást jelenthet a kén-dioxid kibocsátás csökkentéséhez. A gázturbinákban használt könnyű fűtőolaj kéntartalmát az EU-ban érvényes ide vonatkozó 93/12 Direktíva 0,05% alatt, hazánkban MSZ 2042:2003 szabvány 0,2% alatt határozza meg. Ez az igen alacsony kéntartalom a könnyű desztillált olajjal működő gázturbinákból kiáramló kén-dioxid kibocsátások jelentős csökkenését biztosítja.

❖ **NO_x kibocsátások csökkentése**

Az NO_x keletkezése az égési hőmérséklet csökkentésével korlátozható. Ezt az előkeveréses (pre-mix) tüzelési technikával lehet elérni, ahol a tüzelőanyag az égési levegővel több fokozaton keveredik, a túl magas égési csúcshőmérsékletek elkerülése érdekében. Ez a megoldás csak a blokk 50-100%-os terhelési tartományában működik. Alacsonyabb részterhelésen és az indítás/leállításkor másfajta tüzelési eljárást kell alkalmazni.

Az égési hőmérsékletek, következésképpen a NO_x kibocsátás csökkentésére (ahol lehetséges és gazdaságos) gőz, vagy vízbefecskendezést is használatos.

A gázturbinákban alkalmazott – az alacsonyabb égési hőmérsékleteket adó – kettős, alternatív tüzelés esetén az eltérő két nyomásfokozat miatt szükséges a külön-külön tüzelőanyag ellátás, amely a gázturbinák eltérő tervezését és kialakítását igényli.

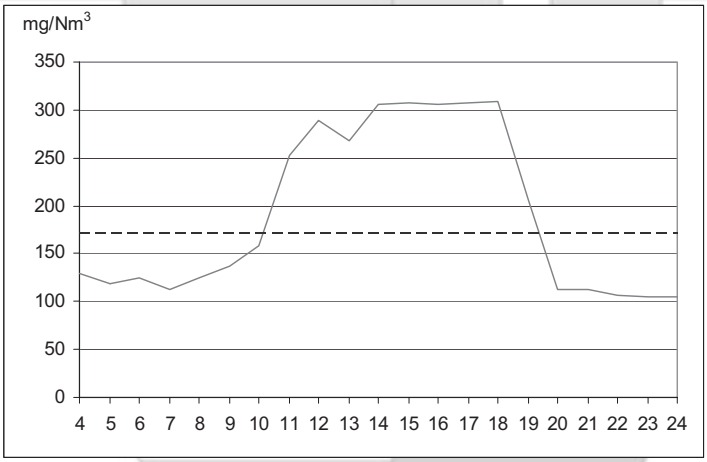
Nedves eljárások: Az égésterekbe vizet vagy gőzt juttatnak be az égési hőmérséklet csökkentése érdekében, így elkerülve a termikus NO_x keletkezését. A nyíltciklusban üzemelő gázturbinák esetében vizet használnak a befecskendezésre, míg a kombinált ciklusú, vagy kapcsolt gőztermeléssel üzemelő gázturbináknál a gőzbefúvást gyakrabban választják.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

GE Frame 9. típusú gázturbinánál alkalmazott nedves NOx csökkentő rendszer hatásfoka

A BEZRt. Kelenföldi Erőművében üzemelő gázturbina NO_x kibocsátásának csökkentését a hőhasznosító kazánban megtermelt gőz egy részének a lángtérbe való visszavezetésével biztosítják. Példában a gőzbefecskendezés kimaradása miatt (10 és 18 óra között) a gázturbina NO_x kibocsátása jelentősen megemelkedett.

Környezeti hatás: Az alábbi ábra szemlélteti, hogy a gőzbefecskendezés kimaradása milyen mértékű NO_x növekedést okozott a gázturbina füstgázában. A példa alapján elmondható, hogy az alacsony NO_x kibocsátású égők és víz/gőz befecskendezés alkalmazásával a tüzelőberendezések NO_x kibocsátása jelentős mértékben csökkenthető. (A tüzelőberendezés garantált kibocsátási határértéke 170 mg/Nm^3 NO_x)



3.2.3-3. ábra: NO_x tartalom változása gőzbefecskendezés kimaradásakor

A fenti árba mutatja, hogy gőzbefecskendezéssel körülbelül 50-60%-os NO_x csökkentést lehet elérni az eredeti garantált értékhez képest is.

Közvetett hatás: Az NO_x csökkenés hatására a CO kibocsátás mértéke növekedhet, de feltétlenül határértéken belül kell maradnia.

Gazdasági hatás: A teljesítménytől függően 25-45 t/h közötti gőzmennyiséget fecskendeznek be az égőtérbe. Ez a gőzmennyiség már nem vesz részt a gőzkörfolyamatban, de a befecskendezés hatására nő a gázturbina villamos teljesítménye. A befecskendezett vízmennyiséget sótalanított vízzel pótolni kell.

Néhány kombinált ciklusú gázturbinás erőműben már Európában alkalmazzák az SCR rendszert az NO_x kibocsátások csökkentésére. Az USA-ban az SCR általánosan használatos a gázturbináknál, beleértve a folyékony tüzelőanyaggal üzemelőket is.

3.2.4 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA – BAT – FOLYÉKONY TÜZELŐ ANYAGOK HASZNÁLATA ESETÉN

Az Európai Unió országaiban a környezeti hatásvizsgálati valamint az egységes környezethasználati engedélyezési folyamatok, eljárások nem egységesek, hanem ország-specifikusak, az EU Irányelvek által megszabott kereteken belül minden ország maga alakíthatja ki szabályozását. *Magyarországon a nagy tüzelőberendezések környezeti elemekbe történő kibocsátásaira vonatkozó határértékek jogszabályok által szabályozottak.*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK** Tanácsi Irányelv, az ún. **IPPC irányelv** alapján az EU által kiadott **BAT Referencia-dokumentumok nem tartalmaznak jogilag kötelező érvényű előírásokat, azonban a bennük foglaltakat az engedélyezés során figyelembe kell venni.** A nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó elérhető legjobb technika meghatározásának Útmutatója **technikák gyűjteménye**, **viszonyítási pont**, a lehetséges megoldások tárháza, amely részletes információként szolgál az ipar és a nyilvánosság számára *a nagy tüzelőberendezéseknél használt különböző technikák alkalmazása során elérhető kibocsátási és/vagy anyag-felhasználási szintekkel kapcsolatban.*

Az ebben a fejezetben bemutatott módszerek, technikák, a velük kapcsolatos kibocsátások/anyag-felhasználási szintek vagy tartományok a következő lépések segítségével, iterációs eljárással kerültek értékelésre:

- az ágazat kulcsfontosságú környezeti kérdéseinek azonosítása
  - (a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások, a fajlagos hőteljesítmény és az égéstermékek)
- a kulcskérdések alapján a legfontosabb módszerek, technikák, eljárások vizsgálata
- a környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paraméterek meghatározása az Európai Unióban, illetve a világon rendelkezésre álló adatok alapján.
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyekkel e környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paramétereket elérték (pl. a költségek, közvetítőközeg hatásai, az eljárások megvalósításának legfontosabb tényezői.
- az elérhető legjobb technikák (BAT), valamint az azokhoz tartozó kibocsátási és/vagy felhasználás értékek kiválasztása a fentiek alapján

Ez a fejezet azokat a technikákat mutatja be, melyek a kibocsátások csökkentésével, esetenként a kialakulásuk meggátlásával valamint a fajlagos hőteljesítmény növelésével kapcsolatban az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásánál számításba jöhetnek, a szektor egészére alkalmazhatók és sok esetben valamelyik berendezés jelenlegi teljesítményét tükrözik.

E dokumentum minden részére igaz – bár szójátéknak tűnik –, hogy a **legjobb elérhető** technika nem azonos az ***elérhető legjobb*** technikával. A *BAT technikák alkalmazásával egyes létesítmények által elért kibocsátási/anyag-felhasználási szintek* azt a környezeti teljesítményt tükrözik, amely ebben a szektorban egy új tüzelőberendezéstől elvárható a speciális technikák alkalmazásának eredményeképpen. Mindazonáltal ezek se **nem kibocsátási**, se **nem felhasználási korlátok** és nem is ilyen módon kell ezeket értelmezni. Néhány esetben műszakilag ezeknél jobb kibocsátási szint is megvalósítható, de a költségek vagy a közvetítőközeg hatásai miatt ezek nem tekinthetők BAT-nak a szektor egészére vonatkozólag, bár néhány esetben, speciális okoknál fogva, ezek a szintek is megindokolhatóak. A BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos kibocsátási szinteket mindig együtt kell vizsgálni a specifikus vonatkoztatási körülményekkel (pl. átlagos időtartamok).

A fent említett „BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos szintek" nem azonosak a dokumentumban máshol használt ***„elérhető szintek" kifejezéssel***. A technikák alkalmazásával vagy e technikák kombinációjának használatával *„elérhető, teljesíthető szint"*, egy ésszerű korszerűsítési idő eltelte után várható el egy, a szóban forgó technikát használó, megfelelően karbantartott és üzemeltetett berendezéstől. Egy-egy technika alkalmazásának tényleges költsége erősen függ a berendezés műszaki jellemzőitől és a telephely-specifikus tényezőktől, mint pl. adóktól, járulékoktól. Néhány esetben kedvezőbb felhasználási és emissziós szintek elérése is lehetséges műszakilag, de a velejáró költségek és mellékhatások miatt a szektor egészére véve nem tekinthetők BAT-nak, hiszen a **költségek** és az **előnyök közötti egyensúly** elválaszthatatlan a BAT definíciójától.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Feltételezhetően az új létesítmények elérik a tervezett szinteket vagy még jobbak is lehetnek, mint az itt bemutatott BAT szintek.. Lehetséges az is, hogy már létező berendezések is képesek a BAT vagy annál még jobb szintek elérésére is, de minden esetben figyelembe kell venni, hogy a technika műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető-e.

Szándékunk szerint az Útmutató e fejezetében leírtak referenciaként szolgálnak létező berendezések jelenlegi teljesítményének vagy új berendezések üzembehelyezésének megítéléséhez, hozzájárulnak a berendezés megfelelő "BAT-alapú" körülményeinek meghatározásához.

(1) FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGOK ÉS ADALÉKANYAGOK BESZÁLLÍTÁSA, TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

A folyékony tüzelőanyagok és az adalékanyagok (mész, mészkő, ammónia, stb.) beszállításából, tárolásából és kezeléséből adódó kibocsátások megelőzésére az elérhető legjobb technikák az alábbi táblázatban foglalhatók össze.

Anyag	Szennyező	BAT
Folyékony tüzelőanyag	Vízszennyezés	• Olyan folyékony tüzelőanyag tároló rendszer használata, amely az összes tartály térfogatának 50-70 %-át és legalább a legnagyobb tartály teljes töltetét befogadni képes kármentővel rendelkezik. A tároló rendszert úgy kell tervezni, hogy a tartályokból és a beszállító rendszerből a szivárgások kármentőbe jussanak. Gondoskodni kell a tartályszintek megfelelő kijelzéséről és a riasztó rendszerről. Tervezett beszállításokkal és automatikus szabályozó rendszerekkel a tároló tartályok túltöltése megakadályozható. • A csővezetékek biztonságos földfeletti vezetése oly módon, hogy a szivárgások gyorsan felfedezhetők és a járművektől vagy egyéb berendezésektől származó károk megelőzhetők legyenek. Földalatti vezetékeknél a nyomvonalakat dokumentálni, és jelölni kell, valamint biztonságos exkavációs rendszereket kell alkalmazni. Földalatti vezetékeknél az automatikus tér ellenőrzésű csövek és a speciális csövezés (acél, hegesztett csatlakozások, a föld alatt nincsenek elzáró elemek) jelentik a BAT-ot. • Azon csapadékvizeket, amelyek a tárolás vagy kezelés során tüzelőanyaggal szennyeződhetnek, össze kell gyűjteni, és kibocsátás előtt kezelni kell.
Mész és mészkő		• Zárt szállító szalagok, pneumatikus szállító rendszerek és silók a beszállítási és csatlakozási pontokon jól tervezett, robusztus elszívó és szűrő berendezésekkel a porkibocsátás megakadályozására.
Tiszta folyékony ammónia	Egészségügyi és biztonsági kockázat	• Tiszta folyékony ammónia kezelésére és tárolására: 100 m^3-nél nagyobb térfogatú nyomás alatti tartályoknál duplafalú kivitel és földalatti elhelyezés szükséges, 100 m^3 alatti tartályokat hőkezelési technikával kell előállítani. • Biztonsági szempontból a vizes ammónia oldat használata kevésbé kockázatos, mint a tiszta folyékony ammónia tárolása és kezelése.

3.2.4–1. táblázat: BAT a folyékony tüzelőanyagok tárolására és kezelésére

A gázturbinákban és motorokban használatos folyékony üzemanyagok előkészítésénél olyan üzem felel meg a BAT elvárásainak, ahol öntisztító centrifugát vagy elektrosztatikus berendezést használnak a dízelolaj tisztítására. Nehéz tüzelőolajnál (HFO) a tüzelőanyag előkészítő technológia magában foglalja a HFO előmelegítésére szolgáló gőzös vagy elektromos fűtő berendezést, az emulzió bontó adalékadagoló rendszert, a szilárd szennyezések eltávolítására szolgáló (centrifugás vagy elektrosztatikus) szeparátorokat valamint a vanádium-oxidok

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

olvadáspontja emelésére szolgáló additív anyagok adagoló rendszerét. Ezek részletesebben a 2.3. fejezetben szerepelnek.

(2) FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGÚ HAGYOMÁNYOS ERŐMŰI BERENDEZÉSEK

❖ **Folyékony tüzelőanyagú víz/gőzkörfolyamat hatásfoka**

Folyékony tüzelőanyagot elégető kazánokból származó üvegházhatású gázok, különösen szén-dioxid kibocsátásának csökkentésére jelenleg a legjobb rendelkezésre álló lehetőségeket a termikus hatásfok növelésére szolgáló technikák és az üzemeltetési intézkedések jelentik. Ezek a kibocsátások csökkentését és a kazán teljesítményét növelő tüzelési feltételek korszerű számítógépes szabályozási rendszereinek alkalmazásával valósíthatók meg. A szén-dioxid másodlagos megkötésére és elhelyezésére vonatkozó fejlesztések még kezdeti stádiumban vannak, ezek nem sorolhatók a legkorszerűbb rendelkezésre álló technikák közé.

A termikus hatásfok növelésére az előzőekben felsorolt intézkedésekkel (kettős túlhevítés, korszerű hőálló anyagok alkalmazása) a folyékony tüzelőanyaggal működő kondenzációs erőműveknél is hasonló hatásfokok érhetők el, mint a kőszéntüzelésű erőműveknél.

A hő és a villamosenergia kapcsolt termelése az energiaellátó rendszer energetikai hatásfok növelésének műszakilag és gazdaságilag leghatékonyabb eszköze. A kapcsolt termelés ezért a termelt energiára vonatkoztatott fajlagos szén-dioxid kibocsátás csökkenésének legfontosabb rendelkezésre álló legjobb technikai lehetősége. A kapcsolt energiatermelést új erőmű építése esetén mindig célul kell kitűzni, ha az gazdaságilag lehetséges, azaz a helyi hőigény elég magas ahhoz, hogy garantálja a költségesebb kapcsolt termelés megvalósítását az egyszerűbb különálló hő vagy villamosenergia-termelő üzemmel szemben. Mivel a hőigény évközben változik, a kapcsolt termelésű üzemeknek rugalmasnak kell lenniük a termelt hő és villany arányát illetően. Nagy hatásfokúaknak kell lenniük részterheléses üzemmód esetén is.

A BAT feltételek mellett üzemelő kapcsolt termelésű üzem energetikai (tüzelőanyag) hatásfoka 75–95%, ami 1,3–1,1 fajlagos hőfelhasználásnak felel meg a speciális üzemi alkalmazásoktól függően.

Ezek a BAT szintek nem minden üzemállapotban érhetők el.

Az energetikai hatásfok a legnagyobb a tervezés pillanatában. Az aktuális hatásfokok az üzemeltetés során csökkenhetnek a terhelés és tüzelőanyag minőség változások és egyebek következtében. A hatásfok függ az erőmű hűtési rendszerétől, földrajzi helyétől és a füstgáztisztító rendszer energia felhasználásától is.

Üzemelő erőműveknél egy sor felújítási technika alkalmazható a termikus hatásfok növelésére. A műszaki intézkedéseket a meglevő erőművek hatásfok javításánál a BAT lehetőségek részeként kell tekinteni. Ugyancsak a BAT-nak felel meg a nagyobb kazán teljesítmény elérésére létrehozott korszerű számítógépes szabályozó rendszer, amely a kibocsátások csökkentését is elősegíti.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Általában a következő intézkedéseket kell figyelembe venni a hatásfok növelésénél:

- tüzelés: az elégetlen gázok és tüzelésből származó szilárd hulladékok és maradványok elégetlen elemei miatti hő veszteség minimalizálása
- a munkaközeg gőz hőmérsékletének és nyomásának lehető legnagyobb mértékű növelése
- a lehető legnagyobb nyomáscsökkenés a gőzturbina alacsony nyomású végénél a lehető legalacsonyabb hűtővíz hőmérséklet révén (friss vizes hűtés)
- a füstgáz miatti hő veszteség minimalizálása (hő hasznosítás távfűtésre)
- a belső energia felhasználás csökkentése megfelelő intézkedésekkel (pl. az evaporátor hatásfokának növelése, nagyobb hatásfokú tápszivattyú)
- a kazán tápvíz gőzzel való előmelegítése
- a turbinák lapát geometriájának javítása.

❖ **Por és nehézfém kibocsátások**

A 3.2.4–2. táblázat a BAT követelményeket és kibocsátási szinteket foglalja össze. A BAT kibocsátási koncentrációi napi átlagra, normál állapotra, 3% O_2 tartalomra és tipikus terhelési viszonyokra vonatkoznak. Csúcsüzemre, indulási és leállási periódusokra, valamint a füstgáztisztító rendszer üzemzavari állapotaira, magasabb rövid idejű csúcsértékeket lehet figyelembe venni.

Kapacitás (MW_{th})	Szilárd anyag kibocsátás (mg/Nm^3)		BAT ezen kibocsátások eléréséhez	Monitoring	Alkalmazhatóság
	Új üzemek	Meglévő üzemek			
50–100	5–20(1)	5–30(2)	ESP/FF	Folyamatos(1,2)	Új és meglevő üzemek
100–300	5–20(3)	5–30(4)	ESP/FF nedves kéntelenítővel kombinálva (üzemmérettől függően)	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
>300	5–20(5)	5–30(6)	ESP/FF nedves kéntelenítővel kombinálva	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
Megjegyzések: ESP/FF					
	Az ipar és egy tagállam kijelentette, hogy ezen kibocsátási koncentrációkat nedves kéntelenítő nélküli ESP-kre kellene megadni. A javasolt értékek:				
1,2	10-50 mg/Nm^3 elektrosztatikus porleválasztóra, szakaszos monitoring				
3,5	a felső érték 30 mg/Nm^3 elektrosztatikus porleválasztóra				
4,6	a felső érték 50 mg/Nm^3 elektrosztatikus porleválasztóra				
1-6	kapacitásától függetlenül 50–100 mg/Nm^3 a gőz atomizcióval, vagy additív anyagok alkalmazásával működő égőkre				
4,6	Egy tagállam azt javasolta, hogy a BAT tartomány 100 MW_{th}-nál kapacitású erőművekre 10–50 mg/Nm^3 legyen, mivel ez felel meg a tagállam kibocsátási korlátainak.				
2	Egy ipari képviselő megemlítette, hogy 50 mg/Nm^3 körüli szilárd anyag kibocsátásokat érnek el. Ennek 50 mg/Nm^3-re való csökkentése szövet szűrővel vagy elektrosztatikus porleválasztókkal évente mintegy 20 tonna porkibocsátásának elkerülésével nem reprezentálhatja a BAT-ot				

3.2.4–2. táblázat: BAT a szilárd anyag kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Új és meglévő folyékony tüzelőanyagot alkalmazó erőművek füstgázainak pormentesítésénél BAT-nak számít az elektrosztatikus porleválasztó vagy a szövetszűrő (FF) használata. Ciklonok vagy mechanikus kollektorok használata önmagában nem felel meg a BAT-nak, de ezek a füstgázjáratban előtisztító fokozatként felhasználhatók.

A szilárd tüzelőanyagok, különösen a nehéz fűtőolaj, nehézfémeket, főleg vanádiumot és nikkelt tartalmaznak. A nehézfémek többsége a tüzelési folyamat során elpárolog és később a szilárd anyagok (pl. pernye) felületén kondenzálódik. A HFO tüzeléséből származó füstgázok pormentesítésére az elektrosztatikus porleválasztó használata a leginkább használatos technológia. Szövet szűrőket is használnak, bár a fokozott tűzveszély miatt kevésbé elterjedten. A tűzveszély füstgáz kéntelenítővel kombinálva csökkenthető. Ennek megfelelően a por és nehézfém kibocsátás csökkentése tekintetében a BAT nagyhatásfokú elektrosztatikus porleválasztók használata (a csökkentés mértéke >99,5%), vagy a fentiek figyelembevételével szövet szűrők alkalmazása (a csökkentés mértéke >99,95%).

A BAT a nehézfémek periodikus vizsgálatát írja elő. Az ajánlott gyakoriság évente, vagy háromévente egyszer a felhasznált folyékony tüzelőanyag fajtájától függően. Az összes higanyt, nemcsak a szilárd részecskékhez kötöttet kell vizsgálni.

A porkibocsátási előírások figyelembe veszik a finom részecskék (PM_{10} és $PM_{2,5}$) és a nehézfémek kibocsátott mennyiségének csökkentését, mivel ez utóbbiak főleg a finom szemcséken koncentrálódnak. 300 MW_{th} feletti tüzelőberendezésekre a por kibocsátási szintek kisebbek, mivel a BAT szerinti nedves mosás (kéntelenítés) ugyancsak eltávolítja a szilárd anyagokat.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ SO_2 kibocsátások

A 3.2.4–3. táblázat a kén-dioxid kibocsátás csökkentésre vonatkozó BAT követelményeket és kibocsátási szinteket foglalja össze. A BAT kibocsátási koncentrációi napi átlagra, normál állapotra, 3% O_2 tartalomra és tipikus terhelési viszonyokra vonatkoznak. Csúcsüzemre, indulási és leállási periódusokra, valamint a füstgáztisztító rendszer üzemzavari állapotaira, magasabb rövid idejű csúcsértékeket lehet figyelembe venni.

Kapacitás (MW_{th})	**SO_2 kibocsátás (mg/Nm^3)**		**BAT ezen kibocsátások eléréséhez**	**Monitoring**	**Alkalmazhatóság**
	Új üzemek	**Meglévő üzemek**			
50–100	100–350$^{(1)}$	100–350$^{(2)}$	Alacsony kéntartalmú olaj, gáz és olaj együtt tüzelése száraz kéntelenítési eljárások	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
100–300	100-200$^{(3)}$	100–250$^{(4)}$	Alacsony kéntartalmú olaj, gáz és olaj együtt tüzelése száraz vagy nedves kéntelenítés az üzemmérettől függően kombinált NO_x és SO_2 kibocsátás csökkentési eljárások	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
>300	50–150$^{(5)}$	50–200$^{(6)}$	Alacsony kéntartalmú olaj, gáz és olaj együtt tüzelése száraz vagy nedves kéntelenítés kombinált NO_x és SO_2 kibocsátás csökkentési eljárások	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
Megjegyzés:	Az ipar és egy tagállam a következő kibocsátási koncentrációkat javasolta:				
1,2	200–850 mg/Nm^3 tartomány				
3,4,6	a felső érték 400 mg/Nm^3				
5	a felső érték 200 mg/Nm^3				
2,4,6	Az iparág szerint nem kell BAT koncentrációkat megadni, ha alacsony kéntartalmú tüzelőanyagot használnak. Érve az, hogy a nagy olajtüzelésű berendezésekre az alacsony kéntartalmú tüzelőanyag és a füstgáz kéntelenítő kombinációja melletti kén-dioxid kibocsátási szintekkel az optimum a környezetvédelmi haszon és a magas tüzelőanyag és kéntelenítő költségek között adva van. A nagy nettó berendezés hatásfok követelményt a tüzelőanyag költség, a kibocsátás csökkentési technológia teljesítménye (alacsony kibocsátási szintek) és az energia felhasználás figyelembe vételével kell optimalizálni. A tagállam úgy érvelt, hogy a nehéz tüzelőolajat használó égők igen magas tüzelőanyag költséggel üzemelnek. A kén-dioxid-csökkentési technikáknak és a kapcsolódó kibocsátási szinteknek ésszerűeknek kell lenniük, hogy biztosítani lehessen az üzem gazdasági életképességét, gondosan kell mérlegelni a környezetvédelmi előnyöket a költségekkel és a közegek közti hatásokkal szemben. Nagyon fontos, hogy a meglevő üzemekre megengedjék az alacsony kéntartalmú tüzelőolaj egyedüli használatát a berendezések hatásfok csökkenésének elkerülése érdekében.				
6	Egy tagállam javasolta, hogy BAT tartomány 300 MW_{th}-nál nagyobb teljesítményű meglévő üzemekre 200-400 mg/Nm^3 legyen, mivel ez felel meg a tagállam kibocsátási korlátainak.				

3.2.4–3. táblázat: BAT a kén-dioxid kibocsátás csökkentéséhez néhány folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan

Folyékony tüzelőanyagú üzemekre vonatkozóan általánosságban az alacsony kéntartalmú tüzelő olaj és/vagy kéntelenítő használata tekinthető BAT-nak. 100 MW_{th}-nál nagyobb kapacitású üzemeknél azonban a legtöbb esetben az alacsony kéntartalmú tüzelőolaj használata csak kiegészítő, önmagában nem mindig elégséges módja a kén-dioxid emisszió csökkentésnek. Olyan helyeken, ahol földgáz is rendelkezésre áll, gáz és olaj együttes tüzelése is megfelel a BAT-nak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az alacsony kéntartalmú tüzelőolaj használata mellett a nedves (a csökkentés mértéke 92–98%) és a száraz porlasztásos (a csökkentés mértéke 85–92%) kéntelenítési technikák képviselik a BAT-ot, amelyek a füstgáz kéntelenítésben a piac nagyobb mint 90%-át lefedik.

A száraz kéntelenítési eljárásokat, mint a száraz szorbens befúvás, főleg a 300 MW_{th}-nál kisebb kapacitású üzemeknél használják. A nedves eljárásnak az is előnye, hogy csökkenti a HCl, HF, por és nehézfém kibocsátásokat. Nedves füstgáz kéntelenítővel már rendelkező meglevő erőművek az abszorpciós torony áramlási viszonyainak további optimalizációjával csökkenthetik az SO_2 kibocsátást. Kisebb üzemek számára a nedves kéntelenítés drága lehetőség, ezért a 100 MW_{th}-nál kisebb kapacitású üzemekre ez nem tekinthető BAT-nak.

- **NO_x kibocsátások**

Folyékony tüzelőanyagú üzemekre vonatkozóan általánosságban az elsődleges és/vagy másodlagos (pl. SCR) nitrogén-oxid kibocsátás csökkentési eljárások felelnek meg a BAT-nak. A figyelembe veendő nitrogén-oxidok a nitrogén-monoxid (NO), a nitrogén-dioxid (NO_2) – együttesen NO_x – valamint a dinitrogén-oxid (N_2O).

50 MW_{th}–nál nagyobb teljesítményű, különösképpen a 100 MW_{th} feletti nagy berendezésekre a elsődleges eljárásoknak szelektív katalitikus redukcióval vagy más csővégi eljárással való kombinációja jelenti a BAT-ot. 50 MW_{th}–nál kisebb teljesítményű üzemeknél általában nem szükséges használni SCR-t.

Az SCR rendszer alkalmazásának gazdasági megvalósíthatósága meglevő kazán esetén elsősorban az üzem várható maradék élettartamának kérdése, amelyet nem egyedül a kazán életkora dönt el. A szelektív katalitikus redukció alkalmazásának hátránya a az ammónia kibocsátás (ammónia szökés). SCR használatánál <5 mg/Nm^3 tekinthető BAT-nak. A kombinált NO_x és SO_2 kibocsátás csökkentési technikákat a 2.3 fejezet tárgyalja.

Előnyeiket, hátrányaikat és alkalmazhatóságukat helyi szinten kell vizsgálni.

50 MW_{th}–nál kisebb teljesítményű tüzelőberendezésekre a különböző elsődleges eljárások kombinációja tekinthető BAT-nak.

A régi üzemek kazánjai általában alacsonyak és nem teszik lehetővé a tűztér feletti levegő bevezetések beépítését. Ha van is lehetőség a felső levegő bevezetésre a tüzelési gázok tartózkodási ideje a a kazán felső részében nem elegendő a tökéletes kiégéshez. Azoknál a kazánoknál, amelyeket akkor építettek, amikor már többet tudtak az NO_x képződésről a tűztér nagyobb és alacsonyabb NO_x szintek érhetők el. A legjobb eredmények új berendezéseknél érhetők el, ahol az alacsony NO_x kibocsátású tüzelést már a kazán tervezésénél figyelembe veszik.

A 3.2.4–4. táblázat a nitrogén-oxid kibocsátás csökkentésre vonatkozó BAT követelményeket és kibocsátási szinteket foglalja össze. A BAT kibocsátási koncentrációi napi átlagra, normál állapotra, 3% O_2 tartalomra és tipikus terhelési viszonyokra vonatkoznak. Csúcsüzemre, indulási és leállási periódusokra, valamint a füstgáztisztító rendszer üzemzavari állapotaira, magasabb rövid idejű csúcsértékeket lehet figyelembe venni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Kapacitás (MW_{th})	Nitrogén-oxid kibocsátás (mg/Nm^3)		BAT ezen kibocsátások eléréséhez	Monitoring	Alkalmazhatóság
	Új üzemek	Meglévő üzemek			
50–100	150–300(1)	150–450	Elsődleges eljárások kombinálása (levegő és tüzelőanyag lépcsőzetes bevezetése, Low-NO_x égők stb.), LFO tüzelésre NO_x < 300 mg/Nm^3 HFO tüzelésre max 0,2% N tartalomnál NO_x < 360 mg/Nm^3 0,3% N tartalomnál NO_x < 450 mg/Nm^3 SCR SNCR HFO tüzelése esetén	Folyamatos(6)	Új és meglevő üzemek
100–300	50–150(2)	50–200(3)	Elsődleges eljárások kombinálása (levegő és tüzelőanyag lépcsőzetes bevezetése, Low-NO_x égők, stb.) kombinálva SCR, SNCR eljárással vagy kombinált technológiák	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
>300	50–150(4)	50–150(5)	Elsődleges eljárások kombinálása (levegő és tüzelőanyag lépcsőzetes bevezetése, Low-NO_x égők, stb.) kombinálva SCR, SNCR eljárással vagy kombinált technológiák	Folyamatos	Új és meglevő üzemek
Megjegyzések: SCR (szelektív katalitikus redukció) SNCR (szelektív nem-katalitikus redukció) Low-NOx (alacsony nitrogén-oxid kibocsátású)					
	Az iparág és egy tagállam a következő kibocsátási szinteket javasolta:				
1,5	a felső érték 400 mg/Nm^3				
2,4	a felső érték 200 mg/Nm^3				
3	a felső érték 450 mg/Nm^3				
6	Az ipar azt igényelte, hogy folyamatos helyett szakaszos monitoringot használjanak.				
5	Üzemelő erőműveknél ez azért ésszerű, mert a javasolt új értékek lehetővé teszik, hogy nagy nitrogén tartalmú HFO tüzelése esetén csak elsődleges eljárásokat alkalmazzanak.				
1	Egy tagállam azt javasolta, hogy a BAT tartomány 300 MW_{th}-nál kapacitású meglevő erőművekre 100–400 mg/Nm^3 legyen, mivel ez felel meg a tagállam kibocsátási korlátainak. Egy műszaki bizottsági tag azt javasolta, hogy a tartomány alsó határa 100 mg/Nm^3 legyen, mivel ez felel meg az SCR teljesítőképességének.				

3.2.4–4. táblázat: BAT az NO_x kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagot felhasználó kazánokra vonatkozóan

❖ Szén-monoxid (CO) kibocsátások

CO kibocsátások minimalizálására a BAT a tökéletes égés, amely együtt jár a jó tűztértervezéssel, valamint a tüzelési rendszer magas színvonalú folyamatszabályozásával és karbantartásával. Megfelelő tüzelési feltételek és jól optimalizált NO_x kibocsátás csökkentési rendszer mellett a CO kibocsátási szint 30 és 50 mg/Nm^3 közötti érték.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Ammónia (NH_3) kibocsátások

A szelektív katalitikus és nem katalitikus eljárásoknak hátránya a reagálatlan ammóniának a levegőbe jutása (ammóniaszökés). A BAT-nak megfelelő ammónia koncentráció <5 mg/Nm^3. Az ammónia szökés lehetetlenné teheti az SNCR eljárás alkalmazását. Az SNCR eljárásnál adódó ammónia szökés elkerülésére, ha a füstgáz hőmérséklet megfelelő SCR katalizátor réteg építhető be a kazán tápvíz előmelegítő traktusába. A katalizátor nemcsak az ammónia kibocsátást, hanem ekvivalens mértékben a nitrogén-oxid kibocsátást is csökkenti.

❖ Vízszennyezés

A folyékony tüzelőanyagot felhasználó erőműben különböző szennyvizek képződnek.

Az olajszennyezés veszélye igen sokféle lehet, ha figyelembe vesszük az olajtüzelésű erőműben az olaj szállítás vagy tárolás során lehetséges balesetek kockázatát. Ezek a problémák azonban nem különböznek az olaj szállítás és tárolás során adódó normális kockázatoktól.

Az erőműben nem lehet elkerülni kis mennyiségű szennyezett (mosó) vizek véletlenszerű keletkezését. Az olajleválasztó eszközök általában hatásosak a környezeti károk elhárításában.

A nedves kéntelenítő berendezés esetén BAT-nak tekinthető a szennyvíz kezelő üzem létesítése. A vízkezelő üzemben különböző vegyszereket alkalmaznak a nehézfémek eltávolítására és a víz szilárd anyag tartalmának csökkentésére. A kezelés magában foglalja a pH megfelelő beállítását, a nehézfémek kicsapatását, valamint a szilárd anyagoknak és a csapadékoknak a vízből való eltávolítását.

Korszerű eszközökkel a következő paramétereket mérik: pH, vezetőképesség, hőmérséklet, szilárd anyag tartalom, klór tartalom, nehézfém koncentrációk (Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Zn, V, Pb), fluor koncentráció, kémiai oxigén igény (KOI).

A szennyvíz kezelés utáni, BAT-nak megfelelő kibocsátási koncentrációkat (24 órás keverék mintára vonatkozóan) a 3.2.4–5. táblázat foglalja össze.

Kibocsátási koncentrációk a nedves kéntelenítő hulladékvíz-kezelő berendezése után (mg/l)	
KOI	<150
F	1-30
Nitrogén vegyületek	<50
Szilárd anyagok	5-30
Szulfátok	1000-2000
Szulfidok	<0,2
Szulfitok	0,5-20
Cd	<0,05
Cr	<0,5
Cu	<0,5
Hg	0,01-0,02
Ni	<0,5
Pb	<0,1
Zn	<1

3.2.4–5. táblázat: BAT-nak megfelelő kibocsátási szintek füstgáz kéntelenítő szennyvíz kezelője után

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A vízszennyezések elkerülését és a kibocsátások mennyiségének csökkentését szolgáló legkorszerűbb rendelkezésre álló eljárásokat a 3.2.4–6. táblázat foglalja össze.

A 2.3. fejezetben leírt egyéb szennyvízkezelési eljárások ugyancsak alkalmazhatók.

Technológia	Fő környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság	
		Új üzem	Meglevő üzem
Nedves kéntelenítővel rendelkező üzemekre			
Vízkezelés pelyhesítéssel, ülepítéssel, szűréssel, ioncserével és semlegesítéssel	A fluoridok, a nehézfémek, a lebegőanyagok eltávolítása, a KOI érték csökkenése	BAT	BAT
Ammónia eltávolítás levegő befúvással, kicsapással vagy biodegradációval	Csökkentett ammónia tartalom	BAT, ha az ammónia tartalom a hulladékvízben a kéntelenítő utáni SCR/SNCR miatt magas	
Zárt üzemi ciklus	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	BAT	BAT
A sótalanítók és a kondenzátum tisztítók regenerálása			
Semlegesítés és ülepítés	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	BAT	BAT
Derítés			
Semlegesítés		BAT lúgos üzemmódnál	
Kazánok, levegő előmelegítők és pernyeleválasztók mosása			
Semlegesítés vagy zárt ciklusú üzemmód, vagy száraz tisztítási módszerek alkalmazása	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	BAT	BAT
Csapadékvizek			
Gyűjtés, ülepítés vagy vegyszeres kezelés és belső újrafelhasználás	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	BAT	BAT

3.2.4–6. táblázat: BAT a hulladékvíz kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan

❖ Tüzelési maradékok

Az iparban fokozott figyelmet fordítanak arra, hogy a tüzelési maradékokat és a melléktermékeket lerakás helyett hasznosítsák. A hasznosítás és az újrafelhasználás legjobb rendelkezésre álló lehetőség.

A melléktermékek hasznosításának igen sokféle lehetősége lehet. A különböző hasznosítási módok speciális feltételeket támasztanak a hamu és az egyéb termékek vonatkozásában. Az összes kritériumot ebben a dokumentumban nem lehetséges felsorolni, a minőségi kritériumok azonban általában a maradvány szerkezeti sajátosságaival, és a maradvány káros anyag tartalmával és annak jellemzőivel, pl. a nehézfémek oldhatósága függenek össze.

A tüzelésből származó pernye, különösen nehéz fűtőolaj eltüzelése esetén, nagy mennyiségű elégetlen karbont tartalmaz. Ez a pernye ezért elégethető (ipari kemencékben) vagy beadagolható füstgáz kéntelenítő vagy SCR rendszerekkel rendelkező kazánokba.

A nedves mosási eljárás végeredménye gipsz, amely az üzem kereskedelmi terméke lehet. Ez eladható és a természetes gipsz helyett használható. Az erőművekben előállított gipsz legnagyobb mennyiségét gipszkarton iparban hasznosítják. A gipsz tisztaságát az eljárásnál használt mészkő is befolyásolja.

A félszáraz kéntelenítési eljárás végtermékét természetes anyagok helyett különböző építőipari célokra használják, útépítésre, komposztáló és tároló terek földmunkáihoz, bánya gödrök betömésére és vízzáró gátak létrehozására.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) BAT FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGGAL MŰKÖDTETETT GÁZTURBINÁKRA

Folyékony tüzelőanyaggal, könnyű tüzelőolajjal, vagy dízelolajjal üzemeltetett gázturbináknál NO_x kibocsátás csökkentésre víz- vagy gőzbefúvás jelenti a BAT-ot. Ma már száraz Low-NO_x premix égők (DLN) is rendelkezésre állnak a folyékony tüzelőanyaggal működő gázturbinák számára. Ezek a DLN égők lehetővé teszik, hogy ugyanabban a turbinában folyékony tüzelőanyagot és földgázt is használjanak. A DLN égők csak az új gázturbinákra képviselik a BAT-ot, ahol a piacon a folyékony tüzelőanyaggal üzemeltetett gázturbinákhoz ez a technika rendelkezésre áll. SCR is használható, az alkalmazás gazdasági megvalósíthatóságát esetenként vizsgálni kell. Csak folyékony tüzelőanyagot használó gázturbinákra (pl. olyan esetekre, amikor gáz tüzelőanyag nem áll rendelkezésre) referencia a 3.2.3 fejezetben található.

Általánosságban folyékony tüzelőanyagot hasznosító gázturbináknál SO_2 kibocsátás csökkentésre az alacsony kéntartalmú tüzelőolaj használata tekinthető BAT-nak.

(4) BAT FOLYÉKONY TÜZELŐANYAGGAL MŰKÖDTETETT (DÍZEL) MOTOROKRA

A dízel motorok füstgáza általában 13-15 térf.% O_2-t tartalmaz, a BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási koncentrációknál 15 térf.% O_2 tartalmat vesznek alapul.

A létesítmény kialakítását a villamos-energia igény jellemzői határozzák meg, azaz több kis motorra van szükség, mivel a legnagyobb egység teljesítménye az összes beépített teljesítménynek csak mintegy 10–15%-át érheti el. A berendezésnek igen rugalmasnak kell lenni a gyors indulásokhoz és leállásokhoz, a gyakori és gyors terhelésváltozáshoz, az alacsony részterheléshez és rendelkeznie kell black start képességgel. Ezek a sajátságok szükségesek a minden évszakban és napközben is fellépő nagymértékű energiaigény változásokhoz, ugyanakkor törekedni kell arra, hogy az összesből egyes egységek optimális terheléssel és kielégítő hatásfokkal működjenek.

- **Termikus hatásfok**

A szén-dioxid (a legfontosabb üvegház gáz) kibocsátása függ a felhasznált tüzelőanyagtól és a motor hatásfokától. A reciprocating motoros üzem nagy hatásfokának megtartása mellett a CO_2 kibocsátás viszonylag alacsony szinten tartható.

A motoros erőművek tüzelőanyag szempontjából rugalmasak és alkalmasak mind helyi hő és villamosenergia ellátásra (CHP), mind nagyobb mértékű folyamatos alapellátásra (base load). A BAT-hoz kisnyomású gőz előállítása esetén maximum 60–70% összes hatásfok tartozik. Kiegészítő tüzelés esetén (a motorok füstgázának oxigén tartalmát, mint fő égési levegőt kazánban hasznosítják) nagy mennyiségű kis- vagy nagynyomású gőz hatékonyan előállítható. Melegvíz termelésnél (a kilépési hőmérséklet tipikusan 80–120 ^oC tartományban mozog) az összhatásfok folyékony tüzelésnél 85%, gáztüzelésnél 90% körüli érték, amely erősen függ a motor hűtővize által felvett hasznosítható energia mennyiségétől, tekinthető BAT színvonalnak. 200 ^oC alatti forró víz természetesen előállítható a füstgáz és a motor hűtési energiájának felhasználásával. A motorok egy másik előnye a magas termikus hatásfok (alacsony tüzelőanyag felhasználás, következésképpen alacsony fajlagos CO_2 kibocsátás). A generátor kapcsainál mért villamos hatásfok a tüzelőanyag fűtőértékét alapul véve a motor méretétől függően 40–45% között mozog.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Por és nehézfém kibocsátás

A szilárd részecskék kibocsátása a tüzelőanyag függvénye. Tekintettel a dízel füstgáznak az eltérő hőmérsékletére és oxigén tartalmára, a részecskék elektromos jellemzői eltérnek a kazán-füstgázok részecskéinek jellemzőitől. A hamu tartalom a fő paraméter, de más paraméterek, mint a tüzelőanyag kén és aszfaltén tartalma, is befolyásolják a szilárd részecskék emisszióját. NO_x kibocsátás csökkentésre SCR-t használva igen kismértékű szilárd anyag emisszió csökkenés is elérhető a tüzelőanyag fajtájától és a kilépési hőmérséklettől függően.

Mivel a részecske kibocsátás csökkentésére szolgáló másodlagos tisztító berendezések jelenleg fejlesztési stádiumban vannak, nagyobb dízel motorokra az elfogadott BAT a részecske kibocsátás csökkentésére, a motorral kapcsolatos intézkedések és, amennyiben kereskedelmileg lehetséges, alacsony kis és hamu tartalmú tüzelőanyagok használatának kombinációja.

A nagykapacitású üzem több különböző viszonylag kisebb kapacitású egységből épülhet fel. Ebben az esetben minden egység részecske, különösképpen korom szűrővel szerelhető fel. Az 1,3 MW bemenő hőteljesítményű motorok szilárd anyag kibocsátása 20 mg/Nm^3 alá csökkenthető.

A 3.2.4–7. táblázat a szilárd anyag kibocsátás csökkentésre és megelőzésére vonatkozó BAT követelményeket és kibocsátási szinteket foglalja össze négyütemű motorokra. Kétütemű motorok porkibocsátásai magasabbak lehetnek.

Motor típus	**Szilárd anyag kibocsátás (mg/Nm^3)**	**Monitoring**	**Megjegyzések**
Dízel motor	<30 LFO/dízel <50 HFO(1)	Időszakos, hathavonta egyszer	Beállt üzemállapotban a motor terhelésének 85-100%-a. Vonatkoztatási alap: 15 térf.% O_2-tartalom, Nm^3 ,273 K és 101,3 kPa 5 MW_{th}-nál nagyobb motorokra részecske szűrők vannak kifejlesztés alatt
Kettős tüzelőanyagú motor back-up tüzelőanyag üzemmódban (dízel olaj max. 0,02 s% hamu)	<30 LFO/dízel <50 HFO(1)	Időszakos, hathavonta egyszer	
(1)	Egy tagállam igényt tartott a nehézolaj tüzelésű dízel motorok por kibocsátása 100 mg/Nm^3-re történő növelésére, mert (négy- vagy kétütemű) dízel motoroknál ez a magasabb érték jobban tükrözi az emissziós viszonyokat HFO-ra és jobban figyelembe veszi a hamu tartalomtól független olyan tüzelőanyag paramétereket, mint a kén vagy aszfaltén tartalom.		

3.2.4–7. táblázat: BAT a szilárd anyag kibocsátás csökkentéséhez négyütemű motorokra vonatkozóan

❖ SO_2 kibocsátások

Jelenleg kevés olyan dízelmotoros erőmű üzemel, amelyet füstgáz kéntelenítő rendszerrel láttak el. A kéntelenítő beruházási költsége nagymértékben változik a választott üzemmóddal. Az üzemeltetési költség főleg a reagens mennyiségétől és fajtájától, a víz és villamosenergia felhasználástól, a karbantartási és a hulladék elhelyezési költségektől függ. Ezért a BAT kiválasztásánál az első választási lehetőségnek, ha kereskedelmileg lehetséges, az alacsony kéntartalmú tüzelőolaj vagy a földgáz használata adódik. Másodsorban, ha alacsony kéntartalmú tüzelőolaj vagy a földgáz nem áll rendelkezésre, az SO_2 kibocsátások csökkentésére a másodlagos füstgáz kéntelenítő rendszer jelenti a BAT-ot.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ NO_x kibocsátások

Elsődleges és másodlagos eljárások, különösen pedig az SCR rendszer alkalmazása jelenti dízelmotoros erőműveknél az NO_x kibocsátások csökkentése tekintetében a BAT-ot.

Folyékony tüzelőanyagú dízelmotoros erőműveknél a elsődleges eljárások:

- a 'Miller elv'
- tüzelőanyag befecskendezés késleltetés
- direkt vízbefecskendezés
- nedves levegő befúvás

Az utóbbi évtizedben a nagy dízel és nehéz-olaj tüzelésű motoroknál – a nagy hatásfok megtartása mellett – az NO_x kibocsátások jelentősen csökkentek a motorokban alkalmazott elsődleges eljárások és SCR kombinációja révén.

Az SCR alkalmazása az igen gyakran változó teljesítménnyel üzemeltetett kis kétütemű motoroknál korlátozott. Ezek az egységek gyakran elszigetelt, néhány órás üzemidejű rendszerben működnek. A motorok a villamosenergia igénynek megfelelően naponta többször indulnak és leállnak.

Motor típus	BAT	Alkalmazhatóság	Monitoring
Dízelolaj tüzelésű motoros erőmű	Miller típusú motor befecskendezés késleltetés direkt vízbefecskendezés SCR	SCR alkalmazható új és már üzemelő erőművekre	folyamatos
Kettős tüzelőanyagú motor back-up tüzelőanyag üzemmódban	Miller típusú motor befecskendezés késleltetés direkt vízbefecskendezés SCR	SCR alkalmazható új és már üzemelő erőművekre	-
Könnyű tüzelőolajat használó motoros erőmű	Miller típusú motor befecskendezés késleltetés direkt vízbefecskendezés SCR	SCR alkalmazható új és már üzemelő erőművekre	folyamatos
Nehéz tüzelőolajat használó motoros erőmű	Miller típusú motor befecskendezés késleltetés direkt vízbefecskendezés SCR	SCR alkalmazható új és már üzemelő erőművekre	folyamatos

3.2.4–8. táblázat: BAT az NO_x kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagot felhasználó motorokra vonatkozóan SCR alkalmazása mellett

❖ CO és szénhidrogén kibocsátások

A levegőbe történő kibocsátások minimalizálására a motor jó karbantartása tekinthető BAT-nak. A dízel motornak csekély a CO és a szénhidrogén (HC) kibocsátása. A CO kibocsátások gyakran ellentétben vannak az NO_x kibocsátásokkal. A CO képződés a tökéletes kiégést célzó elsődleges intézkedésekkel csökkenthető. A CO oxidációt elősegítő katalizátorok használata másodlagos eljárásként ugyancsak BAT-nak tekinthető.

Oxidáló katalizátorok kéntartalmú tüzelőanyagoknál nem ajánlottak. Motorokra a piacon kapható CO katalizátorok alkalmazása a BAT követelmények részeként elfogadható. Az első kombinált CO/NMHC katalizátorokat már beépítették egyes szikragyújtású motorokba és gyűjtik az üzemeltetési tapasztalatokat.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Vízszennyezés**

A motoros erőmű vízfelhasználása kicsiny, ezért korlátozott vízellátású helyeken is alkalmazható. A kisebb vízigény mellett kisebb a kibocsátott hulladékvíz mennyiség valamint a környezet vizeinek hőszennyezése.

(5) TECHNIKÁK A BAT FIGYELEMBE VÉTELÉVEL

A 3.2.4–9. táblázat – 3.2.4–17. táblázatokban foglaljuk össze azokat a technikákat, melyek folyékony tüzelőanyag elégetéséből származó kibocsátások megelőzésére és csökkentésére, valamint a hatásfok növelésére vonatkoznak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák folyékony tüzelőanyagok és additív anyagok beszállítására, tárolására és kezelésére**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
A tartályok vízzáró kármentő medencében történő elhelyezése	Kisebb a víz vagy talajszennyezés veszélye	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	A kármentő medencének az összes tartály térfogatának 50-70 %-át de legalább a legnagyobb tartály teljes töltetét be kell fogadnia
Automatikus szabályozó rendszerek a tároló tartályok túltöltésének megakadályozására	Kisebb a víz vagy talajszennyezés veszélye	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
Kettős falú csövek, automatikus tér ellenőrzés a föld alatti részen	Kisebb a víz vagy talajszennyezés veszélye	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
A tároló berendezések és a csövezés rendszeres ellenőrzése	Kisebb a víz vagy talajszennyezés veszélye	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
A mész/mészkő zárt tárolása pormentesítővel ellátott silókban	A finom részecskék kibocsátásának csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
Burkolt felületek drenázs rendszerrel (olajfogókkal)	A talaj és vízszennyezés megakadályozása	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Adat nem hozzáférhető	Az összegyűjtött vizeket kezelni kell a tüzelő vagy kenő olajak eltávolítása céljából
Az ammónia vizes ammónia oldat formájában történő tárolása	Nagyobb biztonság	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Kisebb a kockázat, mint folyékony ammónia tárolásánál		

3.2.4–9. táblázat: Technikák folyékony tüzelőanyagok és additív anyagok beszállítására, tárolására és kezelésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák a folyékony tüzelőanyaggal működtetett kazánok hatásfokának növelésére**

Technika	**Környezetvédelmi előny**	**Alkalmazhatóság**		**Üzemi tapasztalat**	**Környezeti elemek közti kereszthatások**	**Gazdaságosság**	**Megjegyzések**
		Új üzem	**Felújítandó üzem**				
Hő és villamosenergia kapcsolt termelése (CHP)	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Igen korlátozott	Nagy			
A turbina lapátok cseréje	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	A gőzturbina lapátjainak cseréje háromdimenziós lapátokra a rendszeres karbantartási intervallumokban
Korszerű anyagok használata a magas gőzparaméterek elérésére	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Új erőművek	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	Korszerű anyagok használata a 300 bar gőznyomás és 600 °C gőzhőmérséklet elérésére
Szuperkritikus gőzparaméterek	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Új erőművek	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
Kettős túlhevítés	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Igen korlátozott	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
Regeneratív tápvíz előmelegítés	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Néha lehetséges	Új erőművekben és néhány régiben	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	Új erőműben 10 lépcsőig, kb. 300 °C tápvíz hőmérsékletet elérve
A kibocsátás csökkentést és kazán teljesítmény növelést elősegítő tüzelési feltételek korszerű számítógépes szabályozása	Nagyobb kazán hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Az erőműre jellemző	

3.2.4–10. táblázat: Technikák a folyékony tüzelőanyaggal működteett kazánok hatásfokának növelésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Az üzemi berendezések energetikai optimalizálása**

Technológia	**Környezetvédelmi előny**	**Alkalmazhatóság**		**Üzemi tapasztalat**	**Környezeti elemek közti kereszthatások**	**Gazdaságosság**	**Megjegyzések**
		Új üzem	**Felújítandó üzem**				
Kis légfelesleg	Nagyobb hatásfok, kisebb NO_x és N_2O kibocsátás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	
A füstgázok kilépő hőmérsékletének csökkentése	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Adat nem hozzáférhető	
Alacsony füstgáz CO tartalom	Nagyobb hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Új erőművek	A kisebb NO_x kibocsátások nagyobb CO kibocsátást okoznak	Adat nem hozzáférhető	Az NO_x és CO kibocsátást optimalizálni kell
Hőtárolás		Lehetséges	Lehetséges			Adat nem hozzáférhető	Növekszik a kapcsolt üzemmódban termelt energia
Füstgáz kibocsátás hűtőtornyon keresztül	A füstgáz felmelegítése a kéntelenítő után nem szükséges	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nem kell kémény	Nincsenek kémény építési és karbantartási költségek	
Hűtő rendszer							
Különböző technikák							Lásd Hűtőrendszer BREF

3.2.4–11. táblázat: Az üzemi berendezések energetikai optimalizálása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák szilárd anyag és nehézfém kibocsátás megelőzésére és csökkentésére**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
Alacsony kén/hamu tartalmú folyékony tüzelőanyag	A részecske és SO_2 kibocsátás csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek		
Elektrosztatikus porleválasztó	A szilárd anyagok és a nehézfémek kibocsátásának csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek		ESP-t széleskörűen alkalmaznak a kazánokra A másodlagos részecske kibocsátás csökkentési eljárások újak a dízel motorokra, az első kereskedelmi ESP-t most építik
Szövetszűrő	A részecskék, különösen a finom porok ($PM_{2,5}$ és PM_{10}) és a nehézfémek kibocsátásának csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	A szövet szűrő a fokozott tűzveszély miatt kevésbé fontos mint az ESP, a tűzveszély FGD-vel kombinálva csökkenthető
Porszűrő folyékony tüzelőanyaggal üzemelő motorokra	A részecskék, különösen a korom kibocsátásának csökkentése	Lehetséges		Korlátozott	Nincsenek	Adat nem hozzáférhető	Másodlagos tisztító berendezések szilárd anyagokra nagyobb dízel motorokra fejlesztés alatt vannak
Tüzelési adalék anyagok	A porkibocsátás csökkentés a forrásnál	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	A tüzelőanyag ár 1–3%-a	
A tüzelőanyag alacsony aszfaltén tartalma	A kibocsátások csökkentése a forrásnál	Lehetséges	Lehetséges			Kisebb mint a tüzelőanyag ár 10%-a	Ha rendelkezésre áll, a finomítási technológiától függ

3.2.4–12. táblázat: Technikák szilárd anyag és nehézfém kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, elsődleges eljárások**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
Alacsony kéntartalmú folyékony tüzelőanyag	A SO_2 kibocsátás csökkentése a forrásnál	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincsenek	A tüzelőolaj típusától és minőségétől függ	
Olaj és gáz tüzelés	A SO_2 kibocsátás csökkentése a forrásnál	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Egyúttal NO_x és CO_2 kibocsátás csökkenés	A tüzelőanyagok árának különbségétől függ	Segíthet az energetikai hatásfok optimalizálásában
Fluidágyas tüzelés (FBC)	SO_2 kibocsátás csökkentése a kazánon belül	Lehetséges	Lehetséges	Jó	Egyúttal NO_x kibocsátás csökkenés		Szilárd tüzelő anyaggal való együtttüzelésre

3.2.4–13. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, elsődleges eljárások

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, másodlagos eljárások**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
Nedves meszes/mészköves mosás gipsz végtermékkel	SO_2 és por kibocsátás csökkentés	Lehetséges, <100 MW_{th}-nál ritka	Lehetséges	Nagy	Kissé magasabb nehézfém (As, Cd, Pb és Zn) emissziók lehetnek a mészfelhasználás miatt Víz kibocsátások Fáklyaképződés, ha a kilépő gázokat nem melegítik fel	Üzemenként változó	A nedves mosási eljárás magas költségei miatt ez az eljárás csak nagyobb üzemek számára gazdaságos megoldás. Már üzemelő mosótornyok sajátosságai az abszorber az áramlási viszonyainak optimalizálásával javíthatók
Egyéb nedves eljárások	SO_2 kibocsátás csökkentés	Lehetséges Új üzemnél ritka	Az adott üzemtől függ	Igen kevés	Eljárás függő	Adat nem hozzáférhető	Egyéb szennyezéseknél a csökkentés mértéke az adott eljárástól függ
Száraz beporlasztásos eljárás	SO_2 kibocsátás csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	A maradványokat deponálni kell	Üzemenként változó	A száraz beporlasztásos eljárásoknál por képződik, a szilárd anyag kibocsátás csak hatékony részecske leválasztóval csökken (ESP, FF)
Egyebek	SO_2 kibocsátás csökkentés, kombinált eljárásnál, NO_x csökkenés is	Lehetséges Új üzemnél ritka	Az adott üzemtől függ	Igen kevés		Adat nem hozzáférhető	Egyéb szennyezéseknél a csökkentés mértéke az adott eljárástól függ

3.2.4–14. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, másodlagos eljárások

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák az NO_x és az N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
Elsődleges eljárások kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre							
Kis légfelesleg	NO_x, CO, HC és N_2O kibocsátás csökkentés Hatásfok javulás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Tökéletlen égés veszélye	Üzemenként változó	Csak kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre
Lépcsőzetes levegő bevezetés		Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Tökéletlen égés veszélye	Üzemenként változó	Csak kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre
Füstgáz recirkuláció		Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemenként változó	Csak kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre
Low-NO_x égők (korszerű, második vagy harmadik generációs égők)	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Tökéletlen égés veszélye		Csak kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre Régebbi kazánoknál probléma lehet a modern Low-NO_x égők lánghossza miatt
Újraégetés	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemenként változó	Csak kazánokra
Elsődleges eljárások motorokra és gázturbinákra							
Motor átalakítások	NO_x csökkenés	Lehetséges	Nem lehetséges	Nagy		Üzemenként változó	Csak motorokra
Közvetlen gőzbefúvás	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Több tüzelőanyag		Csak dízel motorokra és gázturbinákra
Közvetlen vízbefecskendezés	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Kevés	Több tüzelőanyag		Csak dízel motorokra és gázturbinákra
Víz/tüzelőanyag emulzió vagy nedves levegő befúvás	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Kevés			Csak dízel motorokra és gázturbinákra

3.2.4–15. táblázat: Technikák az NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák az NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére**

Technika	Környezetvédelmi előny	Alkalmazhatóság		Üzemi tapasztalat	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítandó üzem				
Másodlagos eljárások							
Szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR)	NO_x csökkenés, de hatásfok jóval kisebb, mint a SCR-nél	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia-szökés és ammónium-szulfát képződés	Üzemenként változó	Csak kazánokra és technológiai fűtő berendezésekre
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemenként változó	Kazánokra, technológiai fűtő berendezésekre, dízel és nehézolaj tüzelésű motorokra
Kombinált eljárások	SO_2 és NO_x csökkenés	Lehetséges	Korlátozott	Kevés		Adat nem hozzáférhető	A kombinált eljárások piaci részaránya az SCR eljáráshoz képest kicsi

3.2.4–16. táblázat: Technikák az NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Technikák a vízszennyezések megelőzésére és csökkentésére**

Technika	**Környezetvédelmi előny**	**Alkalmazhatóság**		**Üzemi tapasztalat**	**Környezeti elemek közti kereszthatások**	**Gazdaságosság**	**Megjegyzések**
		Új üzem	**Felújítandó üzem**				
Nedves füstgáz kéntelenítés							
Vízkezelés pelyhesítéssel és ülepítéssel	A fluoridok, nehézfémek, lebegő anyagok eltávolítása és a KOI csökkentése	Lehetséges	Nagy	Nagy	Az iszap a szénhez és a füstgáz kéntelenítőbe adható, vagy a bányászatban töltő anyagként hasznosítható	Üzemenként változó	
Ammónia kibocsátás csökkentés gáztalanítással, lecsapatással vagy biológiai lebontással	Kisebb ammónia tartalom	Csak akkor alkalmazható, ha az ammónia tartalom a hulladékvízben magas, mivel az SCR/SNCR-t az FGD előtt használják		Nagy		Üzemenként változó	
Zárt körű üzemmód	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	Lehetséges		Kevés		Üzemenként változó	
A sótalanítók és a kondenzátum tisztítók regenerátuma							
Semlegesítés és ülepítés	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	Lehetséges		Nagy	Az iszapot vízteleníteni majd deponálni kell	Üzemenként változó	
Derítés							
Semlegesítés		Csak alkalikus üzemmódnál		Nagy		Üzemenként változó	
Kazánok, levegő előmelegítők és elektrosztatikus pernyeleválasztók mosása							
Semlegesítés és zártkörű üzemmód, vagy helyettesítés száraz tisztítási módszerekkel	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	Lehetséges		Lehetséges	Nagy		Üzemenként változó
Csapadékvizek							
Gyűjtés, ülepítés vagy vegyszeres kezelés és belső újrafelhasználás	Kevesebb hulladékvíz kibocsátás	Lehetséges		Lehetséges	Nagy		Üzemenként változó
Olajfogó rendszer használata	Kisebb a víz- vagy talajszennyezés veszélye	Lehetséges		Lehetséges	Nagy		

3.2.4–17. táblázat: Technikák a vízszennyezések megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.3 GÁZNEMŰ TÜZELŐANYAGOK TÜZELÉSE ÉS A KIBOCSÁTÁSOK KEZELÉSE

3.3.1 ALKALMAZOTT TÜZELÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK GÁZNEMŰ TÜZELŐANYAGOK ESETÉN

(1) NAGY TÜZELŐBERENDEZÉSEK GÁZ TÜZELŐANYAG FELHASZNÁLÁSA

A *MSz 1648:2000 *szabvány szerint*

3.3.1–1. táblázat bemutatja a Magyarországon használt főbb gáznemű tüzelőanyagokat és azok összetételét. A földgáz tiszta tüzelőanyagnak tekinthető, hiszen gyakorlatilag nem okoz SO_2 és szilárd anyag kibocsátást. A CO_2 kibocsátás kamragáz és földgáz égetése esetén a legalacsonyabb, kohógáz esetén pedig a legmagasabb. A kohógáz alacsony lánghőmérséklete miatt alacsony NO_x kibocsátást okoz.

Összetevő	Földgáz* (mol%)	Kohógáz (mol%)	Kamragáz (mol%)	Finomítói gázok (mol%)
N_2	0-4	56-60	2-7	1-4
CO_2	0-5	17-19	1-3	0-2
CH_4	85-98	–	24-27	15-45
C_2H_6	1-7	–	2-4	5-17
C_3H_8+	0-7	–	0-1	7-26
CO	–	20-23	1-3	0-1
H_2	–	1-5	56-63	20-45
Kén (H_2S, SO_2)	–	n.a.	0,05-2,00 mg/m^3	50-1500 ppm
Szilárd anyag	–	5-20 mg/m^3	n.a.	–

*MSz 1648:2000 szabvány szerint

3.3.1–1. táblázat: Gáznemű tüzelőanyagok összetétele

(2) GÁZNEMŰ TÜZELŐANYAGGAL MŰKÖDŐ TÜZELŐBERENDEZÉSEK HATÁSFOKA

Az erőművek hatásfoka folyamatosan növekedett az elmúlt évtizedben, amely a folyamatok optimalizálásának és a technológiában végzett fejlesztéseknek köszönhető. Elméletileg egy körfolyamat hatásfokát a hőbevezetés hőmérsékletének a növelésével és a hőelvezetés hőmérsékletének csökkentésével lehet elérni. Az anyagtechnológiai fejlesztések lehetővé tették nagyobb nyomások és magasabb hőmérsékletek alkalmazását, így ezzel magasabb hatásfokok elérését. A 3.3.1–2. táblázat tájékoztató jelleggel gáz tüzelőanyagú erőművek hatásfokát mutatja.

	Maximális villamos teljesítmény (MW_e)	Villamos hatásfok (%)
Hagyományos, kondenzációs erőművek		30-42
Gázturbinák	275	30-40
Gázmotorok		38-44
Kombinált ciklusú erőművek (gáz+gőzturbina)	400	46-58

3.3.1–2. táblázat: Gáznemű tüzelőanyaggal működő erőművek hatásfoka

Hangsúlyozni kell, hogy előfordulhatnak alacsonyabb értékek is, hiszen a hatásfok egyebek között függ az alkalmazott hűtőrendszertől, az üzemmódtól és a környezeti feltételektől.

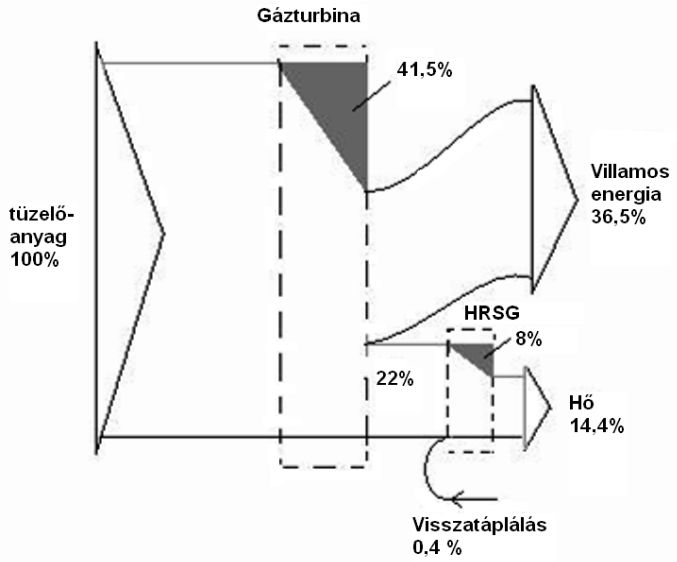
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A leghatékonyabb tüzelőanyag-kihasználás kapcsolt energiatermeléssel érhető el, amelynél a bemenő energiából nemcsak villamos energiát, hanem hasznos hőenergiát is előállítunk (fűtési, vagy ipari célokra). A villamos és a termikus hatásfok összege a gyakorlatban 80-90% között mozoghat.

Kombinált ciklusú erőművek magasabb hatásfoka a gázturbinában elért magas égési hőmérsékletnek köszönhető. Ebből az is következik, hogy a gázturbinát elhagyó füstgáz hőmérséklete még elég magas ahhoz, hogy segítségével hőhasznosító kazánban gőzt lehessen termelni. Ezt a gőzt gőzturbinába vezetve, többlet villamos energiát kapunk. Amint a táblázat mutatja, ezzel lényeges hatásfokjavulást érhetünk el.

A gázturbinák hatásfoka bizonyos esetekben a folyamatok különböző módosításával is növelhető. Ilyen lehet például a regeneratív hőcserélő, amely a gázturbinából kilépő füstgáz hulladékhőjét átadja a kompresszorból kilépő levegőnek, ezzel csökkentve a tüzelőanyag felhasználást. Ez a megoldás azonban bizonyos teljesítmény csökkenést is eredményez.

Az erőművi körfolyamatok energiamérlegének a szemléltetésére egyszerű folyamatábrát, ún. Shankey, vagy Grassmann diagramot használnak. A 3.3.1-1. ábra egy gázturbinából és hőhasznosító kazánból álló egység energiaáramát mutatja. A szürke mezővel jelölt területek a veszteségeket mutatják.



3.3.1-1. ábra: Gázturbina Shankey (Grassmann) diagrammja hőhasznosító kazánnal

(3) MAGYARORSZÁGI FÖLDGÁZ-BESZERZÉS

Ezen alfejezet a földgáz forrásoldalát mutatja be. Közismert, hogy Európa nem rendelkezik elegendő saját földgáz-forrással. A különböző országok különböző mértékben szorulnak gázimportra. Jelenleg és még hosszú ideig Oroszország marad a legjelentősebb gázszállító Európa számára. A 3.3.1-2. ábra az oroszországi vezetéki infrastruktúra követhető nyomon.

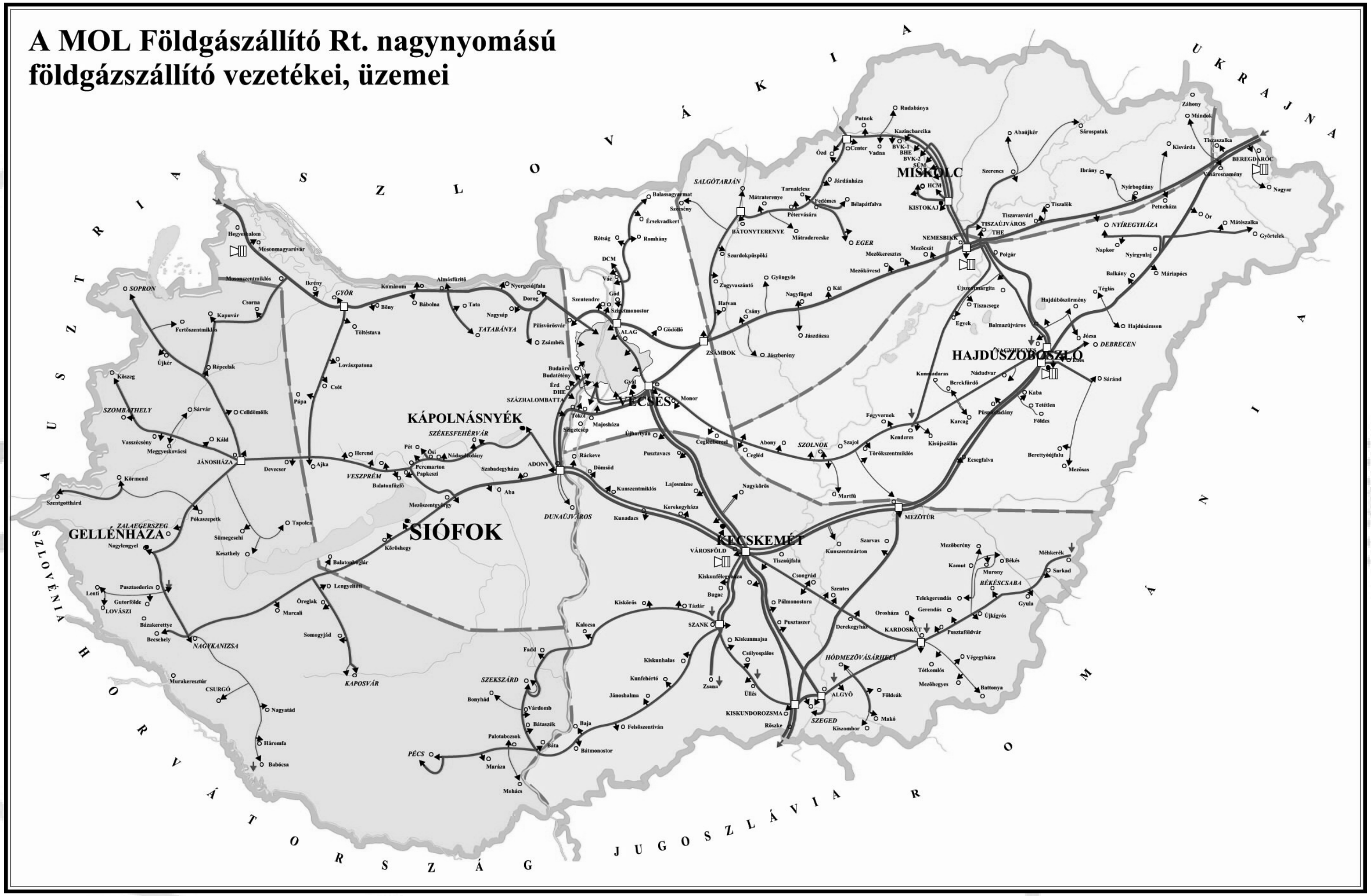
A 3.3.1-3. ábra a magyar nagynyomású gázvezeték rendszert mutatja. A szezonálisan változó igények kielégítésére, továbbá a csúcsidőben való kiegyenlítésre és a biztonsági tartalékképzésre szolgálnak a földalatti gáztárolók (3.3.1-4. ábra). A nagynyomású (40-64 bar) csővezeték-rendszerből kapják a gázt a regionális gázszolgáltatók (max. 25 bar) és az egyedi nagy-fogyasztók.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.3.1-2. ábra: Oroszországból jövő fontososabb olaj- és gázvezetékek

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.3.1-3. ábra: Magyarország nagynyomású gázvezeték hálózata

3.3.1-4. ábra: Magyarország földalatti gáztárolói

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A hazai teljes energiafogyasztásban a földgáz aránya nagyon magas, kb. 45%-ot tesz ki (3.3.1–3. táblázat). Magyarország a gázigényeit jelenleg (2005. év) kb. 20%-ban saját forrásokból, 80%-ban pedig Oroszországból fedezi. Ez az importfüggőség a jövőben nőni fog.

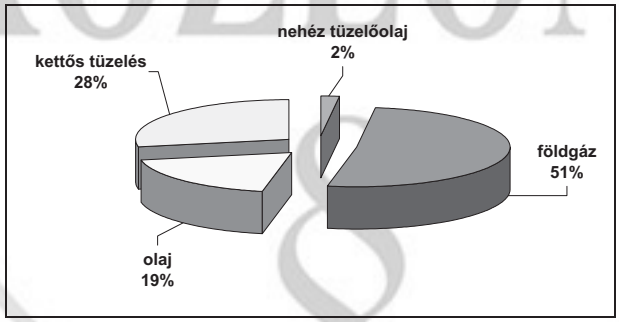
Magyarország energiamérlege 2004-ben			
	Megnevezés	**PJ**	**%**
1.	**BEHOZATAL**	**780,3**	*100,0*
	1.1 Szén	**51,0**	*6,5*
	1.2 Kőolaj	**229,1**	*29,4*
	1.3 Kőolajtermék (PB, gazolin is)	**85,1**	*10,9*
	1.4 Földgáz	**388,2**	***49,7***
	1.5 Import villamosenergia	**26,9**	*3,5*
2.	**HAZAI TERMELÉS**	**423,4**	*100,0*
	2.1 Szén	**91,8**	*21,6*
	2.2 Kőolaj	**63,4**	*15*
	2.3 Földgáz	**98,2**	***23,2***
	2.4 Atomerőművi villamosenergia	**129,9**	*30,7*
	2.5 Egyéb (tűzifa, víz, megújuló, …)	**40,1**	*9,5*
3.	**FORRÁS ÖSSZESEN**	**1203,7**	-
	- Kivitel	**119,7**	-
	- Készletváltozás	**7,0**	-
4.	**FELHASZNÁLÁS**	**1077**	**-**

3.3.1–3. táblázat: Magyarország energiamérlege 2004-ben

(4) GÁZTÜZELÉSŰ TECHNOLÓGIÁK

❖ Gázturbinák

Magyar szóhasználatban „gázturbina" (angol nyelvterületen turboset, genset) alatt olyan berendezést értünk, amely legalább egy levegőkompresszorból, egy égőkamrából és egy turbinából áll. A gázturbinák a tüzelőanyagok kémiai energiáját képesek mechanikus energiává alakítani, mellyel generátorok és egyéb munkagépek működtethetők. Használatuk világszerte az utóbbi évtizedekben terjedt el, és napjainkban számuk egyre nő. Elterjedésükben szerepet játszott a rendelkezésre álló nagy mennyiségű földgáz, valamint a gázturbinák magasabb teljesítményű, jobb hatásfokú és nagyobb megbízhatóságú új generációja.



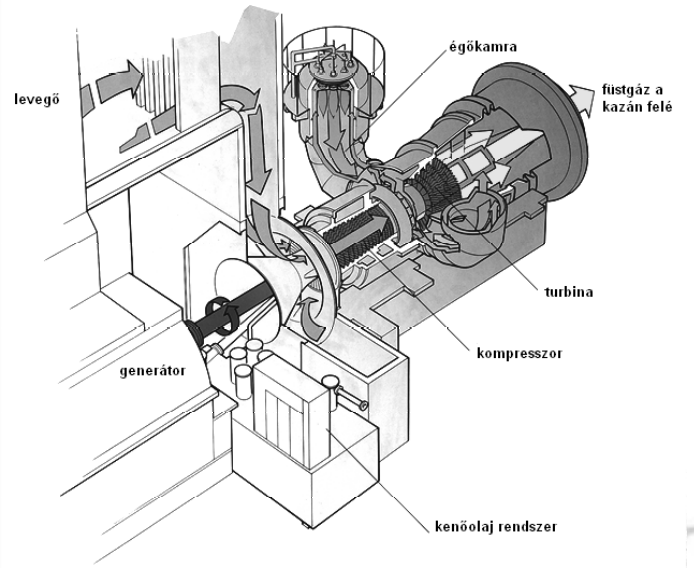
3.3.1-5. ábra: Gázturbinák tüzelési módjai – világviszonylatban [32, Rentz, et al., 1999], [164 Lenk and Volgtlander, 2001]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gázturbinákat a villamos teljesítmény széles spektrumában alkalmazzák, 50 kW_e kis gázturbináktól a 310 MW_e nagy turbinákig. Különböző gáznemű és folyékony tüzelőanyagokkal működtethetők. Általában földgáz használatos, de más alacsony, vagy közepes fűtőértékű gázok is alkalmazhatók, mint például a széngázosítókból eredő széngáz vagy nagyolvasztókból nyert gáz. Az ipari gázturbinák többféle folyékony tüzelőanyaggal működtethetők, a benzintől a maradvány olajokig. A hamuképző tüzelőanyagokkal (mint pl. nyers- és maradvány olajok) történő üzemeltetés átfogó kezelési rendszereket igényel.

A gázturbinák különböző konfigurációkban telepíthetők, mint például kombinált ciklusú egységek, kapcsolt termelésű üzemek, és integrált széngázosítók.

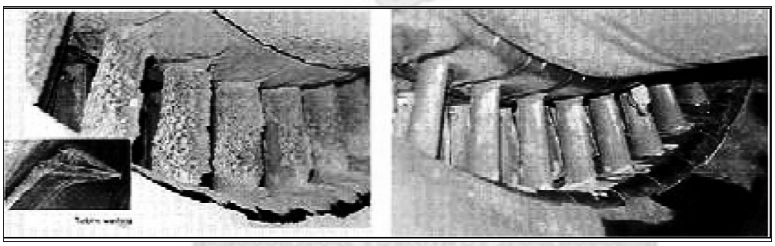
A hő- és villamos energiát kapcsoltan termelő üzemekben egyre jobban terjednek a gázturbinák. A nyílt ciklusú gázturbinák 30-40%-os villamos hatásfok között mozognak, a kombinált ciklusban 58%-os, míg a kapcsoltan hő-és villamosenergiát előállító erőművekben 80-90%-os összerőművi hatásfokot is el lehet érni. Hangsúlyozni kell azonban, hogy ezek a hatásfok mutatók új, tiszta gázturbinákkal teljes terhelésen, szabványos körülmények között érhetők el. Más körülmények között ezek az értékek jelentősen alacsonyabbak lehetnek. A gázturbinák gyors ütemű fejlesztésével a jövőben várhatóan még emelkedni fog a hatásfok és a villamos teljesítmény.



3.3.1-6. ábra: Siemens egytengelyű, V94.2 típusú gázturbina sematikus ábrája (Powergen)

A környezeti levegő keresztül áramlik a kompresszor levegőbeszívó rendszerén, majd szűrés után 10 és 30 bar közötti nyomásra sűrítik a nagyobb ipari gázturbinákban. Mivel a gázturbinák hatalmas mennyiségű levegőt használnak fel, a levegőben lévő akár alacsony koncentrációjú szennyeződés is jelentős lerakódásokat okozhat. A szennyeződés kiválik a kompresszor lapátokon, ami a gázturbina teljesítményének csökkenését eredményezheti. Ezt a hatást jól mutatják a képek, amelyeken az első sorban lévő lapátok láthatók mosás előtt és után.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.3.1-1. kép: GT kompresszorlapátok mosás előtt és után [164 Lenk and Volgtlander, 2001]

A lerakódás mértékének csökkentésére a levegőt megszűrik. Az égőkamrá(k)ban a tüzelőanyag 1235-1430 ºC-on ég el (nagy gázturbinák). Az égést követően a gáz a turbinán keresztül expandál, a turbina tengelye pedig generátort hajt meg, amely villamos energiát fejleszt.

A gázturbinákat **egy**- illetve **kéttengelyű**re tervezik. Az egytengelyű turbinák egy egybefüggő tengellyel rendelkeznek, ezért minden fokozat ugyanolyan fordulatszámmal üzemel. Néhol fordulatszám-csökkentő áttételt alkalmaznak a gázturbina és a generátor között.

A kéttengelyű gázturbinákban az alacsony nyomású rész (a munkaturbina) el van választva a nagynyomású résztől, amelyik a kompresszort hajtja. Az alacsony nyomású rész széles sebességsávban képes üzemelni, ami lehetővé teszi a változó sebességű alkalmazásokhoz történő illeszkedést. Ez a tulajdonság kevésbé fontos az erőművekben, mivel a meghajtott egység, a generátor, normál üzemben a hálózati frekvencia által meghatározott állandó sebességgel forog.

A legtöbb nagyteljesítményű gázturbinában repülőgépeken vagy gőzturbinákon kipróbált technológiákat alkalmaznak. A helyhez kötött gázturbinákban használatos anyagok három fő csoportját határozhatjuk meg:

- rozsdamentes acél (vas alapú),
- nikkel bázisú-
- és kobalt bázisú ötvözetek.

Általában a kompresszorokhoz használt anyagok is ugyanezek, mint ahogy ezek vannak a gőzturbinák nagy nyomású részeiben is. Nikkel bázisú anyagokat általában az égőtérben alkalmaznak. A gázturbina lapátok nikkel bázisú szuper ötvözetek, mivel azok jó mechanikus tulajdonságokkal bírnak magas hőmérsékleten.

A szuperötvözetek mechanikus tulajdonságainak optimalizálása következtében korróziós ellenállásuk nem optimális, különösen magas hőmérsékleten. A korróziós és oxidációs ellenállás növelésére a turbinalapátokon védőbevonatokat alkalmaznak. A kompresszor lapátokon a bevonatok a korróziós ellenállást növelik (alacsony hőmérsékleten a pára és savas oldatok kondenzálódnak, ami korrozív).

❖ Belső égésű dízelmotorok, kompressziógyújtású motorok

50 MW feletti bemenő hőteljesítményű, gázüzemű kompressziógyújtású motorokat ritkán alkalmaznak, ezért a jelen dokumentumban csak rövid leírást adunk ezekről. Az 1960-as és 1970-es években motorhajtású erőműveket főként rövid ideig tartó üzemre használtak, pl. vészhelyzetek, csúcsidők esetén és kismértékű villamosenergia termelés céljára. Napjainkban nagyobb, akár 150 MW_e kapacitású motorhajtású alaperőművek, valamint decentralizált, kisebb, egyidejű hő- és villamosenergia termelésre alkalmas (CHP) üzemek egyaránt léteznek.

Ennek a folyamatnak az az oka, hogy számos országban megtörtént a villamosenergia piacok megnyitása, privatizációja és decentralizálása, a jó hatásfokú és alapterhelésen történő üzemelésre alkalmas közepes fordulatszámú motorok utóbbi évtizedekben végbement

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

fejlődésével együtt. A piacon jelen vannak az 50 MW_{th} vagy ennél nagyobb bemenő hőteljesítményű, közepes fordulatszámú dízelmotoros egységek, valamint („magas" és „alacsony" nyomású (alternatív tüzelésű)) gáz-dízel motorok akár 40 MW_{th} bemenő hőteljesítményig, és akár 18 MW_{th} bemenő hőteljesítményű szikragyújtásos motorok.

Szikragyújtásos motorok

A hagyományos szikragyújtású benzines Otto-motorok hengereiben $\lambda \approx 1{,}05$ légfelesleg tényezővel megközelítőleg tökéletes égés zajlik le, ezáltal jó hatásfok biztosítható. Problémát jelent azonban a magas égési hőmérséklet miatt keletkező NO_x. Ennek elkerülésére fejlesztették ki a nagyobb légfelesleg tényezőjű ($\lambda > 1{,}5$), az ún. „lean burn" motorokat, amelyeknél az égéshez a fizikailag szükségesnél több levegő áramlik a hengerekbe, csökkentve ezáltal az NO_x kibocsátást. A szikragyújtásos Otto-gázmotor is gyakran a „nagy légfeleslegű" elv szerint működik. A sovány keverék begyújtásának és égésének stabilizálása érdekében nagyobb motoroknál egy dúsabb levegő/tüzelőanyag keveréket tartalmazó előkamrát is alkalmaznak. A gyújtást az előkamrában elhelyezett gyertya segítségével idézik elő, amely a hengerben lévő fő tüzelőanyag mennyiség számára magas energiájú begyújtást eredményez. Az égés folyamán felszabadult energiát a dugattyúk közvetítik a tengelyre, amelynek forgását egy lendítőkerék teszi egyenletessé. A motor tengelyéhez generátort csatlakoztatnak, amely villamos energiát állít elő. A motorokat alacsony nyomású gáz tüzelőanyaggal történő használatra tervezik.

Alternatív tüzelésű motorok

A hagyományos folyékony tüzelőanyagú dízelmotorok mellett alternatív tüzelésű motorok új motortípusként jelentek meg a piacon. Ezeket olyan országok részére fejlesztettek ki, ahol rendelkezésre áll a földgáz. A motor típusa a tüzelőanyagtól függ, alacsony nyomású földgázzal vagy folyékony tüzelőanyaggal is üzemeltethető, mint pl. gázolaj, nehéz fűtőolaj, biodízel olajok, stb. Bármely tüzelőanyag használata esetén teljes terheléssel képes működni. Gáz üzemmódban a motort a nagy légfeleslegű tüzelés elvén üzemeltetik, azaz kb. kétszer annyi levegő van a hengerben, mint a tiszta gáztüzelés esetén szükséges minimális mennyiség. Ez szabályozott tüzelést és magas specifikus hengerteljesítményt tesz lehetővé a folyamat megfelelő szabályozottsága esetén, a kopogás vagy öngyulladás közvetlen veszélye nélkül. Gáz-dízel motorokban a levegő-gáz keverék dugattyú általi kompressziója nem hevíti fel kellően a gázt ahhoz, hogy az égési folyamat beinduljon, emiatt bizonyos mennyiségű energia hozzáadására van szükség. E célból egy kisebb mennyiségű gyújtó tüzelőanyagot (gázolaj, stb.) fecskendeznek be. A folyékony tüzelőanyag, mint pl. a gázolaj öngyulladási hőmérséklete alacsonyabb, mint a gázé, ezért alkalmas a komprimált gáz-levegő keverék begyújtására. A gyújtó tüzelőanyag mennyisége a teljes terheléskor elhasznált tüzelőanyag mennyiség 1 és 5%-a között van. Folyékony tüzelőanyag esetén a motor a dízel folyamat szerint működik, gáz tüzelőanyag esetén pedig kvázi Otto-elv szerint, ahol a keveréket szikra helyett a gyújtóolaj gyújtja meg. A tüzelőanyag és levegő égő keveréke kitágul, miközben a felszabaduló energiát a dugattyú veszi át. A tengelyhez csatlakoztatott generátor pedig villamos energiát termel.

Gázmotorok használata kapcsolt hő- és villamosenergia termelés esetén

A kapcsoltan hő- és villamos energiát termelő gázmotoros létesítményeknél a generátor villamos energiát állít elő, míg a hengerek hűtéséből és a füstgáz lehűtésével nyert hőenergiát legtöbbször helységfűtésre használják. A forróvíz termelésen kívül sokszor használják a gázmotorokat gőztermelésre is. Ezt a füstgáz magas hőmérséklete teszi lehetővé. A gőznyomás általában 3 és 16 bar között van, de póttüzeléssel ellátott hőhasznosító kazánoknál magasabb nyomású gőz és nagyobb gőztermelés is elérhető. A 8 bar nyomású gőz kellően alkalmas sótalanításra és abszorpciós hűtési célokra, miközben egyes ipari folyamatok magasabb nyomású gőzt

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

igényelnek. A villamosenergia és hőfogyasztás közötti arány nagymértékben függ az adott ipari létesítménytől. Egy tipikus, 7–8 bar közötti nyomású gőzt termelő kapcsolt (CHP) létesítmény teljes hatásfoka kb. 60–70% kizárólagos gőztermelés esetén. Melegvíz termelés esetén ez az érték elérheti a 90%-ot. A teljes hatásfok attól a hőmennyiségtől függ, amit a motor vízhűtő rendszeréből vissza lehet nyerni. A gőztermelő rendszer rendelkezik egy kisegítő olaj- vagy gáztüzelésű kazánnal a motor égéstermék kazánjával párhuzamosan és rugalmasnak tekinthető olyan alkalmazások esetén, ahol nagy mennyiségű alacsony nyomású gőzre van szükség. A motor égéstermékeinek hőtartalmát közvetlenül vagy közvetve (levegő előmelegítőn keresztül) hasznosítani lehet szárításra, égéslevegő előmelegítésére, és más célokra is, az ipari folyamat követelményeitől függően.

Nagyobb szikragyújtásos motorok esetében a kilépő füstgáz oxigén tartalom általában 11–12 tf%, magasnyomású gáz-dízel motorok esetén ez az érték gyakran magasabb. Ezt az oxigént a hőhasznosító kazán póttüzeléséhez fő égéslevegőként is fel lehet használni. A rendszer lehetővé teszi magasnyomású gőz előállítását is, és így jó fajlagos hatásfokot biztosít a póttüzeléshez felhasznált kiegészítő tüzelőanyag kihasználásához. Jelenleg csak néhány, motorhoz kapcsolt, póttüzeléssel ellátott hőhasznosító kazán létezik; ennek oka, hogy nagy kihívást jelent az égés lángjának összehangolása a motor füstgázának pulzálásával, valamint a füstgáz viszonylag alacsony oxigén tartalma.

Érdekes a tápvizes kapcsolt ciklusú CHP koncepció, ahol a motor füstgázából és hűtőköreiből származó hulladékhőt egy meglévő, pl. gőzkazán berendezés hatásfokának javítására használják. A gázmotoros berendezés villamos hatásfoka növelhető, ha a hőhasznosítóban előállított gőzt gőzturbinába vezetjük. Az ilyen alkalmazásokban leginkább használt gőzturbinák egyfokozatú kondenzációs turbinák, ahol az alkalmazott gőznyomás általában 12 és 20 bar között van.

❖ Gáztüzeléses kazánok és léghevítők

Az erőművi gázkazánok hasonlóak a 3.2. fejezetben leírt olajkazánokhoz. Kizárólag gáztüzelésre való tervezés esetén az égéstér valamivel kisebb, de legtöbb esetben e kazánok együttégetésre vagy vészhelyzet esetén folyékony tüzelőanyagok elégetésére is alkalmasak. Az elégetett tüzelőanyagból származó hőt túlhevített gőz előállítására használják, amely gőzturbinában expandálva generátort hajt meg. Az energia gőzből villamos energiává történő átalakításának hatékonysága érdekében a legkorszerűbb gáztüzeléses kazánok szuperkritikus gőzparaméterekkel (> 221,2 bar; > 374,15 °C) dolgoznak, ami kondenzációs üzemmódban lehetővé teszi akár 48%-os hatásfok elérését, valamint kapcsolt hő- és villamosenergia termelés esetén 93%-os hatásfokot eredményezhet. E magas hatásfokokat kettős újrahevítéssel és a szuperkritikus gőzparaméterekkel, (pl. 290 bar és 580 ºC) lehet elérni.

A gázüzemű kazánok másik alkalmazási területe a segédkazánként való használat, a beindítás elősegítésére, beleértve a hidegindítás lehetőségét különböző típusú hőerőművek esetén. Segédkazánokat a legtöbb villamos erőműben is használnak az épületek és berendezések állásidő alatti fűtésére. Ezek a kazánok viszonylag alacsony nyomású, enyhén túlhevített gőzt állítanak elő. Jelen dokumentumban nem foglalkozunk ezekkel a kiskazánokkal.

A feldolgozóipar és a távfűtés területén nagy számban alkalmaznak gázkazánokat. Legtöbbjük közepes létesítményű (azaz 50 MW_{th} és 300 MW_{th} közötti). Az ilyen szintű hőteljesítmények esetében az SO_2 és az NO_x kibocsátás egyre erősebb korlátozása a földgáz fokozódó felhasználásához vezet. Ezen kazánok jelentős része vészhelyzetekben és együttégetés esetén folyékony tüzelőanyaggal is üzemeltethető. A gázkazánok tüzeléstechnikai rendszerei hasonlóak a szén- ill. olajtüzeléses kazánokhoz.

Gázégőket szintén gyakran használnak léghevítőknél, amelyeket néha technológiai kemencéknek vagy közvetlen tüzelésű hevítőknek is neveznek. Ezek olyan hőátadó egységek, amelyeket

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

csövekben áramló kőolajtermékek, vegyi anyagok és egyéb folyadékok és gázok melegítésére használnak. A folyadékok vagy gázok egy kemencében vagy hevítőben elhelyezett csővezetékrendszeren áramlanak keresztül. A csöveket közvetlen tüzelésű égők hevítik; az égők szabványos, meghatározott tüzelőanyagokat használnak, mint pl. nehéz fűtőolaj, könnyű fűtőolaj és földgáz, vagy az üzemi folyamatok melléktermékei, ezek összetétele azonban igen változatos lehet. Az Egyesült Államokban a legtöbb ipari létesítménynél rendszerint gáznemű tüzelőanyagokat használnak. Európában általában földgázt, valamint könnyű fűtőolajat. Ázsiában és Dél-Amerikában inkább nehéz fűtőolajat használnak, bár itt is emelkedik a gáznemű tüzelőanyagok alkalmazása. A gázos és folyékony tüzelőanyaggal üzemeltetett hevítőkről a 3.2 fejezet tartalmaz részletesebb tájékoztatást.

Gáznemű tüzelőanyagokat támasztó vagy indítási tüzelőanyagként használnak szén-, lignit ill. olajtüzeléses kazánokban. Ezekről a tüzeléstechnikákról a 3.1. és 3.2. sz. fejezetek adnak részletesebb tájékoztatást.

- **Kombinált ciklusú erőművek**

Napjainkban az új villamosenergia-termelési kapacitás körülbelül felét a kombinált ciklusú erőművek adják. Ezekben az üzemekben a gázturbinához kapcsolódva gőzturbina is részt vesz a villamosenergia fejlesztésben, így a gázturbina kilépő forró füstgázának energiája is hasznosul a gőzturbina segítségével.

Fontosnak tartjuk rögzíteni, hogy a kombinált ciklusú energiatermelés nem azonos a kapcsolt energiatermeléssel.

A kombinált ciklusú erőművek nem feltétlenül adnak ki hőenergiát is. Kapcsolt energiatermelésnek nevezzük azt a folyamatot, amelynél a berendezés a villamosenergia termeléshez kapcsolódóan hőt is termel a fogyasztó számára. Műszaki és költséghatékonysági okokból a kombinált ciklusú gázturbina (CCGT) kizárólagos tüzelőanyagai a gyakorlatban a földgáz és a könnyű kénmentes tüzelőolaj, mint tartalék üzemanyag.

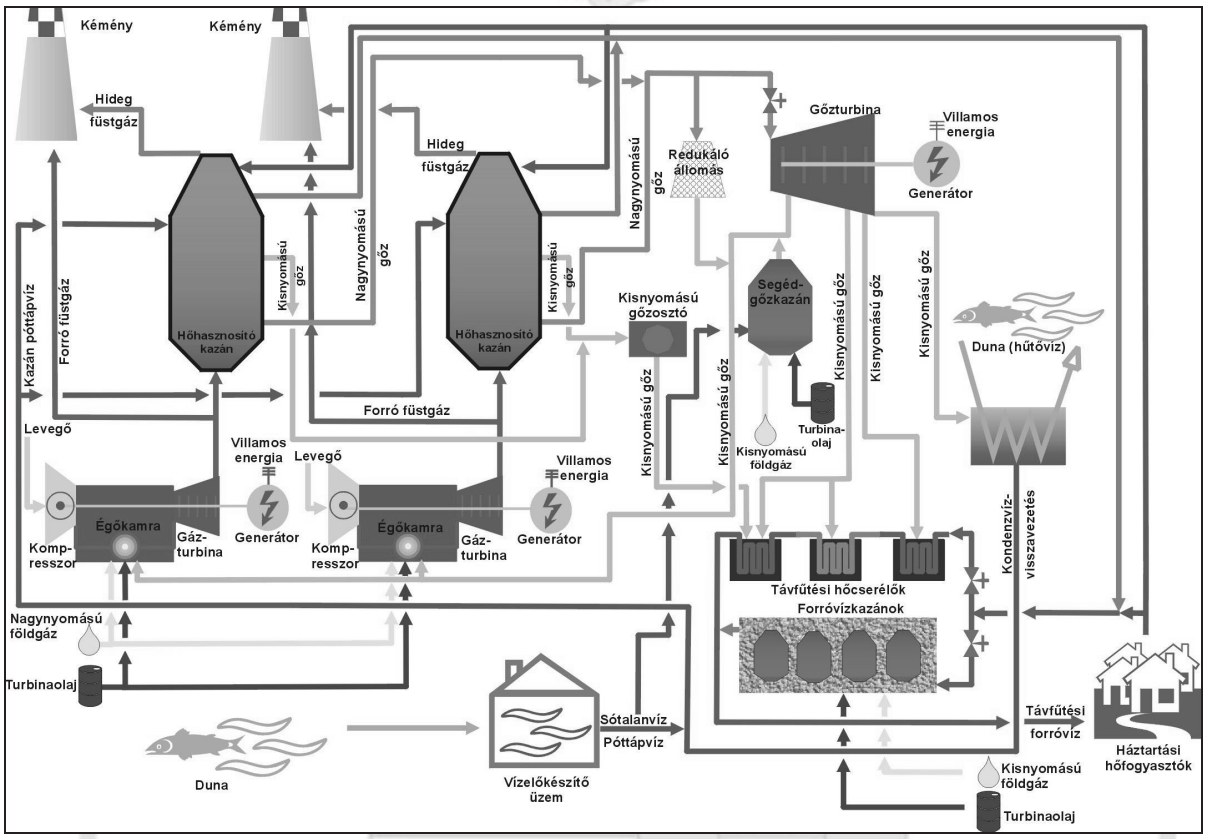
Kombinált ciklusú gázturbinás erőművekben (CCGT) a gázturbina hatásfoka körülbelül 33-38%. A gázturbinából kilépő forró füstgáz hőmérséklete – terheléstől és turbinatípustól függően – 430 °C és 630 °C között változik. Ezt a forró füstgázt a hőhasznosító kazánba vezetik, ahol nagynyomású gőzt állítanak elő, amelyet a hagyományos erőművekben megszokott módon gőzturbinában expandáltatnak. Ezen erőművek nagy előnye a magas hatásfok és a más típusú erőművekhez képest alacsonyabb beruházási költség. Az utóbbi húsz évben a kombinált ciklusú erőművek villamos hatásfoka 45%-ról 58%-ra emelkedett. A kombinált ciklusú technológia fejlesztése továbbra is folyik, a közeljövőben az erőművek hatásfoka 60% fölött várható. A mai CCGT erőművekben a kimenő teljesítmény kb. kétharmadát adják a gázturbinák és egyharmadát a gőzturbinák.

A hőhasznosító kazánokban a füstgáz hőjének hasznosítása mellett lehetőség van póttüzelésre is. Ez gyakran használt eszköz a kazán – gázturbina kimenő teljesítményétől független gőztermelésének szabályozására.

A hőhasznosító kazánokban a füstgáz hőjének hasznosítása mellett lehetőség van póttüzelésre is. Ez gyakran használt eszköz a kazán – gázturbina kimenő teljesítményétől független gőztermelésének szabályozására.

Mivel mind a földgáz, mind a könnyű kénmentes tüzelőolaj igen tiszta tüzelőanyagok és gázturbinákban gyakorlatilag tökéletesen elégethetők, a CCGT erőművekben nincs gond a hamuval, szén-monoxiddal, korommal vagy a kén-dioxiddal.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.3.1-7. ábra: A Csepel II CCGT Erőmű folyamatábrája

Az egyetlen probléma az NO_x, amit a modern üzemekben speciális, un. **NO_x szegény égők**kel – ahol a tüzelőanyag és az égéslevegő összekeverése még az égőtérbe jutás előtt megtörténik –, ritkábban a hőhasznosító kazánokhoz telepített szelektív katalitikus redukció elvén működő leválasztóval (SCR) szabályoznak. Régebbi égőknél az NO_x csökkentés víz- vagy gőz égőtérbe befecskendezésével oldható meg, de ez az erőmű hatásfokának csökkenésével jár.

A gázturbinák természetüktől fogva igen zajosak, ezért speciális zajvédő burkolattal látják el őket, és hangtompítókat szerelnek a gázturbina légbeszívóira és füstgáz elevezető csatornáira is.

3.3.1-2. kép: 2000-ben épült CCGT erőmű Csepelen

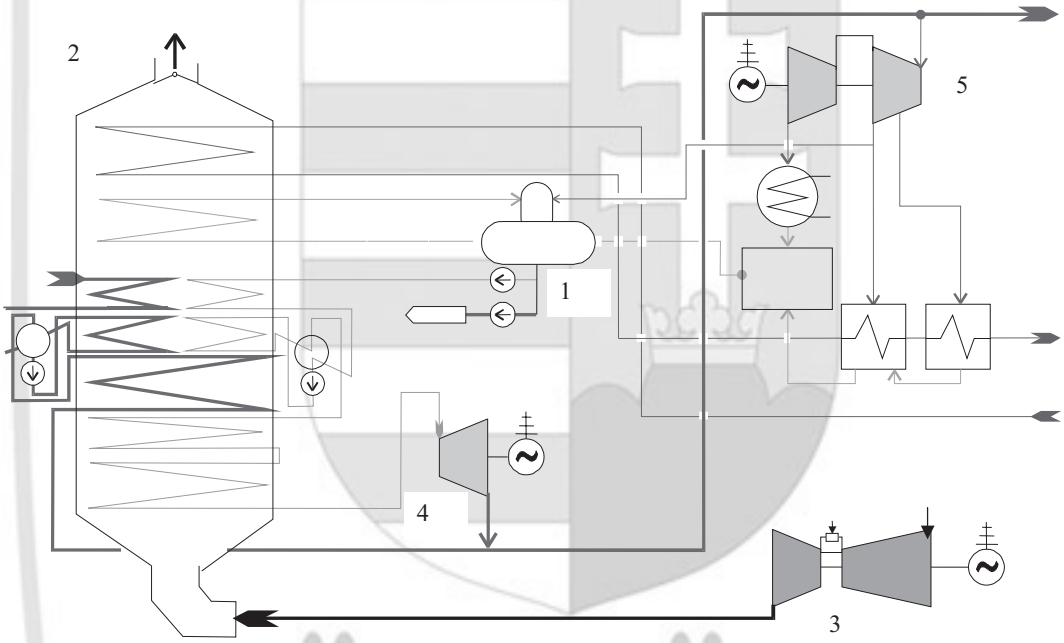
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az erőművi szektorban a gázturbinát elhagyó füstgáz energiájának hasznosítására az alábbi megoldások terjedtek el:

- Füstgázhasznosítás hőhasznosító kazánban (HRSG), póttüzelés nélkül
- Füstgázhasznosítás hőhasznosító kazánban, póttüzeléssel (póttüzeléses kombinált ciklus)

Kombinált ciklus póttüzelés nélkül

A folyamat során az összes tüzelőanyag a gázturbinában ég el, és nincs további tüzelés a hőhasznosító kazánban (HRSG). A hőhasznosító kazán a gázturbina füstgázában lévő hőenergia segítségével termeli a gőzt, amely aztán a gőzturbinán keresztül villamosenergia előállítását teszi lehetővé. Az ilyen típusú kombinált ciklusú gázturbinák ma már 58%-os hatásfokot is el tudnak érni. A felhasznált tüzelőanyag általánosan földgáz vagy könnyű kénmentes tüzelőolaj, de szén felhasználása is lehetséges egy gázturbina elé telepített gázgenerátorral.



1-Táptartály, 2-HRSG, 3-GT2, 4-BPT, 5-CST

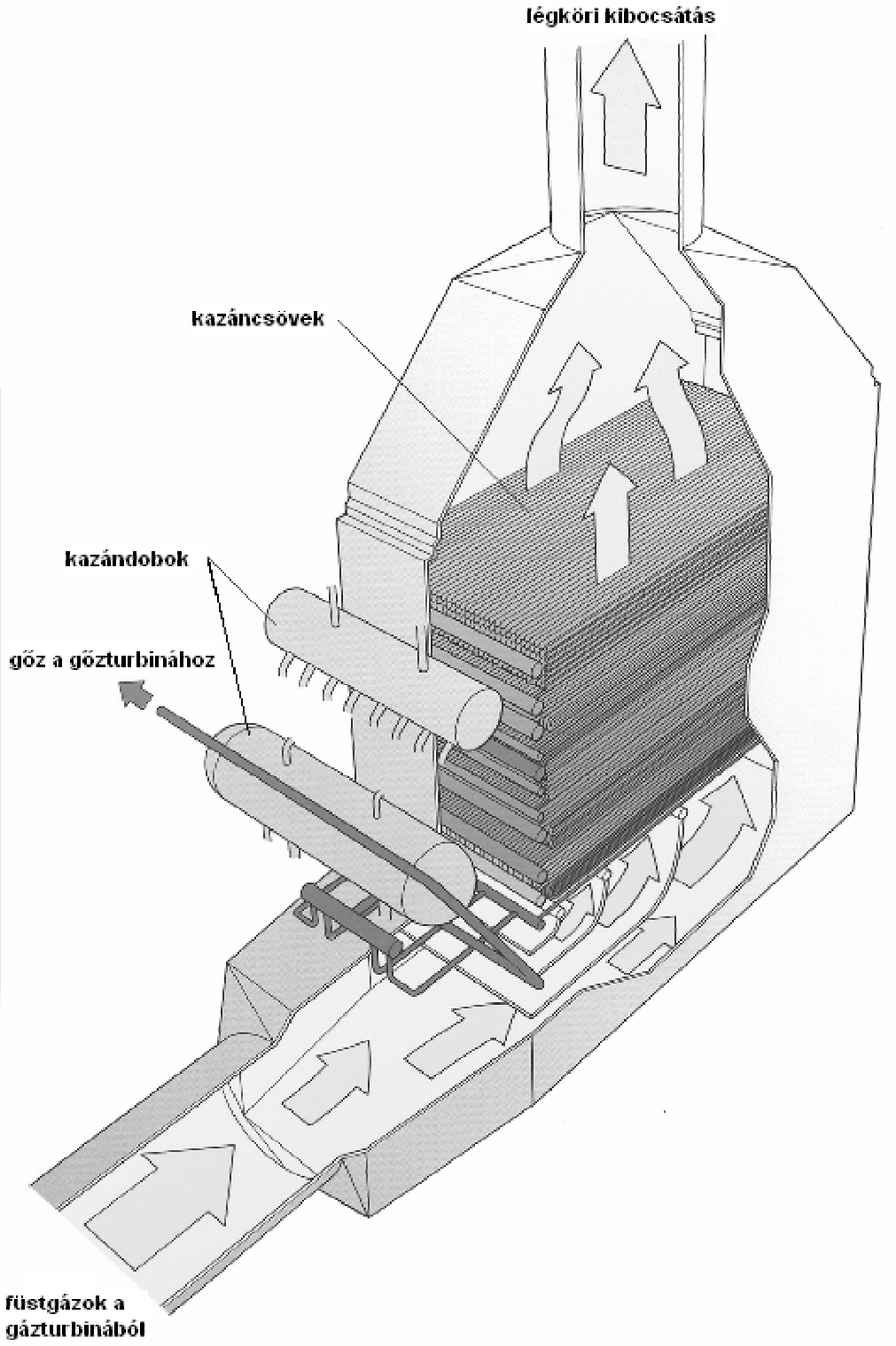
BPT – ellennyomású turbina, CST – kondenzációs gőzturbina

3.3.1-8. ábra: A kombinált ciklus póttüzelés nélküli sémarajza [Dunamenti Erőmű Zrt. G2 blokk hőséma]

A többtengelyű kombinált ciklusú rendszerekben egy vagy több gázturbina-generátor egység van és a hőhasznosító kazánok egy közös elosztón keresztül szolgáltatják a gőzt a különálló egyetlen gőzturbina részére. Ezeket a kialakításokat főleg olyan üzemekben alkalmazzák, ahol igény van a gázturbinák gőzrendszertől független üzemelésére is. Itt bypass kéményt vagy csappantyút is beépítenek.

A hőhasznosító kazánok általában konvektív (áramlásos) hőcserélők, bordázott csövekkel, ahol a füstgáz hője a víz-gőz ciklusban hasznosul. A legmagasabb hatásfok elérése érdekében törekednek a füstgáz maximális lehűtésére. A hűtés korlátja a korrózióveszély, amely főleg a kéntartalmú gáz vagy tüzelőolaj füstgázából illetve alkotóelemeiből kondenzálódó (kén)sav miatt lép fel. Ezért a füstgázt nem ajánlatos 100 ºC alá hűteni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



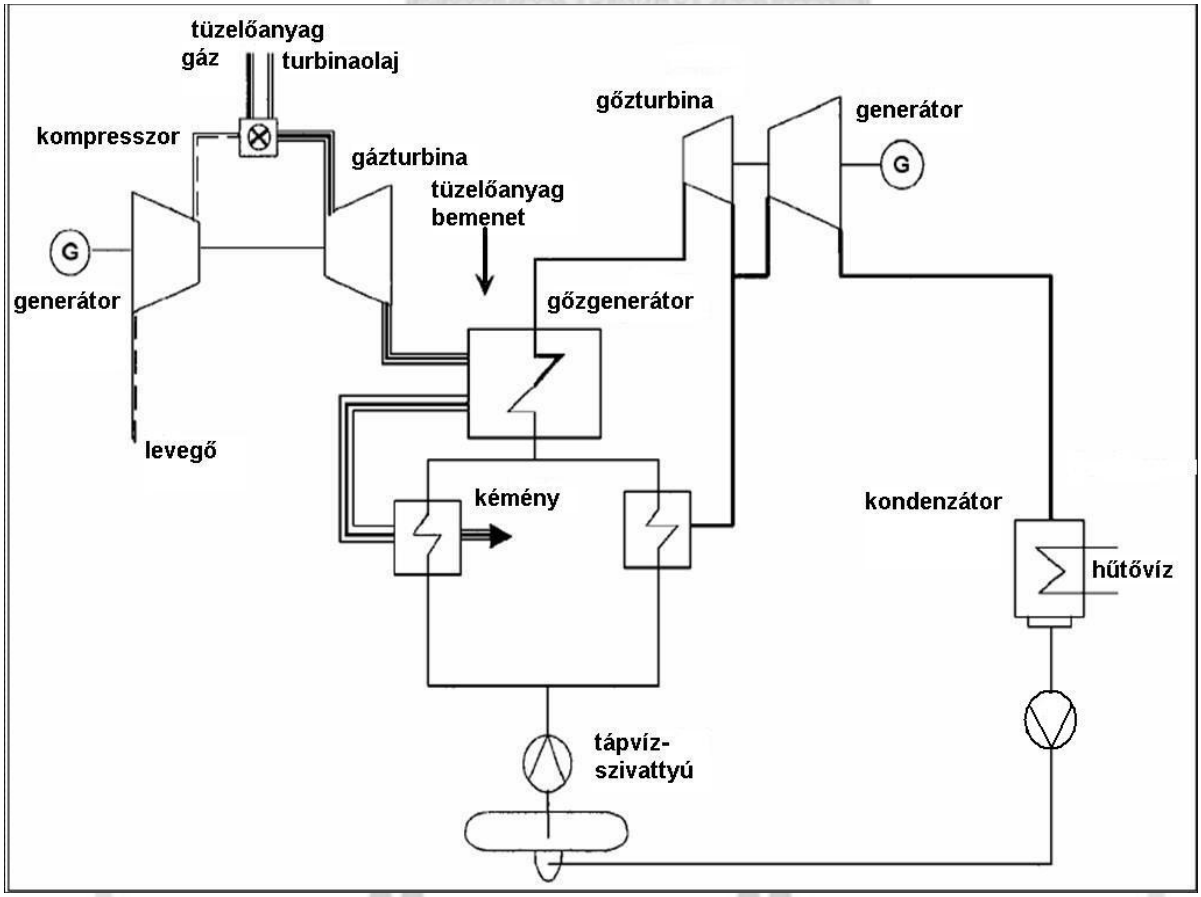
3.3.1-9. ábra: Hőhasznosító kazán sematikus ábrája (Powergen)

A hőhasznosító kazánok függőleges füstgázcsatornával(vízszintes csövek, az elgőzölögtető rendszer természetes cirkulációjával) és vízszintes füstgázcsatornával (függőleges csövek, az elgőzölögtető rendszer kényszerkeringtetésével) kialakításúak lehetnek. A választást a helyigény és a megrendelő igényei szabják meg. Mindkét megoldás elterjedt.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Póttüzeléses kombinált ciklus

Ebben a ciklusban a gázturbina füstgáz hője égéslevegőként funkcionál egy hagyományos erőmű szén- vagy gáztüzelésű gőzkazánjaiban. Bár új erőművekben is kivitelezhető, a múltban mégis tipikusan már meglévő üzemek hatásfokának és/vagy a kapcsolt termelésű üzemek hőkapacitásának növelésére alkalmazták. A póttüzeléses kombinált ciklusú gázturbinák 48%-os hatásfokot képesek elérni.



3.3.1-10. ábra: Póttüzeléses kombinált ciklus sematikus rajza [32,Rentz, et al., 1999]

A póttüzeléses kombinált ciklusban levegő előmelegítőkre nincs szükség, és el is távolítandók. A gázturbinát úgy méretezik, hogy körülbelül annyi füstgáz hagyja el, mint amekkora a kazánokban az égéslevegő tervezett árama. Mivel a gázturbina füstgázában alacsonyabb az oxigéntartalom, mint a környezeti levegőé, a meglévő kazánokban kevesebb tüzelőanyag égethető el. Ez azt eredményezi, hogy az átlaghőmérséklet csökken, így kisebb lesz a gőztermelés is. A kazán kilépő füstgáz hőmérséklete nem változik. A füstgázban lévő hő hasznosítására a kazánba nagy- és kisnyomású hőcserélőket telepítenek. Ezekben – hasonlóan a már meglévő tápvíz előmelegítőkhöz – a tápvíz egy részét melegítik elő.

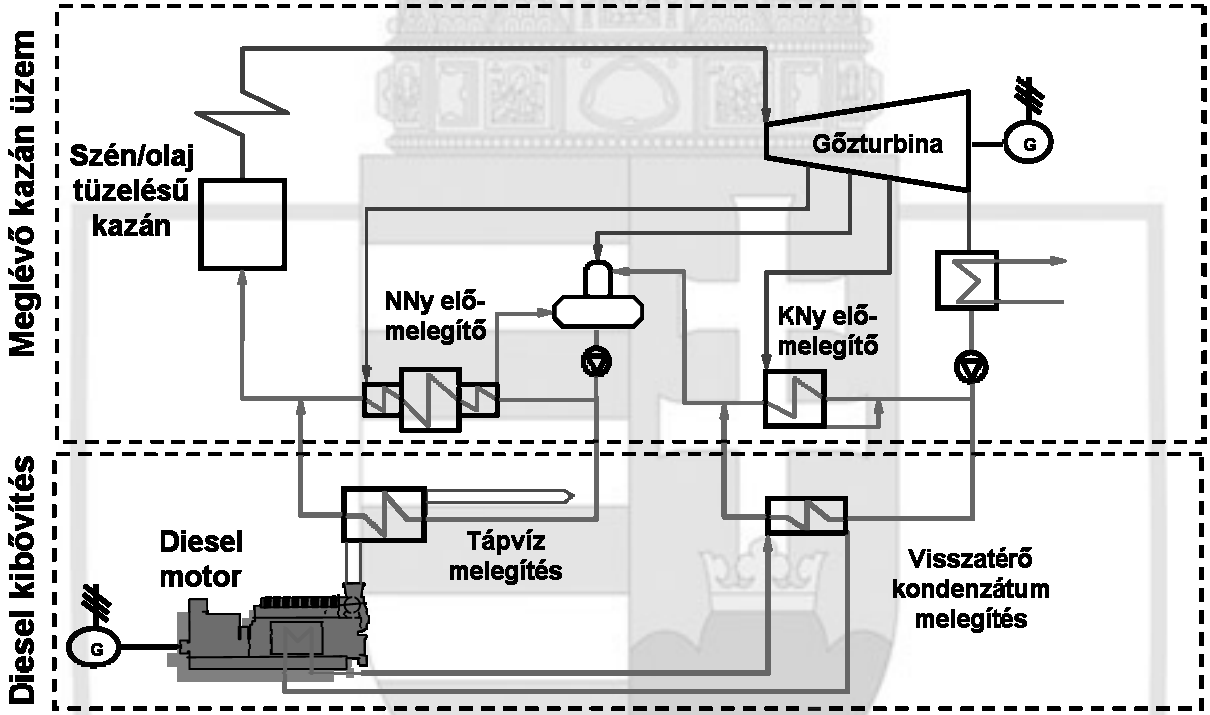
Kombinált ciklus tápvíz melegítéssel (Feedwater Combined Cycle – FwCC)

Egy meglévő technológiát (hagyományos vagy kombinált ciklusú erőmű) ki lehet egészíteni egy további gázturbinával vagy gázmotorral és annak füstgázhőjét – és gázmotornál a motorköpeny hűtőkör hőjét is – az eredeti víz-gőz körfolyamatban lehet hasznosítani tápvíz előmelegítésre. A legideálisabb eset, ha a teljes tápvíz előmelegítést megfelelően méretezett gázturbina/gázmotor felhasználásával oldják meg, és egyáltalán nem vesznek el gőzt a körfolyamatból. Mivel így a

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

meglévő gőzturbinából kevesebb gőzt kell kivenni, így a villamos teljesítmény megnő. A hatásfokot körülbelül 2-3%-kal lehet növelni a gázturbina/gázmotor és a már meglévő gőzturbina teljesítményétől függően.

Mivel ez a ciklus nem érinti a már meglévő kazán égési folyamatát, így a kazánból történő emisszió sem változik. Az újonnan telepített gázturbina/gázmotor füstgázkibocsátása önálló pontforrás.



3.3.1-11. ábra: Hagyományos üzem kibővítése Diesel motorral – tápvíz melegítéssel (Wärtsilä)

❖ **Kapcsolt hő- és villamosenergia termelés (kapcsolt energiatermelés – CHP)**

A tüzelőanyag energiájának csak 40-60%-a (tüzelőanyag fűtőértéken – LHV – számolva) alakítható át villamos energiává kizárólag villamos energiát termelő erőművekben. A többi elvész, mivel az alacsony hőmérsékletű hulladékhő a levegőbe vagy vízbe, illetve mindkettőbe távozik. Mivel a végfelhasználóknak távfűtéshez és számos ipari folyamathoz nagy mennyiségű hőre van szükségük, felmerül a kérdés, hogyan lehetne hasznosítani a kondenzációs erőművek ilyen kidobott hőjét. A kérdésre egyszerű termodinamikai válasz adható: növeljük az ilyen kidobott hő hőmérsékletét a szükséges hasznos szintre, pl. 70-120 ºC-ra távfűtéshez és 120-200 ºC-ra ipari folyamatokhoz. Ez azonban az áramtermelés rovására történik.

A kapcsolt hő- és villamosenergia termelés az energiahatékonyság javításának, a bevitt energia rendszer struktúrájának befolyásolásával elérhető eszköze. A kapcsolt energiatermelés minden esetben tüzelőanyag megtakarítást jelent a fosszilis tüzelőanyagokból külön-külön megvalósított hő- és villamosenergia termeléshez képest. Ha a helyi hőterhelés elegendően magas, és ennek következtében a kapcsolt termelés is elég nagy, akkor így pénzmegtakarítás érhető el. Műszaki szempontból minden erőművet át lehet állítani kapcsolt hő- és villamosenergia termelésre. A gázturbina alkalmazásának megfelelősége kapcsolt hő- és villamosenergia termelés esetén részben kapcsolatban áll a viszonylag alacsony beruházási költségekkel és az elérhető magas körfolyamati hatásfokkal.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gázturbinából kilépő füstgáz hőjét hőhasznosító kazánban történő gőztermelésre használják. A gőz teljes mennyisége felhasználható villamosenergia termelésre, mint a kombinált ciklus esetén, vagy részben (vagy néha teljesen) el lehet venni és a fogyasztók gőzellátására felhasználni; a fogyasztók ebben az esetben a gőzt saját folyamataikhoz vagy más célokra, pl. távfűtésre használhatják.

Az erőművel kapcsolatban meghatározott követelmények teljesítésére számos lehetséges konfiguráció létezik. A hő és villamosenergia iránti igénytől függően a legáltalánosabbak a következők:

- gázturbina hőhasznosító kazánnal, a megtermelt hő átadása a gőzfogyasztók részére
- gázturbina hőhasznosító kazánnal, ellennyomású gőzturbinával, a megtermelt hő átadása a gőzfogyasztók részére
- gázturbina hőhasznosító kazánnal, gőzelvétellel a fogyasztók részére és/vagy az elvett gőz felhasználása fűtési célokra és vákuumgőz kondenzátor. Ez a megoldás általában nagyobb rugalmasságot tesz lehetővé a villamosenergia és a hő arányának tekintetében
- gázturbinás körfolyamat gőzbefecskendezéssel (STIG), ahol a gőzt szintén a füstgáz hőjével állítják elő, de részben befecskendezik a gázturbinába (ld. Cheng-folyamat). Ezeket elsősorban aeroderivatív gázturbináknál alkalmazzák, gőzturbina nélkül. E körfolyamatot főképp kapcsolt hő- és villamosenergia termelésnél, időszakos ipari gőz igények kielégítésére alkalmazzák.

Cheng ciklus

A „Cheng ciklusban" a gázturbinából származó füstgáz hőjét gőztermelésre használják, ahol a termelt összes gőzt a gázturbinába vezetik. A gyakorlatban a Cheng-ciklust olyan kapcsolt hő- és villamosenergia (CHP) egységekben használják, ahol a fogyasztói gőzigény változó. Olyan esetekben, ahol hőre nincs vagy csak kisebb mennyiségben van igény, a keletkezett gőzt villamosenergia termelésre lehet használni. Megjegyezzük, hogy a gőztermeléshez jó minőségű pótvízre van szükség, hisz a gőz magas hőmérsékleti zónában áramlik a turbinán át. A gőz a turbinából a füstgázzal együtt távozik a szabadba, ezért a vízveszteséget jó minőségű tápvízzel pótolni kell. 1200 ºC turbina bemeneti hőmérséklet esetén 50%-ot meghaladó erőművi hatásfokkal lehet számolni.

(5) MAGYARORSZÁGI PÉLDÁK AZ ALKALMAZOTT ELJÁRÁSOKRA ÉS TECHNOLÓGIÁKRA

A 3.3.1.sz. alfejezet ezen részében néhány példát sorolunk fel a különböző gáztüzeléses létesítmények napjainkban Magyarországon alkalmazott technikáival és folyamataival kapcsolatban. A példákkal az a célunk, hogy bemutassuk, mennyire speciális technikákat alkalmaznak az új és felújított létesítményekben a környezetvédelem magas szintjének biztosítása érdekében, teljes egészében figyelembe véve az adott helyszínre jellemző, speciális feltételeket és környezetvédelmi előírásokat.

KOMBINÁLT CIKLUSÚ GÁZTURBINÁS ERŐMŰRE VONATKOZÓ PÉLDA

A kereskedelmi üzemét 2000. novemberében megkezdő Csepel II Erőmű Budapest XXI. kerületében, ipari környezetbe tervezett és épült kombinált ciklusú erőmű (CCGT). Beépített villamos teljesítőképessége 389 MW_e, kapcsolt hőtermelő kapacitása 134 MW_{th}.

A két egymás után kapcsolt villamosenergia termelő ciklus főberendezései a szakmai gyakorlatban elterjedt 2:2:1-es elrendezésben kerültek beépítésre, amely két gázturbinát, két hőhasznosító kazánt és egy gőzturbinát jelent. Ez az elrendezés teszi képessé az erőművet arra,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

hogy terhelését viszonylag tág terhelési tartományon belül legyen képes változtatni. Az ellátásbiztonság folyamatos fenntarthatósága érdekében további segédkazán és tartalék forróvíz kazánok kerültek beépítésre, melyek garantálják a hő-és forróvíz-fogyasztók ellátását változó üzemállapotok és hőigény esetén. Az erőmű elsődleges tüzelőanyagként földgázt használ, tartalék üzemanyagként gázturbina olajjal is képes üzemelni.

Az erőmű Magyarország évi villamosenergia felhasználásának megközelítőleg 7%-át képes biztosítani, és 120 kV-os távvezetékrendszeren keresztül kapcsolódik az országos villamos hálózatra.

3.3.1-3. kép: A Csepel II CCGT Erőmű látványterve

A két darab egytengelyes MS9001E General Electric gyártmányú gázturbina egy 17 fokozatú kompresszorból, egy 14 db gyűrűs égőkkel ellátott égőberendezésből és egy 3 fokozatú munkaturbinából áll. Az égőtérbe nagytisztaságú gőz kerül befecskendezésre az NO_x kibocsátás csökkentése érdekében. A gázturbinákat hangelnyelő burkolat veszi körül. Mindkét gázturbina elektromos teljesítménye 139 MW, 1 °C környezeti hőmérsékletnél és 1013 mbar nyomásnál. A legnagyobb kimenő teljesítményt mind földgáz, mind gázturbina olaj tüzeléssel el lehet érni. A turbina melegoldalán a generátor mereven van csatlakoztatva. A turbinák füstgáza egy csappantyún keresztül jut a hozzájuk csatlakozó hőhasznosító kazánba.

Az AE Energietechnik gyártmányú hőhasznosító kazánok (HRSG) a gázturbinákból kilépő forró füstgáz hőenergiáját hasznosítják. A kazánokat meg lehet kerülni, ekkor a turbina füstgáza a csappantyú segítségével közvetlenül a kéményekbe juttatható.

A kazán vízoldala egy távfűtő körből, egy nagynyomású és egy kisnyomású részből áll. A jobb hőátadás érdekében vízszintes elhelyezkedésű bordás csövekben áramlik a víz. A kazán természetes cirkulációjú. A hőhasznosító kazánok megtáplálása három kondenzvíz szivattyúról történhet. Két tápszivattyú szállítja a vizet a kisnyomású kazándobból a nagynyomású kazándobba. Mind a kisnyomású, mind a nagynyomású rész egy tápvíz előmelegítőből,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

kazándobbal ellátott elgőzölögtetőből és egy túlhevítőből áll. A kisnyomású kazándob gáztalanító fejet is tartalmaz. A kisnyomású rész kilépő üzemi paraméterei 184 °C és 7,2 bar, a nagynyomású részen ez 512 ºC és 89 bar.

A gőzturbina GE gyártmányú, egytengelyes, axiális kivitel kombinált kis és nagynyomású résszel. A nagynyomású rész 14 fokozatból, míg a kisnyomású rész 5 fokozatból áll. A gőzturbina merev tengelykapcsolóval van a generátorhoz csatlakoztatva.

A turbina teljes kondenzációs üzemmódban vagy részben elvételes üzemmódban is üzemelhet. Ilyenkor a turbina megcsapolásokon keresztül elvett gőzből a távfűtő rendszer számára lehet hőenergiát szolgáltatni. Teljes kondenzációs üzemmódban a turbina elektromos teljesítménye 118 MW.

A Duna-vízzel hűtött ABB gyártmányú gőzturbina kondenzátor egy utas rendszerű. Az acélcsövek felületén a turbinából kilépő gőz kondenzálódik és átadja a hőtartalmát a hűtővíznek. A hatékony hőátadás fenntartása érdekében egy szivacslabdás csőtisztító rendszer is csatlakozik hozzá.

	Csepel II Erőmű
Elhelyezkedés	Budapest XXI. kerület
Üzem típusa	Hő- és villamosenergia termelés
Tüzelőanyagok	Földgáz (tartalék: gázturbina olaj)
Tüzelési technika	2 db kombinált ciklusú gázturbina
Teljesítmény	396 MW
Kibocsátási csökkentési intézkedések	Gőzbefecskendezés
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3) csökkentési intézkedés nélkül	200-250 (15% O_2 ref.)
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3) csökkentési intézkedéssel	80-85 (15% O_2 ref.)
SO_2 kibocsátási szint (mg/Nm^3)	0
CO kibocsátási szint (mg/Nm^3)	5 (15% O_2 ref.)

3.3.1–4. táblázat: Magyarországi kombinált ciklusú erőmű bemutatása

KOMBINÁLT CIKLUSÚ HŐTERMELŐ ERŐMŰRE VONATKOZÓ PÉLDA

A Budapesti Erőmű ZRt. kombinált ciklusú hőtermelő erőmű egységgel bővített Kispesti Erőműve az ország egyik legkorszerűbb, kapcsolt energiatermelést végző erőműve.

Az MVM Rt. 97/1 jelű kapacitás tenderének egyik nyertese 1999-ben a Budapesti Erőmű Rt. Kispesti Erőmű Projektje volt. A tervezést és engedélyeztetést követően az erőmű technológiai fejlesztése 2002-ben indult el. A Kispest projektben a legkorszerűbb gáz-gőz körfolyamatú hőszolgáltató erőmű létesült, 114 MWe beépített villamos teljesítménnyel és 122 MWth beépített hőteljesítménnyel. Az új erőmű egység megépítésével párhuzamosan a megmaradó berendezések teljes felújításra kerültek. A 2004 augusztusában kereskedelmi üzembe állt erőmű éves energiatermelési hatásfoka meghaladja a 81%-ot, a kapcsolt villamosenergia termelés energetikai mutatója (áram/hő arány) pedig mintegy 0,8.

A 70 MW villamos teljesítményű GE 6001 FA típusú gázturbina fő tüzelőanyaga a földgáz, de emellett tüzelőolajjal is üzemeltethető. A gázturbina egytengelyes gép, kompresszorból, tüzelőberendezésből és turbinából áll. Szűrő rendszeren keresztül a kompresszor szívja be a levegőt, majd sűríti, és juttatja el az égőkamrába, ahol a tüzelőanyag elégetése történik. A gázturbinát az alacsony zajszint biztosítása érdekében hangelnyelő burkolat veszi körül. Az alacsony NOx kibocsátás érdekében a gépben NOx szegény égők vannak, amelyek földgáztüzelés esetén szárazan üzemelnek, míg tüzelőolaj tüzelés esetén sótalan vizet fúvatnak az égőkamrába. Az égőkamrából kilépő füstgáz a turbinában expandál, majd a kompenzátoron átáramolva kb. 590ºC-osan jut a hőhasznosító kazánba. A hőhasznosító kazán két részből áll, egy

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

távfűtési vízmelegítő részből és egy nagynyomású gőztermelő részből. A kazánban termelt 90 bar nyomású, 500ºC hőmérsékletű gőzt egy egyházas, egyszeres beömlésű, megcsapolásos, úgynevezett kétlábú fűtőturbina hasznosítja. A gőzturbina névleges villamos teljesítménye 44 MW, a gépből kilépő gőz két fokozatban, hőcserélőkben melegíti fel a távfűtési rendszer vizét.

A régi erőműből megmaradó berendezések felújítása és átalakítása annak érdekében történt meg, hogy létrejöhessen az együttműködés a két erőműrész között, valamint a tüzelőberendezések megfeleljenek a környezetvédelmi elvárásoknak. A gőz- és forróvíz kazánok átalakítása magukban foglalták a tűztéri csőcserét, a fűtőfelületek felújítását, falazati rekonstrukciót, NOx szegény égők beépítését, és új SIEMENS gyártmányú égővezérlés beépítését.

Az erőmű a főváros dél-pesti távfűtési körzetének hőforrása, villamos oldalon pedig 120 kV-os feszültségszinten kapcsolódik a hálózathoz.

3.3.1-12. ábra Kombinált ciklusú hőtermelő egység látképe

	BE ZRt. Kispesti Kombinált Ciklusú Gázturbinás Hőszolgáltató Erőmű
Elhelyezkedés	Budapest, XVIII. kerület
Üzem típusa	Kapcsolt hő és villamosenergia termelés
Tüzelőanyag	Földgáz (tartalék: tüzelőolaj)
Tüzeléstechnika	1 db kombinált ciklusú gázturbina 1 db gőzkazán 2 db forróvíz kazán
Névleges villamos teljesítmény (MW_e)	114
Névleges hőteljesítmény (MW_{th})	122+2x116
Bemenő hőteljesítmény (MW_{th})	204+60+2*132
Kibocsátás csökkentési intézkedés	NO_x szegény égők alkalmazása
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3)	63 (3% O_2 ref.)
CO kibocsátási szint (mg/Nm^3)	22 (3% O_2 ref.)
SO_2 kibocsátási szint (mg/Nm^3)	0 (3% O_2 ref.)

3.3.1–5. táblázat: Magyarországi kombinált ciklusú hőtermelő egység bemutatása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

KAPCSOLT ENERGIATERMELÉST MEGVALÓSÍTÓ GÁZTURBINÁS ERŐMŰ BEMUTATÁSA

A Dunamenti Erőműben a 90-es években, elsősorban a korszerű kapcsolt energiatermelés megvalósítására és környezetvédelmi okokból két gázturbinás egység épült: a kapcsolt energiatermelést biztosító G1 blokk, és a kombinált ciklusú G2 blokk. Logikailag ezekhez a blokkokhoz sorolandó a 2004-ben felújított, C6 jelű, 17 bar nyomású gőz hasznosítására alkalmas kondenzációs gőzturbina. Ennek fő szerepe a – kapcsolt energiatermeléssel összefüggően jelentkező – gőzfeleslegek értékesíthető villamos energiává alakítása.

A gázturbinából és hőhasznosító kazánból álló **G1 blokk** technológiai gőzt biztosít kapcsolt villamosenergia-termelés mellett. A 145 MW_e teljesítményű gázturbinával egy tengelyen szerelt 16 fokozatú axiál kompresszor a környezetből levegőszűrőkön keresztül beszívott levegőt 9,5-10,5 bar nyomásra sűríti. Az égés a turbina két oldalán található 2 db függőleges égőkamrában történik, melyekben 8-8 db kombinált égő található. Az égőkben diffúz és DLN (premix) gázégő, valamint olajégő található. A felhasznált tüzelőanyag általában földgáz, de lehetőség van vegyes tüzelés megvalósítására is, a diffúz gáz-, illetve olajégők használatával. Olajtüzelés esetén sótalanvíz befecskendezéssel csökkenthető az égés során keletkező NO_x. 2005-ben felújításra kerültek az eredeti premix gázégők, amikor is HR3-as típusú égők kerültek beépítésre, további NO_x csökkentést eredményezve (< 50 mg/Nm^3).

A póttüzelés nélküli hőhasznosító kazán (HRSG) 285 t/h, 17 bar nyomású 310 °C-os gőzt állít elő.

	Dunamenti Erőmű G1 blokk
Elhelyezkedés	Százhalombatta
Üzem típusa	Hő- és villamosenergia termelés
Tüzelőanyagok	Földgáz, gázturbina olaj
Tüzelési technika	gázturbina
Teljesítmény	145 MWe
Kibocsátási csökkentési intézkedések	DLN égők gáztüzeléshez (vízbefecskendezés olajtüzelés esetén)
NO_x kibocsátás (mg/Nm^3) csökkentési intézkedés nélkül	N.A. (15 % O_2 ref.)
NO_x kibocsátás (mg/Nm^3) csökkentési intézkedéssel	50 (gáztüzelés 15 % O_2 ref.)
SO_2 kibocsátás (mg/Nm^3)	–
CO kibocsátás (mg/Nm^3)	5 (15 % O_2 ref.)

3.3.1–6. táblázat: Kapcsolt energiatermelést megvalósító gázturbinás erőmű bemutatása

A nagy hatásfokú kombinált ciklusú **G2 blokk** fő berendezései a következők: gázturbina, hőhasznosító kazán, ellennyomású és kondenzációs turbina. A 156 MW_e teljesítményű gázturbina hőhasznosító kazánja két nyomásszinten termel gőzt. A kazán kényszerkeringetésű, egyutas, két nyomásfokozatú segédtüzelés nélküli gőzkazán, vízszintes elrendezésű, bordáscsöves kialakítású fűtőfelületekkel. A kazán nagynyomású részében megtermelt 80 bar 520 °C-os gőz a 25 MW_e teljesítményű ellennyomású gőzturbinán (BPT) expandálva jut a Dunamenti Erőmű belső gőzrendszerébe, melybe a kazán kisnyomású gőzvezetéke (17,5 bar, 310 °C) közvetlenül kapcsolódik. A hőhasznosító kazán a gőztermelésen kívül távfűtési célú forróvizet is előállít. A 60 MW_e teljesítményű kondenzációs gőzturbina (CST) frissgőzzel való ellátása ezen a belső, 17 bar-os gőzrendszeren keresztül történik.

Az alapszállítású DLN gázégők premix elven működnek, mellyel jól tartható az alacsony NO_x kibocsátás. A gázturbinák nyári teljesítménycsökkenését, mely a melegebb, így kisebb sűrűségű levegőből adódik, vízporlasztásos levegő visszahűtő-rendszer (wet fogging) használatával kerülik el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A G2 gázturbina „black start” indításához, – amire a villamosenergia rendszer összeomlása esetén kerülhet sor – 2 db SACM gyártmányú diesel generátort telepítettek.

	Dunamenti Erőmű G2 blokk
Elhelyezkedés	Százhalombatta
Üzem típusa	Hő- és villamosenergia termelés
Tüzelőanyagok	Földgáz, gázturbina olaj
Tüzelési technika	Kombinált ciklusú gázturbina
Teljesítmény	156 MWe
Kibocsátási csökkentési intézkedések	DLN égők gáztüzelésnél (vízbefecskendezés olajtüzelés esetén)
NO_x kibocsátás (mg/Nm^3) csökkentési intézkedés nélkül	N.A. (15% O_2 ref.)
NO_x kibocsátás (mg/Nm^3) csökkentési intézkedéssel	50–75 (gáztüzelés, 15% O_2 ref.)
SO_2 kibocsátás (mg/Nm^3)	0
CO kibocsátás (mg/Nm^3)	1 (15% O_2 ref.)

3.3.1–7. táblázat: Kombinált ciklusú erőmű bemutatása

3.3.1-13. ábra: A Dunamenti Erőmű G2 blokkja

KONDENZÁCIÓS HŐERŐMŰRE VONATKOZÓ PÉLDA

A tiszaújvárosi telephelyű AES Tisza 2 Erőmű 4 blokkját zöldmezős beruházás eredményeként 1977-78-ban helyezték üzembe. A 860 MW összteljesítményű erőmű szénhidrogén (földgáz, nehéz fűtőolaj, majd 1982-től inert gáz) tüzelőbázisra épült. Az erőmű közcélú, menetrendtartó erőmű, mely a magyar villamosenergia rendszer egyik szabályozó erőműve, emiatt rendkívül sok és széles sávú terhelésnek van kitéve.

A 4 db egyenként 215 MW-os blokk kazánnal, turbinával, generátorral, főtranszformátorral, valamint segédüzemi transzformátorral van ellátva.

A kazánok 8 db fenékégővel rendelkeznek, természetes keringtetésűek, egydobos, membránfalas, nyomott tűzterű, újrahevítéses, szabadtéri kivitelűek. A kazánokba bevezetett égési levegőt

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

a Ljungström regeneratív hőcserélőn keresztül előmelegítik kb. 300 ºC-ra, kihasználva a vele ellenáramban áramoltatott forró füstgáz hőtartalmát. A keletkező füstgázok elvezetésére közös, vasbetonhéj szerkezetű 250 m magas kéménybe szerelt, lemezből készült, kazánonként különálló füstcső szolgál.

A kazánokhoz 4 db egyforma BBC Láng típusú kondenzációs turbina kapcsolódik, melyek névleges teljesítménye 215 MW, friss gőz nyomása 163 bar, friss gőz hőmérséklete 540 ºC.

A villamos áramot 4 db ORV 220 típusú Ganz Villamossági Művek által gyártott generátorral állítják elő, melyek névleges teljesítménye 259 MVA; 15,75 kV kapocsfeszültséggel.

A termelt villamosenergia elosztón keresztül kerül a 220 kV-os Sajószögedi OVIT, és a 400 kV-os Tiszaújváros OVIT állomásokra.

A kondenzátorok, csapágyak és egyéb berendezések hűtéséhez szükséges vizet a Tiszából nyerik, és a technológia során keletkezett szennyezett vizek tisztítását saját szennyvízkezelő rendszerekben valósítják meg.

3.3.1-14. ábra: A Tisza II. Erőmű látképe

	AES-Tisza Erőmű Kft.
Elhelyezkedés	Tiszaújváros
Üzem típusa	Villamosenergia termelés
Tüzelőanyag	Földgáz, inertgáz és fűtőolaj
Tüzeléstechnika	4 db gőzkazán
Névleges villamos teljesítmény (MW_e)	860 (4*215)
Bemenő hőteljesítmény (MW_{th})	4*560
Kibocsátás csökkentési intézkedés	NO_x szegény égők alkalmazása és alacsony kéntartalmú (<0,2%) fűtőolaj használata
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3) (3% O_2 ref.)	Gáztüzelés: 180 Olajtüzelés: 430
CO kibocsátási szint (mg/Nm^3) (3% O_2 ref.)	Gáztüzelés: 10 Olajtüzelés: 30
SO_2 kibocsátási szint (mg/Nm^3) (3% O_2 ref.)	Gáztüzelés: – Olajtüzelés: 360

3.3.1–8. táblázat: Magyarországi kondenzációs erőműre vonatkozó példa

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

KAZÁNOS, KONDENZÁCIÓS ENERGIATERMELÉS

A Dunamenti Erőmű gerincét az 1970-es években létesített 6 darab, egyenként 215 MW villamos teljesítményű, újrahevítéses kondenzációs (F8-F13 helyszámú) blokkok képezik. Az eredetileg olaj és gáztüzelésű alaperőműként épült blokkok a menetrendtartásban és a csúcsvitelben vesznek részt.

A természetes cirkulációjú, egy dobos, túlhevítéssel és egyszeres újrahevítéssel ellátott, membránfalas, túlnyomásos és besugárzott tűzterű, vegyes tüzelésű **gőzkazánok** 670 t/h 168 bar nyomású, 540 °C-os túlhevített, és 36 bar nyomású, 540 °C-os újrahevített gőzt állítanak elő. A tüzelés 8 db olaj-gáz alternatív tüzelésére alkalmas módosított fenékégővel történik. A 120 °C-os füstgáz a Ljungström léghevítők után zárt acélcsatornán keresztül jut a 200 m magas kéménybe.

3.3.1-15. ábra: A Dunamenti Erőmű látképe

A 220 MWe teljesítményű **főturbina** kondenzációs, egyszeri újrahevítéses, akciós szabályzófokozattal és reakciós munkafokozatokkal valamint 7 szabályozatlan megcsapolással ellátott egytengelyes, négyházas gőzturbina. A főturbina félmerev hullámcsöves kapcsolón keresztül hajtja a hidrogénhűtésű **generátor**t. A forgórész hűtéséhez szükséges hidrogén vezetéken érkezik a hidrogénüzemből, 3 bar nyomással. Az állórész hűtése sótalanvízzel történik. A generátor teljesítménye: 259 MVA, kapocsfeszültsége 15,75 kV.

A szabadtéri kivitelű **főtranszformátor** teljesítménye 250 MVA, áttétele 242/15,75 kV, olajtöltete 42 t. A főtranszformátorok zajemissziójának csökkentésére zajvédő falazat készült.

A blokkok 2001-2003 években végrehajtott **retrofitját** a főberendezések elvárható élettartamának biztosítása és a környezetvédelmi előírásoknak való maradéktalan megfelelés indokolta. A korábbi HFO és földgáz felhasználással szemben a Dunamenti Erőmű elsődleges tüzelőanyaga 2002. óta a földgáz, a tartalék tüzelőanyag pedig az erőműi tüzelőolaj (ETO). A

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

saját fejlesztés alapján módosított füstgáz-recirkulációs rendszerrel és a szükség szerinti víz befecskendezéssel a NOx kibocsátás mindkét tüzelőanyag tüzelése során határérték alatt tartható.

	Dunamenti Erőmű F8-13 blokkok
Elhelyezkedés	Százhalombatta
Üzem típusa	Hő- és villamosenergia termelés
Tüzelőanyag	Földgáz, ETO
Tüzeléstechnika	Gőzkazán
Névleges villamos teljesítmény (MW)	215 MW
Névleges bemenő hőteljesítmény (MW)	550 MW
Kibocsátás csökkentési intézkedés	Módosított égők, vízbefecskendezés, füstgázrecirkuláció
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3)	Éves átlag: 200–225 (3% O_2 ref.)
CO kibocsátási szint (mg/Nm^3)	Éves átlag: 2–5 (3% O_2 ref.)

3.3.1–9. táblázat: Magyarországi, blokkba kapcsolt kazános erőmű bemutatása

3.3.1-16. ábra: Blokkba kapcsolt gőzkazánok

KAZÁNOS ERŐMŰRE VONATKOZÓ PÉLDA

Az EMA-POWER Kft. dunaújvárosi ipari erőművének elődjét az 1950-es években építették. A folyamatos technológiai korszerűsítések, átalakítások nyomán ma az erőmű 627 MW_{th} és 69 MW_e beépített teljesítménnyel rendelkezik. Az elsősorban hőtermelő erőmű ipari gőzt, fűtési melegvizet, turbólevegőt, sótalanított- és lágyvizet, valamint villamos energiát állít elő, utóbbit nagyrészt kapcsoltan.

A kazánok NO_x kibocsátásának csökkentése érdekében 2003. évben indított levegőtisztaság-védelmi program keretében az V–IX. sz. kazánokon tüzeléstechnikai és ehhez kapcsolódó

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

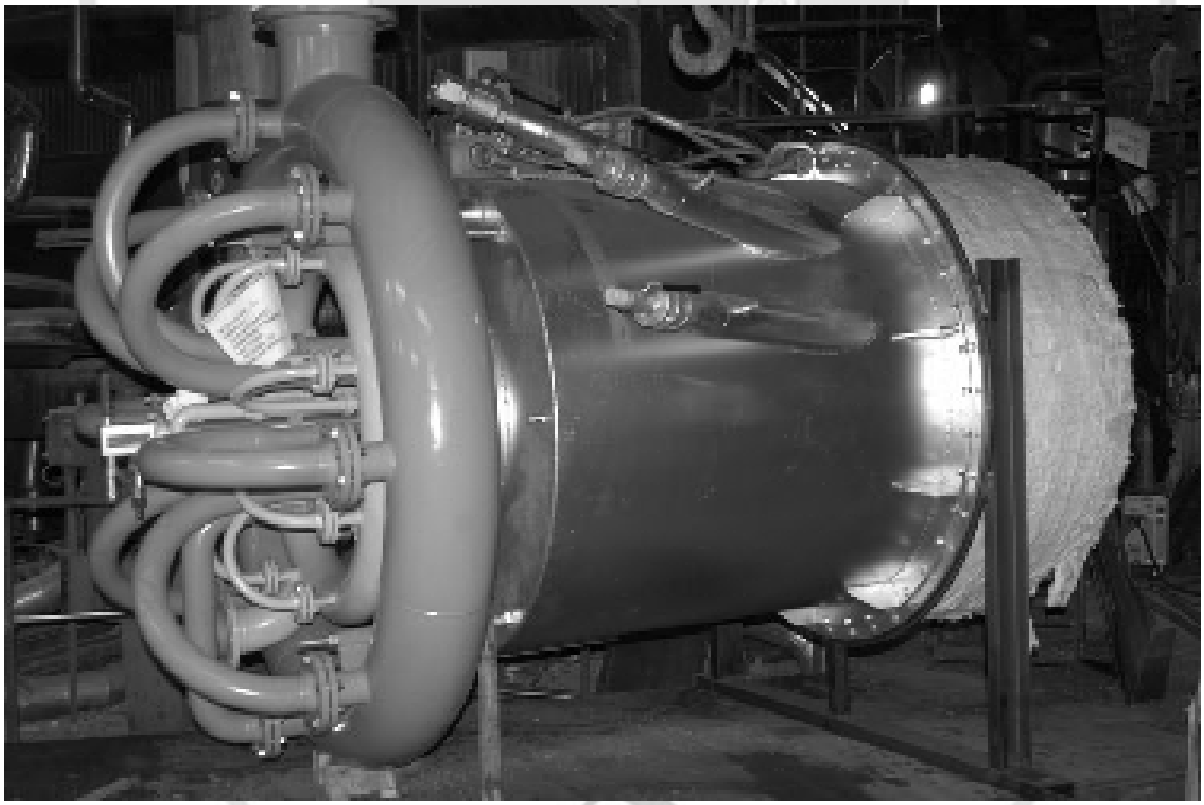
irányítástechnikai korszerűsítést hajtottak végre. Magyarországi példaként az elsőként (2003-2004-ben) átalakított 100 t/h gőztermelésű VIII. kazánt mutatjuk be.

A kohógáz, kamragáz, földgáz és fűtőolaj vegyes (egyidejű) tüzelésére alkalmas kazánnál a következő elsődleges NO_x csökkentő megoldásokat alkalmazták:

- égéslevegő hőmérséklet csökkentése (levegő előmelegítésre korábban fordított hő egy részének felhasználása a fokozottabb tápvíz előmelegítéshez),
- többfokozatú levegő bevezetéses égők alkalmazása,
- zónás tüzelés (alsó égősornál levegőhiányos tüzelés, felső égősor felett pótlevegő befúvása),
- olajégőknél osztott láng alkalmazása,
- füstgáz recirkuláció alkalmazása.

	EMA-POWER Kft. erőmű VIII. kazán
Elhelyezkedés	Dunaújváros
Üzem típusa	Hő és villamosenergia termelés
Tüzelőanyag	Kohógáz, kamragáz, földgáz, fűtőolaj
Tüzeléstechnika	Gőzkazán
Névleges hőteljesítmény (MW)	85
Kibocsátás csökkentési intézkedés	DLN égő, FGR, zónás tüzelés
NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3)	50–100 (tüzelőanyag struktúrától függő havi átlag, 3% O_2 ref.)
CO kibocsátási szint (mg/Nm^3)	0–10 (havi átlag) (3% O_2 ref.)

3.3.1–10. táblázat: Magyarországi kazános erőmű bemutatása



3.3.1-4. kép: Földgáz, kamragáz, fűtőolaj tüzelésű NOx szegény kombinált égő beszerelés előtt

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

GÁZMOTOROS ERŐMŰRE VONATKOZÓ PÉLDA

A Szentendrei gázmotort 2002. októberében állították kereskedelmi üzembe, amely műszaki felépítésében nem tér el a Magyarországon általában alkalmazott gázmotoroktól. Típusa JMS 612GS-N.LC, mely a villamos teljesítményéhez közeli hőteljesítmény leadására képes.

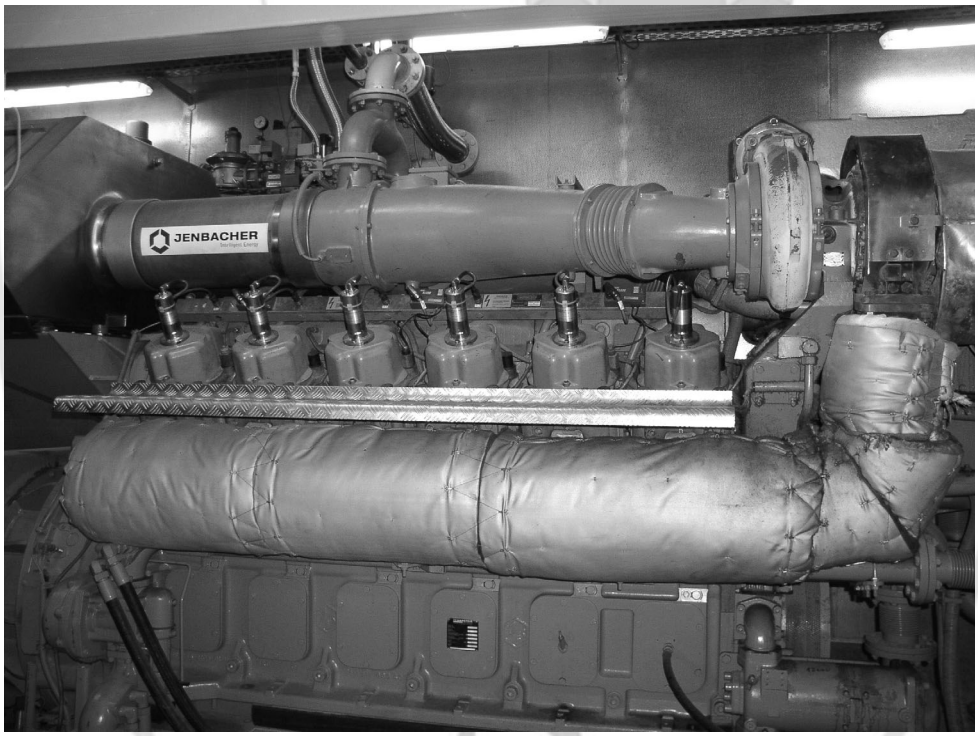
	BEZRt. Szentendrei gázmotor
Elhelyezkedés	Szentendre
Üzem típusa	Hő és villamosenergia termelés
Tüzelőanyag	Földgáz
Tüzeléstechnika	Gázmotor
Névleges villamos teljesítmény (kW)	1600
Névleges hőteljesítmény (kW)	1680
Kibocsátás csökkentési intézkedés	Oxidációs katalizátor
5%-os O_2-re korrigált NO_x kibocsátási szint (mg/Nm^3)	226
5%-os O_2-re korrigált CO kibocsátási szint (mg/Nm^3)	247
5%-os O_2-re korrigált összes szén-hidrogén, metán kivételével (mg/Nm^3)	56,46

3.3.1–11. táblázat: Magyarországi gázmotoros erőműre példa

A gázmotor egy 3 fázisú generátort forgat meg, mely a forgó mozgási energiát villamos energiává alakítja át. Az így termelt villamos energiát a közcélú villamos hálózatba táplálják.

A Szentendrei gázmotor, a távfűtő rendszerben hőszolgáltatásra telepített gázmotor. A keletkezett hőenergiát az alábbi hőelvételi pontokon nyerik ki: turbóhűtő, olajhűtő, motor hűtő, füstgáz hőcserélő.

Érdekesség, hogy a hőenergiának kb. a fele a füstgáz hőcserélőből származik.



3.3.1-5. kép: Jenbacher gázmotor képe a Szentendrei erőműben

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.3.2 KIBOCSÁTÁSOK GÁZNEMŰ TÜZELŐANYAG ESETÉN

(1) LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSOK

Gáztüzelés során, különösen a gázturbinák esetében, az NO_x kibocsátás termikus NO_x formájában jelenik meg, amelyet a következő paraméterek befolyásolnak:

A tüzelőanyag hidrogén tartalmának növelésével az NO_x kibocsátás is növekszik.

A tüzelőanyag és a levegő megfelelő arányban történő elégetésével magas hőmérséklet érhető el, ami magasabb NO_x kibocsátást is eredményez.

A tartózkodási idő csökkenthető az égők számának növelésével. Ezt az NO_x kibocsátás csökkentési módszert a fejlesztések korai szakaszában alkalmazták.

Az eltüzelt levegő nedvességtartalmának növelése elősegíti az alacsonyabb NO_x kibocsátást. Ennek hatására csökken a láng hőmérséklete, amivel hasonló eredmény érhető el, mint az égőkamrába fecskendezett vízzel, vagy gőzzel.

Azonban fordított irányú hatás tapasztalható a gázturbina hatásfok növekedése és az NO_x kibocsátás csökkenése között. Ugyanis a korábbi fejezetben említettek szerint a magas égési hőmérséklet növeli a gázturbinák hatásfokát, ami növeli az NO_x kibocsátást is. Következésképpen **az NO_x csökkentés alacsonyabb hatásfokot eredményez**. A fentiek értelmében azt az üzemállapotot kell előidézni, ami egyensúlyba hozza a két ellentétes irányú folyamatot. Az újonnan épített nagy hatásfokú kapcsolt energiatermelő egységek NO_x szegény égőikkel 20-50 mg/Nm^3 közötti NO_x kibocsátás érhető el, „csővégi" technológia alkalmazása nélkül. Meglévő tüzelőberendezések esetén 50-75 mg/m^3 közötti NO_x kibocsátások fordulnak elő, míg öreg berendezések esetén nehéz 75 mg/m^3 kibocsátás alatt maradni. Azonban, meg kell jegyezni, hogy az **alacsony NO_x kibocsátás magasabb CO kibocsátáshoz vezet.**

Erőmű	Gázturbina típus	Gázturbina villamos teljesítménye (MW_e)	Bemenő hőteljesítmény (MW_{th})	Felhasznált tüzelőanyag	Gázturbinából kilépő füstgáz hőmérséklet °C	Füstgáz tömegára m (kg/s)	15% O_2-re korrigált NO_x kibocsátás (mg/Nm^3)
Kelenföldi Erőmű	GE MS 9001E	136	425	Földgáz/ tüzelőolaj	560	126	54,2
Kispesti Erőmű	GE 6001 FA	74	215	Földgáz/ tüzelőolaj	545	108	40,8
Újpesti Erőmű	GE 6001 FA	70	205	Földgáz/ tüzelőolaj	545	102	35,1
Csepel II Erőmű	GE MS9001E	139	365	Földgáz/ tüzelőolaj	512	147	80
Debreceni Kombinált Ciklusú Erőmű	GE 6001 FA	70	208	Földgáz	580	120	35
Dunamenti Erőmű GT1	SIEMENS V94.2	145	450	Földgáz/ tüzelőolaj	540*	505	50
Kazincbarcikai Erőmű	ABB ALSTOM POWER GT10	47	147	Földgáz	542	159	57
Nyíregyházi Kombinált Ciklusú Erőmű	Hitachi H-25AX	30	86	Földgáz	550	94	75
TVK Erőmű	SIEMENS SGT-600	24	71,5	Földgáz	539	84	50

3.3.2–1. táblázat: Magyarországon üzemelő gázturbinák paraméterei

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az NO_x szegény égők alkalmazásával 18-84 mg/Nm^3 (15% O_2-re korrigált) NO_x kibocsátás érhető el gáztüzelés estében, míg olajtüzelésnél 84-180 mg/Nm^3.

A gázmotorok NO_x kibocsátása tekintetében a legfontosabb paraméter a gáz égési hőmérséklete. Az égési hőmérséklet egyik csökkentési módszere az alacsonyabb tüzelőanyag/levegő arány alkalmazása – ez esetben a tüzelőanyag égéséből felszabaduló fajlagos hőmennyiség nagyobb tömegű füstgázt melegít fel, ami alacsonyabb égési hőmérsékletet és NO_x kibocsátást eredményez. Ezt az elsődleges NO_x csökkentési módszert nagy légfeleslegű tüzelésnek nevezik, és főként gázmotorok esetén alkalmazzák. Szikragyújtású nagy légfelesleg tényezőjű égő és alternatív tüzelésű motorokat gyakran oxidációs katalizátorral szerelnek fel, főként a CO és a nem metán illékony szerves vegyületek (NMVOC) képződésének megakadályozása érdekében. Az NMVOC kibocsátása gázmotorok esetén a földgáz összetételétől is függ.

Gáztüzelőanyagok hatékony tüzelése estén nincs szilárd anyag kibocsátás, habár a belépő levegő szilárdanyag tartalma hatással lehet a kibocsátásra a gázturbinák esetén.

(2) TECHNOLÓGIAI HULLADÉKVÍZ ÉS SZENNYVÍZ KIBOCSÁTÁSOK

Gáztüzelésű kazánok és turbinák működtetése során a következő típusú hulladék- és szennyvizek keletkeznek:

Mosóvizek

Ezeket a szennyvizeket általában olajszeparátoron keresztül kell elvezetni, mivel szennyeződhetnek olajjal. Mennyiségük maximum 150 m^3/h. A gázturbinák kompresszor lapátjait egy évben 8-12 alkalommal mosószeres vízzel le kell mosni. A szennyezett mosóvíz térfogata 2-3 m^3. Ha a mosóvíz tartalmaz környezetre veszélyes anyagokat, mint például nehézfémeket, akkor a szennyvizet veszélyes hulladékként kell kezelni és arra feljogosított szállítóval kell elszállítatni.

Kazánvíz

A kazánvizet karbantartáskor engedik le, ami ha szükséges, semlegesítést követően felszíni vízbe engedhető. Éves mennyisége körülbelül 100–200 m^3. A kazánvíz vegyszerrel kondicionált sótalanvíz. A víz sótartalma igen alacsony annak érdekében, hogy az elgőzölögtető és túlhevítő csövekben a lerakódásokat elkerüljék, és megelőzzék az áramlás által felgyorsított korróziót (FAC). A sótartalom meghatározott követelményeinek kielégítése érdekében a dobból rendszeres leiszapolás szükséges. A leiszapolt dobvíz mennyisége 1–1,5 tonna óránként. A dobból elengedett víz semlegesítést követően felszíni vízbe engedhető.

Sótalanítókból távozó szennyvizek

A sótalanító üzemekben a nyersvízből – ami Magyarországon leggyakrabban felszíni víz vagy ivóvíz – csaknem az összes sótartalmat eltávolítják. A sótartalom eltávolítása történhet például ioncserével, vagy mikroszűréssel és fordított ozmózissal, illetve ezek kombinációjával. A sótalanítókban a regeneráláshoz vagy a berendezések tisztításához felhasznált vegyszereket semlegesítő medencében vagy -tartályban semlegesíteni kell, csak utána engedhetők közcsatornára. Az ioncserélők regenerálásakor nagy sótartalmú regenerátumok keletkeznek, ezért semlegesítés után is csak megfelelő hígítás után engedhetik felszíni vízbe. A közcsatornára illetve felszíni vízbe engedhető határértékeket a tervezéskor figyelembe kell venni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) ERŐMŰVI HULLADÉKOK A GÁZTÜZELÉS ESETÉN

Szilárd és folyékony hulladék

A gáztüzelés során csak kis mennyiségű szilárd és folyékony hulladék keletkezik. A legtöbb hulladék a kiegészítő tevékenységek során keletkezik, mint például karbantartás, vagy vízkezelés. A kiegészítő tevékenységek során legnagyobb mennyiségben keletkező hulladékok a fémhulladék, használt olaj, csomagolási hulladék, kompresszor mosásához használt folyadékok hulladékai, ioncserélő gyanta és aktív szén.

Használt olaj

Normális körülmények között a turbina- és kenőolajokat tízévente kell cserélni. A betöltött olaj mennyisége egy 400 MW_e egység esetén 30 000 és 40 000 liter között van.

Tisztító folyadékok

Tisztító folyadékokat (vízben oldódó szintetikus anyagok) a kompresszor és a turbina mosásához használják. Ezekkel a folyadékokkal kell eltávolítani időközönként a turbina lapátokra lerakódott szennyeződéseket és zsírokat. A keletkező használt tisztító folyadékokat veszélyes hulladékként kell kezelni, melyek mennyisége évente több köbméter is lehet.

Sótalanvíz kezelés vegyszerei

A víz sótalanítása során aktív szén, gyanta és vegyszermaradékok keletkeznek. Az ioncserélő berendezésekhez használt vegyszerek általában a sósav vagy kénsav és a nátronlúg. Az aktív szenet 2 évente, a gyantákat 3-8 évente kell cserélni. A sótalanítókban keletkezett aktív szén- és gyantahulladék általában nem veszélyes ipari hulladék, attól függően, hogy milyen vizet kezelnek vele. A felhasznált vegyszerek és gyanták mennyisége függ az alkalmazott berendezéstől, a nyersvíz minőségétől, valamint a termelt sótalanvíz mennyiségétől.

(4) ZAJKIBOCSÁTÁS

Ahogy a legtöbb EU országban, úgy hazánkban is létezik a környezeti zaj kibocsátását szabályozó jogszabály.

Jellemzően, a megengedett zajkibocsátás nagyságának meghatározása a különböző területhasználatoktól függ, mint például lakó-, intézményi- vagy ipari terület. Továbbá a zajkibocsátás megengedett mértéke a napszaktól is függ, ez különösen a lakóterületek esetében fontos. E tekintetben nappali és éjjeli időszakokat különböztetünk meg, ahol az éjjeli időszak 22:00 órától 06:00 óráig tart. Ipari és intézményi területeken általában nincsen zajkibocsátási határérték meghatározva az éjszakai időszakra.

A környezeti zajhatárérték nagyságának meghatározása során elsődleges szempont a szomszédos ingatlanok Rendezési terv szerinti terület-besorolása.

Amennyiben egy új erőmű zajhatását akarjuk meghatározni, akkor figyelembe kell venni a környezetében előforduló egyéb zajforrásokat is. Az ésszerű zajkibocsátási határértékek meghatározásával elkerülhetők a zajcsökkentésre fordított felesleges költségek.

Az erőművek fő zajforrásai: a ventilátorok (pl. kémények huzatnövelő ventilátorai), a légbeszívók, a szivattyúk, a turbinák, a gőzrendszer, a hűtőtornyok, a különböző biztonsági szelepek és a transzformátorok.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.3.3 KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁI

(1) LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSE GÁZTÜZELÉSŰ TURBINÁK ÉS KOMBINÁLT CIKLUS ESETÉN

- **Porkibocsátás csökkentése**

Amennyiben szükséges a földgáz portartalmát kitermelése során eltávolítják. A gáztüzelésű gázturbináknál normál üzem mellett és ellenőrzött égési körülmények között por- vagy részecske emisszióval nem kell számolni.

Más gázok, mint pl. vegyi üzemek melléktermékei, kohógáz, kamragáz, tartalmazhatnak port. Ezen gázoknál más kibocsátási határértékek érvényesek, mint földgáz esetén, és tüzelésükkor elsődleges vagy másodlagos kibocsátás csökkentési eljárásokat kell alkalmazni, ha a por határértékeket nem tudják tartani.

Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy gázturbina épségének megóvása érdekében a gázt és az égéslevegőt felhasználása előtt szűrni kell.

- **SO_2 kibocsátás csökkentése**

A földgáz kénhidrogénből (H_2S) származó kén-dioxid tartalmát kitermelése során eltávolítják. Így bármely alkalmazásban is használják, a tüzelőanyag minősége mindenkor biztosítja az SO_2 kibocsátási előírásoknak való megfelelést. Más, tüzelőanyagként felhasznált gáz azonban tartalmazhat ként. Ezen gázoknál más kibocsátási határértékek érvényesek, mint földgáz esetén, és égetésükkor az erőműveket füstgáz-kéntelenítővel kell ellátni, ha a határértéket nem tudják tartani.

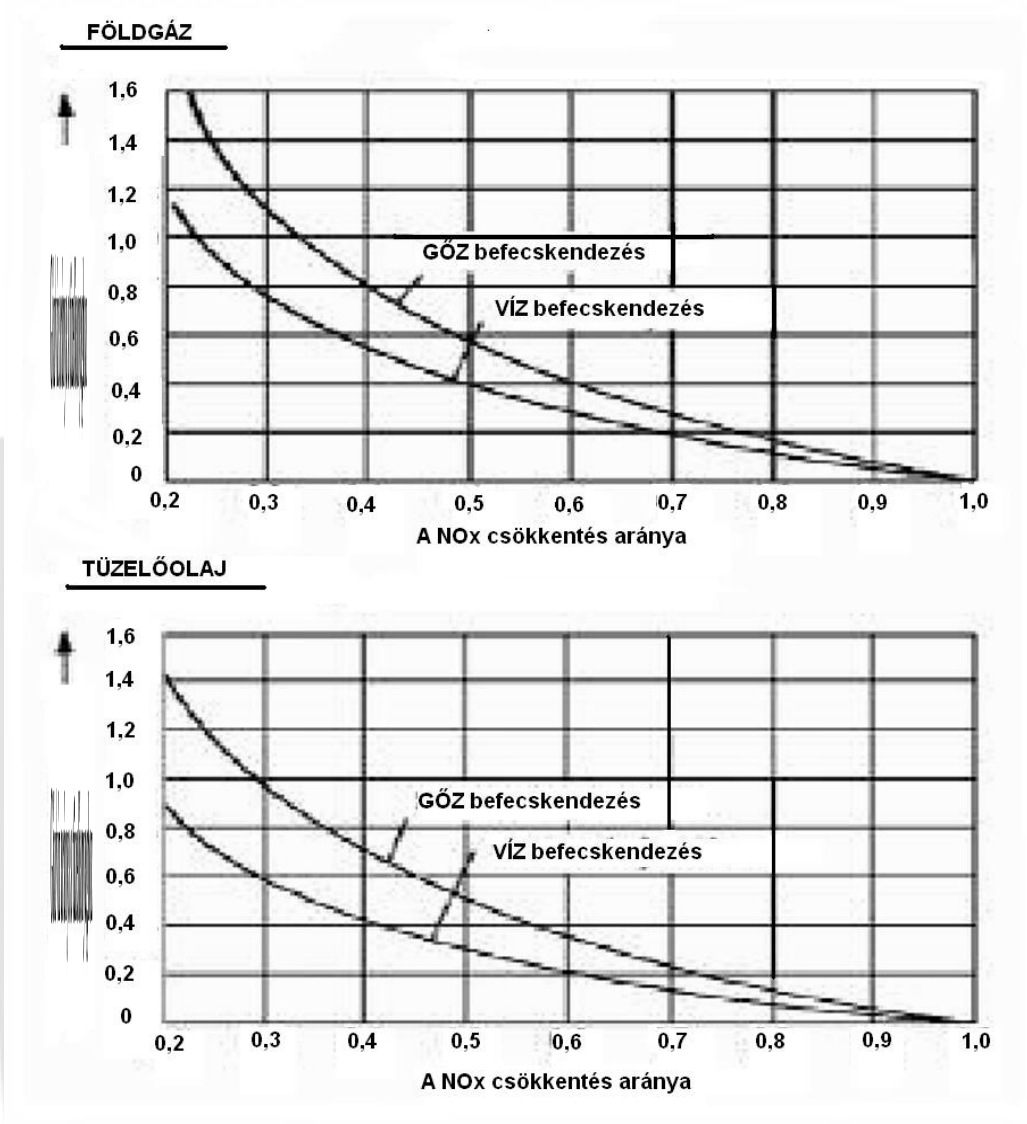
- **NO_x kibocsátás csökkentése**

Víz- vagy gőzbefecskendezés

A víz/gőz befecskendezés kétféleképpen valósítható meg: a vizet/gőzt vagy a tüzelőanyaghoz keverik, vagy pedig közvetlenül a gázturbina égőterébe fecskendezik. A befecskendezést a GT kompresszor kilépő nyomásának függvényében, általában 20 bar nyomáson vagy annál is magasabb nyomáson kell végrehajtani. A víz elpárologtatása illetve a gőz túlhevítése közben a láng hőmérséklete és ezzel az NO_x képződés is csökken. A kibocsátás csökkentésének aránya erősen függ a befecskendezett víz vagy gőz mennyiségétől. Magas csökkentési arány elérése érdekében nagy mennyiségű vízre vagy gőzre van szükség, ami esetenként meg is haladhatja a tüzelőanyag mennyiségét. Nagyobb csökkentési arány érhető el vízzel, mint gőzzel (adott víz-gőz / tüzelőanyag aránynál), ami azzal magyarázható, hogy több energiára van szükség a víz elgőzölögtetéséhez. A gyakorlatban ugyanolyan NO_x csökkentéshez körülbelül kétszer annyi gőzre van szükség, mint vízre. Gyakran használnak vízbefecskendezést ott, ahol gőz nem áll rendelkezésre, míg általában gőzt használnak földgáztüzelésű kombinált ciklusú erőművekben, ahol a gőz a hőhasznosító kazánokból könnyen elérhető.

60–80%-os NO_x csökkentést is el lehet érni, ha a CO kibocsátás emelkedése nem okoz gondot. Ha a CO kibocsátást is figyelembe kell venni, akkor az NO_x csökkentés mértéke 40-60% között lehetséges. A gőz/víz arányának nagysága a tüzelőanyaghoz képest a gázturbina típusától függ és maximum 1–1,2 lehet. Az NO_x kibocsátást kb. 80-120 mg/Nm^3-re lehet csökkenteni (15%-os oxigén tartalomra vonatkoztatva). A csökkentés mértékét a következő ábra szemlélteti:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.3.3-1. ábra: NO_x csökkentés gőz- vagy vízbefecskendezéssel [32,Rentz, et al., 1999]

A gőz/víz befecskendezés befolyásolja a gázturbina általános paramétereit, úgymint kimenő teljesítmény, hatásfok, füstgáz térfogatárama. Például magas víz/tüzelőanyag aránynál a hatásfok csökken, és lángstabilitási problémák is felléphetnek. *[32,Rentz, et al., 1999]*

Az NO_x csökkentés ezen módjának további hátrányai a CO és szénhidrogének emissziójának emelkedése, valamint magasabb tüzelőanyag fogyasztás (vízbefecskendezés esetén 3-4%-kal több). A sok gőz/víz továbbá hátrányos befolyással van a gázturbina élettartamára és a turbinát követő berendezések meghibásodási kockázata is növekszik. A közvetlen befecskendezés magasabb feszültséget okoz az anyagokban (a hősokk repedéseket okozhat), mint a tüzelőanyaggal kevert gőz vagy víz.

Ha tehát a gázturbina az NO_x csökkentése érdekében nagy mennyiségű vízzel vagy gőzzel üzemel, az rontja a berendezés mechanikai tulajdonságait, csökkenti a hatásfokot és emeli a karbantartási költségeket és kockázatokat.

Gőz- vagy vízbefecskendezés gázturbinákhoz történő illesztésének beruházási költségei jelentősen eltérhetnek, és elsősorban a víz előállításához és a befecskendezéshez használatos berendezések költségének függvénye.

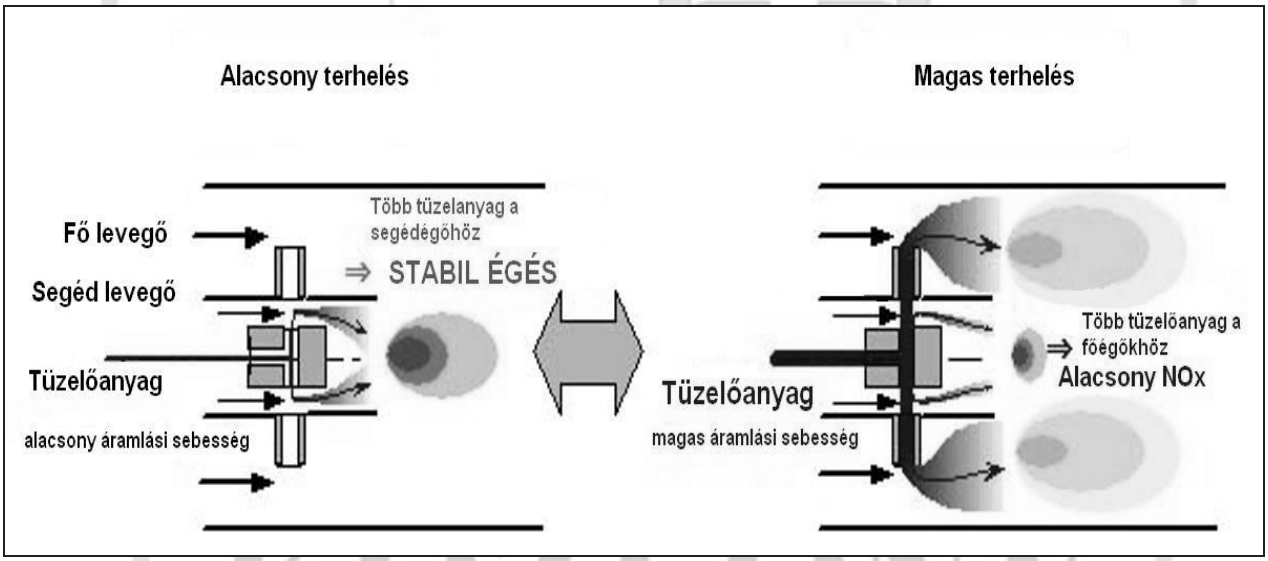
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gázturbinába fecskendezett gőznek illetve víznek igen tisztának kell lennie (kationcserélő után mért vezetőképesség kb. 0,2 μS/cm). Ennek előállításához szigorú minőségi követelményeknek megfelelő vízelőkészítésre van szükség. Azokban az erőművekben, ahol a vizet más célokra nem használják, a víz tisztítási költségei magasak. További felmerülő költségek jelentkezhetnek a megnövekedett tüzelőanyag felhasználás következtében. Egy 140 MW_{th} turbinához illesztett gőzbefecskendezés költsége körülbelül 1,4 millió Euró.

Száraz NOx szegény (dry low NOx – DLN) technológiák

Ezt a technológiát többnyire nagy turbináknál alkalmazzák, de egyre inkább elterjednek kisebb üzemekben is (pl. 20 MW_e gázturbinák).

A száraz NO_x szegény technológia lényege, hogy a tüzelőanyag levegővel történő keverése már az égést megelőzően megtörténik (előkeverés – premix). A tüzelőanyag és az égéslevegő összekeverése révén a hőmérséklet eloszlás egyenletes, a láng hőmérséklet pedig alacsonyabb lesz, ezáltal az NO_x kibocsátás csökken. A turbina indítási fázisában és alacsony terhelésen a hagyományos turbinákéval megegyező, másodlagos, úgynevezett diffúz égőre van szükség a stabil égés fenntartásához, és csak egy bizonyos terhelés felett indíthatók az elsődleges, premix égők és a levegő-tüzelőanyag előkeverés. A diffúz égő továbbra is gyújtást végzi, ahogyan ezt a 3.3.3-2. ábra is szemlélteti.



3.3.3-2. ábra: A száraz NO_x szegény égés sematikus ábrája

(196, http://www.osakagas.co.jp/rd/sheet/126e.htm)

A DLN technológia elsősorban földgáztüzelésű gázturbinák számára jól kidolgozott. Olajtüzelésű turbinák esetén további fejlesztések szükségesek, ugyanis az égés előtt a tüzelőanyagot nem elegendő összekeverni a levegővel, hanem porlasztani is kell. Mivel a részecskeméret befolyással van a porlasztás sebességére, jelenleg hatékonyabb porlasztó rendszer irányban folynak kutatások. Egy svéd gázturbinás erőműben hibrid égők üzemelnek könnyűkénes tüzelőolajjal premix módban már körülbelül két éve. Az NO_x kibocsátást sikerült jelentősen csökkenteni, de az értékek nem olyan alacsonyak, mint földgáz tüzelés esetén. Vegyes tüzelésű (gáz/olaj) gázturbinákhoz a DLN rendszerek fejlesztése folyamatban van.

A száraz NO_x szegény égők nagyon hatékonyak és megbízhatóak. Egy modern DLN égő illesztésének költsége egy meglévő 140 MW_{th} gázturbinához körülbelül 2 millió Euró. A jó

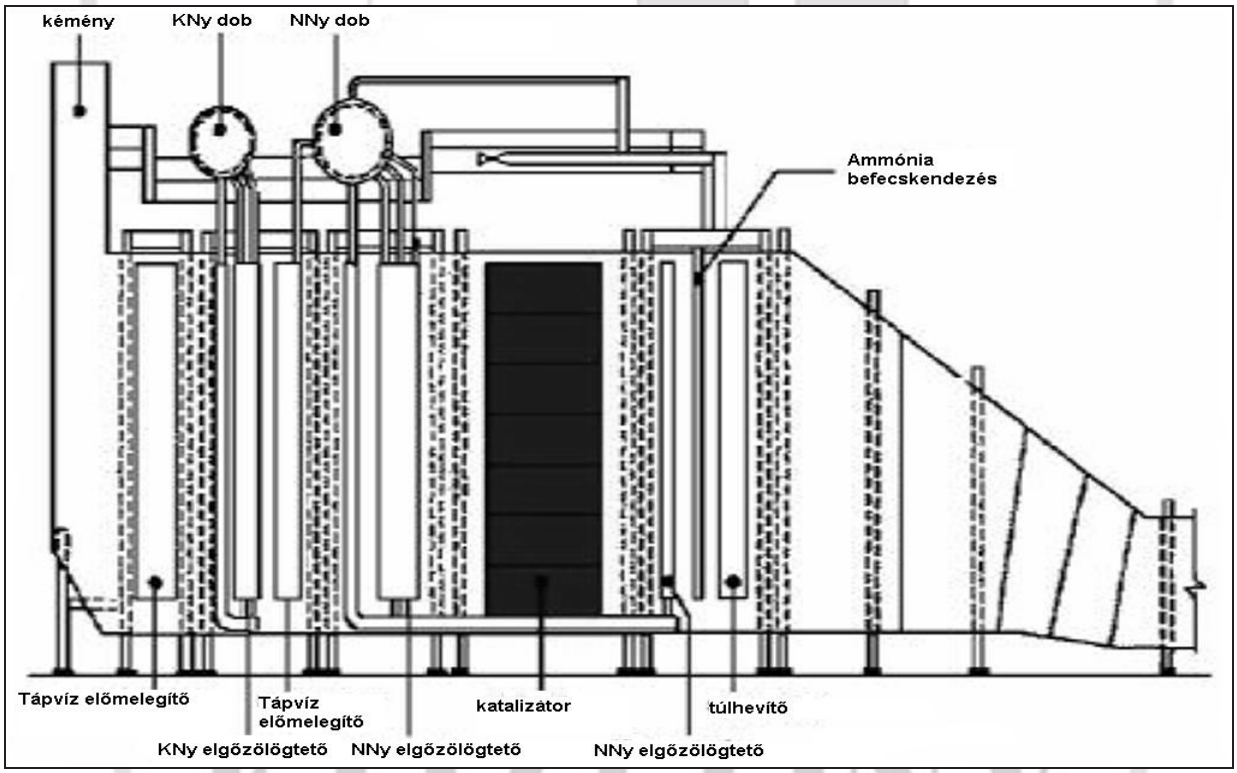
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

hatásfok miatt gazdaságos a működtetésük, különösen mivel nincsenek nagy veszteségek a magasabb tüzelőanyag fogyasztás, illetve a szénhidrogén képződés miatt. A beruházási költség kb. 15%-kal, a karbantartási költség pedig 40%-kal több, mint a nem DLN premix égőkamrájú gázturbináké. A DLN rendszer igen specifikus, a gyártók általában külön a modellekhez fejlesztik a technológiát.

Szelektív katalitikus redukció (SCR)

Manapság a gázturbináknál általában elsődleges módszerekkel csökkentik az NO_x kibocsátást, de speciális esetekben SCR rendszert is alkalmaznak. A szelektív katalitikus redukció során ammónia vagy karbamid redukálószer jelenlétében a katalizátor felületén a füstgáz nitrogén-oxid tartalma 170-510 ºC-on nitrogénné redukálódik.

Az SCR katalizátorok vízszintes vagy függőleges áramlású hőhasznosító kazánokba is beépíthetők.



3.3.3-3. ábra: Hőhasznosító kazánba telepített SCR vízszintes áramlással[161, Joisten, et al.,]

(2) SZIKRAGYÚJTÁSOS MOTOROK (SG) ÉS ALTERNATÍV ÜZEMŰ BERENDEZÉSEK (GÁZ ÜZEMMÓDBAN) NO_X KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Belsőégésű motorok esetén az NO_x képződést meghatározó legfontosabb tényező az égéshőmérséklet: minél magasabb a hőmérséklet, annál magasabb a füstgáz NO_x tartalma. Az égéshőmérséklet csökkentésére az egyik módszer a tüzelőanyag/levegő arányának csökkentése, így azonos hőmennyiségű tüzelőanyag nagyobb mennyiségű füstgázt kell hogy felmelegítsen, ami alacsonyabb tüzelési hőmérsékletet eredményez. Ez a nagy légfelesleggel történő tüzelés hasonló a gázturbinák száraz NO_x szegény technológiájához. Egyes speciális alkalmazások esetén (pl. nagyobb erőművek az USA nehezen elérhető helyein) a gázturbinákat a további NO_x csökkentés érdekében SCR-rel látják el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szikragyújtásos nagy légfeleslegű és alternatív üzemű berendezéseknél gáz üzemmódban elsősorban a CO eltávolítása érdekében gyakran alkalmaznak oxidációs katalizátort. NMVOC kibocsátásuk a földgáz összetételétől függ. Az érvényes jogszabályoktól valamint a földgáz összetételétől függően másodlagos megoldásokra is szükség lehet a NMVOC kibocsátás csökkentéséhez. A CO és NMVOC kibocsátás együttes csökkentéshez oxidációs katalizátorokat alkalmaznak.

SCR rendszereknél általában karbamid oldat az NO_x redukálószer. Olyan motoroknál, ahol változó a várható terhelés, a beüzemeléskor a kibocsátásokat változó terhelési szinteken mérik. A mért kibocsátási értékek folyamatirányító rendszerbe jutnak, ami biztosítja, hogy a füstgáz áramába a változó NO_x szintnek megfelelő mennyiségű redukáló anyag jusson. A katalizátor típusát és az SCR reaktor méretét minden egyes alkalmazásnál a nyomásesés korlátozásokhoz igazítják oly módon, hogy ezek a változások ne befolyásolják a motor teljesítményét.

(3) GÁZTÜZELÉSŰ KAZÁNOK NO_X KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Gáztüzelésű kazánok NO_x kibocsátásának csökkentésére a következő lehetőségek adottak:

NOx szegény égők alkalmazása

Ha az elsődleges tüzelési zónában az égési hőmérséklet alacsony, valamint a füstgáz a teljes kiégés érdekében kellőképpen hosszú ideig tartózkodik a tűztérben, az csökkenti a lánghőmérsékletet, ami kevesebb NO_x képződéssel jár.

Füstgáz visszakeringetés

Hatékony lehet olyan esetekben, ahol a kibocsátás jelentős része termikus NO_x. Ez csökkenti mind a lánghőmérsékletet, mind az oxigén koncentrációját.

Többfokozatú tüzelés

A többfokozatú tüzelés csökkenti a reakciót a levegő oxigénje és nitrogénje között az égési folyamat során. Az alacsony NO_x kibocsátás fenntartása érdekében a levegőt nagyon pontosan kell az égőkhöz juttatni.

Vízbefecskendezés

Az alacsony NOx kibocsátás fenntartása érdekében a lánghőmérséklet csökkentését vízbefecskendezéssel lehet elérni.

(4) VÍZ- ÉS HULLADÉKVÍZ KEZELÉS

A gázturbinák és hőhasznosító kazánok sótalanvizet igényelnek a következő célokra:

- Sótalanvíz szükséges a hőhasznosító kazán dobjából ürítéskor (leiszapolás, lelúgozás) eltávozó vizek pótlására. Amennyiben az NO_x kibocsátás csökkentése érdekében a gázturbinák égőterébe gőz- vagy vízbefecskendezést alkalmaznak, akkor a nagy mennyiségű vízveszteséget szintén pótolni kell. A víz minőségének meg kell felelnie a kazángyártók követelményeinek.
- Általában sótalanvizet használnak a gázturbina kompresszor lapátjainak mosására. Üzem közbeni (ún. online) mosáshoz olykor kondenzvizet használnak, de általában inkább sótalanvizet. Üzemszünet idején végzett (ún. offline) mosáshoz mosószert is adagolnak a sótalanvízhez a mosás hatékonyságának növelése érdekében.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gázturbina és hőhasznosító kazán hulladékvize a következő vizeket jelentheti:

- Csurgalék vizek és ürítő vizek a kazán keringtető rendszeréből a kazánvíz minőségének fenntartása érdekében. A kazán korrózió elleni védelme érdekében a kazánvíz megfelelő pH-jának beállításához lúgosító szereket használnak, mint pl. ammónia oldat, nátrium-hidroxid és/vagy foszfátok. A gyakorlatban ezeket a vizeket lehűtik és ha szükséges, semlegesítést követően vezetik a szennyvíz rendszerbe.
- A gázturbina üzemen kívüli (offline) kompresszor mosási folyamatából származó hulladékvizek veszélyességét elvezetés előtt meg kell vizsgálni. Amennyiben veszélyesnek minősül, veszélyes hulladékként kell kezelni. A mosószennyvíz mennyiségének csökkentése érdekében kerámiabetétes szűrők alkalmazása lehetséges.
- Olajjal szennyezett vizek, olajjal szennyezett egyéb folyadékok más anyagoktól elkülönítve veszélyes hulladékként kerülnek kezelésre. Ha emulgeálószert nem tartalmaznak, az olajos vizek olajszeparátorban kezelhetők.
- Az üzemből származó egyéb hulladékvizek, pl. felmosóvíz, általában a kommunális szennyvíz rendszerbe kerülnek.

A gázturbinából és hőhasznosító kazánból származó hulladékvizeknek meg kell felelniük a hulladékvizek kibocsátásáról szóló engedélyekben foglalt előírásoknak.

(5) ZAJKIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSE

A gáztüzeléses erőművek nagy berendezései megnövelhetik a zajkibocsátást, illetve a berendezések rezgése is zajjal jár. A zajkibocsátás mérséklésére a következő lehetőségek adódnak:

- A turbinák és generátorok zajvédő burkolattal történő ellátása
- A burkolat szellőztetéséhez alacsony zajkibocsátású ventilátorok alkalmazása
- A turbina géptermi ajtók megfelelő tájolása
- Az épület légbeszívóinak zajvédelme
- A gőzturbina segédberendezéseinek burkolattal történő ellátása
- Hangtompítók felszerelése a füstgáz kilépő oldalára
- Hangtompítók felszerelése a kazán gőzlefúvatókra
- Kazán tápszivattyúk zárt térben történő elhelyezése
- Szivattyúház építése a hűtővíz keringtető szivattyúk köré
- A hűtőtornyoknál mérsékelt zajt okozó ventilátorok elhelyezése (megjegyezzük, hogy kényszeráramoltatású hűtővízrendszerek zajkibocsátása kisebb, mint a hűtőtornyoké)

3.3.4 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA – BAT – GÁZTÜZELÉSŰ ERŐMŰVEKBEN

Az Európai Unió országaiban a környezeti hatásvizsgálati valamint az egységes környezethasználati engedélyezési folyamatok, eljárások nem egységesek, hanem ország-specifikusak, az EU Irányelvek által megszabott kereteken belül minden ország maga alakíthatja ki szabályozását. *Magyarországon a nagy tüzelőberendezések környezeti elemekbe történő kibocsátásaira vonatkozó határértékek jogszabályok által szabályozottak.*

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK** Tanácsi Irányelv, az ún. **IPPC irányelv** alapján az EU által kiadott **BAT Referencia-dokumentumok nem tartalmaznak jogilag kötelező érvényű előírásokat, azonban a bennük foglaltakat az engedélyezés során figyelembe kell venni.** A nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó elérhető

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

legjobb technika meghatározásának Útmutatója **technikák gyűjteménye**, **viszonyítási pont**, a lehetséges megoldások tárháza, amely részletes információként szolgál az ipar és a nyilvánosság számára *a nagy tüzelőberendezéseknél használt különböző technikák alkalmazása során elérhető kibocsátási és/vagy anyagfelhasználási szintekkel kapcsolatban.*

Az ebben a fejezetben bemutatott módszerek, technikák, a velük kapcsolatos kibocsátások/anyagfelhasználási szintek vagy tartományok a következő lépések segítségével, iterációs eljárással kerültek értékelésre:

- az ágazat kulcsfontosságú környezeti kérdéseinek azonosítása
  - (a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások, a fajlagos hőteljesítmény és az égéstermékek)
- a kulcskérdések alapján a legfontosabb módszerek, technikák, eljárások vizsgálata
- a környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paraméterek meghatározása az Európai Unióban, illetve a világon rendelkezésre álló adatok alapján.
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyekkel e környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paramétereket elérték (pl. a költségek, közvetítőközeg hatásai, az eljárások megvalósításának legfontosabb tényezői).
- az elérhető legjobb technikák (BAT), valamint az azokhoz tartozó kibocsátási és/vagy felhasználás értékek kiválasztása a fentiek alapján

Ez a fejezet azokat a technikákat mutatja be, melyek a kibocsátások csökkentésével, esetenként a kialakulásuk meggátlásával valamint a fajlagos hőteljesítmény növelésével kapcsolatban az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásánál számításba jöhetnek, a szektor egészére alkalmazhatók és sok esetben valamelyik berendezés jelenlegi teljesítményét tükrözik.

E dokumentum minden részére igaz – bár szójátéknak tűnik –, hogy a **legjobb elérhető** technika nem azonos az ***elérhető legjobb*** technikával. A *BAT technikák alkalmazásával egyes létesítmények által elért kibocsátási/anyagfelhasználási szintek* azt a környezeti teljesítményt tükrözik, amely ebben a szektorban egy új tüzelőberendezéstől elvárható a speciális technikák alkalmazásának eredményeképpen. Mindazonáltal ezek se **nem kibocsátási**, se **nem felhasználási korlátok** és nem is ilyen módon kell ezeket értelmezni. Néhány esetben műszakilag ezeknél jobb kibocsátási szint is megvalósítható, de a költségek vagy a közvetítőközeg hatásai miatt ezek nem tekinthetők BAT-nak a szektor egészére vonatkozólag, bár néhány esetben, speciális okoknál fogva, ezek a szintek is megindokolhatóak. A BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos kibocsátási szinteket mindig együtt kell vizsgálni a specifikus vonatkoztatási körülményekkel (pl. átlagos időtartamok).

A fent említett „BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos szintek" nem azonosak a dokumentumban máshol használt ***„elérhető szintek" kifejezéssel***. A technikák alkalmazásával vagy e technikák kombinációjának használatával *„elérhető, teljesíthető szint"*, egy ésszerű korszerűsítési idő eltelte után várható el egy, a szóban forgó technikát használó, megfelelően karbantartott és üzemeltetett berendezéstől. Egy-egy technika alkalmazásának tényleges költsége erősen függ a berendezés műszaki jellemzőitől és a telephely-specifikus tényezőktől, mint pl. adóktól, járulékoktól. Néhány esetben kedvezőbb felhasználási és emissziós szintek elérése is lehetséges műszakilag, de a velejáró költségek és mellékhatások miatt a szektor egészére véve nem tekinthetők BAT-nak, hiszen a **költségek** és az **előnyök közötti egyensúly** elválaszthatatlan a BAT definíciójától.

Feltételezhetően az új létesítmények elérik a tervezett szinteket vagy még jobbak is lehetnek, mint az itt bemutatott BAT szintek. Lehetséges az is, hogy már létező berendezések is képesek a BAT vagy annál még jobb szintek elérésére is, de minden esetben figyelembe kell venni, hogy a technika műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető-e.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Szándékunk szerint az Útmutató e fejezetében leírtak referenciaként szolgálnak létező berendezések jelenlegi teljesítményének vagy új berendezések üzembehelyezésének megítéléséhez, hozzájárulnak a berendezés megfelelő „BAT-alapú" körülményeinek meghatározásához.

(1) GÁZNEMŰ TÜZELŐANYAGOK ÉS ADALÉKOK SZÁLLÍTÁSA, KEZELÉSE

Előfordulhat, hogy a gáznemű tüzelőanyagok és adalékanyagaik kezelés, vagy tárolás közben a szabadba jutnak, ennek megelőzése érdekében az alábbi BAT eljárások alkalmazhatók.

Anyag	Környezeti hatás	BAT
Földgáz	Gázszivárgás	• Tüzelőanyag szivárgás érzékelő és riasztó rendszer alkalmazása
	Természeti erőforrások hatékony használata	• Expanziós turbinák beépítése a földgázvezetékbe nagyobb gázmenynyiségek esetén • Gáz előmelegítése
Folyékony ammónia	Egészségi és biztonsági kockázatok	• Biztonsági szempontból az ammónia vizes oldatának tárolása kisebb kockázatot jelent, mint a tiszta ammóniáé • A tartályokat az érvényes jogszabályok figyelembe vételével kell létesíteni

3.3.4–1. táblázat: BAT a gáznemű tüzelőanyagok és adalékok tárolására és kezelésére

(2) GÁZTÜZELÉSŰ BERENDEZÉSEK HATÁSFOKAI

Az energia hatásfok vonatkozhat a fajlagos hőfogyasztásra (bevitt tüzelőhő/termelt energia) és az erőmű hatásfokára, amelyik ebben az esetben fordítottja a hőfogyasztásnak, azaz termelt energia/bevitt tüzelőanyag arány.

A gáztüzelésű tüzelőberendezések között a hő- és villamosenergia előállítására képes kombinált ciklusú kapcsolt energiatermelés számít elsősorban BAT eljárásnak, aminek létesítése akkor indokolt, ha a helyi hőigény elég nagy. BAT-nak tekinthető még a tüzelőberendezések számítógépes vezérlése, elősegítve a magas kazán teljesítményt és a csökkentett kibocsátást.

A hatásfok javítására lehetőség még a földgáz előmelegítése, még mielőtt azt az égőkamrába juttatnánk. A melegítésre használt hőt a hűtőrendszerből kivezetett füstgázból nyerhetjük.

A gázmotor hajtású erőművek alkalmasak decentralizált hő és villamosenergia termelésére, melyek éves szinten jellemzően 60–70% összhatásfokot érnek el. A ritkábban alkalmazott kiegészítő tüzeléssel (azaz a motorból kilépő füstgázban még tüzelőanyagot égetnek el) magasabb nyomású gőzt is előállítanak. Forró víz (kibocsátási hőmérséklet 70-120 ºC közötti) előállítás esetén a teljes hatásfok a 90%-ot is elérheti.

A hatásfok növeléséhez az alábbi intézkedésekre van szükség:

- Az elégetlen gázok miatti energiaveszteségek minimalizálása
- Gáz vagy gőz munkaközeg lehető legnagyobb nyomása és hőmérséklete
- A lehető legnagyobb nyomásesés a gőzturbina kisnyomású oldalán a hűtővíz lehető legkisebb hőmérséklete révén (friss vízhűtés) kazánoknál és kombinált ciklusú erőműveknél
- Minimalizálni a hőveszteségeket a füstgáz révén keletkező hőveszteség minimalizálásával (visszamaradt hő vagy távfűtés hasznosítása)
- Hővezetés, sugárzás révén keletkező hőveszteség minimalizálása szigeteléssel
- Megfelelő intézkedésekkel az önfogyasztás minimalizálása (pl. nagyobb hatásfokú tápvíz szivattyúk alkalmazása)
- A tüzelőanyag és a kazán tápvíz előmelegítése
- Tökéletesíteni a turbina lapátok kiképzését

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Erőmű típus	Villamos hatásfok (%)		Összhatásfok (%)	Megjegyzés
	Új	Meglévő	Új és meglévő	
	berendezés			
Gázturbina	36-40	32-35	–	
Gázmotor	38-45			
Gázmotor hőhasznosító kazánnal	>38	>35	75-85	*
Gáztüzelésű kazános erőmű csak villamosenergia termelésre	40-42	38-40(1)		
CCGT				
Kombinált ciklusú erőmű póttüzeléssel, vagy anélkül csak villamosenergia termelésre	54-58	50-54	–	
Kombinált ciklusú erőmű póttüzelés nélkül	<38	<35	75-85	*
Kombinált ciklusú erőmű póttüzeléssel	<40	<35	75-85	

(1) A jelenlegi magyarországi erőművek villamos hatásfoka ennél a szintnél lényegesen alacsonyabb, és a táblázatban szereplő értékek ésszerű gazdasági beruházásokkal sem érhetők el.

* Az energia hatásfok széles skálája függ a sajátos helyzetektől és a helyi hő- és villamosenergia igényektől

3.3.4–2. táblázat: Gáztüzelésű tüzelőberendezések hatásfoka

Meg kell állapítani, hogy a fenti hatásfokok nem érhetők el minden üzemállapotban, ezek az üzemvitel során változnak például a terhelésváltás során. Az energiahatásfok függ még az erőmű hűtőrendszerétől és a füstgáztisztító rendszer energia fogyasztásától is.

(3) GÁZTÜZELÉSŰ BERENDEZÉSEK SZILÁRD ANYAG ÉS SO_2 KIBOCSÁTÁSA

A gáztüzelésű berendezések (földgáz tüzelés esetén) szilárd anyag és SO_2 kibocsátása nagyon alacsony. Földgáztüzelés esetén a szilárd anyag kibocsátás alacsonyabb, mint 5 mg/Nm^3, és az SO_2 kibocsátás sem haladhatja meg a 10 mg/Nm^3-t (15%-os O_2-re vonatkoztatva) mindenféle műszaki intézkedés alkalmazása nélkül.

Más ipari gázok esetén (mint például kohógáz, kamragáz) szükség van gáz előtisztító eszközökre a füstgáz szilárd anyag és SO_2 tartalmának csökkentése érdekében. A finomító üzemek BAT eljárásában meghatározott finomítói gáz H_2S tartalma 20-150 mg/Nm^3 lehet, ami az elégetése során körülbelül 5-20 mg/Nm^3 SO_2 kibocsátást okoz.

(4) GÁZTÜZELÉSŰ ERŐMŰVEK NO_X ÉS CO KIBOCSÁTÁSA

Általánosságban elmondható, hogy az NO_x csökkentésére előző fejezetben felsorolt technikák bármelyike BAT-nak tekintendők. Az érintett nitrogén összetevők a nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO_2), összefoglaló néven NO_x.

Az új gázturbinák esetében a száraz NO_x szegény előkeveréses égők (DLN) a BAT. A legtöbb meglévő gázturbina átalakítható száraz NO_x szegény előkeveréses égő technikára, de néha a víz- és gőzbefecskendezés jobb megoldás lehet. Ezt mindig az adott eset figyelembe vételével kell eldönteni.

Számos Európában, Japánban és az USA-ban működő gázturbina és gázmotor alkalmaz SCR-t a kibocsátás csökkentése érdekében. A száraz NO_x szegény előkeveréses égők technikáján és a víz és gőz befecskendezésen kívül az SCR-t is a BAT meghatározás részének tartják. Új gázturbinák esetén a DLN égők szabvány technikaként tekinthetők úgy, hogy kiegészítő SCR rendszer alkalmazására általában nincs szükség. Az NO_x további csökkentése érdekében megfontolandó az SCR olyan helyeken, ahol a helyi levegőminőségi szabványok megkívánják az NO_x kibocsátások további csökkentését, a 3.3.4–4. táblázatban megadott (pl. sűrűn lakott városi

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

környezetben történő működés) szintekhez képest. A 3.3.4–4. táblázat a vészhelyzeti berendezéseket nem veszi figyelembe.

Meglévő gázturbinák esetében a víz- és gőzbefecskendezés vagy a DLN technikára történő átállás a BAT. Változatlan tüzelési módú, de nagyobb bemeneti hőmérsékleti értékekkel rendelkező gázturbináknak magasabb a hatásfoka és magasabbak az NO_x értékei. Ezzel összefüggésben meg kell jegyezni, hogy a magasabb hatásfok mellett az egységnyi kWh-ra jutó NO_x kibocsátás még mindig alacsonyabb.

Az SCR átalakítás műszakilag megvalósítható, de nem gazdaságos megoldás a meglévő CCGT erőműveknél, amennyiben a hőhasznosító kazánban szükséges helyet a projekt során nem vették figyelembe, ezért az nem áll rendelkezésre.

Az eredeti LCP BAT REF dokumentáció készítése során az EU-15 iparági képviselői egymástól eltérő nézeteket hangoztattak, amikor azt mondták, hogy kombinált ciklusú erőművek esetén a hőhasznosító kazánt módosítani kell, ami szétszerelést és átépítést jelent, hogy lehetővé tegye az SCR befogadását. Ez az SCR amúgy is magas beruházási költségét növeli. Az SCR üzemelési és karbantartási költségei viszonylag magasak, emiatt az SCR nem költséghatékony meglévő kombinált ciklusok esetében. Az iparág képviselői azt is kijelentették, hogy nyílt ciklusú gázturbinák esetében az SCR nem költséghatékony, mivel:

a) a gázokat le kell hűteni. Ehhez kiegészítő hűtőre van szükség a gázhőmérséklet olyan szintre való csökkentéséhez, ami lehetővé teszi az SCR működését, és

b) Európában a nyílt ciklusú gázturbinák csúcserőművek, amelyek csak szükség esetén üzemelnek. A magas beruházási, üzemeltetési és karbantartási költségek gázturbina esetében az SCR megvalósítását gazdaságilag ésszerűtlenné teszik.

Helyhez kötött gázmotoros erőműveknél a nagy légfeleslegű megközelítés a BAT, megfelel a gázturbinákban használt száraz NO_x szegény technikának. Ez egy beépített módszer, nem szükséges további vegyszer vagy víz betáplálása a helyszínen az NO_x csökkentés érdekében. A CO kibocsátások csökkentése érdekében oxidáció katalizátor alkalmazása a BAT a 3.3.4–3. táblázatban említett földgáztüzelés kibocsátási szintjeivel együtt. Egyéb gáznemű tüzelőanyagok pl. biogáz vagy depónia gázok esetén a CO kibocsátás a felhasznált speciális tüzelőanyag miatt magasabb lehet.

Szikragyújtásos nagy légfelesleg elvén működő (SG) gázüzemű motorok és vegyes üzemű motorok (DF) NMVOC kibocsátása gáz üzemmódban a földgáz összetételétől függ. Másodlagos NMVOC kibocsátás csökkentési technikák néhány esetben szükségesek lehetnek, és egy oxidációs katalizátort lehet használni a CO és az NMVOC kibocsátás egyidejű csökkentésére. A 100 mg/Nm^3 (15% O_2) alatti CO értékek és 23 mg/Nm^3 (15% O_2) alatti formaldehid értékek BAT-nak tekintendők oxidációs katalizátorral ellátott gázüzemű motorok esetén.

A CO kibocsátás minimálisra csökkentésének BAT-ja a teljes égés, amely jó tüzelőberendezés tervezést igényel, nagyteljesítményű megfigyelési és folyamatirányítási technikák használatát és a tüzeléstechnikai rendszer karbantartását. A tüzelési feltételek mellett egy megfelelően optimalizált rendszer teszi lehetővé az NO_x kibocsátás csökkentését és a CO szintek 100 mg/Nm^3 alatti szinten tartását. Továbbá a CO esetében egy oxidációs katalizátor alkalmazása BAT-nak tekinthető sűrűn lakott városi területen való üzemelés esetén.

A BAT-ra vonatkozó döntés az NO_x és CO kibocsátások megelőzésére és csökkentésére, valamint a kapcsolódó kibocsátási szintekre vonatkozóan összefoglalása a 3.3.4–3. táblázat és 3.3.4–4. táblázatokban található. A turbinák és gázmotorok füstgázai általában 11–16% O_2-t tartalmaznak, ezért a BAT turbinák és motorok kibocsátási szintjeivel kapcsolatban való használata az O_2 szinten és 15 tf%-on alapul és referencia pontként állandó feltételeket vesz

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

figyelembe. Gáztüzelésű kazánoknál 3 tf% O_2 az általánosan alkalmazott referencia szint. A BAT kibocsátási szintek napi átlagon, állandó feltételeken és szokásos terhelési szinten alapulnak. Csúcsterhelés esetén a beindítási és leállási időszakok, valamint a füstgáz tisztító rendszer működési zavarai, rövid időtartamú csúcsidőszakok esetén a szintek magasabbak lehetnek, ilyenkor ezeket kell figyelembe venni.

Berendezés típusa	**BAT-nak megfelelő kibocsátási szint (mg/Nm^3)**		**O_2 szint (%)**	**BAT lehetőségek ezen értékek elérésére**	**Monitoring**
	NO_x	**CO**			
Gázturbinák					
Új gázturbinák	20-50	5-100	15	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők (szabvány berendezés új gázturbinákhoz) vagy SCR	Folyamatos
DLN meglévő gázturbinákhoz	20-75	5-100	15	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők átépítési csomagként ha rendelkezésre áll	Folyamatos
Meglévő gázturbinák	50-90(1)	30-100	15	Víz- és gőzbefecskendezés vagy SCR	Folyamatos
Gázmotorok					
Új gázmotorok	20-75(2)	30-100(3)	15	Nagy légfeleslegű elv alacsony NO_x-re állítva és oxidációs katalizátor CO-hoz vagy SCR és oxidációs katalizátor CO-hoz	Folyamatos(4)
Új gázmotorok hőhasznosító kazánnal CHP üzemmódban	20-75(2)	30-100(3)	15	Nagy légfeleslegű elv alacsony NO_x-re állítva és oxidációs katalizátor CO-hoz vagy SCR és oxidációs katalizátor CO-hoz	Folyamatos(4)
Meglévő gázmotorok	20-100(2)	30-100(3)	15	Alacsony NO_x-re állítva	Folyamatos(4)
(1)	Az iparág és egy tagállam felvetette, hogy a meglévő gázturbinába befecskendezhető víz vagy gőz mennyisége korlátozott. Nagy mennyiségű víz vagy gőz befecskendezése a gázturbina részegységeinek károsodását idézheti elő. Emiatt azt igényelték, hogy a megadott tartományt 80-120 mg/Nm^3-ben állapítsák meg.				
(2) (3) (2) (3)	Az iparág felvetette, hogy ezek a tartományok nem felelnek meg a BAT megközelítésnek. Az indoklás szerint a BAT-ként megadott tartomány azonos az amerikai LAER (elérhető legalacsonyabb kibocsátás) által megadottal. Az iparág azt javasolta, hogy a környezetközpontú megközelítés vegye figyelembe a környezetet (város/egyéb terület). Ez azt jelenti, hogy félreeső helyen elhelyezkedő kisebb erőművekre enyhébb BAT szintek vonatkozzanak, mint városi területek lévő nagy erőművekre. Az iparág véleménye szerint a 190 mg/Nm^3 (15% O_2) gáz üzemmódban jelentse az általános emissziós optimumot, figyelemmel a lehető legalacsonyabb tüzelőanyag felhasználásra és a CO, VOC, stb. elégetlen gáznemű kibocsátására szikragyújtásos (SG) és vegyes üzemű motorok (DF) esetén gáz üzemmódban.				
(4)	Az iparág megemlítette, hogy műszaki okok miatt (tüzelőanyag összetételének hatása), a CO-nak 110-380 mg/Nm^3 (15% O_2) szinten kellene lennie, hogy képviselje a BAT-ot.				
	Más iparági képviselők véleménye szerint a tartományt a következők szerint kellene megváltoztatni:90-190 mg/Nm^3				
	100 mg/Nm^3 mivel a BAT-tal összefüggő kibocsátási szintek gázmotoroknál csak földgáz tüzelésre alkalmazhatóak, de megújuló gázokra pl. depónia gáz, biogáz vagy tisztító gáz. Továbbá felvetették, hogy ezen szintek az ilyen gázok esetén piaci hátrányt hoznának létre.				
	Egy iparági képviselő javasolta a nem folyamatos monitoringot, mivel a gépek kibocsátásának folyamatos megfigyelése nem általános eljárás a helyhez kötött belső égésű motoroknál.				

3.3.4–3. táblázat: BAT az NO_x és CO kibocsátás csökkentéséhez néhány gázüzemű tüzelőberendezésre vonatkozóan

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Berendezés típusa	BAT-nak megfelelő kibocsátási szint (mg/Nm^3)		O_2 szint (%)	BAT lehetőségek ezen értékek elérésére	Monitoring
	NO_x	CO			
Gázkazánok					
Új gázkazánok	50-100(1)	30-100	3	NO_x szegény előkeveréses égők vagy SCR vagy SNCR	Folyamatos
Meglévő gázkazánok	50-100(2)(6)(7)	30-100	3	NO_x szegény égők vagy SCR vagy SNCR	Folyamatos
CCGT					
Új CCGT póttüzelés nélkül (HRSG)	20-50	5-100	15	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők vagy SCR	Folyamatos(4)
Meglévő CCGT póttüzelés nélkül (HRSG)	20-90(3)	5-100(5)	15	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők vagy víz- és gőz-befecskendezés vagy SCR, ha a HRSG-ben a szükséges helyet előre figyelembe vették	Folyamatos(4)
Új CCGT póttüzeléssel	20-50	30-100	Üzem spec.	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők és NO_x szegény égők a kazán részhez vagy SCR vagy SNCR	Folyamatos(4)
Meglévő CCGT póttüzeléssel	20-90(4)	30-100(5)	Üzem spec.	Száraz NO_x szegény előkeveréses égők vagy víz- és gőzbefecskendezés és NO_x szegény égők a kazán részhez ha a HRSG-ben vagy SNCR-ben a szükséges helyet előre figyelembe vették	Folyamatos

	Az iparág véleménye szerint a tartományt a következők szerint kellene módosítani:
(1,2)	felső értéket 120 mg/Nm^3-ra
(3)	80-120 mg/Nm^3
(2)	mivel a gázkazánok függenek az égési hőmérséklettől, az égők típusától, a kazán méretétől, a fűtőfelületektől, a levegő hőmérséklettől, az erőmű terhelési faktorától. Amennyiben a kazán el van látva füstgáz recirkulációval, lehetséges 100 mg/Nm^3-ra csökkenteni az NO_x kibocsátást, azonban egy meglévő kazán átépítése füstgáz recirkulációra magas (nem költséghatékony) befektetési költséggel jár.
(4)	Egy tagállam javasolta, hogy meglévő gázkazánoknál, amelyeket az utóbbi időben állítottak át nehéz fűtőolajról földgáztüzelésre, minden lépést megtéve az NO_x csökkentése érdekében
(3,4)	(füstgáz recirkuláció, tüzelőanyag és levegő szakaszolás), a BAT szerint elérhető kibocsátási szinteken 10-150 mg/Nm^3-ra kellene módosítani.
(5)	Az iparág felvetette, hogy a nagy fali égők miatt, amelyeket a HRSG póttüzeléséhez használnak, a gázturbina NO_x kibocsátása 10-20 mg/Nm^3-al emelkedhet. Az emelkedést ezen csatornaégők magas helyi hőmérséklete okozza, emiatt a BAT szerinti szintnek póttüzelés esetén 80-140 mg/Nm^3-nak kellene lennie.
(6)	Egy tagállam felvetette, hogy a >50 MW berendezések felső BAT értéke CCGT esetében nem lehet 80 mg/Nm^3 felett, és 200 MW feletti berendezéseknél a felső BAT értéknek 35 mg/Nm^3 alatt kellene lennie, mivel ezeket az értékeket már kibocsátási határértékként rögzítették az adott tagországban.
	Egy tagállam felvetette, hogy a >50 MW berendezések CO felső szintje CCGT esetében nem lehet 35 mg/Nm^3 feletti, mivel ezeket az értékeket már kibocsátási határértékként rögzítették az adott tagországban.
(7)	**Magyarországon a meglévő kazánok nagy részénél a 100 mg/Nm^3-es kibocsátási szint elérése NO_x kibocsátás csökkentő módszerek alkalmazásával sem érhető el. Átalakításuk ésszerűtlenül magas gazdasági beruházásokkal járna. A javasolt maximális szint 200mg/Nm^3.**

3.3.4–4. táblázat: BAT az NO_x és CO kibocsátás csökkentéséhez néhány gázüzemű tüzelőberendezésre vonatkozóan

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Finomítói gáz és földgáz finomítás esetén az Ásványolaj és földgáz finomítókról szóló BREF útmutatatását kell alkalmazni.

(5) VÍZSZENNYEZÉS

A gázüzemű tüzelőberendezésekben különböző hulladékvizek keletkeznek (ld. 3.3.2 (2) fejezet). A vízbe történő kibocsátások csökkentése és a víz szennyezésének elkerülése érdekében minden BAT-nak tekintett eljárás bemutatása a 3.3.4–8. táblázatban található.

Kis mennyiségű szennyezett (mosó) vizek időnkénti előfordulását nem lehet megelőzni az erőművekben. Az olajleválasztó berendezések általában elegendőek a környezeti károk megelőzésére.

A szennyvízkezelésre vonatkozóan a 2.3.10.sz. fejezetben leírtak általában szintén BAT-nak tekinthetők ezen szektor vonatkozásában.

(6) ÉGÉSTERMÉKEK

Az iparág eddig is nagy figyelmet fordított az égéstermékek és melléktermékek hasznosítására, megelőzendő azok lerakókban történő elhelyezését. A hasznosítás és újrafelhasználás ezért a lehető legjobb megoldás.

(7) TECHNIKÁK A BAT FIGYELEMBE VÉTELÉVEL

Az alábbiakban táblázatos formában foglaljuk össze azokat a technikákat, melyek gáz tüzelőanyag elégetéséből származó kibocsátások megelőzésére és csökkentésére, valamint a hatásfok növelésére vonatkoznak. Ezek a technikák jelenleg kereskedelmileg elérhetők.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Gáznemű tüzelőanyagok és folyékony adalékok szolgáltatására és kezelésére vonatkozó technikák

Technikák	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Expanziós turbina használata a nyomás alatt lévő vezetékes gáz energiatartalmának hasznosítására	Az energia hatékonyabb használata	Lehetséges	Lehetséges	Van	Nincs	Adat nem hozzáférhető	
A tüzelőanyag előmelegítése a füstgázban lévő energiatartalom kinyerésére							
A gázvezetékek és szállító berendezések rendszeres ellenőrzése	Tűzveszély csökkentése						
Vízzáró csatornarendszer (ideértve az olajszeparátorokat is, elkerülendő az olaj által okozott víz- vagy talaj szennyezést)	Talaj-és talajvíz szennyezés megelőzése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	A szennyvíz vízkezelés költsége	Az összegyűjtött csapadékvizeket ülepítőben kell kezelni
SCR technológia esetén az ammónia és az ammónia oldat megfelelő tárolása	Nagyobb biztonság	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Kisebb kockázat, mintha nyomás alatt lévő ammónia oldatot tárolnak	Adat nem hozzáférhető	

3.3.4–5. táblázat: Gáznemű tüzelőanyagok és folyékony adalékok szolgáltatására és kezelésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Technikák a gáznemű tüzelőanyagot égető kazánok és turbinák hatásfokának növelésére

Technikák	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Kazános erőmű							
Kombinált hő-és villamosenergia-termelés (CHP)	Megnövelt hatásfok (tüzelőanyag megtakarítás)	Lehetséges	Korlátozott	Nagy			
A tüzelőanyag előmelegítése hulladék hővel	Hatékonyabb energiafelhasználás	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Adat nem hozzáférhető	
Kiváló minőségű anyagok használata a magas üzemi hőmérséklet eléréséhez, ezáltal a gőzturbina hatásfokának növelése	Megnövelt hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Új üzemekben	Nincs	Adat nem hozzáférhető	Jobb minőségű anyagok magasabb nyomást és hőmérsékletet engednek meg
Kettős újrahevítés	Megnövelt hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Főleg új üzemekben	Nincs	Adat nem hozzáférhető	
Regeneratív tápvíz melegítés (a gőzturbinából csapolt gőzből nyert hőenergiával)	Megnövelt hatásfok	Lehetséges	Esetenként lehetséges		Nincs	Adat nem hozzáférhető	
Az égési feltételek és a kazánok magas szintű számítógépes irányítása a kibocsátás csökkentése érdekében	Hatékonyabb kazán teljesítmény	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Üzemspecifikus	
Hőtárolás (CHP)		Lehetséges	Lehetséges			Adat nem hozzáférhető	A CHP módban termelt energia megnő
Az égéslevegő előmelegítése	Megnövelt hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Nagy	Nincs	Adat nem hozzáférhető	150 °C felett megnőhet az emisszió
Gázturbinák							
A gázturbina és hőhasznosító kazánjainak magas szintű számítógépes irányítása	Hatékonyabb turbina és kazán teljesítmény	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Üzemspecifikus	
Kiváló minőségű anyagok használata a magas üzemi hőmérséklet és nyomás eléréséhez, ezáltal a gázturbina hatásfokának növelése	Megnövelt hatásfok	Lehetséges	Nem lehetséges	Új üzemekben	Nincs	Adat nem hozzáférhető	Jobb minőségű anyagok magasabb nyomást és hőmérsékletet engednek meg

3.3.4–6. táblázat: Technikák a gáznemű tüzelőanyagot égető kazánok és turbinák hatásfokának növelésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Technikák az NO_x és a CO kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Technikák	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Gáztüzelésű kazánok							
Kis légfelesleg	NO_x csökkentés, hatásfok növelés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nőhet a CO kibocsátás	Üzemspecifikus	
Füstgáz cirkuláltatás	NO_x csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nőhet a CO kibocsátás		
NO_x szegény égők	NO_x csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nőhet a CO kibocsátás	Adat nem hozzáférhető	Régebbi üzemekben gond lehet a modern NO_x égők lánghosszúságával
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia szökés	Üzemspecifikus	
Gázturbinák							
Közvetlen gőzbefecskendezés	NO_x csökkentés	-	Lehetséges	Nagy	Nőhet a CO kibocsátás	Megvizsgálandó	
Közvetlen vízbefecskendezés	NO_x csökkentés	-	Lehetséges	Nagy	Nőhet a CO kibocsátás		
Száraz NO_x szegény (DLN) égőkamra	NO_x csökkentés	Irányadó	Az adott gázturbinát ól függ		Nőhet a CO kibocsátás	Megvizsgálandó	Ma majdnem minden új erőműben DLN rendszer van. Ahol régi GT-k átalakítása lehetséges, a költség nagyon magas, egy új turbina árának 50%-a is lehet.
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia szökés	Megvizsgálandó	Az adott helyzettől függ
CO oxidációs katalizátor	CO csökkentése (CO_2-dá alakítás)	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			Az adott helyzettől függ
Katalitikus égetés	NO_x csökkentés	Lehetséges	-	Nincsenek	Nincs ammónia szökés	Megvizsgálandó	Ez az ígéretes technológia még csak most kezdi kereskedelmi üzemét az USA-ban. Az információ olyan gyártóktól származik, akik a gyakorlatban még nem bizonyítottak. Nagyon alacsony, akár 5-6 mg/Nm^3 NO_x emissziót irányoznak elő.
Helyhez kötött gázmotorok							
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkentés	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Ammónia szökés	Üzemspecifikus	
„Szegény keverék" (nagyon nagy légfelesleg)	NO_x csökkentés	Lehetséges	Nem lehetséges	Nagy			A szikragyújtású „sovány keverék" és a kettős tüzelésű gázüzemű motorokat gyakran oxidációs katalizátorokkal szerelik fel elsősorban a CO eltávolításra. A nem metán illékony szerves vegyületek (NMVOC) emissziója a földgáz összetételétől függ.

3.3.4–7. táblázat: Technikák az NO_x és a CO kibocsátás megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Technikák a vízszennyezés megelőzésére és csökkentésére

Technikák	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalatok	Környezeti elemek közti kereszthatások	Gazdaságosság	Megjegyzések
		Új üzem	Felújítható üzem				
Sótalanítók és kondenztisztítók regenerálása							
Semlegesítés és ülepítés	A szennyvíz mennyisége csökken	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	A víztelenített üledéket el kell helyezni	Üzemspecifikus	
Lelúgozás							
Semlegesítés		Csak lúgos üzemmódban		Nagy			
Kazánok, gázturbinák, levegő előmelegítők és csapadékleválasztók mosása							
Semlegesítés és zártkörű üzemeltetés, vagy a száraz tisztítási technológiákkal való helyettesítés, ahol ez műszakilag megoldható	A szennyvíz mennyisége csökken	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Üzemspecifikus	

3.3.4–8. táblázat: Technikák a vízszennyezés megelőzésére és csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.4 BIOMASSZA TÜZELÉSE ÉS A KIBOCSÁTÁSOK KEZELÉSE

3.4.1 ALKALMAZOTT TÜZELÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK BIOMASSZA TÜZELŐ-ANYAGOK ESETÉN

Az Európai Unió megújuló erőforrásokról szóló Fehér könyvében megfogalmazott és kitűzött cél 2010-re a tagországok egésze számára a teljes energiafelhasználásból a megújuló energia felhasználás 6%-ról **12%**-ra növelése.

A megújuló energiaforrásokból történő villamosenergia-termelés részarányának növelésére vonatkozóan pedig az Európai Parlament és Tanács 2001/77/EG irányelve ad iránymutatást, mely szerint a cél a teljes energia felhasználásban a 14%-os részarány **22%**-ra növelése 2010-re.

Magyarország vállalása szerint az ország a megújuló energiaforrás felhasználás 3,6%-os részarányát **7,2%-**ra, a *megújuló energiaforrásból származó villamosenergia* 0,9%-os részarányát pedig **3,6%**-ra növeli 2010-re.

Az ország összes energia felhasználásából a megújuló energiaforrások részesedése 2004-ben 3,6%, aminek 85 %-a tűzifa és egyéb szilárd biomassza energetikai hasznosításából származik.

A hazai, biomassza energiahordozóból előállított villamosenergia-termelés döntő részét „volt" szenes erőművek termelik, alapvetően tűzifa, kismértékben egyéb biomassza felhasználással. Az egyes erőművi teljesítmények, az egyes erőművek részére engedélyezett villamosenergia termelés mennyisége és megoszlása a 3.4.1–1. táblázatban látható.

	Teljesítmény	**Engedélyezett kvóta**		
		2006	**2007**	**2008**
	MW_e	**MWh**		
AES Borsodi Erőmű Kft.	90	280 000	280 000	280 000
AES Tiszapalkonya	55	180 000	180 000	180 000
Mátrai Erőmű Rt.	60,2	120 000	160 000	160 000
Bakonyi Erőmű Rt.	54	55 000	55 000	55 000
Bakonyi Bioenergia Kft.	27	195 000	195 000	195 000
PANNONGREEN Kft.	49,9	335 000	335 000	335 000
Vértesi Erőmű Rt.	18	55 000	125 000	125 000

3.4.1–1. táblázat: Biomassza alapú energiatermelési kapacitás és engedélyezett kvóta [197, Grabner,Tóth, 2007.]

(1) A FELHASZNÁLHATÓ BIOMASSZÁK ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉSE

❖ **A biomassza fogalma**

A biomassza a megújuló erőforrások közé tartozik, folyamatosan keletkező, biológiailag lebomló anyagok összessége.

A biomassza meghatározása, besorolása és csoportosítása sokféleképpen történhet. Keletkezésük alapján a biomasszák az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- *Elsődleges biomassza*: a természetes vegetáció (mezőgazdasági növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, a vízben élő növények),
- *Másodlagos biomassza*: az állatvilág, illetve az állattenyésztés fő- és melléktermékei (alom, trágya, stb.)
- *Harmadlagos biomassza*: az állat feldolgozó iparok gyártási melléktermékе, az emberi életműködés melléktermékе (vágóhídi hulladékok, kommunális szennyvíz tisztítás maradék anyagai)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ Energetikailag hasznosítható biomasszák

A biomassza fogalmát a különféle szabályozások nem egységesen határozzák meg.

Az Európai Parlament és Tanács **2001/77/EC Irányelve** 2. §. (b) pontja szerint biomassza:

> a mezőgazdaságból származó termékek, hulladékok és maradékok (a növényi és állati részeket is magába foglalva), az erdészeti valamint a kapcsolódó ipar, úgymint az ipari és lakossági hulladékok biológiailag lebomló frakciói

A nagy tüzelőberendezések technológiai kibocsátási határértékeit szabályozó **2001/80/EC Irányelv** 2. § (11) bekezdése szerint:

> biomassza a mezőgazdaságból vagy erdészetből származó bármilyen növényi részből vagy egész növényből álló termék, amely energiatartalmának kinyerése céljából tüzelőanyagként felhasználható.

Magyarországon a biomassza fogalmát a **10/2003. (VII.11.) KvVM rendelet** 2. §. e) pontja részletezi:

> biomassza minden, az energiatartalmának hasznosítása céljából tüzelőanyagként felhasználható, nem szennyezett, illetve vegyi anyaggal nem kezelt, részben vagy teljes egészében mezőgazdasági vagy erdészeti eredetű növényi anyag, továbbá az alább felsorolt, tüzelőanyagként felhasznált hulladék:
>
> - mezőgazdasági és erdészeti eredetű növényi hulladék,
> - az élelmiszer-feldolgozó iparból származó növényi hulladék, ha a termelt hőt hasznosítják,
> - cellulózgyártásból és cellulózból készült papír gyártásából származó rostos növényi hulladék, ha annak együttégése a termelés helyszínén történik és a termelt hőt hasznosítják,
> - parafa hulladék,
> - fahulladék, kivéve azt a gyártási, építési és különösen a bontási fahulladékot, amely halogéntartalmú szerves vegyületeket vagy nehézfémeket tartalmaz vagy tartalmazhat annak következtében, hogy a fát korábban tartósítószerrel kezelték vagy bevonattal látták el.

Azon biomasszák esetén, melyek „hulladék" kategóriába tartoznak, a Hulladékégetési Irányelv (WID: Waste Incineration Directive) előírásai is figyelembe veendők. Különösen fontos ez bizonyos hulladékok esetén, melyekre a WID csak meghatározott feltételek esetén nem vonatkozik. A legfontosabb kivételek a nem celulózgyártásból származó növényi maradványok és az építkezésekről/bontásokból származó szennyezett fahulladék. Az ilyen hulladékok együttégetésére is a WID előírásai vonatkoznak. Az együttégetésekkel e dokumentum 3.5. fejezete foglalkozik.

❖ Magyarország energetikai célra fordítható biomassza potenciálja

A biomasszák különbözőképpen hasznosíthatók energiaforrásként. E fejezetben csak a nagytüzelőberendezések által, ***közvetlen eltüzeléssel történő hő- és villamosenergia termelési*** célú felhasználáshoz alkalmas, illetve alkalmassá tehető **elsődleges, szilárd biomasszákkal** foglalkozunk részletesebben. Ezek az alábbi forrásból származhatnak:

- Az ***erdőgazdálkodás fő- és melléktermékei*** (hengeres tűzifa, ág, apríték, nyesedék, fűrészpor, stb.)
- Az élelmezési célú szántóföldi ***növénytermesztés*** és -feldolgozás szilárd ***melléktermékei*** (különböző gabonafélék szalmája, napraforgó szára, héja, kukorica szára és csutkája, stb.),
- Az ***energetikai céllal termesztett növényi anyagok fő- és melléktermékei*** (fűfélék, speciális, intenzív növekedésű, könnyen kitermelhető, jól éghető fásszárúak: akác,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

nyár, éger, fűz valamint az energianád illetve más, ipari célú növények szilárd melléktermékei: cukorrépa, köles, rozs, repce, stb.)

A Magyarországon keletkező, energiatermelésre használható, **szilárd biomassza potenciál** forrásaira és energiatartalmára vonatkozó becsült értékek a 3.4.1–2. táblázatban láthatók.

	2003	*2010**
	PJ/év	
Erdőgazdálkodás és faipar	47,1	48,6
Természetben képződő egyéb növények	0,3	0,3
Mezőgazdasági és feldolgozóipari melléktermékek	18,7–42,7	4,7–36
Energetikai növénytermesztés fő- és melléktermékei	0,1	44–76,6
összesen	66,2–90,2	97,6–161,5

3.4.1–2. táblázat: Energiatermelésre használható szilárd biomassza potenciál [198, Marosvölgyi, 2005.]

a) Erdőgazdálkodás fő- és melléktermékei

A magyarországi erdőkben évenként keletkező növekmény, annak kitermelhető része és abból az energetikai célokra hasznosítható famennyiségek láthatók a 3.4.1–3. táblázatban. Az erdőgazdálkodás fő- és melléktermékeiből a hengeres tűzifa, faág, faapríték, nyesedék, fűrészpor, kéreg, háncs, tuskó, stb. alkalmas hasznosításra, az energetikai hasznosítás döntő részét ezek biztosítják.

Folyónövedék	12 millió	brm^3/év
Éves fakitermelés	7 millió	brm^3/év
Ebből energetikai célokra felhasználható (sarangolt)	2,5-3 millió	brm^3/év
Összes tűzifa felhasználás	~1 millió	t/év

3.4.1–3. táblázat: A magyarországi erdőgazdálkodás éves mutatói [199, Széles, 2005]

b) Szántóföldi növénytermesztés melléktermékei

A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei a különbözõ gabonafélék szalmája, a napraforgó szára, héja, a kukorica szára és csutkája, valamint néhány egyéb növény, pl. energiafüvek származadványa használható fel tüzelési célokra. Bár e melléktermékek nagy mennyiségben keletkeznek, energetikai célra csak egy részük használható fel, pl. legnagyobb mennyiségben a kukoricaszár keletkezik, magas nedvességtartalma miatt azonban tüzelésre csak korlátozottan használható fel. Energetikai célra leginkább a különféle szalmafélék hasznosíthatók, felhasználásuk főként bálázva vagy a szalma brikettálásával, pellettálásával történik.

A Magyarországon keletkező főbb mezőgazdasági melléktermékek mennyisége és főbb jellemzőik a 3.4.1–4. táblázatban láthatók:

Melléktermék		**Szalma**	**Kukorica szár**	**Kukorica csutka**	**Napraforgó szár**	**Venyige**	**Fa hulladék**
Termelt mennyiség	M t/év	4,5-7,5	10,0-13,0	1,0-1,2	0,4-1,0	1,0-1,2	1,0-1,5
Eltüzelhető mennyiség	M t/év	1,5-2,0	3,0-4,0	0,4-0,6	0,3-0,4	0,5-0,7	0,5-0,7
Nedvességtartalom betakarításkor	%	10-20	40-65	30-40	30-35	30-45	20-45
Nedvességtartalom tárolás után	%	13-15	22-43	12-20	18-25	15-20	15-25
Fűtőérték 18 % nedvességtartalomnál	MJ/kg	13,5	13,0	13,5	11,5	14,8	15,0

3.4.1–4. táblázat: A Magyarországon keletkező főbb mezőgazdasági melléktermékek [200, Nagy, 2005.]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

c) Energetikai céllal termesztett növényi anyagok

Mezõgazdaságilag nem hasznosított, kisebb aranykorona (AK) értékű területekre telepíthető speciális faültetvények, amelyekből a legrövidebb idő alatt, a legkisebb költséggel nagy mennyiségű és jól éghető tüzelőanyag nyerhető. Erre olyan fafajok alkalmasak, amelyeknek a fiatalkori növekedésük intenzív, könnyen hajtanak és nagy tömegű faanyagot produkálnak, könnyen kitermelhetők és természetesen jól égnek.

E célra használható fafajok: gyertyán, juhar, hárs, fűz, éger, nyír és akác.

Felhasználásuk elsősorban apríték, pellet, illetve brikett formájában történik.

❖ A biomasszák jellegzetességei

A biomasszák általában nagy mennyiségben tartalmaznak vizet.

Bár a **különböző fafajták** és háncsok kémiai összetétele némileg különböző és a szennyeződés valamint a talaj befolyásolják a hamu tartalmat és összetételét, az erdészetekből és a faiparból származó biomasszákról általánosságban elmondható, hogy kén tartalmuk alacsony, hamu tartalmuk mérsékelt, lsd. *3.4.1–5. táblázat*. A különbség a tüzelőanyag nedvességtartalmában és konzisztenciájában számottevő, így ezek befolyásolják a tüzelőanyag kezelését és a tüzelés jellemzőit. Mindezeket a részleteket figyelembe kell venni, amikor a tárolási, szállítási, tüzelési és a lehetséges füstgáz kezelési technikákat meghatározzuk.

A papír-, cellulózgyárak és a fűtőművek egyre nagyobb mértékben használnak biomassza tüzelőanyagként erdészeti maradványokat, mint pl. a kisebb fák, a fák felső része, faágak, melyeket kifejezetten tüzelőként gyűjtenek össze más erdészeti műveletekkel összhangoltan.

Az utóbbi húsz évben kísérletek folynak különböző, kimondottan tüzelőanyagnak termesztett fűzfa fajokkal is. Ezen tüzelőanyagok gazdaságossága nem túl jó, leginkább az összegyűjtésük és szállításuk miatt, következésképpen mindössze jelentéktelen mennyiségüket hasznosítják ma nagy tüzelőberendezésekben.

Már működő berendezésekben, különösen tőzeg vagy háncs maradványokat tüzelő FBC üzemekben kiegészítő tüzelésre használják az erdészeti maradványok kis mennyiségét, mindamellett nem minden erdészeti biomassza alkalmas automatikusan tüzelésre, még tőzeg vagy háncs tüzelésére tervezett FBC-kben sem.

A tüzelésre alkalmas **mezőgazdasági melléktermékek**nek általában alacsony a szén és magas az oxigén tartalma, kén alig, hidrogén pedig 6–10% arányban van bennük. Mindezen tüzelők jellemzője még a viszonylag magas alkáli (Na, K) és illó-éghető anyag tartalom. A szalma viszonylag magas klór tartalma korróziót okozhat a túlhevítő felületén.

A gabonatermelés melléktermékeként keletkező szalma legnagyobb része a mezőgazdasági szektorban kerül felhasználásra. A felesleges szalma az energiatermelésben kerülhet hasznosításra, akár kis körzeti hőtermelő kazánokban vagy nagyobb CHP művekben egészen 40 MW_e-ig. A szalma energiává és hővé alakul át a hagyományos hőerőművekben, de speciális tulajdonságai miatt számos technikai kérdést kell figyelembe venni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Különböző típusú fa tüzelőanyagok átlagos jellemzői

	Vágástéri maradék	Teljes fa	Hosszú fa	Tuskó	Puhafa	Nyírfa	Tüzifa maradék	Fűrészelt fa maradék	Fűrészpor	Darabolt fa	Aprítási por	Pellet
	apríték				kéreg		apríték			apríték		
Nedvesség tartalom wt-% (friss apríték)	50-60	45-55	40-55	30-50	50-65	45-55	10-50	45-60	45-60	5-15		10
Fűtőérték szárazanyagra MJ/kg	18,5-20					21-23	18,5-20		19-19,2			19,2
Fűtőérték kivágáskor MJ/kg	6-9		6-10	6-11	6-9	7-11	6-15	6-10	6-10	13-16	15-17	16,8
Térfogat sűrűség kivágáskor kg/vesztett m^3	150-300	250-350		200-300	250-350	300-400	150-300	250-350		80-120	100-150	500-750
Energia sűrűség MWh/térfogat sűrűség m^3	0,7-0,9			0,8-1,0	0,5-0,7	0,6-0,8	0,7-0,9	0,5-0,8	0,45-0,7	0,45-0,55	0,5-0,65	2,3
Hamutartalom szárazanyagra wt-%	1-3	1-2	0,5-2		1-3		0,4-1	0,5-2	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,8	6,2-6,4
Hidrogén tartalom szárazanyagra wt-%	6-6,2	5,4-6			5,7-5,9	6,2-6,8	5,4-6,4		6,2-6,4			
Kén tartalom szárazanyagra (S) wt-%	<0,05											
Nitrogén tartalom szárazanyagra (N) wt-%	0,3-0,5					0,5-0,8	0,1-0,5					

3.4.1–5. táblázat: Fa tüzelőanyagok átlagos jellemzői [60, Alakangas, 1998]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) BIOMASSZÁT TÜZELŐ ERŐMŰVEK HATÁSFOKA

Sok biomassza tüzelésű erőmű **kapcsolt energiatermelést (CHP)** végez. A hő- és a villamosenergia kapcsolt termelése lehetővé teszi, hogy a tüzelőanyag energiatartalmának közel teljes mennyisége hasznosuljon, így az erőmű hatásfoka magas, 75-90% legyen. Az energia-hatásfokot (tüzelőanyag hatásfokot) a kapcsolt energiatermelést végző erőművekben nehéz általánosságban meghatározni, a hatásfok nagymértékben helyszín specifikus, a főbb befolyásolói: a hőterhelés és annak változásai, az alkalmazott technológia, stb.

A villamos- és hőenergia kapcsolt termelését, mint technikai lehetőséget minden alkalommal meg kell fontolni, amikor gazdaságilag megvalósítható, pl. amikor a helyi hőszükséglet kellően magas ahhoz, hogy biztosítsa a drágább kapcsolt termelésű erőmű megépítését az egyszerű hőtermeléssel szemben.

A fluidágyas tüzelésű, biomasszát tüzelő, kondenzációs hőerőművek általában kisebb méretűek, a gőznyomás és a hőmérséklet is sokkal alacsonyabb, mint a korszerű széntüzelésű erőműveknél. A fajlagos hőfogyasztás szintje biomasszát tüzelő FBC hőerőművek esetén körülbelül 3,3–3,6 (az erőmű hatásfoka 28–30%), de mindössze néhány erőmű az, mely kizárólag villamos energiát termel. Egy finnországi portőzeget tüzelő kazánban 38–39%-os hatásfokot értek el.

(3) A BIOMASSZA SZÁLLÍTÁSA, TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

A biomassza tüzelőanyag szállítása, kirakodása, tárolása és kezelése különböző okok miatt más, mint a szén esetén. Biomasszából általában csak néhány napra elegendőt tárolnak az erőmű helyszínén.

- **A fásszárú biomassza szállítása és kezelése**

A biomassza teherautóval, pótkocsival, vasúton vagy rövidebb távolság esetén traktorral is szállítható. A szállítás hatása függ a szállítás módjától és a távolságtól. A szállítás zajt és légszennyező anyag kibocsátást is okoz. Életciklus elemzések szerint az előállításból és szállításból származó kibocsátások kisebb mértékűek, mint a tüzelésből eredő emissziók.

Az erőmű tüzelőanyag fogadó állomásáról a biomassza vagy a tárolótérre kerül, vagy az osztályozóba jut, ahonnan az aprítóba kerül. Ezután vagy összekeverik más tüzelőanyagokkal vagy egyenesen feladják a kazánházhoz.

Ha finom **porszerű** biomasszát tárolunk, portalanítóval ellátott zárt siló és tároló tér szükséges. Faapríték és kéreg tárolása szabad téren is lehetséges hosszabb ideig, a napi használatú rostált és aprított tüzelőanyag fedett tároló helyének biztosításával.

A tüzelőanyag a tárolótérről/silótól megszokott módon szállítószalagon keresztül kerül a kazánhoz. A kirakodás és szállítás során keletkezett por helyi terhelésnövekedést okozhat. Zárt szállítószalag alkalmazásával csökkenthető a kiporzó anyagok szennyező hatása.

A fa **nedvességtartalma** magas. A biomassza szárítása biztonságosan történhet a tüzelőanyag feladó rendszerrel, így nem szükséges a szárított tüzelőanyag tárolása.

A **gőzszárítás** biztonságos és alacsony környezeti hatású. Ez különösen ott előnyös, ahol kapcsolódik a gőzciklushoz, főképpen a hő- és villamosenergia-termelésben, ahol a szárítási energia teljes egészében regeneratív hő lehet. Használhatósága ellenére a regeneratív tüzelőanyag szárítási rendszer ritkán bizonyul gazdaságilag előnyösnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A másik módszer a **füstgázzal történő szárítás.** Ebben az esetben problémát jelentenek az esetleges szerves szennyeződések, mint pl. a kátrány, a viasz gyanta és az aromás komponensek, a viasz hozzátapad a füstgáz vezetékhez, ami potenciálisan tűzveszélyt jelent az elektrosztatikus porleválasztóban, a szerves szennyezők pedig bűzzel zavarhatják a szomszédokat.

Néhány esetben (kéreg) **préselés**sel távolítják el a nedvességet a tüzelőanyagból. Habár a nyomás 50%-ra vagy az alá csökkenti a nedvességtartalmat, ám ezen előkezelési technikák hátránya (magas BOD a vízben, nagy energia és karbantartási igény) kiegyenlíti az előkezelés által létrehozott hatásfok növekedést.

❖ **A szalma szállítása és kezelése**

A szalma szállítása, kirakodása, tárolása eltérő a fától.

A CHP erőművek által használt szalmát szinte kizárólag **bálák**ban tárolják, melyek tömege egyenként kb. 400-700 kg. Aratás után tüzeléstechnikai szempontból célszerű (de mezőgazdasági szempontból Magyarországon nem megoldható) a szalmát kb. egy hónapig a szántóföldön hagyni, mert az esőzések csökkentik a szalma hamu vízben oldható alkáli mennyiségét. Ezek az alkáliak károsan hatnak az égési feltételekre a hamu olvadáspontjának csökkentésével, ami megnöveli a kazán meghibásodásának veszélyét. A vízoldható alkálik mennyisége nagymértékben befolyásolja a túlhevítők korrózióját, a lerakódás mértékét. Az eső visszajuttatja a vízoldható alkálikat a földbe, táplálva az új termést.

A szalma földeken történő természetes szárításán kívül egyéb szárítási eljárás alkalmazása nem szükséges.

A teherautók általában 20-24 bálát tudnak egyszerre elszállítani a szántóföldről vagy a gazdálkodó raktárából az erőműhöz. A teherautók kirakodása speciális felsőpályás daruval történik, amely egyidejűleg elvégzi a szalma minőségi ellenőrzését (tömeg és nedvesség tartalom). A minőségellenőrzés alatt gyűjtött adatok tárolása központi logisztikai számítógépen történik. A teherautók kirakodása targoncával is történhet, mely esetben a mintavételezés egyedileg történik. A bála kötegek (10-12 bála kötegenként) vagy a tároló helyre, vagy közvetlenül az előkészítő berendezésekhez kerülnek. A tárolás leggyakrabban teljesen automatizált és a kazán 2-3 nap teljes kapacitására méretezett.

A tárolási területről a szalmabálák daru vagy targonca segítségével, szállítószalagsorokon keresztül kerülnek a kazánberendezésekbe, a bálabontás, felaprítás közvetlenül a tüzelőberendezés előtt történik.

(4) A BIOMASSZA TÜZELÉSÉNEK SPECIÁLIS ASPEKTUSAI

A tüzeléstechnikai szempontból eltérő sajátosságaik alapján meg kell különböztetni

- lágyszárú,
- fásszárú biomasszákat.

❖ **Rostélytüzelés**

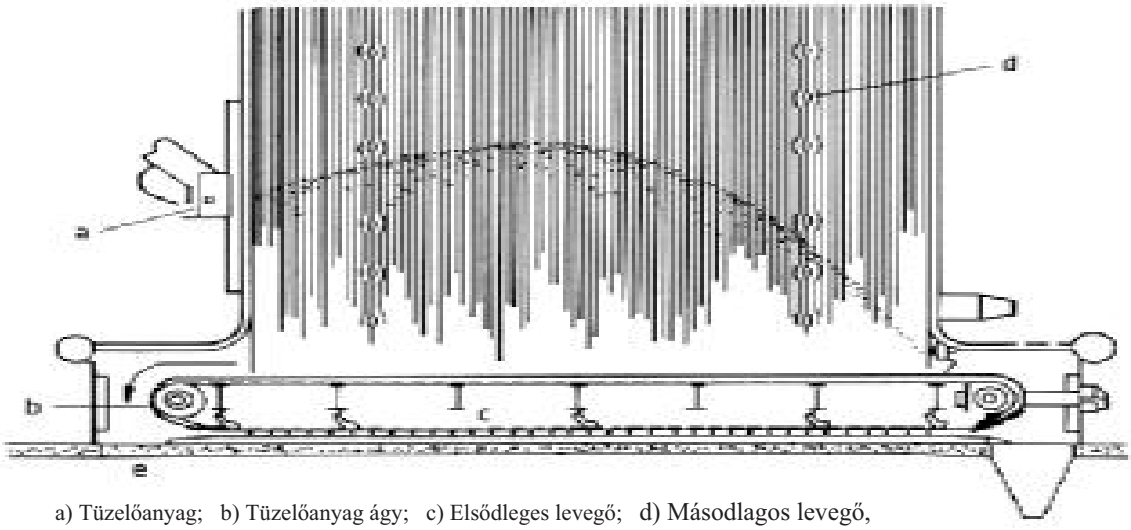
A rostélytüzelés a legnagyobb hagyománnyal bíró tüzelési mód a kazánoknál, az 1980-as évek kezdetéig ez volt a legnépszerűbb tüzelési rendszer kis kazánoknál. Napjainkban a legtöbb új, szilárd tüzelőanyag tüzelésű, 5 MW bemenő teljesítmény fölötti kazán fluidágyas. Néhány speciális tüzelőanyagnál (pl. fa-pellet, szalma, rétegelt lemez, farostlemezlap hulladék, kartonpapír) azonban a rostélytüzelés megtartotta vezető pozícióját, főként pl. Svédországban,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Dániában. Manapság a rostélytüzelésű és láncrostélyú tüzelésű technikákat csak elvétve használják az olyan nagyobb tüzelőberendezéseknél, ahol a bevitt tüzelőanyag meghaladja az 50 MW-ot.

A rostélytüzelés égetési folyamata, összehasonlítva a portüzelésű égőkkel vagy a fluidágyas tüzeléssel, kevésbé kontrollálható. Az égés kémiája és hőmérséklete még az azonos típusú tüzelőanyag részecskék esetén is változhat azok rostélyon való elhelyezkedésétől függően. A rostélyon minden tüzelőanyag először kiszárad, pirolizálódik, végül a faszén ég el a rácson. Biomassza tüzelőanyagoknál a pirolízis aránya a tüzelőanyag energia tartalmának 80%-a is lehet. A rostélytüzelés korszerű vezérlése optimális égési levegő ellátást biztosít, miáltal alacsony az elégetlen komponensek mennyisége a füstgázban.

A széntüzeléses rostélytüzelés tipikus működési elve különbözik a biomassza tüzelőanyagokétól, ahol a lejtős rostély az általánosan alkalmazott. A rostélyok lehetnek **állók** vagy **mozgatottak**. Mozgó rostélyok használatakor homogén réteg jut a rostélyra. A tüzelőanyag rostélyra történő juttatása a berendezés falán lévő ún. szórófejjel is történhet (**szórt-láncrostélyú rendszer**). A szórófej a tüzelőanyagot a rostély mozgásával ellentétes irányból szórja a rostélyra, ezáltal a nagyobb szemcsék hosszabb ideig éghetnek, hiszen a mozgórostély belépési pontjának közelébe szóródnak.



a) Tüzelőanyag; b) Tüzelőanyag ágy; c) Elsődleges levegő; d) Másodlagos levegő,
e) Hamu eltávolítás

3.4.1-1. ábra: Szórt-rostélyú tüzelés [79, Bell and Chiu, 2000]

A szalma tüzelése

A szalma szénnel történő együttégetése számos technológia esetén lehetséges. A nemzetközi tapasztalatok alapján a szalma önálló égetésénél a rostélytüzelés a leginkább használt tüzelési mód. Ez főként a szalma salakosodási / összesülési hajlamának (az alacsony hamu olvadási hőmérséklet okán) köszönhető. Speciális ágyanyag vagy adalékanyagok használatával a fluidágyas technológia (FCB) is használható szalma tüzelésre.

Általában **vízhűtésű vibrációs rostély**t alkalmaznak és a gőz hőmérsékletét 500 °C alatt tartják a korróziós hatások minimalizálása érdekében.

A túlhevítőknél a nagyméretű közök tervezése, alkalmazása szükséges, tartva a lerakódás képződéstől. A legforróbb túlhevítők nem kerülnek koromfúvással tisztításra, mert a felületi lerakódások egy védőréteget képeznek a korrózióval szemben.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A speciális biomassza égetésére tervezett kazán ellenáll a beboltozódásnak és a korróziós hatásoknak, amely a biomassza tüzelés jellemzője.

A kén mennyiségének csökkentése mészkő vagy dolomit adagolással oldható meg, de ez a módszer nem hatékony, nem gazdaságos. Még az is lehetséges, hogy a klór korróziója is növekedik ezen adszorbensek hatására. Az elv hasonló, mint amit a fluidágyas technológiánál alkalmaznak, de a fluidágyas tüzelésnél alkalmazottnál magasabb kazánhőmérsékletből fakadóan adódnak a korlátozó tényezők, a szuszpenzió alacsonyabb fajsúlya és az összesülési hatás.

❖ **Fluidágyas tüzelés (FBC)**

Az 1980-as években, a fluidágyas technológia vette át a por és rostélytüzelés helyét a fatüzelési piacon, így új erőműveknél az FCB a leginkább alkalmazott technológia. E kazánok tipikusan 200 MW bemenő tüzelőhő teljesítmény alattiak, és mind villamos-, mind hőenergiát is termelnek a helyi ipari vagy távhőszolgáltatás céljára. Indító segéd-tüzelőanyagként általánosan elterjedt a nehézolaj használata.

Az FBC nem érzékeny a tüzelőanyagok változtatására, nincs szüksége a tüzelőanyag szárításra és porításra.

A fluidágyas tüzelést leginkább ipari alkalmazásoknál használják, ahol különféle szilárd tüzelőanyagot, szenet, lignitet, tőzeget és részben biomasszát égetnek. A fluidágyas tüzelésű kazánok fő típusai:

- buborékos (BFBC),
- cirkulációs (CFBC),
- nyomásalatti fluidizációs tüzelés (PFBC).

A biomassza és a tőzeg tüzeléséhez Finnországban – különösen a kisméretű kazánok és az ipari alkalmazások esetén, ahol a jó alkalmazhatóság fontos – a BFBC kazánok, Svédországban a CFBC kazánok a legelterjedtebbek napjainkban.

A CFBC kazánok a nagyobb erőművekben terjedtek el, ahol a szén eltüzelhetősége fontos.

a) Buborékos fluidágyas tüzelés (BFBC)

A buborékos fluidágyas tüzelés különösen alkalmas az inhomogén biomassza tüzelőanyagok eltüzelésére. A BFBC a fluidizáló levegőt szétosztó lap fölötti 0,5-1,5 m magas ágyból áll. A fluidizálás sebessége 1 m/s. A buborékos ágy sűrűsége 1000 kg/m^3.

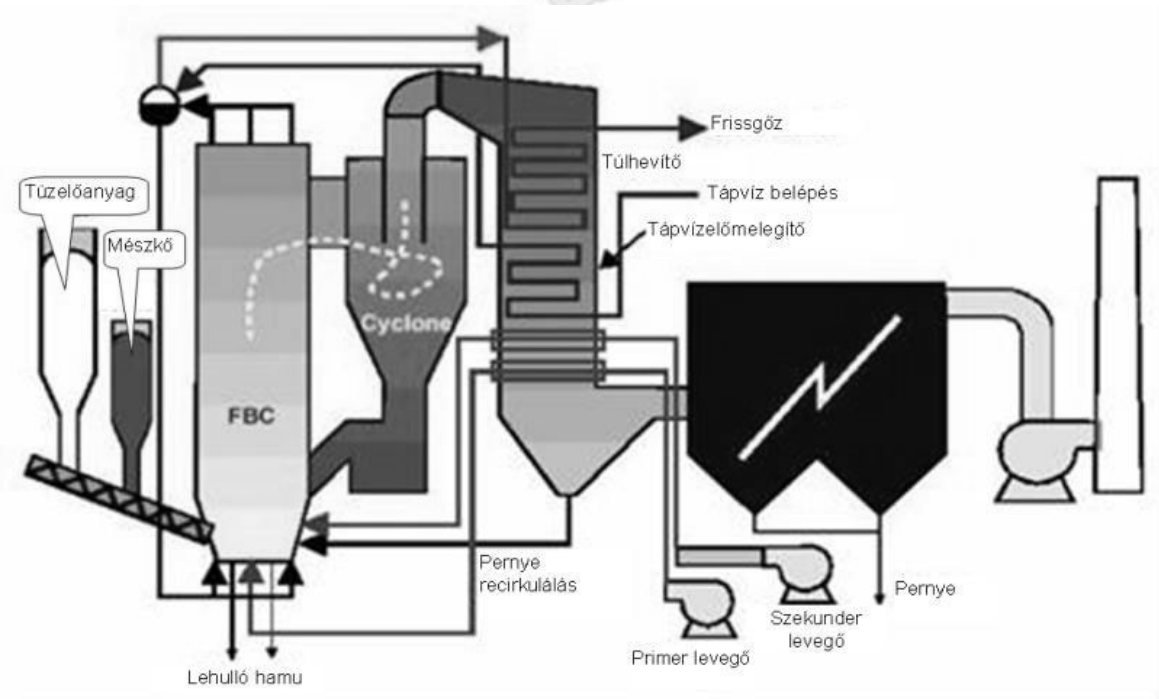
Ágyanyagként általában homokot, pernyét, tüzelőanyagot, dolomitot, mészkövet, stb. alkalmaznak. A fluidágyat alkotó részecskék mérete 0,5-1,5 mm közötti, az ennél kisebbek a fluidizáló gázárammal elhordódnak, míg a nagyobb részecskék visszaesnek a szétosztó lapra.

b) Cirkulációs fluidágyas tüzelés (CFBC)

A cirkulációs fluidágyas tüzelés két dologban tér el a BFBC-től. Az ágy részecskéinek mérete kisebb, 0,1-0,6 mm, a fluidizálás sebessége pedig nagyobb, 4-6 m/s.

Ezek a különbségek hatással vannak a fluidizálás feltételeire, azok az ágyrészecskék, melyek elhordódtak az ágyból, elszállítódnak a kazán második huzamába. A kazánból kilépő ágyrészecskék ciklonnal vagy más szeparálási módokkal szétválaszthatók a füstgázáramtól, és visszajuttathatók a fluidágyba. A szétválasztás a második huzam közepén, illetve a második huzam kivezetésénél történik, elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrő által.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.4.1-2. ábra: Cirkulációs fluidágyas kazán [59, Finnish LCP WG, 2000]

SO_2 és NO_x kibocsátás fluidágyas tüzelés során

Kéntartalmú tüzelőanyag elégetése során kén-dioxid és kén-trioxid keletkezik. Cirkulációs fluidágy esetén a kén-oxidok az ágyanyagként használt dolomit vagy mészkő által megköthetők. Hő hatására az ágyban a dolomit vagy a mészkő mésszé ég el, az égetett mész reakcióba lép a kén oxidjaival, kalcium-szulfátot képezve. Kénben gazdag tüzelőanyagok esetén ez az eljárás 90%-os csökkentést eredményez.

A CFB ágy 850 °C hőmérséklete optimális a kalcium-bázisú kén eltávolításhoz. A buborékágyban az égés főleg a korona zónában (freeboard zone) valósul meg, a sűrű szuszpenzió csak a buborékágyban létezik. Ebből adódik, hogy a kén eltávolításának hatásfoka a BFBC technológiánál alacsonyabb, mint a CFBC technológiánál. A csökkentés hatásfoka a BFBC-ben tipikusan 30-40%. A magasabb hatásfokhoz 10-hez közeli Ca/S mól arány szükséges.

A fluidágyas technológia esetén termikus NO_x nem keletkezik az alacsony égési hőmérsékletnek köszönhetően. Az NO_x alacsony szinten tartását segíti az égési levegő szakaszos adagolása. Mivel a CFBC kazánokban nehezen keveredik össze a sűrű szuszpenzió a felette horizontálisan elhelyezkedő gázokkal, nagyon fontos a levegő szakaszos bevezetése. A sűrű szuszpenzió elnyomja a turbulenciát és az illékony tüzelőanyag komponensek a beadagolási ponttól felfelé szétterjednek.

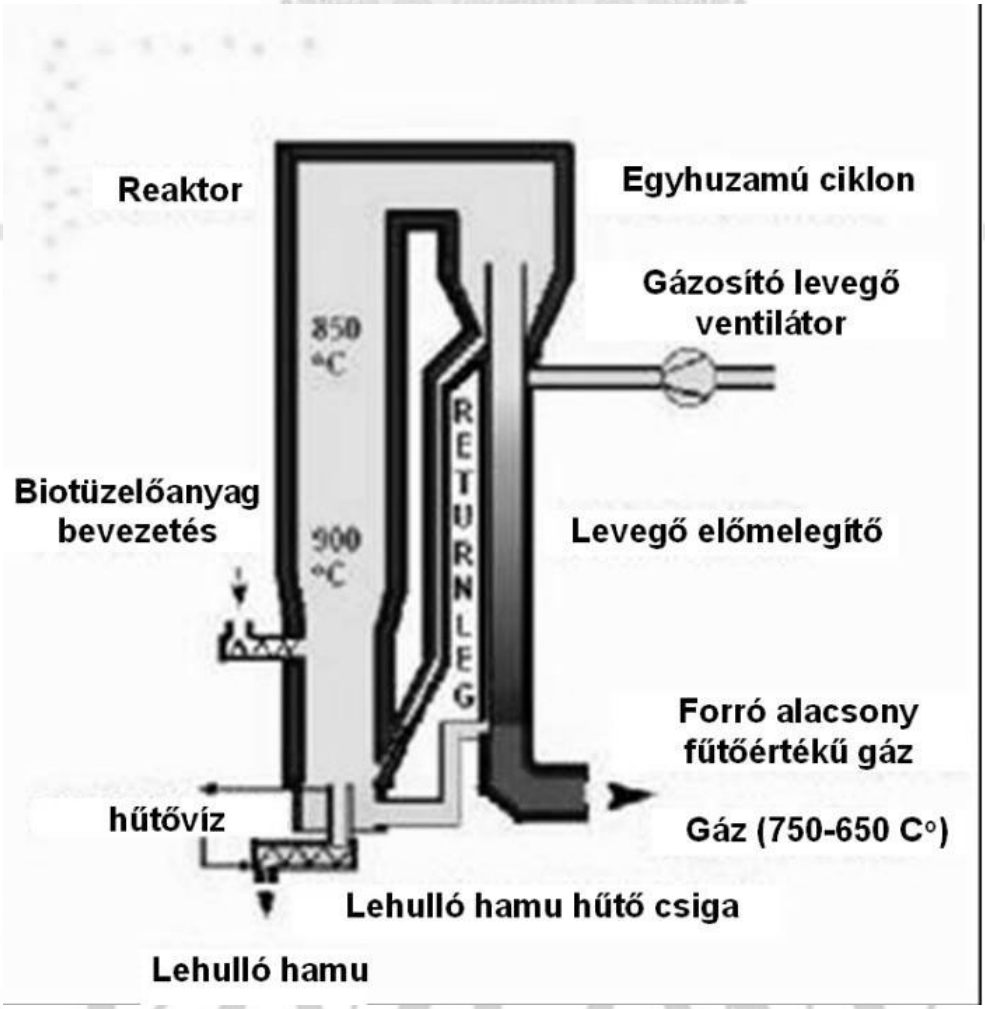
A tüzelőanyagban levő nitrogénből dinitrogén-oxid (N_2O) is keletkezik. A keletkező N_2O mennyisége némileg csökkenthető az ágy hőmérsékletének 950 ºC fölé emelésével, de a magas égési hőmérséklet megnöveli a nitrogén-oxidok (NO és NO_2) keletkezését. BFBC technológiánál az N_2O kibocsátás kockázata a koronazóna hőmérsékletének jóval 950 ºC felett tartásával elkerülhető.

BFBC esetén is szükséges az égési levegő szakaszos betáplálás. A BFBC alacsony NOx technológiájának kifejlesztése még folyamatban van, a különböző kazángyártó cégek különböző csökkentési arányokat érnek el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A biomassza elgázosítása**

Az atmoszférikus CFB elgázosítás (ACFBG) egy olyan eljárás, ahol a szilárd tüzelőanyag részleges oxidáció során éghető gázzá alakul át. A levegő fluidizálja a CFB reaktor ágyát és egyidejűleg oxidálja a tüzelőanyagot is elég magas hőmérsékleten. A folyamatot a 3.4.1-3. ábra szemlélteti.



3.4.1-3. ábra: Foster és Wheeler elgázosító [192, TWG, 2003]

Az atmoszférikus CFB elgázosító az alábbi részekből áll:

- egy reaktorból, ahol a gázképződési folyamat végbemegy,
- egy ciklonból, ahol a cirkulációs fluidágy anyagát választják szét a gáztól és
- egy visszetérő vezetékből, amely a cirkulációs anyagot juttatja vissza a reaktor alsó részére.

A ciklonból kilépve a forró gáz a ciklon alatt található levegő előmelegítőhöz jut. A nagy nyomású ventillátorral befújt gázképzési lebegő a levegő szállító hálózaton át jut a reaktor aljába. A tüzelőanyag a gázosító alacsonyabb részén jut be a levegő szállító vezeték felett a szükséges magasságban.

A reaktor működési hőmérséklete tipikusan 800–1000 °C, a tüzelőanyag és az alkalmazás függvényében.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A tüzelőanyag részecskék a reaktorban először kiszáradnak és a reakció első lépése, a pirolízis megtörténik, a tüzelőanyag gázzá, faszénné és kátránnyá alakul át. A faszén egy része lejut az ágy aljára, ahol CO-vá és CO_2-vé oxidálódik valamint hő keletkezik. Miután ezek az anyagok eljutnak a reaktorba, bekövetkezik a reakció második lépése. Ebből a reakcióból keletkezik az elégethető gáz, ami aztán bekerül a ciklonba, ahonnan elhagyja a rendszert néhány finom porrészecskével együtt. A rendszerben lévő szilárd anyag nagy része leválasztódik a ciklonban és visszatér a gázosító reaktor alsóbb részébe. Ezek a szilárd részecskék faszenet tartalmaznak, ami az ágy fluidizálására bevezetett fluidizáló levegővel együtt elég. Ez az égési folyamat létrehozza azt a hőt, ami a pirolízis endoterm (hőfogyasztó)folyamatához szükséges. A cirkuláló fluidágy anyaga felveszi ezt a hőt és stabilizálja a folyamat hőmérsékletét. A gázosítóban felhalmozódó durva hamu a gázosító alján eltávolítható.

A fluidágyak azonban eléggé érzékenyen reagálnak a biológiai eredetű tüzelőanyagok alacsony lágyulási hőmérsékletére. A gázosítón belüli redukált légkör csökkenti a hamu lágyulási hőmérsékletét is, ami felülről szabja meg a gázosító hőmérsékletét. Alulról a tökéletlen gázképződés, azaz a kátrány komponensek feldúsulása limitálja a gázosító hőmérsékletét. A kátrány károsítja a ciklont, melegoldali poreltávolítás alkalmazása esetén elősegíti a szűrőkben a koksz képződést. A fentiek miatt nagyon korlátozott a biológiai eredetű tüzelőanyagok gázképzésének műszaki üzemi hőmérséklet-ablaka, ami új hőerőművek építése kapcsán nagy hátrányt jelent a hagyományos technológiákkal szemben.

Új, biomassza tüzelési technikák – Integrált gázosítású kombinált ciklus

Az integrált gázosítású kombinált ciklus (Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC), biomassza nagynyomású gázosítása az egyik olyan nagy hatásfokú technológia, amely képes csökkenteni a szilárd tüzelőkön alapuló, ipari méretű energiatermelés károsanyag kibocsátását, beleértve az üvegházhatású CO_2 gázt is.

A biomassza tüzelésű IGCC technológia fejlesztése az északi országokban jelenleg ott tart, hogy egy demonstrációs egység épül Svédországban.

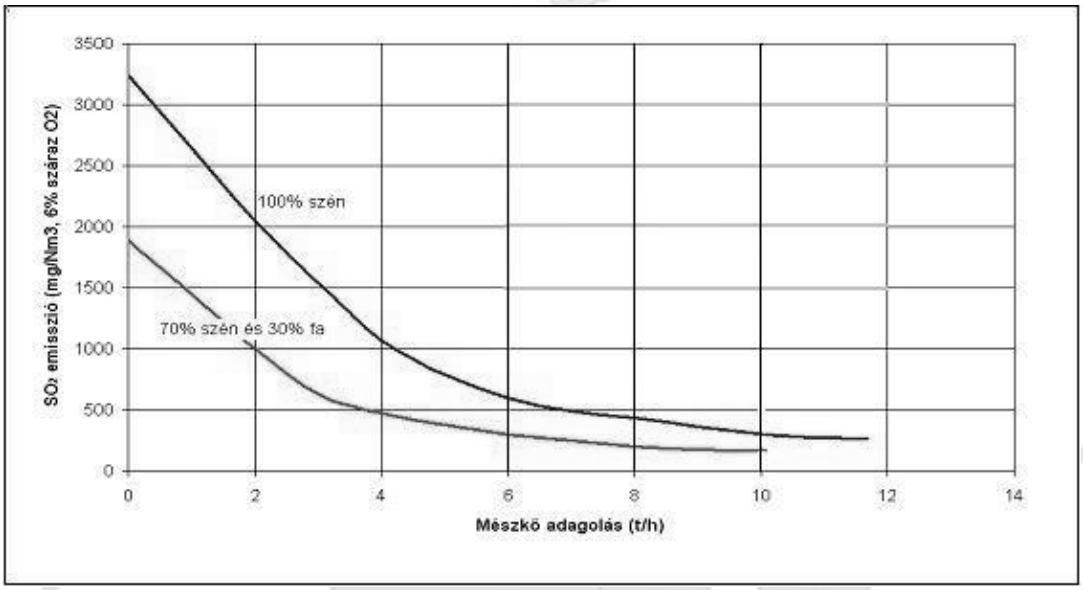
A szalma gázosítását eddig még csak szénnel együtt sikerült sikeresen tesztelni, gázosítása önmagában még további fejlesztéseket igényel mielőtt a technológia a kereskedelemben is elérhetővé válik.

- **Biomassza és fosszilis tüzelőanyagok együttégetése**

A biomassza szénnel történő együttégetésének fő célja és eredménye az SO_2 és a CO_2 emisszió csökkentése. A szén-biomassza együttégetés elsődleges emissziói alacsonyak, ezzel egyidejűleg azonban egyéb komponensek kibocsátásai növekedhetnek.

A biomassza alkalmazásával kevesebb fosszilis tüzelőanyagot kell felhasználni, a fajlagos CO_2 kibocsátás valamint a "fosszilis CO_2" mennyisége a biomassza tüzelőanyag betáplálásának arányában csökken. A biomassza tüzelése CO_2 semleges, a biomassza égésekor keletkező CO_2-t az új növekvő biomassza megköti.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.4.1-4. ábra: A biomassza együttégetésének hatása az SO_2 emissziójára (500 MW_{th}, 1.2 % S a szénben) [103, Kvaerner Pulping Oy, 2001]

Sok esetben túl kevés az elfogadható áron beszerezhető biomassza mennyisége ahhoz, hogy egy biomasszára alapozott erőmű gazdaságosan megvalósítható legyen. E lokálisan beszerezhető tüzelőanyagok használatának gazdaságosságát jelentékenyen növelheti, ha szokványos tüzelőanyagokkal együtt égetjük őket, már létező erőművekben. Mindazonáltal jelentősek az együttégetésre használható tüzelőanyagokra vonatkozó technikai és környezeti megszorítások. A biomasszával történő együttégetést sikeresen alkalmazzák a finn FBC erőművekben, ahol a tüzelőanyag zöme tőzeg, szén illetve a cellulóz- és a papíriparból származó rostpép.

Amikor a helyi tüzelőanyag technikai okokból nem tüzelhető el együtt a szokványos tüzelőanyagokkal, akkor a helyi tüzelőanyag elégetésére kialakított berendezést összekapcsolják nagyobb erőművel. Dániában számos olyan szalmatüzelésű berendezés működik, mely összeköttetésben áll nagyobb szén- és gáztüzelésű erőművekkel. A biomassza és a hulladék tüzelőanyagok elgázosítására egy finn és egy osztrák erőmű szolgáltat jó példát.

A fluidágyas tüzelés (FBC) kitűnő körülményeket biztosít a különböző tüzelőanyagok széles körének, ráadásul alacsony kibocsátással.

A CFBC kazánokat többféle tüzelőanyag eltüzelésére tervezik, így pl. teljes kapacitással lehet benne csak szenet tüzelni, de kombinált tüzelésre vagy csak biomassza elégetésére is alkalmas. Az együttégetéshez használt szenet és biomasszát elkülönítve, egymástól függetlenül táplálják be, a tüzelőanyag különböző kezelési módja miatt. Minden lehetséges tüzelőanyag kombináció esetére biztosítani kell a rugalmas és zökkenőmentes működést.

A szakaszos levegőbetáplálás miatt alacsony a kazán hőmérséklet és ez alacsonyan tartja a fluidágy NO_x emisszióját (jellemzően 200 mg/Nm^3 alatt). Az NO_x további csökkentésére ammónia befecskendező rendszer (SNCR) is üzembe helyezhető, mely 6% száraz O_2-tartalom mellett 100 mg/Nm^3 alá szorítja a kibocsátási szintet. Az SO_x emissziót a kazánba történő mészkő beinjektálásával lehet szabályozni, mivel a kazánban a legkedvezőbbek a kéntelenítés körülményei.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.4.2 KIBOCSÁTÁSOK BIOMASSZA TÜZELŐANYAGOK ESETÉN

(1) LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSOK

A biomassza erőművek kibocsátása leginkább a tüzelőanyag összetételétől illetve a füstgáz kezelésétől függ, de nem függ (kivétel NO_x) az erőmű méretétől vagy a tüzelés technológiájától.

Az NO_X kibocsátás függ a tüzelés karakterisztikájától és a DENOX rendszer jelenlététől.

Az Eurelectric jelentése szerint az NO_x kibocsátás 300-400 mg/Nm^3 között, a por 10-50 mg/Nm^3 között van tőzegtüzelés esetén, az SO_2 szint 200-400 mg/Nm^3 között van új biomassza tüzelésű erőmű esetén.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Biomassza tüzelésű erőművek kibocsátásai

(az adatok egy bizonyos biomassza tüzelőanyagra jellemzőek és így nem szükségszerűen reprezentatívak)

Kapacitás (MW_{th})	Tüzelési technika	Kibocsátás csökkentő intézkedés	Emisszió (mg/Nm^3)							Megjegyzés
			SO_2	NO_x	Por	CO	HF	HCl	NH_3	
50-100	GF	SNCR/ FGD(sd)/FF		179-191	0,7-4,6	39-75		7,7-9,4		Dioxinok 0.0014 $ngTE/Nm^3$ PAH 0.003 mg/Nm^3 Cd 0.005 mg/Nm^3 As/PB/Cu/Ni/Zn 0.053 mg/Nm^3 Összes szén 1.1 – 1.4 mg/Nm^3
	AFBC	FF	2,3-2,9	164-339	2,2-4	147-178	0,04-0,1	7,3-8,8		Dioxinok 0.006 – 0.013 $ngTE/Nm^3$ Cd+Tl 0.003 – 0.004 mg/Nm^3 Hg 0.001 mg/Nm^3
100-300	AFBC	FF	10	90	10	150		5		Dioxinok 0.008 $ngTE/Nm^3$ PAH 0.1 mg/Nm^3 PBC 11 mg/Nm^3

Megjegyzések:

GF (Rostély tüzelés)
AFBC (atmoszférikus fluidágyas tüzelés)
FGD(sd) (Füstgáz kéntelenítés permetezőszárítóval)
FF (szövet szűrő)
SNCR (Szelektív nem-katalitikus redukció – NOx)

3.4.2–1. táblázat: Biomassza tüzelésű erőművek kibocsátásai

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) HULLADÉKVÍZ KIBOCSÁTÁSOK

Biomassza tüzelésű kazánok működtetése során a következő típusú hulladék- és szennyvizek keletkeznek:

A **kazánok** sótalanvizet igényelnek a kazán dobjából ürítéskor (leiszapolás, lelúgozás) eltávozó vizek pótlására. A kazánvíz vegyszerrel kondicionált sótalanvíz. A kazán korrózió elleni védelme érdekében a kazánvíz megfelelő pH-jának beállításához lúgosító szereket használnak, mint pl. ammónia oldat, nátrium-hidroxid és/vagy foszfátok. A víz sótartalma igen alacsony annak érdekében, hogy az elgőzölögtető és túlhevítő csövekben a lerakódásokat elkerüljék, és megelőzzék az áramlás által felgyorsított korróziót. A sótartalom meghatározott követelményeinek kielégítése érdekében a dobból rendszeres leiszapolás szükséges. A dobból elengedett víz semlegesítést követően felszíni vízbe engedhető.

A **sótalanító üzemek**ben a nyersvízből – ami Magyarországon leggyakrabban felszíni víz vagy ivóvíz – csaknem az összes sótartalmat eltávolítják. A sótartalom eltávolítása többféle módszerrel történhet, mikroszűréssel és fordított ozmózissal, ioncserével vagy ezek kombinációjával. A sótalanítókban a regeneráláshoz vagy a berendezések tisztításához felhasznált vegyszereket semlegesítő medencében vagy tartályban semlegesíteni kell, csak utána engedhetők közcsatornára. Az ioncserélők regenerálásakor nagy sótartalmú regenerátumok keletkeznek.

Olajjal szennyezett vizek, olajjal szennyezett egyéb folyadékok más anyagoktól elkülönítve veszélyes hulladékként kerülnek kezelésre. Ha emulgeálószert nem tartalmaznak, az olajos vizek olajszeparátorban kezelhetők.

Az üzemből származó **egyéb hulladékvizek**, pl. felmosóvíz, általában a kommunális szennyvíz rendszerbe kerülnek.

A hulladékvizeknek meg kell felelniük a hulladékvizek kibocsátásáról szóló engedélyekben foglalt előírásoknak.

(3) ERŐMŰVI MARADÉKOK ÉS HULLADÉKOK

Tüzelési maradékok

Mészkő befúvása mellett a fluidágyas kazánból származó hamu tartalmazza a kéntelenítő reakció végtermékét, el nem reagált kalcium-oxidot és mészkővet (kb. 15 t%-ot).

A pernyében lévő nyomelemek oldékonysága fontos szempont a potenciális környezeti hatások felmérésében. A legoldékonyabb összetevők az alkáli- és alkáliföldfémek (pl. nátrium, kálium), illetve más ásványi elemek, mint a bór és a klorid. A hamuban található nyomelemek csak gyengén oldhatók vízben.

Sótalanvíz kezelés vegyszerei

A víz sótalanítása során gyanta és vegyszermaradékok keletkeznek. Az ioncserélő berendezésekhez használt vegyszerek általában a sósav vagy kénsav és a nátronlúg. A gyantákat általában 3-8 évente kell cserélni. A sótalanítókban keletkezett gyantahulladék rendszerint nem veszélyes ipari hulladék. A felhasznált vegyszerek és gyanták mennyisége függ az alkalmazott berendezéstől, a nyersvíz minőségétől, valamint a termelt sótalanvíz mennyiségétől.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) ZAJKIBOCSÁTÁS

Ahogy a legtöbb EU országban, úgy hazánkban is létezik a környezeti zaj kibocsátását szabályozó jogszabály.

Jellemzően, a megengedett zajkibocsátás nagyságának meghatározása a különböző területhasználatoktól függ, mint például lakó-, intézményi- vagy ipari terület. A zajkibocsátás megengedett mértéke a napszaktól is függ, ez különösen a lakóterületek esetében fontos. E tekintetben nappali és éjjeli időszakokat különböztetünk meg, ahol az éjjeli időszak 22:00 órától 06:00 óráig tart. Ipari és intézményi területeken általában nincsen zajkibocsátási határérték meghatározva az éjszakai időszakra.

A környezeti zajhatárérték nagyságának meghatározása során elsődleges szempont a szomszédos ingatlanok Rendezési terv szerinti terület-besorolása.

Amennyiben egy új erőmű zajhatását akarjuk meghatározni, akkor figyelembe kell venni a környezetében előforduló egyéb zajforrásokat is. Az ésszerű zajkibocsátási határértékek meghatározásával elkerülhetők a zajcsökkentésre fordított felesleges költségek.

A zajemisszió lehetséges forrásai

Az üzemeltetés alatti zaj tipikus, egyenletes, ipari zaj. A biomasszát tüzelő erőművek főbb zajforrásai a következők: a turbinák, a generátorok, a kazánok, a gőzrendszer, a különböző biztonsági szelepek, a szivattyúk, a ventilátorok, a hűtőtornyok és a transzformátorok illetve a biomasszát kezelő műveletek. Az itt felsoroltak többsége épületen belül található, így a zajt a falak szerkezete csillapítja. A működési zaj csökkenthető szerkezeti megoldással, például burkolással vagy hangtompító használatával.

Kiemelt figyelmet kell fordítani a szénnel együttégetett szalma vágásakor. Erre a kalapácsmalmok a legmegfelelőbbek, de zajszintjük magas. Szintén kiemelt figyelmet kell fordítani a tüzelőanyag pneumatikus szállítására.

3.4.3 KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁI

❖ **A rostélytüzelés emissziójának csökkentése**

Biomassza (pl. fa, szalma, stb.) rostélyon történő tüzelésekor a hamu legnagyobb része a rostélyon marad és ágyhamuként gyűlik össze. A hamunak csak csekély része jut szállópernyeként a kazánban, amit porleválasztó eszközökkel kell összegyűjteni.

A por csökkentése

A rostélytüzelésű erőművekben elektrosztatikus porleválasztót illetve zsákos szűrőket alkalmaznak a por mérséklésére, de e kettő közül a zsákos szűrő használata elterjedtebb.

Az SO_2 emisszió csökkentése

A kénvegyületeket nem lehet közvetlenül a rácsról eltávolítani, mert a kén-oxidok és a rostélyra adagolt reakcióképes anyag csak minimális időre találkoznak. A kazánba történő mészkő adagolása megoldható, de nem hatékony. A kisebb rostélytüzelésű erőművekben használt biomassza kéntartalma alacsony vagy mérsékelt, ezért a kibocsátás olyan alacsony, hogy kéntelenítésre sincs szükség.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A magasabb kéntartalmú tőzegnél általában száraz befúvást alkalmaznak. A száraz CaOH-ot a porleválasztó előtt fújják be, ami elég jó hatásfokú csökkentést eredményez. Néhány esetben az is hatékony, ha a kazánba egyidejűleg mészkövet és aktiváló anyagként CaO-ot adagolnak. Ezek az eljárások más káros légszennyezőket, mint pl. a HCl is eltávolítanak.

Az NO_x emisszió csökkentése

A rostélyrendszerek alacsony égetési hőmérsékletei előnyösek az NO_x emissziók csökkentésénél. Az SCR katalizátor gyorsan, hozzávetőlegesen már 100 órányi működés után inaktívvá válik, mely szignifikánsan csökkenti az NO_x redukciót. Néha utóégető levegőt is alkalmaznak az NO_x emissziók keletkezésének csökkentésére.

Az NO_X csökkentés mechanizmusai hasonlóak a buborékos fluidágyas tüzelésnél alkalmazottakhoz. Az eredményes alacsony NO_x égetés bonyolult másodlagos levegőrendszert és egy olyan speciális kazántervezést követel meg, mely lehetővé teszi a kettős tüzelési zónát.

A magas por tartalmú SCR nem alkalmas szalma és fa eltüzelésére, ugyanis a kálium-sók elszennyezhetik az SCR-t. Az elszennyeződött SCR regenerálása nagyon drága.

A hamuban levő elégetlen szén

A hamuban levő elégetlen szén összetételével kapcsolatban rostélytüzelésnél a cél a lehető legjobb elégés biztosítása azon célból, hogy optimális hatásfokot vagy optimális tüzelőanyag felhasználást érjünk el. Mégis, a műszaki és a tüzelőanyag jellemzőinek megfelelően, magasabb hamuban levő elégetlen széntartalom mérhető a biomassza rostélytüzelésénél.

- **A fluidágyas tüzelésű biomassza emissziójának csökkentése**

A fluidágyas rendszerekhez használt tüzelőanyag durva őrlésű, a hamu fenékhamuként gyűlik össze. A cirkulációs fluidágyas tüzelési rendszerekben (CFBC) az ágyzónát a megnövelt légáram sebesség által kitágítják és a hamut (mely nélkülözhetetlen e tüzelési módnál) a füstgázból kell visszacirkuláltatni. A 3.4.3-1. ábra mutatja a centrifugális leválasztót, mely a CFBC szerves része és a darabos hamu visszanyerésére szolgál.

3.4.3-1. ábra: A tüzelőanyag és az ágy anyagának áramlása egy biomassza tüzelésű CFBC kazánban [91, Kokk, et al., 2000]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Porcsökkentés

Biomassza- és tőzegtüzelésű fluidágyas kazánokban (FBC) a por mérséklésére mind elektrosztatikus porleválasztót, mind szövet szűrőket alkalmaznak, az utóbbiakat gyakrabban.

Az SO_2 emisszió csökkentése

Tőzegtüzelésű FBC kazánoknál a kéntelenítés mértéke jóval kisebb, mint széntüzelésű FBC kazánokban. A finn FBC tapasztalatainak megfelelően a kéntelenítés mértéke közepes Ca/S arányok (3-5) mellett tőzegtüzelésű CFBC és BFBC esetén is 30-40%. A kéntelenítés nem nő 45% fölé BFB kazánokban, még magasabb Ca/S arányok mellett sem. CFBC kazánokban az elérhető legmagasabb kéntelenítés 80% körül volt, de ezt csak nagyon magas Ca/S mellett érték el. A magas Ca/S arány veszélyezteti a leválasztott szállópernye újrahasznosítását, ezért inkább alacsonyabb leválasztási arány és alacsonyabb szorbens mennyiség ajánlott.

A szorbens használat növeli az erőmű által termelt hamu mennyiségét, ugyanis a szorbens tulajdonságaiból adódóan csökken az elektrosztatikus leválasztó hatásfoka, megnő a kibocsátott por mennyisége.

Az NO_x emisszió csökkentése

A fluidágyas tüzelés (FBC) NO_x emissziója észrevehetően alacsonyabb a szokványosan használt porított tüzelőanyag tüzeléséhez képest. FBC esetén az égési hőmérséklet jellemzően alacsony, ami garantálja, hogy kis mennyiségű termikus NO_x képződjön. Ezen körülmények között az NO_x emissziója csak a tüzelőanyaghoz kötött nitrogénből származik. Az NO_x képződés tovább csökkenthető a légfelesleg-tényező minimalizálásával és az égési levegő szakaszos adagolásával. Korszerű fluidágyas kazánokban a fluidizált levegő belépési helyei mellé, mintegy kiegészítésként, másodlagos levegő beömlő nyílásokat szerelnek fel. Ezen elkülönült nyílások a kazán felső részén, az első és harmadik szinten helyezkednek el és rajtuk keresztül is lehet égési levegőt adagolni a rendszerhez. Ebből következik, hogy a kazán alsóbb részei alacsony levegő mennyiséggel működnek, ami gátolja az NO_x képződését. A felső levegőnyílásokon keresztül megvalósuló másodlagos/harmadlagos levegő bevezetés biztosítja a tökéletes égést. Az FBC alkalmazásakor nagyobb mennyiségű dinitrogén-oxid (N_2O) jelenik meg, mint a hagyományos porított tüzelőanyag égetésekor, mivel a keverék alacsonyabb égési hőmérsékleten lassabban bomlik le.

Másodlagos intézkedéseket, mint pl. a szelektív és a nem szelektív katalitikus redukciós eljárásokat (SCR és SNCR) is alkalmaztak svéd és finn biomassza tüzelésű FBC kazánokban. Ezen országokban az SNCR-t már évek óta széles körben használják és a tapasztalatok azt mutatják, hogy jól alkalmazható biomassza tüzelésnél is. (az NO_x emisszió jellemzően 40–70 mg/MJ, az NH_3 emisszió 3–10 ppm.) Az SCR először a ’90-as évek közepén jelent meg, mára már az energiaszektor 6 kazánjánál alkalmazzák. Közülük öt fluidágyas (CFBC/BFBC), egy pedig kicsi (40 MW – biomassza/tőzeg keverék), rostélytüzelésű. Mindegyik FBC kazánnál megállapították, hogy érdemes SNCR és SCR (magas por) kombinációját használni. A rostélytüzelésnél (alacsony por) elegendő az SCR is. SCR után a tipikus NO_x emisszió 30 mg/MJ (<90 mg/m^3) alatt van.

Az SCR egyetlen problémája a katalizátor inaktiválódása, mely gyorsabban bekövetkezik biomassza tüzeléskor, mint széntüzeléskor. Fatüzelésű FBC kazánok adatai szerint a katalizátor relatív aktivitásának átlagban 20-25%-át elveszti egy normál hőtermelési időszak alatt.

A viszonylag magas inaktiválódási arány főleg a füstgáz magas lúgtartalmának (leginkább kálium) köszönhető. Ebből következik a katalizátor regenerálásának szükségessége. Ez

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

általában kétévente szükséges, amikor is ki kell venni a katalizátort a rendszerből és vízzel (és/vagy kénsavval) kimosni. Végeznek kísérleteket a katalizátort elszulfátosítás (SO_2 gázzal történő kezelés) utáni *in situ* mosásával kapcsolatban is. Az SCR biológiai eredetű tüzelőanyagokhoz való alkalmazására, a műszaki és a gazdasági megvalósíthatóság figyelembevételével, még több kutatás szükséges.

(2) A HULLADÉKVÍZ ÉS A SZENNYVÍZ KEZELÉSE

A biomassza tüzelésű erőművekből származó különféle hulladékvizek ellenőrzésének és megelőzésének technikái a 3.4.4–12. táblázatban találhatók.

(3) AZ ÉGÉSTERMÉKEK ÉS A MELLÉKTERMÉKEK KEZELÉSE

Egy biomassza tüzelésű erőmű hamut és a mészkő beinjektálás melléktermékeit termeli. A hamu legnagyobb része a füstgáz tisztításából származó szállópernye (elektrosztatikus leválasztó vagy szövetszűrő). A teljes hamu mennyiség 10-20%-a a kazán alján összegyűjthető ágyhamu. Ezen anyagok hasznosíthatók vagy eltávolíthatók.

Kereskedelmi hasznosítás előtt a hamu geotechnikai tulajdonságait és ásványi összetevőit esetről-esetre meg kell vizsgálni.

Néhány országban, pl. Írországban a hamut ellenőrzött lerakóhelyre kell lerakni, miután a hamu minőségét minden esetben meg kell vizsgáltatni (pl. oldhatósági teszttel), a továbbiakban pedig környezetvédelmi monitoringot kell alkalmazni a terület ellenőrzésére.

Környezeti és egészségügyi szempontokat is figyelembe kell venni a helyszín kiválasztásánál. A elhelyezést illetően a tőzeghamu és a szénhamu szinte azonos. Ami kis különbség létezik, az a por illetve a közlekedés és a munkagépek zajából adódhat.

A szalma szállópernyéje magas kadmium tartalma miatt nem hasznosítható. Az ágyhamu visszavihető a szántóföldekre vagy útépítésben használható.

(4) PÉLDÁK AZ ALKALMAZOTT ELJÁRÁSOKRA ÉS TECHNOLÓGIÁKRA

CIRKULÁCIÓS ATMOSZFÉRIKUS FLUIDÁGYAS KAZÁN BIOMASSZA-(FA) TÜZELÉSÉRE

Leírás: Az erőmű két különálló, egyenként 45 MW termikus teljesítményű egységből áll, a bruttó elektromos áram 19,8 MW_e a nettó elektromos áram pedig 13 MW_e Az egységeket 1992-ben és 1996-ban létesítették, egy forgácsoló üzem részére termeltek fahulladékokból elektromos áramot és fejlesztettek hőt. A füstgáz tisztító rendszerében egy pulzáló sugaras (pulse jet) szövet szűrő távolította el a port. Az NO_x emissziót a viszonylag alacsony égési hőmérséklettel, a levegő szakaszos, három szinten történő adagolásával és a füstgáz recirkuláltatásával érték el. A fa alacsony kéntartalma miatt nem volt szükség mész hozzáadására.

Az elért környezeti eredmények: A fa elégetése, az erdőség fenntartását feltételezve, majdnem CO_2 mentes. A tüzelőanyag a faforgácsgyártás melléktermékе, vagyis nincs szükség további szállításra. Csak fatartósítók szennyezésétől mentes fát égettek el. Az áram- és hőtermelés, az összes energiakihozatalra vetítve, 85%-nak adódott. Csupán kevés mennyiségű szennyvíz keletkezett (0,3 m^3/h; 2592 m^3/év 1999-ben), amit a városi csatornahálózatba engedtek le.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Alkalmazhatóság: A fluidágyas tüzelés a tüzelőanyagok széles körének elégetésére alkalmas. Az erőművek kompakt kialakításának köszönhetően kicsi a helyigénye.

Mellékhatásai: A kazán működés során keletkezett bizonyos mennyiségű hamu.

Működési adatok: 1999-ben 102 589 MWh_e hasznos villanyáramot és 634 223 MWh (táv)hőt termeltek. Abban az évben a hasznos energia hatásfok 15,8%-át és a hasznos termikus hatásfok 68%-át tudták megtermelni. Az összes energia hatásfok 85% volt. A két egység egyenként 8021 és 6031 órát működött, főleg teljes terhelés mellett.

	Ellenőrzés	A mért emissziók (7 % O_2)	
		1. Egység	2. Egység
O_2-tartalom (%)		5 – 5.5	6.5 – 7.5
Füstgáz térfogata (m^3/h)		33153	86453
Por (mg/Nm^3)	Folyamatos	4 1)*	2.2 1)*
SO_2 (mg/Nm^3)	Folytonos	2.9 1)*	2.3 1)*
NO_x (mg/Nm^3)	Folyamatos	164 1)*	339 1)*
CO (mg/Nm^3)	Folyamatos	147 1)	178 1)
HCl (mg/Nm^3)	Folyamatos	7.3 1)*	8.8 1)*
HF (mg/Nm^3)	Egyedi	0.04	0.1
Dioxinok/Furánok (ng TEQ/m^3)	Gyakorlatilag folyamatos	0.013	0.006
Cd,Ti (mg/Nm^3)	Egyedi	0.004	0.003
Hg (mg/Nm^3)	Egyedi	0.001	0.001
Nehézfémek (mg/Nm^3)	Egyedi	0.015	0.006
Összes szerves C (mg/Nm^3)	Egyedi	2.0	2.0

Megjegyzések:
1) Évi átlagérték
* A napi átlagértékkel egyenértékű

3.4.3–1. táblázat: A légkörbe történő emissziók 1999-ben

A két egység 360 916 t/év (25,8 t/h) fát, 170 000 Nm^3/év földgázt és 3943 t/év könnyű fűtőolajat használt fel. A 3.4.3–2. táblázat foglalja össze a felhasznált fa átlagtulajdonságait.

Tulajdonság	Érték
Legalacsoníabb fűtőérték (MJ/kg)	14.7
Kéntartalom (wt-%)	<0.1
Víztartalom (wt-%)	18
Hamutartalom (wt-%)	4

3.4.3–2. táblázat: Az eltüzelt fa jellemzői

Az eltávolított víz (0,3 m^3/h) a hamulehűtés és a tápvíz kezelés eredménye. Semlegesítés után a szennyvizet a csatornába engedték. Az eljárás egyetlen maradéka a hamu volt.

	Tüztéri salak	Szállópernye
Mennyiség (t/év)	1314	7726
Fajlagos mennyiség(g/kWh_e)	13	75
Felhasználás/eltávolítás	Szeméttelepi leterítés (piaci ára: 25 EUR/t)	A bányászat töltőanyaga (piaci ára: 50 EUR/t)

3.4.3–3. táblázat: Az 1999-ben keletkezett hamumennyiségek

Gazdaságosság: Az erőmű teljes beruházási költsége elérte a 51,3 millió EUR-t. A gőzenergia termelésének összköltsége 8,46 EUR/t és 0,077 EUR/kWh.

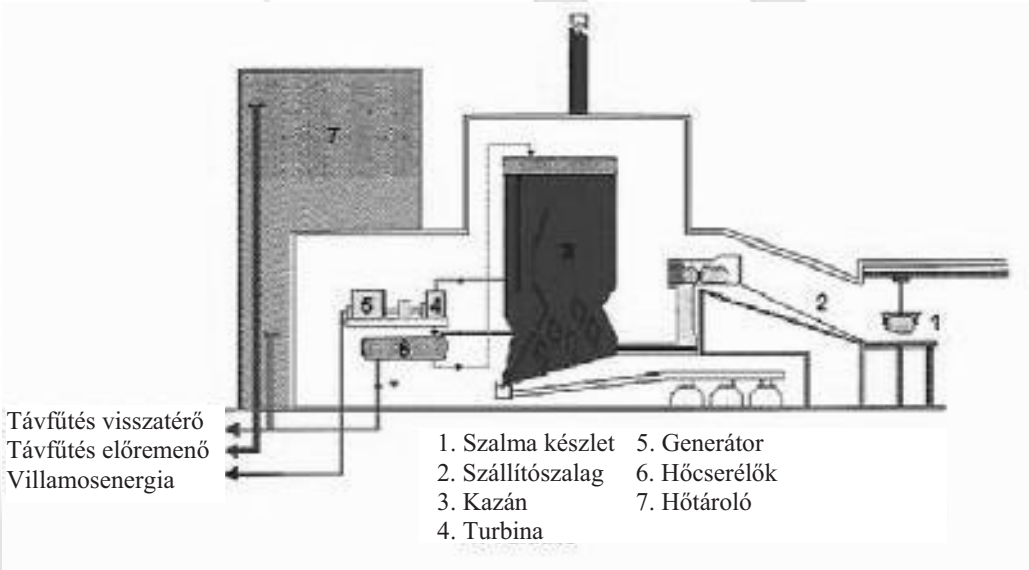
A megvalósítás indoka: Az erőmű megépítését az motiválta, hogy lehetővé tegyék a famaradékok hasznosítását energiatermelésre.

Szakirodalom: [98, DFIU, 2001].

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

KAPCSOLT ENERGIATERMELÉS SZALMATÜZELÉSSEL

Leírás: A Dániában levő „A" erőmű gőzzel üzemeltetett, aprítócsigás (stroker screw), rostélytüzelésű, nedves aljú, szakaszos levegő adagolású kazán. A rostély rezgő és lejtős kiképzésű. A „B" erőmű egy újabb fejlesztésű, szintén szalma tüzelésű technológia, Dániában. Az erőmű egy korábbi, szintén dán szalmaégető erőmű („B" erőmű) továbbfejlesztett változata. A két erőmű közötti különbség a kazán gőzhőmérsékletében van, melyet 520 °C-ról 540 °C-re emeltek. Az „A" műben a távfűtési rendszer 85 ºC-os, alacsony nyomást eredményezve, összevetve a „B" erőművel, ahol 95 ºC-os a távfűtési rendszer, magasabb villamos hatásfokot eredményezve. A turbina hatékonyabb, aminek a villamos hatásfok 10%-os emelkedése az eredménye. Az erőmű összeteljesítménye 10 MW_e és 20 MJ/s hő. A teljes hőtermelés 400 TJ/év-re becsülhető. A kapcsolt energiatermelésnek köszönhetően 30%-kal kedvezőbb a tüzelőanyag felhasználás a villamosenergia és a hő elkülönített termeléséhez képest. A távhő termelés az igények 90%-át fedezi. Az éves szalma fogyasztás megközelítően 40 000 t. Teljes terhelésnél télen 200 t szalma kerül elégetésre naponta.



3.4.3-2. ábra: Szalmatüzelésű erőmű

Az elért környezeti eredmények: A kapcsolt energiatermelés előnye, hogy jobban hasznosítja a tüzelőanyagban levő energiát. A felhasznált energia 92%-ának 32%-a kizárólag villamosenergia-termelésre fordítódik. A szalma tüzelés CO_2 semlegesnek tekinthető. A szalmát dán gazdálkodók biztosítják, a hamu pedig trágyaként kerül vissza a szántóföldekre. Az erőmű por csökkentését egy rezgőszelepes tisztítású zsákos szűrővel oldották meg, ahol a zsák anyaga Teflon szálakkal átszőtt Nomex szűrő. A por 99,9%-át tudják eltávolítani. A por/szállópernye egy részét az ágyhamuval keverve műtrágyának használják, a szállópernye másik része kadmium tartalma miatt maradék anyag. Az erőmű nincs ellátva NO_x vagy SO_2 csökkentő berendezésekkel.

A szalma tüzelés általánosságban 50-300 mg/Nm^3 (napi átlag érték) SO_2 emisszióval jellemezhető, amely éves átlagot tekintve 150 mg/Nm^3. A HCL emisszió 50-300 mg/Nm^3 (napi átlag) értékek közötti, amely éves átlagban 100 mg/Nm^3. A dioxin/furán (PCDD/DF) emisszió kisebb mint 0,1 ng I-TEQ/Nm^3. A szalmatüzelésű erőművek NO_x emissziója 300-400 mg/Nm^3 (száraz, 6% O_2, órás átlag). Az agresszív környezetre valamint a tüzelés típusára – rostély tüzelés esetén alacsony NO_x kibocsátású égők nem alkalmazhatók – tekintettel megfontolandó gazdaságosan megvalósítható SCR telepítése.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Működési adatok: 2000-ben 27 258 MWh_e és 267 732 GJ energiát termeltek és 433 350 GJ szalmát használtak fel. A 3.4.3–4. táblázat adatai két másik szalmaégetésű erőmű adatait is tartalmazzák. Fontos azonban megjegyezni, hogy a Masnedoban (Dánia) található erőmű faforgácsot is tüzel. Az emissziókat nem folyamatosan mérik, ezért a 3.4.3–4. táblázat adatainak egy része kísérleteken alapszik.

	Mértékegység	Plant A	Plant B	Plant C
Üzembehelyezés	év	1989	1996	2000
Hasznos elektromos teljesítmény	MW	5.0	8.3	10.6
Hőtermelés	MJ/s	13.0	20.8	20.3
Gőz				
Nyomás	bar	67	92	93
Hőmérséklet	°C	450	522	542
Maximális áramlás	tonna/h	26.0	43.2	43.2
Távfűtés				
Víztartály	m3	3200	5000	5600
Füstgáz				
Maximális áramlás	kg/s	9.9	14.0	14.0
Hőmérséklet	°C	120	120	130
Szalma				
Tárolás	tonna	350	1000	1000
Felhasználás	tonna/év	25000	40000	40000
Víztartalom	%	10 – 25	max 25	Max 25
Berendezések				
Szűrő típusa		Zsákszűrő	Elektrosztat. szűrő	Zsákszűrő
Tüzelési rendszerek		Szivarégő	Aprítógépes /láncrostélyos	Aprítógépes /láncrostélyos
Emissziók (6 % O_2)				
CO	mg/Nm^3	190 – 314	72 – 238	50 – 214
Por	mg/Nm^3	14	21 – 28	0.7 – 2
NOx	mg/Nm^3	530 – 644	327 – 443	248 – 319
SO_2	mg/Nm^3	155 – 168	131 – 166	160 – 190
Hatásfok				
Hatásfok el	%	25	28	32
Összes hatásfok	%	86	91	92

3.4.3–4. táblázat:A három dán szalmatüzelésű erőmű adatai

Gazdaságosság:

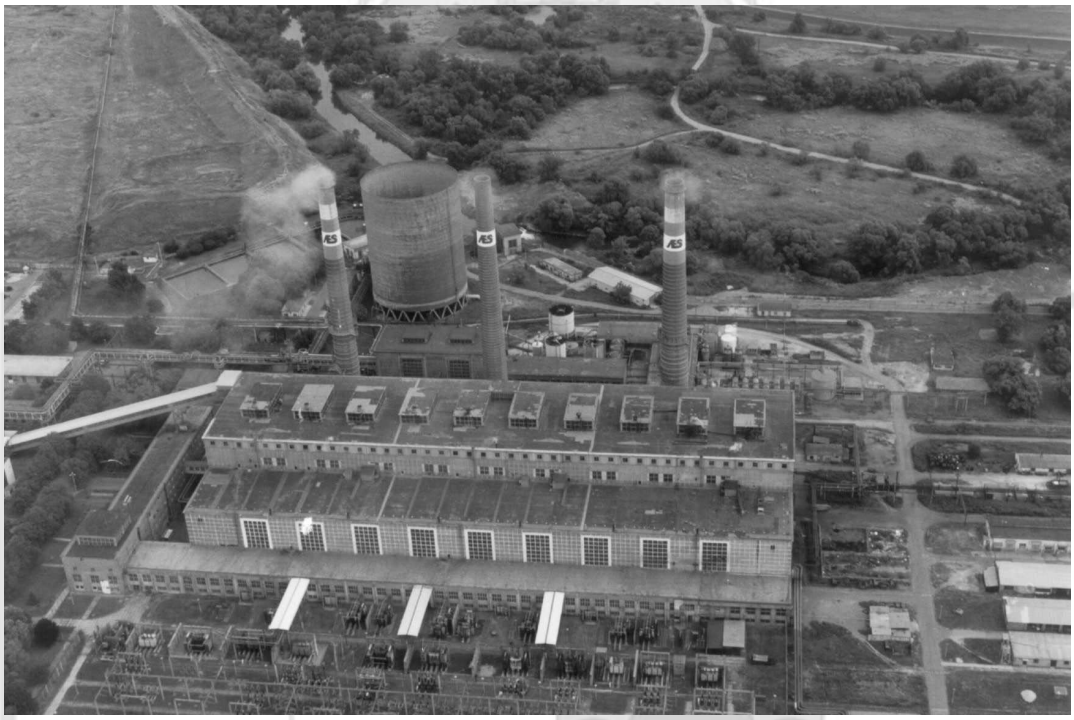
Adat	Mértékegység	"A" erőmű	"B" erőmű	"C" erőmű
Kazánerőmű költségei	DKK	100 millió	240 millió	240 millió
Specifkus 1995- ár	DKK/MW_e	23 millió	28 millió	23 millió

3.4.3–5. táblázat: A három dán szalmatüzelésű erőmű költségei

Szakirodalom: [144, CBT, 1998], [145, Sander, 2000].

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

SZÉNPOR TÜZELÉSŰ KAZÁN ÁTALAKÍTÁSA BIOMASSZA TÜZELÉSŰ KAZÁNNÁ AZ AES BORSODI ENERGETIKAI KFT. BORSODI HŐERŐMŰVÉBEN



A Borsodi Hőerőmű a Sajó-völgyben található, alacsony fűtőértékű barnaszén vagyon hasznosítására épült. A szén elégetésére 8 db Borsod 100 M és 2 db Borsod 100 R típusú, barnaszénpor tüzelésű, természetes keringésű, ejtőcsöves, keresztdobos, besugárzott tűzterű, két és félhuzamú, elő- és utóhevítővel ellátott kazán szolgált.

Az erőmű termelési minimumon történő üzemeltetése miatt az 1990-es években a 6, 7, 8. sz. kazánok leállításra kerültek, ettől az időszaktól kezdődően széntüzelés 7 db kazánban folytatódott. A 2002-ben elkezdődött tüzelőanyag váltás kapcsán a 4. sz. kazán adagoló szalagrendszerének átalakításával fűrészportüzelésre lett alkalmas. Az 5. sz. és a korábban üzemen kívül helyezett 7. sz. kazán az alábbi átalakításokkal tisztán faapríték tüzelésűvé lett alakítva:

- A szénőrlő malmok, a szénpor befúvó rendszer, a salak eltávolító rendszer elbontásra kerültek, helyén került kialakításra a fluidágyat biztosító tér
- A szén hombárok kiömlő nyílásának az apríték biztonságos kihullása érdekében keresztmetszet bővítésére került sor.
- A faapríték szállítószalagra juttatatását és mennyiségi szabályozását vibro szalagok (Ife gyártmányú) biztosítják.
- Az aprítéknak a tűztérbe adagolását röpítő adagolókkal oldották meg, amelyek a korábbi szénpor befúvók helyére kerültek.
- Az égési levegő és a fluidágy lebegtetésének biztosításához nagy teljesítményű ventillátorok lettek felszerelve.
- A megszűnt részegységek miatt kivágott csőrendszerek helyére új csőfal került kialakításra.

A felhasznált tüzelőanyagok közúton és vasúton érkeznek az erőmű területére:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A villamos és hőenergia termeléséhez felhasznált szén és fűrészpor a 14 000 m^2–es széntérre, vagy a 17 000 m^2-es szükség-széntérre tárolható le. A szénterek 220000 t szén tárolására alkalmasak.

A gömbfa formájában, közúton és vasúton érkező tüzelőanyag fogadása, tárolása és aprítása az erőmű telephelyén történik. Az aprítási feladatot egy 120 t/h kapacitású aprítógép végzi, egy másik, kisebb kapacitású aprítógép kisegítő közreműködésével.

Az erőművi vízgőz körfolyamathoz szükséges pótvizet a Vízüzem állítja elő 500 m^3/h beépített kapacitással. A nagy tisztaságú pótvíz előállítása a Sajó folyóból kiemelt nyersvíz meszes vízlágyításával és ioncserés sótalanításával történik. A víz-előkészítési technológia során mészhidrátot, vas-szulfátot, nátronlúgot, és sósavat használnak. Melléktermékként mésziszap, valamint savas-lúgos regenerátum keletkezik, ami a hulladékvíz medencében gyűlik össze. Jelentősebb vegyszerhasználatot igényel a tápvíz kondicionálása is, amelyhez hidrazin és ammónium-hidroxid szükséges.

A kazánokból a tüzelés során keletkező füstgázok 3 db, egyenként 101 m magas kéményen jutnak ki a légtérbe. A füstgázzal szállított pernye elektrosztatikus pernyeleválasztókon keresztül kerül elvezetésre. 1996-tól a leválasztott filterpernye a tűztéri salakkal együtt keverve, megfelelő eltávolító berendezés segítségével úgynevezett sűrűzagy formájában távozik az erőműből.

A kazánok begyújtása póttüzelésre alkalmas égőkkel, földgázzal történik. Földgáz kimaradás esetén lehetőség van tüzelőolajjal történő begyújtásra, illetve póttüzelésre is. A kazánokban termelt túlhevített gőz gyűjtősínes rendszeren keresztül jut a turbinákba. A rendszerben jelenleg 7 db gőzturbina üzemképes. Az évek során jelentkező hőszolgáltatási igénynövekedés miatt a 6 db kondenzációs turbinából 2 átalakításra került. Jelenleg az erőműben 3 db kondenzációs gőzturbina, 1 fűtő-kondenzációs és 3 db elvételes ellennyomásos turbina üzemeltethető.

A turbinák az országos villamos hálózatra kapcsolt generátorokat működtetnek. Az erőmű a BorsodChem Rt. számára 6 és 15, valamint 29 bar nyomáson gőzt továbbá ionmentes vizet szolgáltat. Az erőmű szerves része a mintegy 2 km-re lévő, kb. 150 ha területű zagytér, ahová az erőmű tüzelési maradványait (salak, ecopernye, filterpernye) vizes közegen, csővezetéken szállítják ki.

A Borsodi Hőerőmű vízellátása hűtési célokra önálló felszíni vízkivétellel történik a Sajóból. A Vízüzem lágyvíz előállítására is Sajó vizet használ fel, amely 2 db NA 250 nyomóvezetéken érkezik. Szociális célra az ÉRV-től ivóvíz –minőségű vizet vételeznek.

A hőerőmű a hulladékvizek nagy részét 3 kivezetésen keresztül a Sajóba vezeti. A pernye és zagy szállítása során jelentős mennyiségű vizet vezet a zagytérre is.

A szociális szennyvizeket a kazincbarcikai városi szennyvíztisztító telepre vezetik.

A gázellátás a TIGÁZ hálózatáról a telek északi kerítésénél gázfogadó állomáson keresztül történik.

A termelt villamosenergia 120 kV hálózaton keresztül az országos hálózatba kerül, 35 kV-on a környező területek nagyfogyasztóinak közvetlen ellátását biztosítják.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

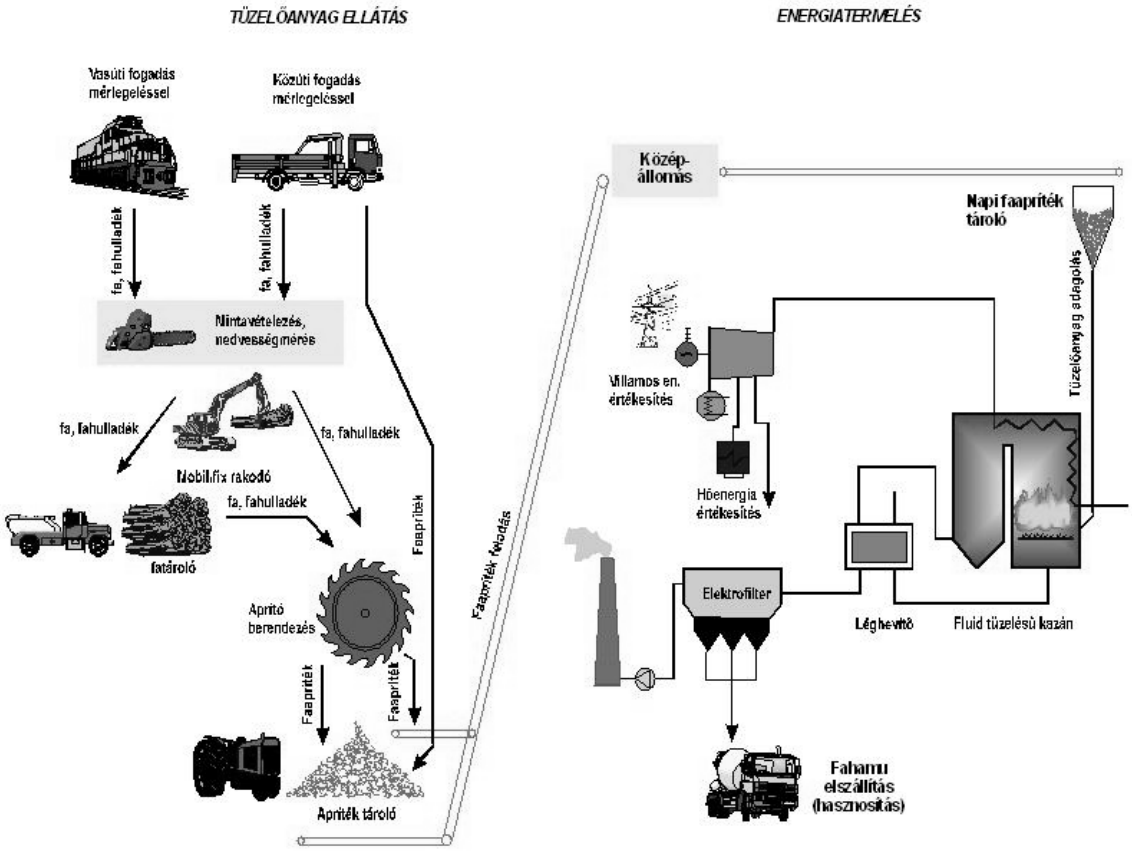
SZÉNPOR TÜZELÉSŰ KAZÁN ÁTALAKÍTÁSA FLUIDÁGYAS BIOMASSZA (TŰZIFA APRÍTÉK) TÜZELÉSŰ KAZÁNNÁ A PANNONPOWER HOLDING RT. PÉCSI ERŐMŰVÉBEN

A biomassza fejlesztés előzményei

A PANNONPOWER Holding Rt. a biomassza fejlesztés megvalósítása mellett több szempont miatt döntött:

- A széntüzelésű erőművekre fennálló környezetvédelmi moratórium (2004. december 31.)
- A VI. sz. blokk (mely korábban szénnel működött) még jelentős maradék élettartammal rendelkezik, hasznosítására hosszú távú, gazdaságos megoldást kellett találni
- A társaság a projekttel hozzájárul azon energiapolitikai alapelv megvalósításához is, mely szerint a megújuló energiaforrásokat minél szélesebb körben kell a jövőben felhasználni.

A 3.4.3-3. ábra alapján könnyen értelmezhető a biomassza bázisú blokk működésének folyamata.



3.4.3-3. ábra: Biomassza alapú fejlesztés egyszerűsített folyamatábrája

A megvalósított biomassza blokk műszaki jellemzői

A fejlesztés során a meglévő szenes infrastruktúra maximális felhasználása mellett a 10. számú szénportüzelésű kazán került átalakításra finn technológián alapuló biomassza tüzelésűre. A kazán átalakításával mindazon tűztéri, égőrendszeri berendezések átalakítása, új elemek beépítése megtörtént, melyek a biomassza eltüzelését lehetővé teszik.

Emellett a korábbi szénellátó rendszer részbeni felhasználásával a tüzelőanyag fogadó, tároló, feldolgozó, feladó rendszert is az új feladatoknak megfelelően át kellett építeni. Új

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

létesítmények beépítésével kialakításra került egy új logisztikai rendszer a kazán ellátásához szükséges faapríték előállítására, szállítására vonatkozóan.

A beérkező tüzelőanyag a fatároló téren kerül ideiglenesen elhelyezésre. Az aprítógép a technológiához szükséges méretű faaprítékot állít elő a faanyagból, mely apríték a szalagrendszer segítségével a tároló silókba kerül. A silókból történik a fluid tüzelésű kazán aprítékkal való ellátása. A kazánban az apríték gyakorlatilag teljesen hasznosul, mindössze 1-2%-nyi hamu marad vissza az égést követően. A hőenergiát a klasszikus víz-gőz ciklus során turbinán keresztül hasznosítjuk villamosenergia előállítására. Lehetőség van a hőenergiát akár közvetlenül a távhőrendszeren keresztül is hasznosítani, melyre a leghidegebb téli napok alkalmával sor kerül.

VI.sz. biomassza tüzelésű blokk fontosabb paraméterei

Tüzelőanyag paraméterek	**Mértékegység**	
Nedvességtartalom	%	35-42
tüzelőanyag átlagos fűtőérték	MJ/kg	10
hamutartalom	%	1-2
névleges tüzelőanyag felhasználás	kg/s	12,2
Tüzelőanyag előkészítő rendszer paraméterei		
vasúti kirakódási teljesítmény	vagon/nap	24
közúti kirakódási teljesítmény	vontató/nap	20
aprítási teljesítmény	t/hét	8150
villamosenergia felhasználás	KW_e	1600
Kazán paraméterek		
frissgőz nyomás	bar(a)	99
frissgőz hőmérséklet	°C	540
tápvíz hőmérséklet	°C	205
névleges teljesítmény	t/h	185
maximális teljesítmény	t/h	200
minimum teljesítmény	t/h	130
kazán hatásfok tervezési	%	90,4
kazán terhelésváltozási sebesség	%/min.	5
minimum terhelésen 1MW/min	t/h/min.	6,5
maximum terhelésen 1MW/min	t/h/min.	9,25
kazán indítási idő		
hideg állapotból	perc	360
meleg állapotból	perc	120
Blokki paraméterek		
villamos teljesítmény (terhelt)	MW	49,9
kihasználási óraszám	Üzemóra/év	7700
villamosenergia (kiadott)	GWh/év	340
kondenzációs villamosenergia-termelés fajlagos hőfogyasztása	kJ/kWh	13 400

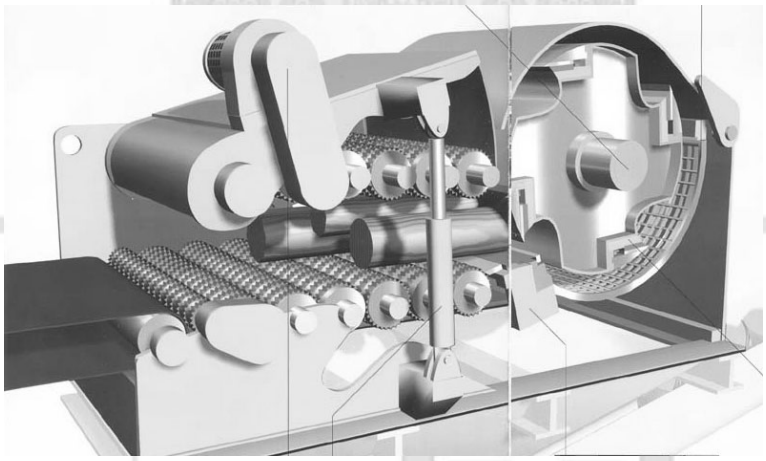
3.4.3–6. táblázat: A VI. biomassza tüzelésű blokk legfontosabb paraméterei

A műszaki paraméterek közül külön ki kell emelni a garantált 90%-os hatásfokot, mely 10% ponttal meghaladja a korábbi szenes technológiára jellemző hatásfokot (80%). A megbízható finn technológián alapuló fluidágyas kazán magas éves kihasználtságot tesz lehetővé. Az elkészült blokk évi 7700 órán keresztül képes akár teljes terheléssel üzemelni, miközben megújuló energiahordozó hasznosításával „zöld villamos energiát”, és „zöld hőenergiát” állít elő világszínvonalon.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

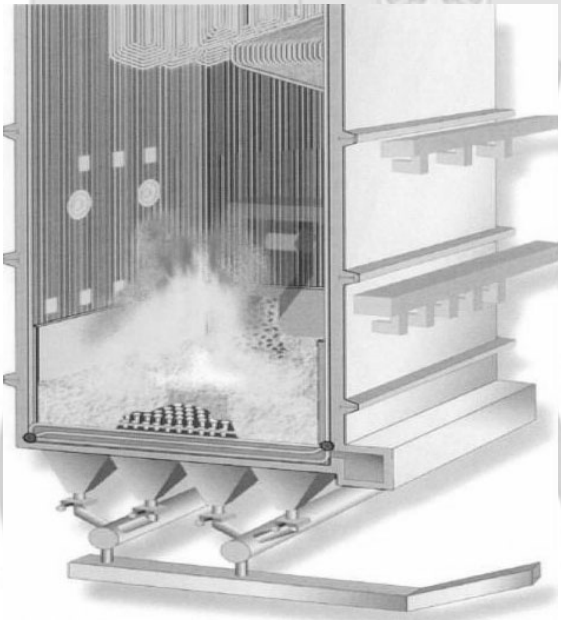
KLÖCKNER (német) gyártmányú aprítógép

A gép 8 cm lineáris méretű apríték előállítására képes, akár maximum 65 cm átmérőjű hengeres fából is. 8 150 t/hét aprítási kapacitásával óránként 124 tonna tüzelőanyagot dolgoz fel. A berendezés villamos teljesítmény igénye 1 600 kW.



3.4.3-4. ábra: KLÖCKNER gyártmányú aprítógép

Fluid tüzelésű kazán – Kvaerner Power OY



3.4.3-5. ábra: Fluid tüzelésű kazán – Kvaerner Power OY

A tűztérbe kerülő faapríték a homoktöltettel együtt az alulról érkező levegő bevezetés segítségével lebeg, fluid módon viselkedik.

Környezetvédelmi innováció

A PANNONPOWER Holding Rt. leányvállalata a PANNONGREEN Kft. által megvalósított jelentős beruházás a már bemutatott műszaki-, technológiai innováción felül igen jelentős környezetvédelmi innovációt is eredményezett. Az erőmű emissziós értékei megfelelnek a

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

legszigorúbb környezetvédelmi előírásoknak is, miközben a hőellátás és a villamosenergia termelés a korábbi éveknek megfelelő szintű.

A fejlesztés pozitív környezetvédelmi hozadéka az egységnyi füstgáz emissziók összehasonlításával jól érzékelhető (3.4.3–7. táblázat). A legnagyobb jelentőségű javulás a kén-dioxid és a por kibocsátás drasztikus csökkenésében tapasztalható. A megújuló energiák felhasználása emellett egyben szén-dioxid (CO_2) emisszió csökkenést is jelent.

emissziós értékek		Szén	Biomassza
NO_x	mg/Nm^3	700-800	max. 300
CO	mg/Nm^3	150-250	max. 250
Szilárd (por)	mg/Nm^3	500-1000	max. 30
SO_2 (SO_2 + SO_3)	mg/Nm^3	7000-8000	max. 200

3.4.3–7. táblázat: A kibocsátási értékek változása

A régióra gyakorolt pozitív hatások

- A beruházások meglévő telephelyen valósult meg, nem volt szükség új területek igénybevételére.
- Az erőmű tüzelőberendezéseinek kibocsátásai a térség levegőminőségére jelentős hatással vannak. Kibocsátott imissziós értékek jelentősen csökkennek (légszennyezők, talajszennyezők, szilárdhulladékok, stb.).
- A jelentősebb diffúz pontforrások (az erőmű telephelyén lévő széntér, a hamu, salak elhelyezésére használt zagytér, stb.) megszűntek, csakúgy, mint a távolsági szénszállító szalag, a szénelőkészítő és továbbító létesítmények is.
- Külszíni fejtések megszüntetésével, tájrendezésével a Mecsek hegyoldalában ejtett sebek megszűnnek.
- A jelenlegi zagykazetták rekultivációjával városi rekreációs terület hozható létre.

Tervezett projektek

1. Mezőgazdasági melléktermékek és energiafű tüzelőanyag felhasználású rostélytüzelésű kazán telepítése

A projekt során a lágy szárú növények eltüzelésére alkalmas speciális, és ezért magas beruházási költségű rostélytüzelésű kazán kerül beépítésre, mellyel 35 MW_e-t meghaladó teljesítményű megújuló, „zöld” villamosenergia állítható elő. Az újonnan létesítendő kazán tüzelőanyaga széles tartományt fed le, ugyanis a szalmától a kukoricaszárig mindenféle bálázható mezőgazdasági melléktermék eltüzelhető benne, még a Magyarországon kifejlesztett SZARVAS-1 energiafű is. Az évi mintegy 250 000 tonna tüzelőanyag rendelkezésre állásához az szükséges, hogy a régióbeli (dél-dunántúli) mezőgazdasági vállalkozók jól szervezetten be tudják szállítani az erőműbe a bálázott anyagot.

2. Meglévő szénportüzelésű kazán átalakítása energiaültetvényből származó fás szárú tüzelőanyag felhasználásre

A projekt során egy meglévő szénportüzelésű kazánt kívánunk átalakítani fluidágyas tüzelésű technológiára, melynek eredményeképpen 50 MW_e teljesítményű megújuló villamosenergia előállítása válik lehetővé. A projekt megvalósítása regionális szinten széles körű összefogást kíván meg a résztvevőktől, mivel a megvalósítás feltétele, hogy évi közel 450 000 tonna fa tüzelőanyag rendelkezésre álljon, melyhez az szükséges, hogy a régióbeli (dél-dunántúli) mezőgazdasági vállalkozók mintegy 15–20 000 hektár szántóföld területen fás szárú növényen alapuló energia ültetvényeket hozzanak létre. A tüzelőanyag hasznosítását az energiatermelő PANNONPOWER cégcsoport hosszú távú szerződés keretében biztosítja.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

SZÉN ÉS BIOMASSZA EGYÜTTÉGETÉSE A VÉRTESI ERŐMŰ RT. OROSZLÁNYI ERŐMŰVÉBEN

A **Vért Oroszlányi Erőműve** Oroszlány közvetlen szomszédságában, az Által-ér völgyében kialakított hűtőtó partján fekszik. Az 1960-as évek elején 4x50 MW kapacitású, széntüzelésű kondenzációs egységekkel létesült, majd rekonstrukciót követően 240 MW-ra növekedett a beépített teljesítménye. 2001 és 2004 között a Vért átfogó **retrofitot** hajtott végre az erőműben. A retrofit új füstgáz **kéntelenítő** létesítését (amely BAT technológia), az erőművi nagyfeszültségű villamos berendezések felújítását és a kazánok átalakítását jelentette.

A kéntelenítő megépítésével és üzemeltetésével a kibocsátott kén-dioxid mértéke az évi 9 000 tonnáról 2 500 tonna közelébe csökkent.

A kazánoknál megtörtént a nyomás alatti részek élettartamának meghosszabbítása és a tüzelés optimalizálása új, alacsony NO_x kibocsátású szénporégők és a csatlakozó szénpor és levegő rendszerek beépítésével.

Az átalakítás után az 1-es kazán mind tiszta széntüzeléssel, mind pedig vegyes tüzeléssel (szén és biomassza) üzemeltethető. A biomassza tüzelése fluidágyban történik. Az átalakítás után a kazán a bevitt tüzelőhőre vetítve 30 % biomassza elégetésére lesz alkalmas.

A **kazán** kéthuzamú kivitelben, természetes cirkulációval, egy kazándobbal készült úgy, hogy az ECO tartománya hagyományos samott falazatba van beépítve, míg a kazán többi fala és a tető membránfal.

Az OB-230 típusú kazán műszaki adatait a *3.4.3–8. táblázat* tartalmazza:

tartós teljesítmény	t/h	230
gőznyomás a kazánból való kilépésen:	bar	99,1
kazánból kilépő gőz hőmérséklete:	C	540
kilépő füstgázok hőmérséklete	C	155
tüzelőanyag felhasználás tiszta széntüzelésnél	t/h	63,6

3.4.3–8. táblázat: OB-230 típusú kazán műszaki adatai

Az égési folyamathoz szükséges levegőt a kazánházon kívül elhelyezett 2 nyomóventilátor biztosítja gőzfűtésű levegő előmelegítőkön és forgó levegő előmelegítőkön keresztül. A tűztérben keletkező füstgázokat az elektrofilterek után telepített 2 db szívóventilátor juttatja a kéntelenítő felé. A kazán porszén tüzelésű. A malmok által megőrölt barnaszén ventilációval a téglalap alakú tűztér négy sarkában elhelyezett szénporégőn keresztül jut a tűztérbe. A tüzelőberendezéshez tartoznak az alábbiak: szénbunkerek, forgócellás szénadagoló berendezések, gumihevederes szállítószalagok, szárítóhengerek, malmok a légszérrel, levegő-, szénpor-, és füstgázvezetékek, szénporégők.

A **biomassza** beadagolása a kazán alján kiképzett fluidágyba a mellső falon található 2-2 beadagoló nyíláson keresztül történik. A fluidágy levegőellátását a fluidventilátor, az ágy hőmérsékletének szabályozását pedig a recirkulációs füstgáz ventilátor biztosítja. Az ágyhamu ürítését hűtött csigák és nedvesítőcsiga végzi.

A kazánokban keletkező pernye nagy részét elsősorban cementgyárak részére értékesítik, a fennmaradó részt a salakkal és a kéntelenítőben keletkező gipsszel együtt a zagytérre szállítják hidraulikus úton vízzel keverve. A vizet a zagytérről visszakeringtetik. A zagytér körül a talajvíz minőséget figyelőkutakkal ellenzik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

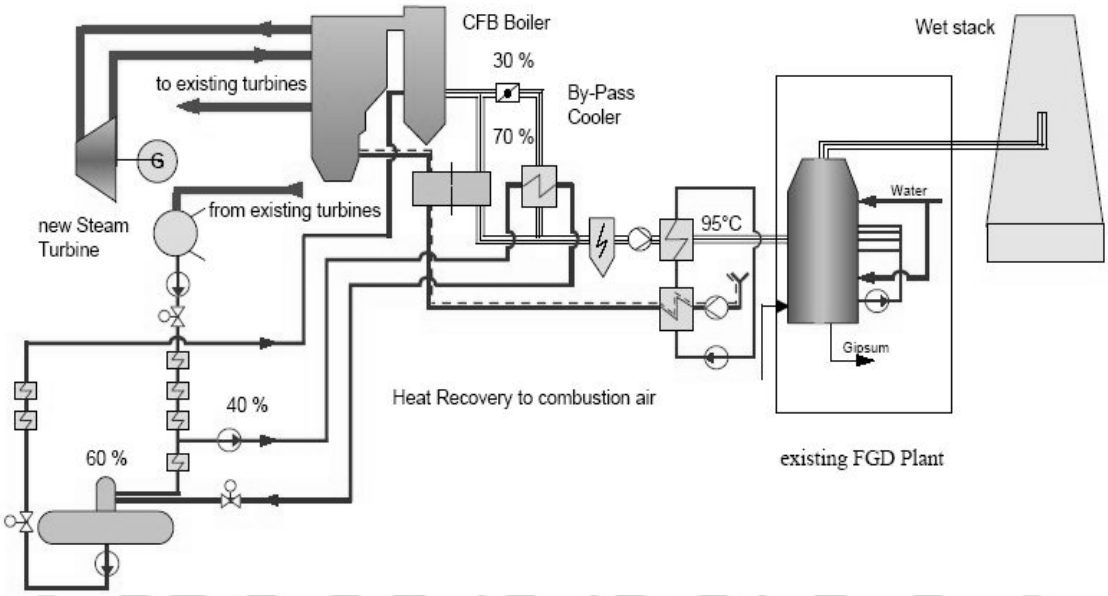
A **kazánok irányítórendszerei** Honeywell rendszerekkel vannak felszerelve. Az irányítórendszer elvégzi a kazánok vezérlését, szabályozását, a kazán és tápházi jelek adatgyűjtését, minden olyan tevékenységet, mely egy korszerű irányítórendszertől elvárható. A kazánok biztonsági vezérléséről, Honeywell FSC rendszer gondoskodik.

A frissgőzt blokk-kapcsolás szerint **gőzturbinákra** vezetik, amelyek közül egy SKODA gyártmányú, és 3 LÁNG BBC. A turbinákhoz 2 db 62,5 MVA teljesítményű körléghűtés, és 2 db 75 MVA teljesítményű léghűtéses GANZ **generátor** csatlakozik, amelyek a GANZ gyártmányú **főtranszformátorhoz** kapcsolódnak. A kondenzátorba Taprogge típusú golyós tisztítórendszert építettek.

A **vízelőkészítés** mikroszűréssel, a magyar erőművek között egyedülálló módon fordított ozmózissal, majd kétlépcsős ioncserés teljes sótalanítással történik. A teljes sótalanítás 50 t/h teljesítményű.

Az erőmű **szénellátását** jelenleg egy 3,6 km hosszú, 600 t/h teljesítményű szállítószalag biztosítja, mely az erőmű belső szénszállító rendszeréhez csatlakozik. A szén tárolására 100 000 t kapacitású normál tárolótér és 200 000 t kapacitású szükség tárolótér szolgál.

Az erőmű távszabályozással irányítható. A kiadott villamosenergia a magyar fogyasztás közel 4 %-át biztosítja. A villamos energiát teljes egészében a versenypiacon értékesítik. Az erőmű látja el távfűtéssel Oroszlány várost és Bokod település egy részét.

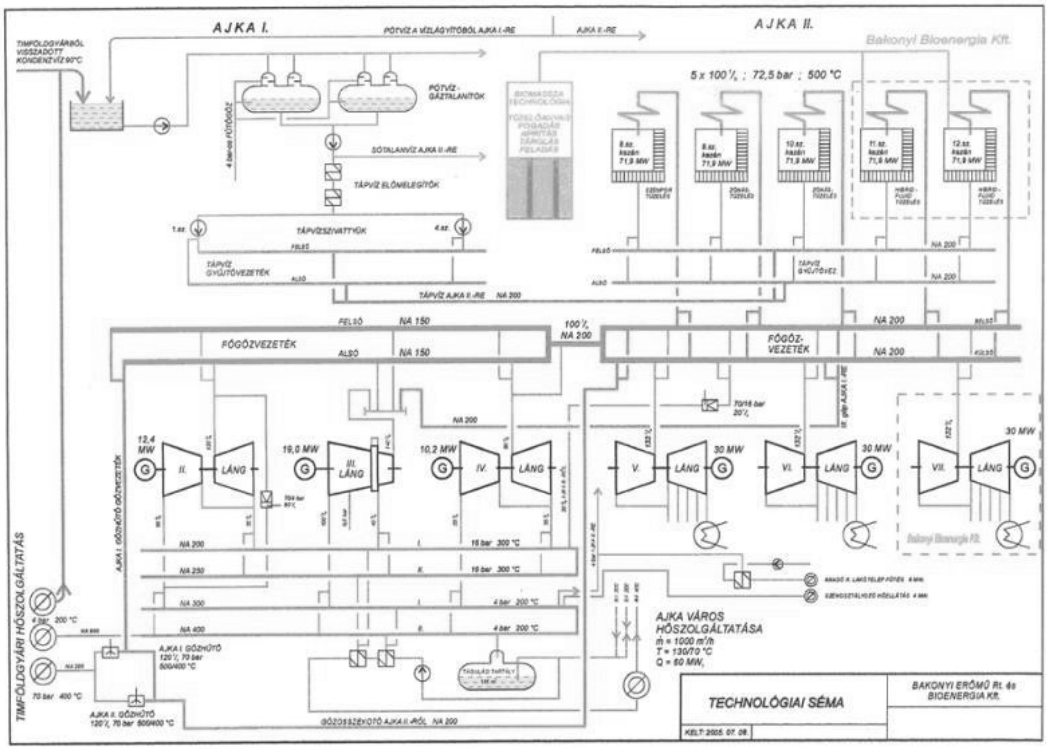


3.4.3-6. ábra: A Vértesi Erőmű Rt. biomassza fejlesztésének elvi sémája [Vértesi Erőmű Zrt.]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BARNASZÉN ÉS BIOMASSZA EGYÜTTÉGETÉSE BAKONYI BIOENERGIA KFT KAZÁNJAIBAN

A Bakonyi Bioenergia Kft. telephelye az Ajkai Hőerőmű területén található. A Kft. tulajdonában álló főbb berendezések: 2 db gőzkazán a hozzájuk tartozó kéménnyel, 1 db gőzturbina és generátor, transzformátorok, faaprító és egyéb segédberendezések. A kazánok kapcsolása ún. gyűjtősínes, azaz a gőz-, tápvíz- és a kondenzrendszereknél is gyűjtővezetékek épültek ki, amelyek lehetővé teszik az egyes berendezések és berendezéscsoportok keresztkapcsolását. Az Ajkai Erőmű technológiai folyamatábrája a 3.4.3-7. ábran látható. A kazánok indításához földgázt használnak fel.



3.4.3-7. ábra: Ajkai Erőmű technológiai folyamatábrája.

A Bakonyi Bioenergia Kft. hőtermelésre fluidágyas tüzelőberendezéseket használ. Az 1961-ben üzembehelyezett kazánokat 1990-ben alakították át fluidágyas tüzelésűvé, majd 2003-ban megtörtént a kazánok biomassza tüzelésre alkalmassá tétele, mely során a kedvezőbb tüzelési feltételek kialakítása és a kibocsátás csökkentése érdekében megváltoztatták a levegő bejuttatásának módját is (zónás tüzelés). A tüzelőberendezésekben a MATÜZ Kft. tüzeléstechnikai licenszét alkalmazzák A Bakonyi Bioenergia Kft. **beépített teljesítménye 30 MW_e**. A átalakított kazánok paraméterei 3.4.3–9. táblázatban láthatók.

A 11. és 12. jelű kazánok adatai:	
névleges gőztermelés	100 t/h
frissgőz hőmérséklet	500 ˚C
frissgőz nyomás	72,5 bar
bemenő hőteljesítmény	88,1 MW_{th}

3.4.3–9. táblázat: Az átalakított kazánok paraméterei

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gőzt az Ajka II. erőműrészben található VII. turbinán és generátoron kerül hasznosításra. A gőzturbina Láng gyártmányú kondenzációs turbina, névleges teljesítménye 30 MW_e, a generátor GANZ gyártmányú generátor, teljesítménye 44 MVA, feszültsége 10,5 kV.

2005. I. félévében a biomassza tüzelésű erőmű **hatásfoka** a kiadott villamos energiára 28,9%-os volt.

A felhasználásra érkező tüzelőanyagok (farönk, faapríték és szén) vasúton és közúton érkeznek az erőműbe. A beszállítások alkalmával a mérlegelés során megmintázzák az érkező tüzelőanyagokat. Minden szállítmánynál rögzítik a tüzelőanyag fajtáját, méretét, mennyiségét, nedvességtartalmát és fűtőértékét.

A beérkező biomasszát egy 80 t/h teljesítményű, hangszigetelt épületben elhelyezett aprítógéppel a kívánt méretre aprítják. A kiporzás nem jelentős, mert az aprításra kerülő farönkök nedvességtartalma ezt megakadályozza. A beszállított rönkfák és az apríték tárolása részben betonozott, részben betonozatlan döngölt talajon történik az erőmű területén. A biomassza aprítékhoz keverendő barnaszén tárolása is a széntéren történik. Az apríték szállítása zárt szállítószalag rendszerrel történik az aprítógéptől egészen a kazánok silójáig vagy az aprítéktárolóba. A szállítószalag szakaszok végén ki vannak alakítva lehordó szerkezetek a kiporzás csökkentésére. A biomasszához kevert barnaszén megfelelő aprítása a kazánok előtt elhelyezett zárt malmokban történik, majd a keveréket a kazánokba történő beadagolás előtt recirkuláltatott forró füstgázzal előmelegítik.

A biomassza tüzelőanyagra való átállás következtében a légszennyező anyagok kibocsátása jelentősen csökkent, lsd. *3.4.3–10. táblázat*.

Pontforrás	**Légszennyező anyag megnevezése**	**Határérték (mg/m^3 füstgáz) Biomassza + barnaszén tüzelés**	**Kibocsátott anyagok átlagos koncentrációja 2004-ben (mg/Nm^3)**	**Kibocsátott anyagok átlagos koncentrációja 2005 I. félévében (mg/Nm^3)**
P3 (11. kazán 12. kazán)	Fluor vegyületek	15	0,001	0,02
	Szervetlen kén-dioxid	1695,2	1,6	403
	Klór (szervetlen, HCl-ként)	100	0,017	0,09
	Nitrogén-oxidok (NO_2 -ként)	650	205,2	390
	Szén-monoxid	250	197,4	154
	Szilárd (nem toxikus) por	50	22,6	6,9
	Szén-dioxid (g/Nm^3)	–	284,560	–
	Nehézfém + Arzén	1	–	0,037

3.4.3–10. táblázat: Az átalakított kazánok légszennyező anyag kibocsátásai

A tüzelőanyagok elégetése során az éghetetlen meddőnek ~2%-a a tűztér alatti salaktölcsérbe hull, eltávolítása vizes elmosatással zárt rendszerben történik. A zagyot a tüzelőanyag maradékával együtt szivattyúk nyomják ki csővezetéken a zagytérre.

A ~98% kitevő pedig finom szemcseeloszlású pernye a füstgázzal távozik a **pernyeleválasztóba**. A Bakonyi Bioenergia Kft. mindkét kazánjának füstgáz csatornája el van látva elektrofilterrel (hatásfoka 99,78%) és folyamatos por koncentrációmérő berendezéssel. A területileg illetékes környezetvédelmi hatóság által meghatározott technológiai kibocsátási határérték por esetén 50 mg/Nm^3. A 2004-ben végzett mérések során 22,6 mg/Nm^3, míg 2005 első félévében a folyamatos emissziómérő berendezés adatai szerint 6,9 mg/Nm^3 volt az átlagos porkibocsátás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BEZÁRÁSRA ÍTÉLT ÖREG SZÉNTÜZELÉSŰ ERŐMŰ MEGÚJÍTÁSA – AES BORSODI ENERGETIKAI KFT. TISZAPALKONYAI HŐERŐMŰVÉBEN

A Tiszapalkonyai Hőerőmű a Tisza folyó partján, Tiszaújvárostól 5 km-re épült az az 1950-es években. Az 1953 és 1958 között épült erőmű a 60-es évek elejéig Magyarország egyik legnagyobb és legkorszerűbb erőművének számított. Felépítését tekintve klasszikus széntüzelésű erőmű, amelyet az AES 1996-ban vásárolt meg másik két régióbeli erőművel együtt.

Az eredetileg 200 MW névleges beépített teljesítményű erőmű története során több műszaki felújítást, átalakítást ért meg. Az erőmű gőz és vízoldalról tekintve gyűjtősines rendszerű, tervezett tüzelőanyaga hazai barnaszén. A főberendezéspark 8 db 125 t/h gőzteljesítményű (gőzparaméterek : T=510 °C; p=98 bar) teljesítményű SKODA gyártmányú, háromhuzamú mennyezetégős, falazott, porszéntűzelésű kazán és 3 db 50 MW villamos teljesítményű SKODA (2 házas akciós rendszerű kondenzációs gőzturbina 5 db szabályozatlan elvételű megcsapolással) illetve 1 db szintén 50 MW teljesítményű LÁNG kondenzációs turbógép-csoport.

Az idők folyamán a főbb berendezéseken nagyobb változtatások, modernizálás és automatizálás lett végrehajtva, jelenleg az 1-4. sz. kazánok és a három darab SKODA turbina üzemképes.

Magyarország Európai Uniós csatlakozása, a liberalizált magyar villamosenergia piaci körülmények és az új, szigorú környezetvédelmi kibocsátási határértékek elkerülhetetlenné tették a változtatásokat. Ennek szellemében indította be a Tiszapalkonyai erőmű 2003. elején a Tüzelőanyag váltási és Környezetvédelmi Beruházási Projektjét, mely nem kevesebbről, mint az erőmű bezárásáról, vagy tovább üzemeléséről szólt.

A kazánátalakítások első lépéseként és eredményeként a 3-as és 4-es kazán 100%-ban nagyon jó minőségű import feketeszén eltüzelésére képes. Szintén a technológiai váltásnak köszönhetően az 1-es és 2-es kazánban 100%-ban biomasszát lehet eltüzelni. Az átalakítások során a kazánokhoz kapcsolódó elektrosztatikus pernyeleválasztók is felújításra kerültek, ami nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy az erőmű 2005. január 1-től be tudja tartani a nagyon szigorú Európai Uniós és magyarországi környezetvédelmi kibocsátási határértékeket. A technológiai átalakításnak és a tüzelőanyag váltásnak köszönhetően a kén-dioxid és por kibocsátás 90%-kal, a nitrogén-oxid kibocsátás 60%-kal, a szén-dioxid kibocsátás 50%-kal csökkent a korábbi évek kibocsátásaihoz képest.

A biomassza projekt beindításáig az erőmű elsődleges tüzelőanyaga magas kén- és hamu tartalmú, alacsony fűtőértékű hazai barnaszén volt. Ez a tüzelőanyag összetétel napjainkra gyökeresen megváltozott. Jelenleg 60%-ban biomasszát, 30%-ban jó minőségű import feketeszenet és mintegy 10%-ban földgázt használ föl az erőmű. Az átalakított kazánokban a biomassza különböző fajtáit, köztük elsősorban fűrészport, faaprítékot, napraforgó maghéjat, energiafüvet, kukoricacsutka darálékot, szalmaszecskát, árpahéjat és mákgubó őrleményt tüzelnek el.

A megújuló villamosenergia-termeléshez szükséges biomassza tüzelőanyag (fa- és bútoripari, valamint az erdőgazdálkodási tevékenység melléktermékeként keletkező fűrészpor és faapríték, farönk illetve az egyéb mezőgazdasági termék) közúton és vasúton érkezik az erőműbe.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A rönkfa vasúton érkezik be az erőműbe, ami vagy azonnali feldolgozásra vagy letárolásra kerül. A rönkfát kb. 30x40x4 mm-es darabokra aprítjuk a projekt keretében telepített aprítógéppel. Ezután a tárolás, kezelés és mozgatás a szénnel megegyező módon és útvonalon történik, az apríték a tüzelőanyag tároló területen lévő résbunkerekből a földalatti szállítószalagra, utána a nagyferde szalagrendszerre kerül, ahonnan a kazánok tüzelőanyag hombárjaiba jutnak el. A kazánonként 4 db, egyenként 80 m^3 tároló kapacitású hombárokból a tüzelőanyagok a láncos kaparó rendszeren keresztül jut el az őrlőmalmokig, ahonnan a megőrölt tüzelőanyagot ventillátorok juttatják föl a kazánok mennyezetén lévő égőkhöz.

A tűztérben el nem égő biomassza darabokat a kazán alján újonnan kialakított láncos kaparó szerkezet gyűjti össze, és ventilátorok segítségével keringteti vissza a tűztérbe mindaddig, amíg a biomassza tökéletesen ki nem ég. A tüzelőanyag váltásnak és a technológiai újításoknak köszönhetően gyakorlatilag alig keletkezik salak.

A biomassza és a feketeszén tüzelésű kazánokban keletkező salakot és pernyét hígzagyos technológia juttatja ki az erőmű közelében található zagytérre. A felújított erőműben kb. 85%-kal kevesebb salakpernye keletkezik, mint korábban.

A technológiai átalakítást számítógépes modellezés segítségével tervezték és valósították meg. Leglényegesebb eleme a kazánok és a hozzájuk kapcsolódó elektrosztatikus pernyeleválasztók átalakítása, illetve felújítása volt.

A technológiai átalakítás érintette a tüzelőanyag bejuttatási útvonalat, a malom-légszért, a kazánok égőit. Hőálló betonburkolat került a kazánok mennyezetére és a tűztér aljára, az elégetlen faapríték visszakeringtetésére új, hőálló acélból készült kaparóléces mechanikus berendezést szereltek be a salaktölcsérek helyére. A frissgőz hőmérséklet és a kazán paraméterek megfelelő értéken tartása érdekében módosultak a szabályozástechnikai beállítások.

A pernyeleválasztási hatásfok növelése érdekében a kazánokhoz tartozó elektrosztatikus pernyeleválasztók is átalakításra és felújításra kerültek. Ennek során sor került a filter szektorok tisztítására, a pótlólagos gravitációs pernyecsapdák beépítésére, a szóró és kicsapó elektródák javítására és beállítására, a szigetelő porcelánok cseréjére, a kopogtató rendszer teljes felújítására, a pernye leengedő rendszer felújítására, a filter új tüzelőanyagra történő „behangolására” és a szabályzó rendszer cseréjére.

A biomassza projekt sikeres megvalósítása révén a Tiszapalkonyai Hőerőmű jelentős mértékben hozzá tud járulni a magyarországi megújuló villamosenergia termelés részarányának növeléséhez, egyúttal jó példával szolgál arra, hogy egy bezárásra ítélt öreg széntüzelésű erőmű környezetbarát módon hogyan tud megújulni.

3.4.4 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK – BAT – BIOMASSZA TÜZELÉSÉNÉL

Az Európai Unió országaiban a környezeti hatásvizsgálati valamint az egységes környezethasználati engedélyezési folyamatok, eljárások nem egységesek, hanem ország-specifikusak, az EU Irányelvek által megszabott kereteken belül minden ország maga alakíthatja ki szabályozását. *Magyarországon a nagy tüzelőberendezések környezeti elemekbe történő kibocsátásaira vonatkozó határértékek jogszabályok által szabályozottak.*

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK** Tanácsi Irányelv, az ún. **IPPC irányelv** alapján az EU által kiadott **BAT Referencia-dokumentumok nem tartalmaznak jogilag kötelező érvényű előírásokat, azonban a bennük foglaltakat az**

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

engedélyezés során figyelembe kell venni. A nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó elérhető legjobb technika meghatározásának Útmutatója **technikák gyűjteménye**, **viszonyítási pont**, a lehetséges megoldások tárháza, amely részletes információként szolgál az ipar és a nyilvánosság számára *a nagy tüzelőberendezéseknél használt különböző technikák alkalmazása során elérhető kibocsátási és/vagy anyagfelhasználási szintekkel kapcsolatban.*

Az ebben a fejezetben bemutatott módszerek, technikák, a velük kapcsolatos kibocsátások/anyagfelhasználási szintek vagy tartományok a következő lépések segítségével, iterációs eljárással kerültek értékelésre:

- az ágazat kulcsfontosságú környezeti kérdéseinek azonosítása
- (a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások, a fajlagos hőteljesítmény és az égéstermékek)
- a kulcskérdések alapján a legfontosabb módszerek, technikák, eljárások vizsgálata
- a környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paraméterek meghatározása az Európai Unióban, illetve a világon rendelkezésre álló adatok alapján.
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyekkel e környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paramétereket elérték (pl. a költségek, közvetítőközeg hatásai, az eljárások megvalósításának legfontosabb tényezői.
- az elérhető legjobb technikák (BAT), valamint az azokhoz tartozó kibocsátási és/vagy felhasználás értékek kiválasztása a fentiek alapján

Ez a fejezet azokat a technikákat mutatja be, melyek a kibocsátások csökkentésével, esetenként a kialakulásuk meggátlásával valamint a fajlagos hőteljesítmény növelésével kapcsolatban az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásánál számításba jöhetnek, a szektor egészére alkalmazhatók és sok esetben valamelyik berendezés jelenlegi teljesítményét tükrözik.

E dokumentum minden részére igaz – bár szójátéknak tűnik –, hogy a **legjobb elérhető** technika nem azonos az ***elérhető legjobb*** technikával. A *BAT technikák alkalmazásával egyes létesítmények által elért kibocsátási/anyagfelhasználási szintek* azt a környezeti teljesítményt tükrözik, amely ebben a szektorban egy új tüzelőberendezéstől elvárható a speciális technikák alkalmazásának eredményeképpen. Mindazonáltal ezek se **nem kibocsátási**, se **nem felhasználási korlátok** és nem is ilyen módon kell ezeket értelmezni. Néhány esetben műszakilag ezeknél jobb kibocsátási szint is megvalósítható, de a költségek vagy a közvetítőközeg hatásai miatt ezek nem tekinthetők BAT-nak a szektor egészére vonatkozólag, bár néhány esetben, speciális okoknál fogva, ezek a szintek is megindokolhatóak. A BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos kibocsátási szinteket mindig együtt kell vizsgálni a specifikus vonatkoztatási körülményekkel (pl. átlagos időtartamok).

A fent említett „BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos szintek" nem azonosak a dokumentumban máshol használt ***„elérhető szintek" kifejezéssel***. A technikák alkalmazásával vagy e technikák kombinációjának használatával *„elérhető, teljesíthető szint"*, egy ésszerű korszerűsítési idő eltelte után várható el egy, a szóban forgó technikát használó, megfelelően karbantartott és üzemeltetett berendezéstől. Egy-egy technika alkalmazásának tényleges költsége erősen függ a berendezés műszaki jellemzőitől és a telephely-specifikus tényezőktől, mint pl. adóktól, járulékoktól. Néhány esetben kedvezőbb felhasználási és emissziós szintek elérése is lehetséges műszakilag, de a velejáró költségek és mellékhatások miatt a szektor egészére véve nem tekinthetők BAT-nak, hiszen a **költségek** és az **előnyök közötti egyensúly** elválaszthatatlan a BAT definíciójától.

Feltételezhetően az új létesítmények elérik a tervezett szinteket vagy még jobbak is lehetnek, mint az itt bemutatott BAT szintek. Lehetséges az is, hogy már létező berendezések is képesek a BAT

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

vagy annál még jobb szintek elérésére is, de minden esetben figyelembe kell venni, hogy a technika műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető-e.

Szándékunk szerint az Útmutató e fejezetében leírtak referenciaként szolgálnak létező berendezések jelenlegi teljesítményének vagy új berendezések üzembehelyezésének megítéléséhez, hozzájárulnak a berendezés megfelelő „BAT-alapú" körülményeinek meghatározásához.

(1) A BIOMASSZA ÉS AZ ADALÉKANYAGOK KIRAKÁSA, TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

A biomassza és az adalékanyagok, pl. mész, mészkő, ammónia kirakására, tárolására és kezelésére vonatkozó BAT-ot foglalja össze a *3.4.4–1. táblázat*.

Anyag	Szennyezőanyagok ill. egyéb hatások	BAT
Biomassza	Por	Berakodáskor és kirakodáskor a tüzelőanyag és a deponált anyag közötti távolság minimálizálása, a szálló por keletkezésének csökkentése, főképpen finom faanyag tárolásakor Vízporlasztó rendszerek, melyek a raktározás területén csökkentik a szálló por kialakulását A szállítószalagot olyan biztonságos, földfelszín feletti helyen kell elhelyezni, hogy kiküszöbölhetők legyenek a szállítóeszközök és egyéb berendezések által okozható károsodások A szállítószalagokhoz tisztítóberendezések használata, a por keletkezésének elkerülésére Porszerű biomassza esetén a poremisszió megakadályozására olyan zárt rendszerű szállítószalagok használata, melyek az átrakási pontoknál nagy teljesítményű extrakciós és filtrációs berendezésekkel vannak ellátva A szállítórendszer ésszerűsítése annak érdekében, hogy minimalizáljuk a telephelyen belül a por keletkezését és szállítását Tapasztalt tervező és kivitelező alkalmazása és gondos üzemeltetés
	Vízszennyezés	Burkolt, csatornával ellátott felületen történő tárolás, a csatornahálózatban összegyűjtött víz ülepítése A tárolóhelyekről elfolyó esővíz összegyűjtése és kezelése az eltávolítás előtt.
	Stabil égés	A szállított szalma minőségellenőrzésének megvalósítása és a kapott adatok tárolása egy központi logisztikai számítógépben Különböző típusú biomasszák együttégetése esetén kettő vagy több tárolórendszer biztosítása annak érdekében, hogy a betáplált keverék tüzelőanyagok minősége kontrollálható legyen.
	Tűzvédelem	Felülvizsgálni a biomassza tárolóhelyeit annak érdekében, hogy idejében észleljük és felismerjük a kockázati pontokat.
Mész és mészkő	Por	A por emisszió megakadályozására olyan zárt rendszerű szállítószalagok, pneumatikus szállítórendszerek és silók használata, melyek az átrakási pontoknál nagy teljesítményű extrakciós és filtrációs berendezésekkel vannak ellátva.
Folyékony ammónia	Egészségi és biztonsági kockázatok	• Biztonsági szempontból az ammónia vizes oldatának tárolása kisebb kockázatot jelent, mint a tiszta ammóniáé • A tartályokat az érvényes jogszabályok figyelembe vételével kell létesíteni

3.4.4–1. táblázat: BAT a biomassza és az adalékanyagok kirakására, tárolására és kezelésére

❖ A tüzelőanyag előkezelése

A biomassza, elsősorban a fa, minőségének megfelelő, BAT szerinti előkezelése a fa méretén múlik, hiszen biztosítani kell a stabil égési feltételeket, csökkenteni kell a hamuban levő elégetlen szén mennyiségét illetve a csúcsemissziókat is.

❖ Tüzelési technika

Fatüzelés esetén a porított tüzelés, a fluidágyas tüzelés (BFBC és CFBC), valamint az aprításos-szórt rostélyú tüzelési technika, szalma tüzelés esetén pedig a vibrációs, vízhűtéses rostélytüzelés BAT-nak tekinthető.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A korszerű, számítógéppel feldolgozott szabályozórendszer elősegíti a magas kazánteljesítmény elérését, a tüzelési feltételek javításával, aminek eredményeképpen csökkennek az emmisziók, szintén BAT-nak tekinthető.

Tekintettel a biomassza rostélytüzelésére, az aprításos szórt rostélyok is a BAT részét képezik, hiszen a képződő nitrogén-oxidok (NO_x >200 mg/Nm^3) és a szén-monoxid emissziói általában alacsonyak. A szalma tüzelésére használatos vibrációs, vízhűtéses rostélyok gőzhőmérsékletét kb. 500 °C alatt kell tartani, hogy szabályozni lehessen a korróziót.

(2) ERŐMŰVI HATÁSFOK

A biomassza tüzelésű erőművekben az energia-hatásfokot értelmezhetjük fajlagos hőfogyasztásként illetve az ennek reciprokaként ismeretes erőmű hatásfokként is, amely a termelt energia/tüzelőanyag bemenő energiájának százalékaránya. A tüzelőanyag energiáját fűtőértéken veszik figyelembe.

A biomassza tüzelő erőművek villamos hatásfoka általában alacsony (20–30%), így a biomassza tüzelésű erőművekben a hő-és a villamosenergia együttes, kapcsolt termelése (CHP) a legfontosabb műszaki és gazdasági lehetőség az energia (tüzelőanyag)-hatásfok növelésére. A kapcsolt-termelés abban az esetben kivitelezhető BAT intézkedés, amikor a helyi hőigény elég magas ahhoz, hogy biztosítani tudja a kapcsolt termelést megvalósító erőmű üzembehelyezését.

Egy BAT-nak megfelelő, kapcsolt energiatermelést megvalósító erőmű tüzelőanyag hatásfoka 75–90%, mely 1,3-1,1 közötti fajlagos hőfogyasztásnak felel meg. Hangsúlyozni kell azonban, hogy nem minden üzemi körülmények között valósulnak meg a fent említett, BAT szerinti szintek. Az erőművek működése során a tényleges energia-hatásfokok alacsonyabbak is lehetnek, ami a működés közbeni terhelésváltozással, a tüzelőanyag minőségének egyenetlenségeivel, stb. magyarázható. Az energia-hatásfok függ az erőmű hűtőrendszerétől és a füstgáz tisztító rendszerének energiafogyasztásától is.

Már létező üzemekhez a termikus hatásfok növelésére számtalan retrofit technika létezik. Az égés hatákonyságát pl. a biológiai eredetű tüzelőanyagok nedvességtartalmának csökkentésére irányuló előkezeléssel is meg lehet növelni. A nedvességtartalom 60%-ról 40%-ra történő csökkentése 10%-kal növeli a hőhatásfokot. A biomassza széntüzelésű erőművekben történő együttégetése szignifikánsan növeli a villamos hatásfokot.

A gyakorlatban a következő intézkedéseket kell számításba venni a termikus hatásfok növelése érdekében:

- az elégetlen gázoknak valamint a tüzelés szilárd hulladékaiban és maradékaiban levő alkotóelemeknek köszönhető hőveszteség minimalizálása
- a rendszerben levő gőz lehető legmagasabb nyomáson ás hőmérsékleten tartása
- a lehetséges legnagyobb nyomásesés a gőzturbina alacsony nyomású végénél, a hűtőrendszer lehetséges legalacsonyabb hőmérsékletének következményeként (frissvíz hűtés vagy nedves hűtőtorony)
- a füstgázzal távozó hőveszteség minimalizálása a maradékhő hasznosításával vagy távfűtéssel
- a salakon keresztüli hőveszteség minimalizálása
- a belső energiafogyasztás minimalizálása, a kazán tápvíz előmelegítése gőzzel a turbina megcsapolásából
- a turbina lapát geometriájának tökéletesítése.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A *3.4.4–2. táblázat* foglalja össze a BAT lépések alkalmazásával kapcsolatos energia (tüzelőanyag) hatásfok szintjeit.

Tüzelési technika	villamos hatásfok	Tüzelőanyag hatásfok (kapcsolt termelés, CHP)
Rostély tüzelés	Kb. 20	75 – 90 Az aktuális erőművi alkalmazás és a hő- illetve villamosenergia szükséglet függvénye A kapcsolt energiatermelés (CHP) a magas tüzelőanyag hatásfok elérését célzó legfontosabb BAT intézkedés, és minden olyan esetben, amikor a hőszükséglet kellően magas, figyelembe kell venni.
Szórt rostélyú	>23	
FBC (CFBC)	>28 – 30	

3.4.4–2. táblázat: A BAT intézkedések alkalmazásával kapcsolatos hatásfok szintek

(3) LÉGSZENNYEZŐ ANYAG KIBOCSÁTÁSOK

❖ Por

Biomassza tüzelésű új és már üzemelő erőművek esetén a füstgáz porleválasztására a szövetszűrőkkel felszerelt zsákos szűrők vagy az elektrosztatikus porleválasztók használata tekinthető BAT-nak. Ebben az értelemben meg kell jegyezni, hogy alacsony kéntartalmú. biomassza használata esetén az elektrosztatikus porleválasztók redukáló teljesítménye csökkenhet a füstgáz alacsony kén-dioxid koncentrációja miatt. Ebben az összefüggésben a por kibocsátás csökkentésére a szövetszűrő a preferált technikai alternatíva, amely kb. 5 mg/Nm^3 por kibocsátást eredményez.

A ciklonok és a mechanikus leválasztók önmagukban nem tekinthetők BAT-nak, de előtisztításra használhatók. A porleválasztásra vonatkozó BAT összefoglalása és az annak megfelelő kibocsátási szintek a *3.4.4–3. táblázat*ban találhatók. A por szintek figyelembe veszik a finom részecske mennyiség csökkentésének (PM_{10} és $PM_{2,5}$) és a nehézfém kibocsátás minimalizálásának szükségességét, mivel ezek hajlamosak felhalmozódni, különösen a finomabb porrészecskék felszínén.

Kapacitás (MW_{th})	**Porkibocsátás szintje (mg/Nm^3)**		**A szint eléréséhez szükséges BAT**	**Megfigyelés**	**Alkalmazhatóság**
	új erőművekben	üzemelő erőművekben			
50 – 100	5 – 20	5 – 30	szövetszűrő/ESP	Folyamatos	Új és már üzemelő erőművekben
100 – 300	5 – 20	5 – 20	szövetszűrő /ESP	Folyamatos	Új és már üzemelő erőművekben
>300	5 – 20	5 – 20	szövetszűrő /ESP	Folyamatos	Új és már üzemelő erőművekben
Megjegyzés: A szövetszűrőhöz kapcsolódó csökkenés 99,95% vagy még ennél is magasabb, ezért ez az első számú BAT alternatíva porcsökkentésre a biomassza tüzelésű erőművekben. Az ESP ugyanezen mutatója 99,5% vagy magasabb					

3.4.4–3. táblázat: Füstgáz portalanításhoz ajánlott BAT a biomassza tüzelésű erőművekben

A BAT kibocsátási szintjei napi átlagos értékeken, standard feltételeken és 6%-os O_2 szinten alapszanak és tipikus terhelési szituációt reprezentálnak. Csúcsterhelés, indítás, leállás és a füstgáz tisztító berendezés üzemeltetési problémái esetén ezeknél magasabb, rövid távú csúcsértékeket kell figyelembe vennünk.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Nehézfémek**

A tüzelőanyag a lelőhelytől függően különféle ásványi anyagokat tartalmaz. A biomassza bizonyos koncentrációban nyomelemeket pl. nehézfémeket tartalmaz. A nehézfémek viselkedését a tüzelési folyamat során komplex kémiai és fizikai folyamatok alakítják. Alapjában véve a legtöbb nehézfém elpárolog a tüzelési folyamatban és később kondenzálódik a szemcsés anyagok felületén (pernye). Következésképp biomasszát tüzelő erőművekben a füstgáz nehézfémtartalmát csökkentő BAT a szövetszűrő (a csökkenés mértéke>99,95%) vagy nagy teljesítményű elektrosztatikus porleválasztó (a csökkenés mértéke>99,5%) használata, ahol a szövetszűrő áll az első helyen porcsökkentésre a BAT hierarchiájában.

❖ **SO_2 kibocsátás**

A fa gyakorlatilag nem tartalmaz ként, következésképpen a fa kéntelenítés nélkül tüzelhető FBC-ben. Az SO_2 kibocsátás szintje így csak a tüzelőanyag kéntartalmától függ, ami tipikusan 50 mg/Nm^3 alatt van (O_2 = 6 %).

Magasabb kéntartalmú biomassza más tüzelőanyagokkal, pl. szénnel való együttes tüzelése esetén az SO_2 redukció elsődleges vagy másodlagos intézkedéssel (a tüzelőanyag keveréktől függően) BAT-nak tekintendő.

Manapság az új, kisebb nagy tüzelőberendezésekben (<100 MW_{th}) általában fluidágyas tüzelést alkalmaznak. Ezekben a kazánokban a nedves kéntelenítő technikák túl drágák, hogy BAT-ként szóba jöhetnének, de a száraz befúvások (in situ kéntelenítés mészkő vagy dolomit adagolásával) elegendően hatékonyak lehetnek ahhoz, hogy ugyanazt a kibocsátási szintet elérjék. Száraz kalcium-hidroxid befúvása a szövetszűrő vagy elektrosztatikus porleválasztó előtt szintén magas csökkentési rátát érhet el. A mészkő kazánba juttatása, kombinálva a kalcium-oxid aktiváló mosótoronnyal szintén nagyon hatásos néhány esetben. Ezek az intézkedések más ártalmas anyag emisszióját is visszaszorítják, mint pl. a HCl-ét. A BAT-hoz kapcsolódó HCl szint kevesebb, mint 25 mg/Nm^3.

❖ **NO_x kibocsátás**

Általánosságban véve a biomasszát tüzelő erőművekben a nitrogén-oxid (NO_x) csökkentése érdekében alkalmazott elsődleges és másodlagos intézkedések kombinációja (pl. SNCR és SCR) BAT-nak minősül. A nitrogén vegyületei a nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO_2), együttesen NO_x, valamint FBC kazánok esetén a dinitrogén-oxid (N_2O).

Biomassza rostélytüzelése esetén, főként fa alapú biomasszáknál, a kibocsátás csökkentésére a szórt rostélyú technika (vagyis a bolygató szerkezetú vándorrostélyon történő égetés) tekinthető BAT-nak.

Biomassza tüzelésű FBC kazánban NO_x csökkentő BAT a levegő több fokozatú, szakaszos bevezetése vagy a füstgáz recirkuláció. Elsődleges kibocsátás csökkentő módszerek alkalmazásával az FBC kazánoknál a kibocsátási szintek a következők:

BFBC kazánnál 180–260 mg NO_2/Nm^3 (O_2 = 6%),

CFBC kazánnál 55–260 mg NO_2/Nm^3 (O_2 = 6%).

A viszonylag nagy tartomány főként a tüzelőanyag változó nitrogén tartalmának és a kazán méretének köszönhető. A kazánba történő mészkő befúvásos kéntelenítés a jelentések szerint 10–25 mg/Nm^3-rel (O_2 = 6%) növeli az NO_x kibocsátást

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BAT továbbá az ammónia vagy urea táplálású, szelektív, nem-katalitikus redukció (SNCR) is. Az SNCR technikánál az ammónia kibocsátás megelőzése érdekében alacsony szintű SCR katalizátor telepíthető a kazán előmelegítő területére. Az ammónia szökés csökkentésével a katalizátor csökkenti az ennek megfelelő NO_x mennyiségét is. CFBC kazánokban SNCR+SCR kombinációt alkalmazva az NO_x kibocsátás 50 mg/Nm^3-re, az ammónia szlip 5 mg/Nm^3 alá csökkenthető.

Az elsődleges intézkedések használata mellett az SCR egy NO_x kibocsátás csökkentő lehetőségnek tekintendő, ezért a BAT része. Szalma tüzelésű művekben SCR alkalmazása nem lehetséges a kálium vegyületek keletkezése következtében kialakuló gyors katalizátor mérgezés miatt. Az SCR-t a ’90-es évek közepén vezették be, és ma már 6 biomassza tüzelésű kazán működik SCR-rel az energiaszektorban. Mindegyik kapcsolt energiatermelést megvalósító, közülük 5 fluidágyas (CFBC/BFBC), 1 pedig kisebb rostélytüzelésű (40 MW, biomassza/tőzeg keverék). Minden FBC kazánnál érdemes megfontolni az SNCR/SCR kombinált alkalmazását. A rostélytüzelés esetén (alacsony-por) csak SCR-t alkalmaznak. A NO_x kibocsátás tipikus értéke SCR után 30 mg/MJ (<90 mg/m^3) alatt van.

Az NO_x kibocsátás megelőzésére és csökkentésére vonatkozó BAT összefoglalása és az annak megfelelő kibocsátási szintek a *3.4.4–4. táblázat*ban kerültek összefoglalásra. A BAT kibocsátási szintjei napi átlagos értékeken, standard feltételeken és 6%-os O_2 szinten alapszanak és tipikus terhelési szintet reprezentálnak. Csúcsterhelés, indítás, leállás és a füstgáz tisztító berendezés üzemeltetési problémái esetén ezeknél magasabb, rövid távú csúcsértékek is előfordulhatnak.

Kapacitás (MW_{th})	**Tüzelés technikája**	**NO_x kibocsátási szint a BAT szerint (mg/Nm^3)**		**BAT alternatívák a szint eléréséhez (nem teljes felsorolás)**	
		Új erőmű	Működő erőmű		
50–100	Rostély tüzelés	170 – 250	200 – 300	Szórt rostély	Folyamatos monitoring
	PC	150 – 250	150 – 300	Levegő és tüzelőanyag több fokozatú bevezetése, NO_x szegény égők alkalmazása, ezek kombinációja, SCR	
	FBC (BFBC, CFBC)	150 – 250	150 – 300	Levegő elosztás vagy füstgáz recirkuláció kombinációja	
100–300	PC	150 – 200	150 – 200	Levegő és tüzelőanyag több fokozatú bevezetés, NO_x szegény égők alkalmazása, ezek kombinációja , SNCR és/vagy SCR	
	FBC (BFBC, CFBC)	150 – 200	150 – 250	Levegő elosztás vagy füstgáz recirkuláció kombinációja	
>300	PC	50 – 150	50 – 200	Levegő és tüzelőanyag több fokozatú bevezetés, NOx szegény égők alkalmazása, ezek kombinációja, SNCR és/vagy SCR	
	FBC (BFBC, CFBC)	50 – 150	50 – 200	Levegő elosztás vagy füstgáz recirkuláció kombinációja, ha szükséges SNCR és/vagy SCR	
Megjegyzések: PC (por tüzelés) BFBC (buborékágyas fluidtüzelés) CFBC (cirkulációs fluidágyas tüzelés)					

3.4.4–4. táblázat: A nitrogén-oxid kibocsátás megelőzését célzó BAT alternatívák biomassza tüzelésű erőművekben

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Szénmonoxid (CO) kibocsátás**

A BAT-nak megfelelő tökéletes égés CO emissziójának minimalizálásához szükséges a kazán megfelelő tervezése, magasszintű folyamatszabályozási technikák alkalmazása valamint a tüzelési rendszer karbantartása. Jól beszabályozott redszer az NO_x emissziók csökkentése mellett a CO szinteket is alacsonyan, 50-250 mg/Nm^3 között tartja. Az FBC kazánok emissziói az alsóbb tartományokban, míg a por- és a rostélytüzelés emissziói a magasabb tartományokban vannak.

❖ **Hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF) kibocsátás**

A BAT-nak megfelelő emisszió-szintek biomassza tüzelés esetén <25 mg/Nm^3.

Szalmát égető égetőművekben a HCl emisszió 50–300 mg/Nm^3 között változik (napi átlagérték), az éves átlagérték jellemzően 100 mg/Nm^3. Nagyobb szalmatüzelő üzemekben, ha magasabb HCl szinteket mérnek, BAT-ként elfogadott a nedves füstgáztisztító vagy a száraz porlasztószárító alkalmazása, amelyek kb. 98%-kal csökkentik a HCl szintjét. Az SO_2 emissziókat, melyek egy szalma tüzelésű berendezés esetén 300 mg/Nm^3 felett mérhetők a nyersgázban, szintén csökkentik ezen a berendezések, kb. 80–95% arányban. Ebben az esetben az ehhez tartozó HCl emissziók 5–25 mg/Nm^3 között vannak.

Szalma tüzelése esetén a HCl-fejlődés miatt nagyobb a magas hőmérséklet által okozott korrózió veszélye, főleg a kazán túlhevítő részében.

❖ **Ammónia (NH_3)**

Az SNCR és az SCR rendszerek egyik nagy hátránya a reagálatlan ammónia légköri emissziója. A BAT-nak megfelelő ammónia emisszió koncentrációjának 5 mg/Nm^3 alatt kell lennie.

❖ **Dioxinok és furánok**

Néhány biomassza tüzelésű erőműben, főleg fatüzelésű erőművekben mérik a dioxinok és a furánok emisszióját és a 0,1 ng/Nm^3 alatti emisszió elfogadhatónak tekinthető.

(4) VÍZ SZENNYEZÉS

A biomassza tüzelésű üzemek működése során keletkező hulladék és szennyvizek mennyiségének és a vízbe történő kibocsátásoknak a csökkentésére alkalmazható, BAT-nak megfelelő intézkedések összefoglalása a *3.4.4–5. táblázat*ban található.

Technika	**Fő környezeti haszon**	**Alkalmazhatóság**	
		Új erőmű	Működő
Salak elmosása és szállítása			
Szűrés vagy ülepítés során zárt vízkeringetés	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
A sótalanítók és a kondenzvízek regenerálása			
Semlegesítés vagy ülepítés	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
A kazánok, az előmelegítők és a csapadékleválasztók mosása			
Semlegesítés és zárt technológia, vagy száraz tisztító eljárások alkalmazása	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT
Felszínekről lefolyó vizek			
Ülepítések vagy kémiai kezelés és belső újrahasznosítás	Csökken a szennyvízkibocsátás	BAT	BAT

3.4.4–5. táblázat: BAT a szennyvíz keletkezésének csökkentésére

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A BAT szerint a biomasszát burkolt, csapadékcsatorna-rendszerrel ellátott helyen, silókban vagy zárt helyen kell tárolni. A tárolóhelyről lefolyó esővizet célszerű összegyűjteni és eltávolítás előtt ülepíteni. Az eltávolított víz BAT szerinti emisszió szintje 30 mg/l alatti.

(6) TÜZELÉSI MARADÉKOK

Az ipar figyelme a tüzelési maradékok és melléktermékek hulladéklerakóban való elhelyezése helyett azok felhasználása felé fordult. A legjobb lehetőség ezért a felhasználás és újrafelhasználás. A különböző melléktermékek újrahasznosításának számtalan lehetősége kínálkozik. Minden egyes felhasználási mód különböző kritériumokat állít a hamu minősége elé. Mindezen kritériumok ismertetése ezen BAT dokumentumban lehetetlen.

A minőségi kritériumok a hamu jellemzőivel és a károsanyag tartalommal vannak összefüggésben, úgymint a hamuban lévő elégetlen tüzelőanyag mennyisége, a nehézfémek oldhatósága, stb.

(7) SZÁMÍTÁSBA VEENDŐ TECHNIKÁK A BIOMASSZA TÜZELÉS SORÁN ALKALMAZOTT BAT MEGHATÁROZÁSÁNÁL

Ez a szakasz azokat a szokványos, kereskedelemben kapható technikákat ismerteti, melyeket számításba kell venni a kibocsátás csökkentését vagy megelőzését, illetve a fajlagos hőteljesítmény növelését célzó BAT meghatározásánál.

Az egyes technikák részletesen szerepelnek a 2.3. alfejezetben, az ott leírt technikák alkalmazhatók biomassza tüzelésre is, és azokat a BAT meghatározásakor számításba veendő technikának kell tekinteni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A kirakodás, tárolás és tüzelőanyag kezelés technikái biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
A biomassza szállítása és kezelése							
Zárt szállítási rendszer szövetszűrőkkel	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
Nyitott szállítópálya 'szélvédőkkel'	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	A nyitott szállítópálya csak darabos anyag esetén jöhet számításba (fadarabok)
A biomassza lerakodása zsákszűrőkkel/tömlős porszűrőkkel felszerelt zárt épületekben a porkibocsátás csökkentése miatt	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
Tisztító berendezések a szállító soron	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
A biomassza és adalékanyagok tárolása							
A finom por anyag tárolása zárt térben vagy silóban	A finom szemcsék mennyiségének csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
A különböző minőségű biomassza tüzelőanyagok elkülönített tárolása	Stabil tüzelési feltételek	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
A mész/mészkő zárt silókban történő tárolása por csökkentéssel	A finom szemcsék mennyiségének csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
Zárt, szivárgásmentes felületek vízlevezető rendszerrel	A talaj és a talajvíz elszennyeződésének elkerülése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs		Az összegyűjtött vizet derítőbe kell vezetni
Darabos fa, stb. nyitott tárolása 'szélvédőkkel'	Csökken a poremisszió	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs adat	
Az ammónia vízes oldott formában történő tárolása	Magasabb biztonság	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Kisebb a kockázat, mint nagynyomású, folyékony ammónia tárolásakor	Nincs adat	

3.4.4–6. táblázat: A lerakodás, tárolás és tüzelőanyag kezelés technikái biomassza tüzelés esetén

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Biomassza tüzelőanyagok előkezelésének technikái**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Tüzelőanyag szárítás	Megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Korlátozott talasztalatok	Megnövekedett hatásfok	A szárító járulékos költsége	Az alacsony értékű hő kinyerhető az energia folyamatokból, hogy a tüzelőanyag fűtőértékét növeljék. A gőzszárító a leghatékonyabb
Biomassza elgázosítás	Megnövekedett erőművi hatásfok és csökkent kibocsátási szintek A gáz felhasználható az NO_x kibocsátás csökkentését elősegítő tüzelőanyag újraégetésre	Lehetséges, de napjainkig csak kísérleti erőművekben létezik	Lehetséges, de napjainkig csak kísérleti erőművekben létezik	Korlátozott talasztalatok		Kis méretben drága	Középtávon megvan a lehetősége, hogy a gázosítás életképes alternatívája legyen a hagyományos tüzelésnek, különösen a magas 51–55% villamos hatásfok tükrében

3.4.4–7. táblázat: Biomassza tüzelőanyagok előkezelésének technikái

❖ **Tüzelési technikák biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Kapcsolt hő- és villamosenergia előállítás (CHP)	Megnövekedett hatásfok, kevesebb tüzelőnyag felhasználás	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Nincs információ	Napjainkban a biomasszát főképp kapcsolt energiatermelésére használják az így elérhető magas hatásfoknak köszönhetően (75-90%).
Rostélytüzelés	Különböző biomasszához, mint pl. szalmához	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	
Vándorrostély	Magas tüzelőanyag kiégés alacsony kibocsátási szinttel (pl. NO_x)	Lehetséges	Lehetséges		Nincs	Nincs információ	
Fluidágy (BFBC és CFBC)	Magas tüzelőanyag kiégés alacsony kibocsátási szinttel (pl. NO_x)	Lehetséges	Lehetséges		Nincs	Nincs információ	A biomassza tüzelés esetén alkalmazott fő tüzelési technika napjainkban

3.4.4–8. táblázat: Tüzelési technikák biomassza tüzelés esetén

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A hatásfok növelését célzó technikák biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Hő és villamosenergia kapcsolt előállítása (CHP)	Megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Nincs információ	A biomasszát napjainkban főképp kapcsolt hő- és villamosenergia termelésére használják a villamosenergia-termelés általában 25%-os hatásfokához viszonyított magas (75– 90%) hatásfok elérése érdekében.
Turbinalapátok cseréje	Megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	A gőzturbina lapátjai három dimenziós lapátokra cserélhetők a rendszeres karbantartás során.
Regeneratív tápvíz fűtés	Megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Nagyon korlátozott	Új erőművekben és néhány már üzemelőben	Nincs	Nincs információ	A regeneratív tápvíz fűtés retrofit szintén lehetséges speciális esetekben.
Tüzelőanyag szárítás	Megnövekedett hatásfok, a potenciálisan hasznosítható biomasszák körének bővülése, biztonságosabb használat	Lehetséges	Lehetséges	Korlátozott			Új technikai alternatívák kerülnek kidolgozásra. Szárító rendszerek megvalósítása 10% tüzelőanyag fogyasztás csökkenést eredményezhet nedves tüzelőanyagok, mint pl. az energiafa esetén. Számtalan alternatív technológia elérhető a kereskedelemben. A száraz biomassza biztonságosan begyűjthető, tárolható és szállítható. Számtalan előnye van annak, ha lehetőség van a tüzelőanyagot közvetlenül a tüzelés előtt kiszárítani.

3.4.4–9. táblázat: A hatásfok növelését célzó technikák biomassza tüzelés esetén

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Por- és nehézfém kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Szövet szűrő (zsákos szűrő)	A szilárdanyag kibocsátás csökkenése, különösen a finom poré ($PM_{2,5}$ és PM_{10})	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Új szövet szűrő beruházási költsége kisebb az ESP-nél, de az üzemeltetés költségei magasabbak.	
ESP	A szilárdanyag kibocsátás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	

3.4.4–10. táblázat: Por- és nehézfém kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén

❖ **NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Elsődleges intézkedések							
Kis légfelesleg	A NO_x CO, és N_2O emisszió csökkenése, megnövekedett hatásfok	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Az NO_x kibocsátás csökkenése magasabb elégetlen szén a hamuban	Erőmű specifikus	
Többszintű tüzelőanyag bevezetés	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	
Többszintű levegő bevezetés (OFA)	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Magasabb elégetlen szén a hamuban	Erőmű specifikus	
Füstgáz recirkuláció	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Magasabb elégetlen szén a hamuban	Erőmű specifikus	
NO_x szegény égők	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	
Másodlagos intézkedések							
Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR) ammóniával vagy ureával	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Ammónia szökés	Erőmű specifikus	
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	NO_x csökkenés	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Ammónia szökés	Erőmű specifikus	

3.4.4–11. táblázat: NO_x- és N_2O kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **A vízszennyezés megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Salakeltávolítás és szállítás							
Zárt vízkör szőrő és ülepítő egységekkel	A hulladékvíz kibocsátás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	
A sótalanító és vízkezelő anyagok visszanyerése							
Reverz ozmózis	A hulladékvíz kibocsátás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	
Ioncsere	A hulladékvíz kibocsátás csökkenése körülbelül a sótalanított víz 15–50%-ra	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Az iszapot vízteleníteni kell az elhelyezéshez	Erőmű specifikus	
Tisztítás							
Közömbösítés			Csak alkalikus műveletek esetén	Magas		Erőmű specifikus	
A kazánok, levegő előmelegítők és porleválasztók mosása							
Semlegesítés és zárt láncú feldogozás, vagy száraz tisztító eljárások akalmazása	A hulladékvíz kibocsátás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	
Felszínekről lefolyók vizek							
Ülepítés vagy kémiai kezelés és belső újrafelhasználás	A hulladékvíz kibocsátás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas		Erőmű specifikus	

3.4.4–12. táblázat: A vízszennyezés megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

❖ **Biomassza tüzelésből származó tüzelési maradékok kezelésének, csökkentésének és újrahasznosításának technikái**

Technika	Környezeti haszon	Alkalmazhatóság		Üzemeltetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
A hamu tárolása, szállítása és kezelése							
Az ágyhamu és a szálló pernye szeparált tárolása	A különböző hamu frakciók rugalmasabb felhasználása	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	
Zárt silókban történő tárolás	A kiporzás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	
Nagy zsákokban vagy siló-kocsikban történő szállítás	A kiporzás csökkenése	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	
A biomassza hamu felhasználása							
Az alacsony nehézfém tartalmú biomassza hamu műtrágyaként történő felhasználása	Égéstermék újrahasznosítása	Lehetséges	Lehetséges	Magas	Nincs	Nincs információ	Bevett gyakorlat a biomassza hamu magas nehézfémtartalmú, finom részének elválasztása a durva hamutól. Csak a durva hamu használható fel műtrágyaként (a tápanyag tartalomtól és a talaj jellemzőitől függően).

3.4.4–13. táblázat: Biomassza tüzelésből származó tüzelési maradékok kezelésének, csökkentésének és újrahasznosításának technikái

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.5 MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK EGYÜTTÉGETÉSE ÉS A KIBOCSÁTÁSOK KEZELÉSE

Az EU-ban egyes hulladék fajták (mint pl. szennyezett biomassza és bizonyos hulladékfrakciók) a speciálisan tervezett és működtetett hulladékégető üzemeken kívül, szokványos tüzelőberendezésekben, így erőművekben vagy cementgyárakban is együttégethetők. Ezt részben a Hulladékégetésről szóló 2000/76/EC Irányelv, részben a nagy tüzelőberendezés Irányelv szabályozza, mely a nemzeti jogszabályokon keresztül jut érvényre. A nagy tüzelőberendezés Irányelvben meghatározott „tiszta" biomassza együttégetésével e dokumentum 3.4. fejezetében foglalkozunk.

Megemlítendő, hogy a CEN TC 343 bizottságban intenzív munka folyik a szilárd hulladékalapú tüzelőanyagokkal (Solid Recovered Fuels – SRF), és azok vizsgálati módszereinek szabványosításával kapcsolatban. Ez a fejezet elsősorban bizonyos hulladékok nagy tüzelőberendezésekben történő együttégetésére koncentrál (pl. szén- és lignittüzelésű, fa- és széntüzelésű fluidágyas kazánok). A hulladékok nagy tüzelőberendezésekben történő együttégetésének jelenleg három fő ösztönzője van:

- EU jogi szabályozások tiltják a nagy fűtőértékű hulladékok és a biomassza maradékok lerakását (pl. >6000 kJ/kg szárazanyag). Alternatív megoldásokat kell keresni ezen frakciók felhasználására. Ennek egyik lehetséges módja az együttégetés.
- A Kyotói Jegyzőkönyvben támasztott követelményeknek megfelelően világszerte csökkenteni kel az üvegházhatású gázok kibocsátását. A biomassza hulladékok (illetve bizonyos megszorításokkal némely hulladékfrakció) együttégetése erre lehetőséget biztosít.
- Az energiapiac liberalizációja csak fokozza az energiaellátókra nehezedő gazdasági nyomást. A biomassza maradékok és a hulladékok együttégetése új utat nyit az üzleti világban, mely gazdaságilag előnyösebbé teszi a nagy égetőművek működtetését.

Az ebben a fejezetben használt **„másodlagos tüzelőanyagok"** („secondary fuels") kifejezés minden olyan, elegendően magas fűtőértékű, tüzelőanyagként (másodlagos tüzelőanyagként) használható hulladékot magában foglal. Ezt a kifejezést használjuk abban az esetben is, ha ezen tüzelőanyagok nagy tüzelőberendezésekben együttégethetők hagyományos tüzelőanyagokkal (főleg szénnel, lignittel, folyékony tüzelőanyagokkal, stb.). Olyan anyagok tartoznak ide, mint pl. a hulladék, a visszanyert tüzelőanyag, a szénhulladékból illetve a biomassza hulladékból származó tüzelőanyag. Nagy tüzelőberendezésekben az anyagok széles köre együttégethető.

A másodlagos tüzelőanyagok együttégetésének kulcskérdései:

- tüzelőanyag minősége és jellemzői
- kazán kialakítása
- tüzelőanyag kezelése és betáplálása
- elsalakosodás vagy ágy-szinterelés (fluidágyas kazán)
- a hőátadó felületek elszennyeződése
- magas hőmérsékleten végbemenő korrózió
- az emisszió szintekre gyakorolt hatás, összehasonlítva a hagyományos tüzelőanyagok használatakor keletkező kibocsátásokkal
- hamu sajátosságai, ágyhamu eltávolítás
- a hulladék tárolása, hasznosítása és/vagy az együttégetésből származó szilárd hulladékok/maradékok eltávolítása.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.5.1 ALKALMAZOTT TÜZELÉSTECHNIKAI MEGOLDÁSOK MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK ESETÉN

(1) EGYÜTTÉGETETT MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK ÉS JELLEMZŐIK

A másodlagos tüzelőanyag együttégetése hatással van az erőmű teljesítményére, befolyásolja a levegőbe történő károsanyag kibocsátást illetve a tüzelési maradékok és melléktermékek minőségét.

Ezen befolyás mértéke attól függ, hogy a másodlagos tüzelőanyag tulajdonságai mennyiben térnek el az elsődleges tüzelőanyagétól. A főbb fizikai-kémiai jellemzők, amelyek leírják egy tüzelőanyag minőségét, a következők:

- fűtőérték,
- hamutartalom,
- víztartalom,
- illóanyag-tartalom,
- kémiai összetevők (különösen C, H, O, N, S, Al, K, Na, P, Cl, F, ill. Hg és más fémek).

Az erőművekben együttégetéshez használt másodlagos tüzelőanyagok főbb fajtái a 3.5.1–1. táblázatban láthatók. Közülük a legfontosabbak a derítési iszap és a biomassza/fa.

Másodlagos tüzelőanyag fajtája	Példák
Állati (mellék)termékek	Állati liszt, faggyú, hús- és csontliszt, szerves trágya, baromfi alom
Vegyszerek	Szerves savak, folyékony oldószerek, foszfor kemence gáz
Kommunális hulladék	Papírhulladék Csomagolóanyagok Műanyagok Alternatív tüzelőanyag (RDF)
Olajos anyagok	Kátrány Fáradt olaj
Visszanyert tüzelőanyag	Különböző, magas fűtőértékű hulladékból származó tüzelőanyag
Iszap	Szennyvíziszap Papíriszap (mint pl. festékmentesítés, bio- és elsődleges iszapok)
Autogumik/Gumiabroncsok	Aprított gumiabroncsok
Növényi anyagok	Mezőgazdasági hulladékok
Fa	Fa maradékok, bontási faanyag, fahulladék, erdészeti hulladékok, aprítékfa, biomassza pelletek/brikettek

3.5.1–1. táblázat: Erőművekben együttégetéshez használt másodlagos tüzelőanyagok fajtái

A hulladékból származó tüzelőanyagok főleg szilárd vagy folyékony halmazállapotúak, jelentős hamutartalommal. Együttégetésük ezért többnyire a széntüzelésű kazánokra korlátozódik. Az itt felsorolt anyagok egy része – szennyezettsége miatt – veszélyes hulladéknak minősülhet. További információk a CEN ajánlásaiban találhatók.

Mivel a másodlagos fa tüzelőanyagok – mint pl. a fahulladék, (konzerváló anyagokat tartalmazó vagy nem tartalmazó) bontási fa, préselt karton maradványok – származási helye különböző, szennyezettségi szintjük széles határok között változhat.

Ezen fejezetben feltételezzük, hogy a másodlagos tüzelőanyagok előkezeltek, vagyis az éghető részek el vannak különítve a nem-éghető részektől. E témakör könnyebb érthetőségét a

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Hulladék BREF-ek segítik. Ezen dokumentumokban a hulladékégetéssel és a hulladékok előkezelésével is foglalkoznak. Nevezetesen:

- Hulladékkezelés (Waste Treatment): a WT BREF leírja azokat az eljárásokat és technikákat, melyekkel a hulladékot bármely tüzelési eljáráshoz alkalmas tüzelőanyaggá lehet alakítani (erőművekben, cementgyárakban, vegyipari üzemekben, vas-acél iparban, stb.). Az előkezelési eljárások szétválogatást, aprítást, őrlést, előkezelést, stb. jelentenek.
- Hulladékégetés (Waste Incineration): a WI BREF a hulladékégetéssel és a Hulladékégetésről szóló Irányelv hatálya alá tartozó létesítményekkel foglalkozik.

A másodlagos tüzelőanyagok nagy tüzelőberendezésekben való használata bizonyos eljárások és technikák használatát is jelenti. E fejezetben ezen technikákat értelmezzük, illetve más fejezetekre és a BREF-ekre is hivatkozunk, ahol szükséges.

(2) FOGADÁS – ÁTVÉTEL

Ezen rendszerek és eljárások segítségével bizonyosodunk meg afelől, hogy a másodlagos tüzelőanyagok (hulladékok) olyan megfelelő műszaki értékelésen mentek keresztül, mely biztosítja alkalmasságukat másodlagos tüzelőanyagként való használatra. Figyelembe kell venni az alkalmazottak és egyéb olyan személyek egészségének védelmét, akik kapcsolatba kerülnek a hulladékból származó tüzelőanyagokkal. A fogadási és átvételi eljárásokkal bővebben a Hulladékkezelési BREF foglalkozik.

(3) LERAKÁS, TÁROLÁS, KEZELÉS

A másodlagos tüzelőanyagok lerakodása, tárolása és kezelése a különböző anyagok fizikai tulajdonságaitól függ.

A gáz halmazállapotú másodlagos tüzelőanyagokat általában csővezetékeken szállítják az erőműbe, és tárolás nélkül táplálják be az égőkhöz. Az alkalmazott technikák nem különböznek a gázhalmazállapotú tüzelőanyagokkal foglalkozó 3.3. fejezetben leírt technikáktól.

A folyékony másodlagos tüzelőanyagokat hajóval, vonattal, teherautóval vagy csővezetéken szállítják attól függően, hogy a másodlagos tüzelőanyag keletkezése helyén milyen szállítórendszer áll rendelkezésre. A folyékony másodlagos tüzelőanyagokat a felhasználás helyén tartályokban tárolják vagy közvetlenül a kazánba táplálják.

A szilárd másodlagos tüzelőanyagok tárolása és kezelése erősen függ fizikai tulajdonságaiktól, pl.:

- a száraz iszap (granulátum) hajóval, vonattal vagy teherautóval szállítható és silókban illetve zárt tartályokban tárolható, a poremisszió elkerülése érdekében. A száraz iszap akár azonnal is elégethető, ha higroszkópos tulajdonságai megengedik
- az iszapsilókban és tartályokban keletkező metán mennyiségét rendszeres levegőcserével szabályozni kell. A metánt illetve az illó vegyületeket tartalmazó levegő felhasználható égési levegőként. A kazán üzemszünetében biztosítani kell a levegőcserét és a kibocsátott gázok megfelelő kezelését.
- a bűzös iszapot silókban és zárt tartályokban kell szállítani és tárolni a szagemisszió elkerülésére
- a nedves iszap a szén tárolóhelyén a szénre szórható, de számolni kell az esetleges szagemisszióval és a szennyvízbe oldott anyagok kezelésével
- a biomassza speciális tárolásával és kezelésével foglalkozik a 3.4. fejezet.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) ELŐKEZELÉS

Ez a fejezet a gáz, a folyékony illetve a porított szilárd tüzelőanyag előkészítése folyamán alkalmazott eljárásokat (pl. őrlés, kigázosítás, hőbomlás és előtüzelés) írja le. A kazánban történő megfelelő kiégés biztosítására szükség van az előkezelésre, hiszen a tüzelőanyag csak rövid ideig tartózkodik a kazánban. A másodlagos tüzelőanyag együttégetésének legközvetlenebb módja, ha a fő tüzelőanyaggal keverik.

A következő bekezdések az előkezelési eljárásokkal foglalkoznak. Fontos megjegyezni, hogy néhány előkezelési technikát a Hulladékkezelési és a Hulladékégetési BREF is részletesen leír. Ez az oka annak, hogy nem írunk róluk részletesen ebben a fejezetben.

❖ Őrlés

Az őrlés során válik a szilárd tüzelőanyag olyan méretűvé, hogy alkalmas legyen erőműben történő égetésre. Példának okáért a fluidágyas kazánban a szemcseméret általában 100 µm alatt van, míg porított tüzelőanyag-tüzelésű kazánokban jellemzően kisebb, mint 75 µm. A szilárd tüzelőanyagok őrlés típusaival a 3.1. fejezetben foglalkozunk részletesebben.

❖ Előégetés

Az atmoszférikus fluidágyban (FBC) történő előégetést azoknál az anyagoknál alkalmazzák, melyek nem megfelelően égnek el széntüzelésű kazánban. Elsősorban azokról a tüzelőanyagokról van szó, melyeket nehéz porítani illetve melyek szennyező hamut tartalmaznak. Mint az előző fejezetekben már említettük, a fluidágyas égetésnél nincs szükség másra, mint a tüzelőanyag aprítására vagy durva őrlésére. A porítás nem szükségszerű.

Az FBC kazán füstgázait nem vezetik be a főkazánba, az integráció csak a víz/gőz oldalon valósul meg. Ez csak az önmagukban is működőképes rendszerekre jellemző. Ebben az esetben a másodlagos tüzelőanyag hamuja nincs hatással a porított szén hamujának minőségére.

❖ Szárítás

Azon tüzelőanyagoknak, melyek túl vizesek ahhoz, hogy a szénőrlő malomban kiszáradjanak, előkezelésként szárításra van szükségük, mielőtt összekeveredenek a fő tüzelőanyaggal. A nedves másodlagos tüzelőanyag szárítást végezhetik az erőműben vagy ott is, ahonnan a tüzelőanyag származik, ahol visszanyerték ill. összegyűjtötték. Ez a helyi infrastruktúra és a másodlagos tüzelőanyag fajtájának függvénye. A tüzelőanyag szárítása a tömegátvitel és a hőátadás fizikai és fizikai-kémiai eljárásain alapszik, melyek eredményeképpen a nedvesség elpárolog a tüzelőanyagból. A nedvesség elpárologtatásához szükséges hőt hőáramlás, hővezetés és hősugárzás biztosítja. Mivel a jelentős égetőművekben nem jellemző a szárítás, a dokumentumban nem foglalkozunk a szárítás részletes leírásával. Bővebb információ a WT BREF-ben található.

Háromfajta szárítás alkalmazható:

- **konvektív szárítók**: közvetlen kapcsolat van a fűtőközeg és a szárítani kívánt termék között. Emiatt ezeket a szárítókat direkt szárítóknak vagy adiabatikus szárítóknak is nevezik. A fűtőközeg hatására csökken a tüzelőanyag nedvességtartalma.
- **hővezetéses szárítók**: nincs közvetlen kapcsolat a fűtőközeg és a termék között, a hő fűtőfelületeken keresztül jut el a termékhez. A nedvesség a vivőgáz

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

segítségével távozik el, mely a kapcsolódó eljárásokban használt mennyiség kb. 10%-a. Ilyenformán a hővezetéses szárítókat inkább poros és bűzös hulladékoknál használják.
- hősugárzásos szárítók: másodlagos tüzelőanyagok szárítására nem alkalmazzák.

Tipikus másodlagos tüzelőanyagok, amelyek szárítást igényelnek a **szennyvíziszap** és a **szerves trágya** (pl. csirkealom). Nedvességtartalmuk akár az 50%-ot is elérheti.

❖ **Hőbontás (pirolízis)**

A hőbontás egy olyan termokémiai eljárás, melynek során magas hőmérsékleten és oxigén hiányában a tüzelőanyagot gázzá, folyadékká vagy szilárd termékké alakítják át. Kétféle hőbontásos eljárás létezik:

- **gyors hőbontásos eljárás**, melynek során a betáplált nyersanyagot gyorsan fűtik fel az eljárás hőmérsékletére. Ezen eljárást a pirolízisolaj illetve az olajból származó specifikus vegyületek feldolgozásához fejlesztettek ki.
- **kokszosító eljárás**, melyben a betáplált nyersanyagot lassan melegítik fel a pirolízis hőmérsékletére, s ez viszonylag nagy mennyiségű szilárd terméket eredményez.

Ezen eljárás szilárd terméke (faszén) sok szenet tartalmaz, ezért szénnek tekinthető. A termelt folyékony és a szilárd anyagokat együttégetés előtt tárolni is lehet, ezért ezeket az anyagokat az erőmű működésétől függetlenül is elő lehet kezelni. Gyakran a termelt gázok szolgáltatják a szükséges hőt az endoterm rekcióhoz.

A hőbontást a másodlagos tüzelőanyagok porított szén- és lignittüzelésű erőművekben történő együttégetéséhez használják, amikor a tüzelőanyagok a szénőrlő malmokban nem apríthatók fel a megkívánt méretre.

Mivel a hőbontás nem jellemző a nagy tüzelőberendezésekre, e dokumentumban nem foglalkozunk részletes leírásával. Bővebb információ a WI BREF-ben található.

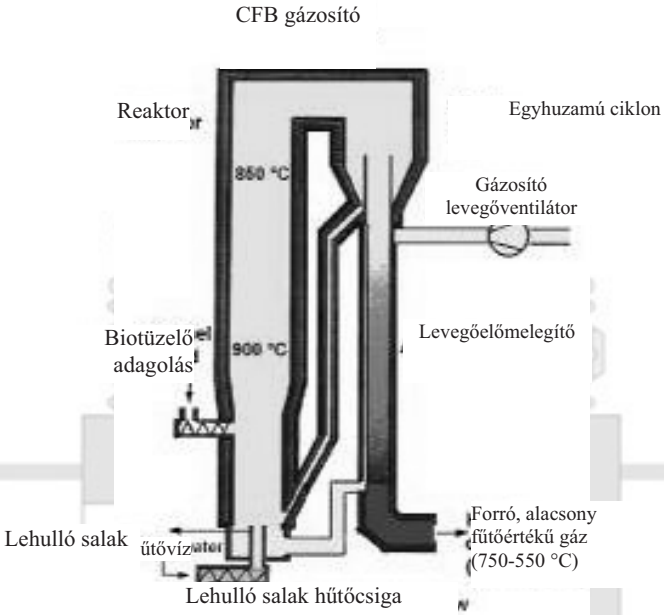
❖ **Elgázosítás**

Némelyik másodlagos tüzelőanyag olyan mennyiségben tartalmaz szennyezéseket (klorid, alkáli fémek, fémek, mint pl. alumínium, nehézfémek), hogy a kazánban történő elégetést megfelelő tisztításnak kell megelőznie. Ezen anyagok elgázosítása kedvező megoldás lehet. Az elgázosítás során termelt gáz közvetlenül is eléghet a nagy tüzelőberendezésben, de tisztítás is megelőzheti, mielőtt a nagy tüzelőberendezésbe vagy a gázturbinába jut, bár jelenleg nem találhatók olyan gázturbinák, melyek ezen tisztított gázzal működnének.

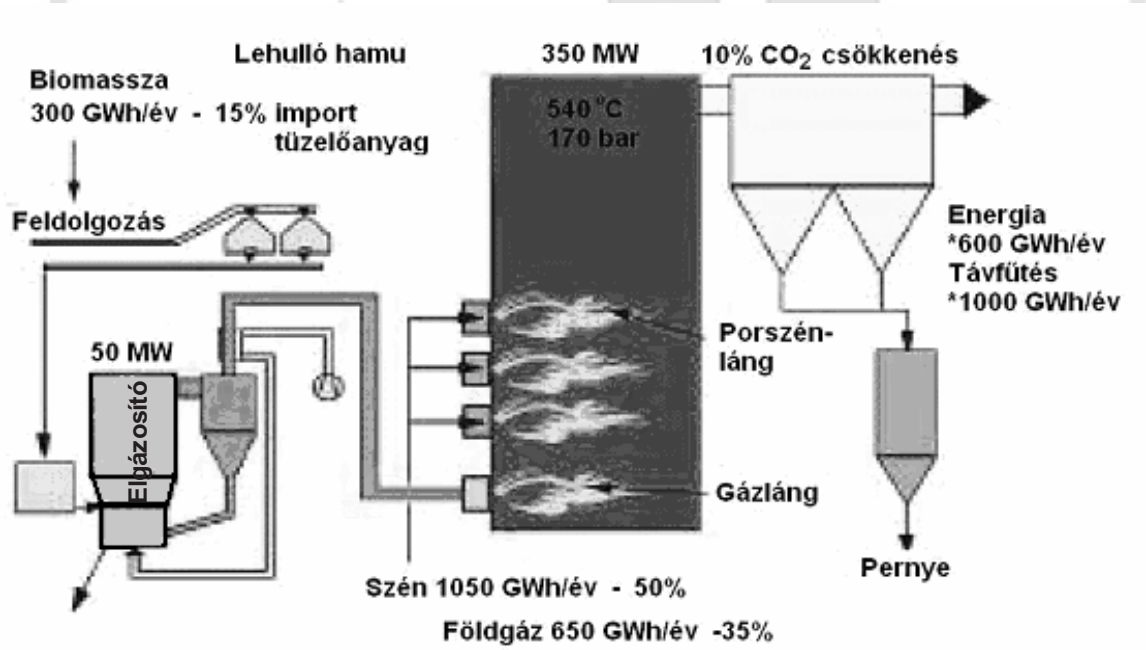
A 3.5.1-1. ábra és a

3.5.1-2. *ábra* egy olyan elgázosító erőmű sematikus ábrázolásai, mely egy széntüzelésű kazánnal működik együtt Finnországban. Ebben az erőműben a cirkulációs fluidágy elgázosítójából érkező gázt közvetlenül a kazánba táplálták, egyéb hűtés vagy tisztítás nélkül. Az elgázosító nem más, mint egy termo-mechanikai malom, melyet a tüzelőanyag előkészítésekor használtak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.5.1-1. ábra: CFB elgázosító széntüzelésű kazánnal összekapcsolva [153 Nieminen et al., 1999]



3.5.1-2. ábra: Az elgázosítás folyamatábrája [153, Nieminen et al., 1999]

A másodlagos tüzelőanyagokat (általában kereskedelmi és háztartási visszanyert tüzelőanyagok, faipari maradékok és gumiapríték) teherautóval szállítják az erőműhöz és elkülönített fogadóterekben tárolják. A durva tüzelőanyag szemcséket aprítják és a finom frakciót szállítószalagon keresztül szállítják az elgázosítóhoz közeli silóba. A silóban történő homogenizálás után a tüzelőanyag-keveréket az elgázosítóba táplálják. A cirkulációs fluidágy elgázosító egy belső, tűzálló béléssel ellátott acéledényt tartalmaz, ahol a forró fluidizált gáz – szilárd részecskék szuszpenziójában a tüzelőanyag elgázosodik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Atmoszférikus nyomáson és kb. 850 °C –on a tüzelőanyag keverék éghető gázzá alakul át. Az elgázosító ciklonjában folyásirányban a gázban levő darabos részecskék elkülönülnek és visszajutnak az elgázosítóba. A termelt gáz a ciklonból a levegő előmelegítőbe kerül, ahol az elgázosító levegőt melegítik elő kb. 650 °C-ra. A forró gáz az erőmű széntüzelésű fő kazánjában ég el, mellyel a szén kb. 30%-át helyettesíti. Az elgázosító 1998 január óta működik sikeresen.

Mivel az elgázosítás nem jellemző a nagy tüzelőberendezésekre, e dokumentumban nem foglalkozunk részletes leírásával. Bővebb információ a WI BREF-ben található.

❖ **Metanizálás**

A másodlagos tüzelőanyagokat anaerob iszapkezeléssel lehet metanizálni. Ezen technikák a szerves anyagot gázzá (főleg metánná) alakítják, mely később a nagy tüzelőberendezésben felhasználható. Mivel a metanizálás nem jellemző a nagy tüzelőberendezésekre, e dokumentumban nem foglalkozunk részletes leírásával. Bővebb információ a WT BREF-ben található.

(5) FELADÁS AZ ÉGETÉSI FOLYAMATBA

Amikor másodlagos tüzelőanyagokat használunk az együttégetési eljárásban, szükség van olyan műveletekre, melyek eljuttatják az anyagokat az égési folyamathoz. Számos eljárás létezik a megfelelő keveredés eléréséhez, így pl. a másodlagos tüzelőanyagok a kezelés alatt keverhetők össze a fő tüzelőanyaggal, majd együtt égethetők el. Mindazonáltal más eljárások is léteznek, ahol a másodlagos tüzelőanyagok a fő tüzelőanyagtól eltérő úton jutnak az égéstérbe. Ezekről a következő alpontokban lesz szó.

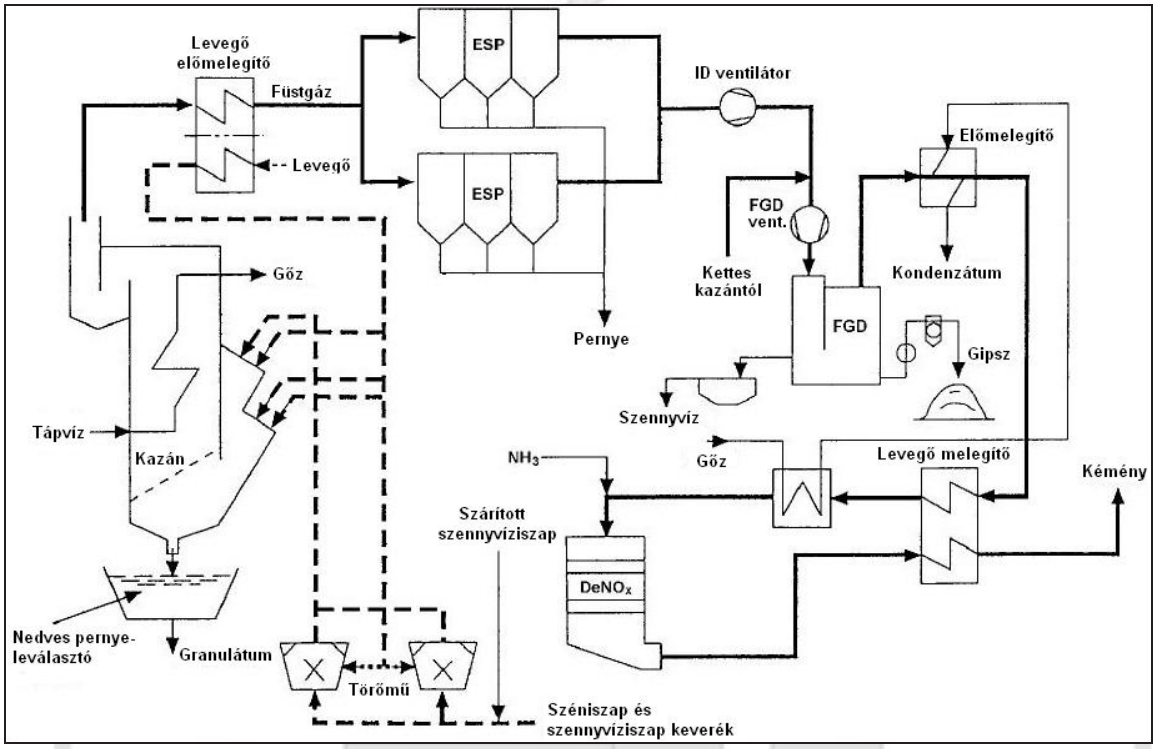
❖ **Keveredés a fő tüzelőanyaggal**

A legegyszerűbb módja a másodlagos tüzelőanyag tüzelési eljárásba juttatásának, ha keverjük a fő tüzelőanyaggal. A szén- és lignittüzelésű kazánban a következő helyeken vegyíthetők a tüzelőanyagok:

- a szén szállítószalagon,
- a szénbunkerben,
- a szénadagolóban,
- a szénőrlő malomban,
- a porított szén vezetékben.

Az első három esetben a másodlagos tüzelőanyagot a fő tüzelőanyagra (szén) szórjuk, ezzel biztosítva a kellő keveredést a tüzelőanyagáramok között. Emiatt a másodlagos tüzelőanyag is a szénőrlő malomba jut, ahol a fő tüzelőanyaggal együtt őrlik meg (3.5.1-3. ábra).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.5.1-3. ábra: Szennyvíziszap és szén együttégetése [58, EURELECTRIC., 2001]

Ez a technika csak abban az esetben alkalmazható, ha mindkét tüzelőanyag őrlési tulajdonságai többé-kevésbé azonosak, valamint ha a másodlagos tüzelőanyag mennyisége elhanyagolható a fő tüzelőanyag mellett. A külön porított másodlagos tüzelőanyagok a szénőrlő malomba illetve a szénőrlő malom és a kazán között levő porított szénvezetékekbe injektálhatók.

Egyéb másodlagos tüzelőanyagok, mint pl. a biomassza is bejuttathatók a szénőrlő malomba a szénnel együtt, bár ezek az anyagok nem poríthatóak. A viszonylag nagy méretű biomassza szemcsék tökéletes égéséhez rostélyt helyeznek el a kazán aljára.

A folyékony másodlagos tüzelőanyagokat használat előtt jellemzően folyékony tüzelőanyagokkal elegyítik.

❖ **Különálló lándzsák, módosított meglévő égők**

Különálló lándzsák illetve módosított égők (melyekkel a másodlagos tüzelőanyagot tápláljuk az égőkhöz) szükségesek a másodlagos tüzelőanyagok kezeléséhez, ha nem kívánatos a másodlagos és a fő tüzelőanyag keveredése illetve a másodlagos tüzelőanyag mennyiségének növekedése. Ilyen eset akkor fordul elő, ha a másodlagos tüzelőanyag fizikai tulajdonságai különbözőek (pl. viszkozitás, szemcseméret) vagy ha a tüzelőanyag egészségre ártalmas (szennyvíziszap). Például:

- gáz tüzelőanyagok ill. az elgázosításból, pirolízisből vagy előégetési eljárásokból származó gáz termékek, melyeket a szilárd vagy a folyékony tüzelőanyaggal égetünk el,
- folyékony tüzelőanyagok vagy a pirolízisből származó folyékony termékek,
- porított szilárd tüzelőanyagok.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az égőket az alkalmazott tüzelőanyagot figyelembe véve kell kialakítani, csak így érhető el megfelelő gyulladás, stabil láng és a kazánban kedvező keveredés a fő tüzelőanyag lángjával. A tüzelőanyagok megfelelő elégése szempontjából fontos az égők főégőkhöz viszonyított elhelyezkedése.

❖ **Speciális rostélyok**

A kazán kimenő végénél elhelyezkedő speciális mozgó rostélyok arra szolgálnak, hogy meghosszabbítsák a másodlagos tüzelőanyagok tartózkodási idejét a kazánban. Ezen rendszerekhez nem szükséges előkezelni a tüzelőanyagot.

❖ **A másodlagos tüzelőanyag fluidágyas kazánba táplálása**

A fluidágyas kazánban történő együttégetés egyik leglényegesebb tényezője a fő és a másodlagos tüzelőanyagok betáplálása. A kevert tüzelőanyag jó minősége és a szennyezők alacsony mennyisége (fémek, üveg, stb.) is fontos a jó működés szempontjából.

Az osztályozó és az aprító berendezések jó működése és karbantartása is lényeges. Gyakorlati problémák akkor lépnek fel, ha az elsődleges tüzelőanyaghoz képest nagy mennyiségű eltérő minőségű másodlagos tüzelőanyag jut be a kazánba rövid idő alatt. Ez megzavarja az égési folyamatot és a kazán terhelésére is hatással van. Fluidágyas égés folyamán szinterelési problémák is felléphetnek.

A szállítóberendezések működési problémáit a hosszú kéreg- és a műanyagdarabok okozhatják. Ezen problémák az aprítórendszer megfelelő működtetésével elkerülhetők.

A másodlagos tüzelőanyagokat a kazánba táplálás előtt jól össze kell keverni a fő tüzelőanyaggal vagy egy olyan elkülönített adagolórendszeren keresztül bejuttatni, mely probléma esetén gyorsan leállítható. Szükség van a tüzelőanyagok homogén elegyítésére. A nagy mennyiségű, az elsődleges tüzelőanyagtól különböző minőségű másodlagos tüzelőanyag kazánba kerülése megzavarja az égési folyamatot és a kazán terhelését is befolyásolhatja.

(6) EGYÜTTÉGETÉS

A másodlagos tüzelőanyag együttégetésének legközvetlenebb módja, ha a fő tüzelőanyaggal való elegyítés után elégetjük a tűztérben vagy a kazánban. Ez a következő műszaki illetve környezetvédelmi követelményereket vetheti fel:

- a már létező szénőrlő malmok őrlési és szárítási kapacitása (abban az esetben, ha az együttégetett tüzelőanyagot a fő tüzelőanyaggal együtt szárítjuk és porítjuk)
- a másodlagos tüzelőanyag betáplálása,
- az erőmű tervezett teljesítménye (a nedves tüzelőanyagok együttégetése nagyobb mennyiségű nedves füstgáz áramot okoz),
- a másodlagos tüzelőanyag égési tulajdonságai, mint pl. gyulladás, lángstabilitás, lánghőmérséklet, NO_x képződés és kiégés, mely különbözhet a fő tüzelőanyagtól,
- elsalakosodás és elszennyeződés, melyet a hamu kémiai összetétele befolyásol (főleg kálium, nátrium és kén) és a hamu olvadási görbéje,
- a kazán termikus viselkedése, elsősorban a hősugárzásos és a hőáramlásos hőcsere,
- a kazán részeinek korróziója és eróziója (oka a tüzelőanyag klór és kéntartalma illetve a működés közben lecsökkent kazán atmoszféra),
- a melléktermékek és a tüzelési maradékok minősége és tulajdonsága,
- a másodlagos tüzelőanyag légköri emissziója, mely a kén-, klór- és nehézfém tartalomnak illetve a szerves vegyületeknek köszönhető,
- a másodlagos tüzelőanyag vízbe történő emissziója, mely a kén-, klór- és nehézfém tartalomnak illetve a szerves vegyületeknek köszönhető.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fent említett problémák kiküszöbölhetők, ha a másodlagos tüzelőanyag fő tüzelőanyaghoz képesti arányát korlátozzuk illetve ha megfelelően készítjük elő azokat.

3.5.2 ÁLTALÁNOS HATÁSOK ÉS KIBOCSÁTÁSOK

(1) A MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAG EGYÜTTÉGETÉSÉNEK ÁLTALÁNOS HATÁSAI

A másodlagos tüzelőanyag kezelése, de különösen elégetése befolyásolhatja a kibocsátási szinteket, az erőmű hatásfokát, rendelkezésre állását, valamint a tüzelési maradékok, melléktermékek és a szennyvíz minőségét és mennyiségét. Ezek a hatások a másodlagos tüzelőanyagok következő tulajdonságaitól függenek:

- toxicitás (kórokozó baktérium tartalom is),
- robbanásveszély (gáznemű tüzelőanyagok és porrobbanások),
- gyúlékonyság (folyékony tüzelőanyagok),
- nedvességtartalom,
- öngyulladás (biomassza),
- kellemetlen szag,
- folyékonyság (iszapok és szilárd tüzelőanyagok),
- őrölhetőség.

Ezeket a szempontokat figyelembe kell venni, amikor megfelelő és biztonságos együttégetéshez választunk tüzelőanyagot.

(2) AZ EGYÜTTÉGETÉS HATÁSA AZ ERŐMŰ HATÁSFOKÁRA

Tüzelőanyagkeverék kazánban történő elégetésekor meg kell határozni az egyes tüzelőanyag áramokkal bevitt energia átalakulásának erőművi hatásfokát. Az együttégetésnek az erőmű hatásfokára tett hatásának meghatározásához figyelembe kell venni, mind a másodlagos tüzelőanyag kimenő enerigává történő átalakulását, mind az együttégetésnek a fő tüzelőanyag konverziójára való hatását.

A hulladék energiává alakulásának hatásfokát befolyásolják:

- a tüzelőanyag nedvességtartalma,
- a tüzelőanyag reakcióképessége,
- a tüzelőanyag őrölhetősége (apríthatósága),
- az égetés előtt szükséges előkezelési eljárások hatékonysága,
- a tüzelőanyag kezelése és előkezelése,
- fűtőérték,
- hamutartalom.

A másodlagos tüzelőanyag együttégetése a következőképpen befolyásolja a fő tüzelőanyag felszabaduló energiává való átalakulását:

- többletlevegőre lehet szükség a megfelelő égéshez,
- megváltozhat a kazánban a füstgáz hőmérséklete és árama,
- növekedhet a szállópernye elégetlen szén tartalma,
- változhat a gőz hőmérséklet,
- a hatásfokot befolyásolhatja a másodlagos tüzelőanyag szárítása a telephelyen és a telephelyen kívül is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) AZ EGYÜTTÉGETÉS HATÁSA AZ ERŐMŰ TELJESÍTMÉNYÉRE

A nedvesség és a hamutartalom erőmű hatásfokra gyakorolt esetleges hatásai mellett az együttégetés is befolyásolhatja az erőmű teljesítményét. A részegységek teljesítmény korlátai miatt csökkenhet a névleges terhelés vagy az erőmű terhelés-szabályozásának sebessége. pl. a füstgáz ventilátorok kapacitása korlátozhatja a nedves tüzelőanyagok együttégetési arányát. Az erőmű teljesítményét (és működőképességét) a tüzelőanyag kén és klór tartalma miatt fellépő korrózió, az erózió, az elsalakosodás és a kazánnak a hamu alkáli tartalma miatti elszennyeződése is befolyásolhatja. A nagy tüzelőberendezések alkalmassá tétele a tüzelőanyag előkezelésére vagy előzetes átalakítására, ill. az együttégetés mértékének korlátozása segít az erőmű teljesítmény csökkenésének megakadályozásában.

Az erőmű hatásfokára és teljesítményére gyakorolt hatások annak mértékében változhatnak, amennyire a másodlagos tüzelőanyag eltér a kazánhoz eredetileg tervezett tüzelőanyag(ok)tól. A következő felsorolásban néhány példát mutatunk be, hogy a másodlagos tüzelőanyagok együttégetése milyen tényezők révén befolyásolhatja a nagy tüzelőberendések teljesítményét:

- az erőmű berendezéseinek névleges teljesítménye (pl. a nedves tüzelőanyag együttégetésekor keletkező megnövekedett füstgáz áram)
- a másodlagos tüzelőanyag égési jellemzői, mint pl. gyulladás, lángstabilitás, lánghőmérséklet, NO_x képződés és kiégés a fő tüzelőanyaghoz képest megváltozhatnak
- a hamu kémiai összetételének hatása az elsalakosodásra és az elszennyeződésre (elsősorban kálium, nátrium, kén) és a hamu olvadási görbéje
- a kazán hőtani viselkedése, elsősorban a hősugárzás és a konvektív hőcsere
- a kazán egyes részeinek – sók által okozott – korróziója és eróziója (a tüzelőanyagban levő kén- és klór vegyületek, valamint az égési körülmények változása, pl. redukáló atmoszféra következtében.)
- a melléktermékek és a tüzelési maradékok minősége és tulajdonsága
- a másodlagos tüzelőanyag kén-, klór-, nehézfém-, és szervesanyag tartalma által okozott légszennyezés
- a másodlagos tüzelőanyag kén-, klór-, nehézfém-, és szervesanyag tartalma által okozott vízszennyezés
- a füstgáz összetétel változásának hatása a füstgáz tisztító egységekre (elsősorban a DENOX katalizátor inaktiválása alkáli-, arzén-, foszfor- és fluor vegyületekkel); az elektrosztatikus leválasztók megnövekedett szállópernye leválasztása; a füstgáz kéntelenítőre (füstgáz kéntelenítésre) gyakorolt hatások)
- Levegő- és vízszennyezés a hulladék előkezelésénél. (pl. a szennyvíziszap szárítása).

(4) AZ EGYÜTTÉGETÉS HATÁSA A LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁSOKRA

A másodlagos tüzelőanyag együttégetésekor alkalmazott füstgáztisztítási eljárások nem szükségszerűen különböznek a szilárd, folyékony vagy gáz állapotú tüzelőanyagoknál alkalamazott füstgáztisztítási technikáktól, melyeket a 3.1.-3.4. fejezetben említettünk. A másodlagos tüzelőanyag tulajdonságainak függvényében, elsősorban a nehézfém tartalom miatt (pl. Hg) alkalmanként olyan járulékos intézkedésekre van szükség, mint például az aktív szén befúvása.

Az erőművek SO_2, NO_x és por szennyezőit olyan hatékonyan kézben tartják, hogy a kivitelezés és az üzemeltetés megfelel a BAT előírásainak. Ha nagyobb mennyiségű szennyezett tüzelőanyag kerül be a tüzelési rendszerbe, a füstgáz tisztítórendszer alkalmazása csökkenti az

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

emissziót, így állítva vissza a bizonyos határok között változó egyensúlyt. Ezt tükrözi a határértékek számítása hulladék (másodlagos tüzelőanyag) együttégetése esetén az ún. keverési szabály segítségével (ld. 2000/76/EG Irányelv).

A HCl és a HF emissziójának csökkentése szorosan összefügg az SO_2 csökkentésével. A klór tartalmú vegyületek betáplálását az erőműi személyzet is korlátozhatja, megelőzve ezzel a magas hőmérsékletű korróziót.

A levegőszennyezést döntően az együttégetett másodlagos tüzelőanyag kémiai tulajdonságai határozzák meg. A szénhez vagy lignithez képest a másodlagos tüzelőanyagban előforduló egyes elemek (pl. a higany) nagyobb koncentrációjának megfelelően növekszik a levegőbe történő szennyezőanyag kibocsátás. A kibocsátást korlátozó intézkedések kiegyenlíthetik az együttégetés okozta járulékos szennyezőanyag kibocsátásból származó különbségeket.

Szilárd anyag

A kéményen keresztül távozó por emisszió együttégetésnél, a hamu eltérő fizikai és kémiai összetétele miatt megváltozhat, s ez elsősorban az elektrosztatikus leválasztó teljesítményét módosíthatja. A száraz szilárd tüzelőanyagok, melyekből nagyon finom részecskék jutnak a légkörbe, főleg az anyagmozgatási és tárolási helyeken növelhetik a por kibocsátást. A por emissziót a másodlagos tüzelőanyag befolyásolhatja.

A szilárd anyagok többféle módon kerülhetnek a füstgázba. Egy részüket, az égéstérből a füstgáz örvénylő mozgása által elragadott hamu képezi. A könnyű tüzelőanyagok, mint amilyen a szalma, hajlamosabbak erre. Hasonlóképpen, a füstgáz is magával tud sodorni csak részben elégett tüzelőanyagot.

Az égéstérben elpárologtatott vegyületek és fémek, mint pl. kadmium és a higany, szemcsés részecskékre kondenzálódhatnak, amikor az égés után a hőmérséklet lecsökken. Ezek az anyagok nagyon finom füstködöt képezhetnek, melynek eltávolítása nehéz. Részecskék olyan rutinszerű tisztítás során is keletkezhetnek, mint amilyen a koromfúvatás.

Savas gázok

A használt másodlagos tüzelőanyag fajtától függően nagyobb mennyiségű savas gáz emisszió is előfordulhat. Ezek közé tartozik a hidrogén-klorid, a kén-dioxid, a hidrogén-fluorid és a nitrogén-oxidok. A másodlagos tüzelőanyagban levő különböző vegyületek koncentrációja határozza meg a füstgázban levő savas gázok mennyiségét és az alkalmazott csökkentési intézkedéseket.

Szén-oxidok

A fosszilis CO_2 emisszió csökken, amikor megújuló másodlagos tüzelőanyagot égetünk együtt. Ez az egyik fő célja és eredménye a biomassza együttégetésének. Az elsődleges fosszilis tüzelőanyag helyettesítésének köszönhetően a „fosszilis eredetű CO_2 kibocsátás csökken, míg a biomasszából származó szén-dioxiddal nem kell számolni. A CO_2 csökkenés az egyik legnyomósabb érv a biomassza együttégetése mellett még akkor is, ha egyéb komponensek légköri emissziója ezzel egyidőben megnövekedhet. Az együttégetés során nem növekszik jelentősen a szén-monoxid kibocsátása.

Halogének

A nagy Cl és F tartalmú másodlagos tüzelőanyagok együttégetésekor a halogén emisszió megnövekedhet. A klór és fluor gázokat nem tökéletesen szűrik ki a szén-tüzelésű erőművek tipikus füstgáz tisztító berendezései. Ezeknek az alkotórészeknek a koncentrációja nagy lehet

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

a hulladékégető művekéhez képest. Különösen a fluorid emisszió növekedhet meg, ha gáz-gáz hőcserélőt alkalmazunk a füstgáz kéntelenítőből származó tisztított füstgáz újramelegítésére.

Nitrogén-oxidok

A hulladéknak illetve a visszenyert tüzelőanyagnak jótékony és káros hatása is lehet az NO_x emisszióra attól függően, hogy mennyire hasonlít a hulladék vagy a visszanyert tüzelőanyag arra a szénre, amellyel együttégetik. A nagy illóanyag tartalmú szenek növelhetik a lánghőmérsékletet, ezáltal potenciálisan több nitrogén-oxid keletkezik. A nagyobb nedvességtartalmú másodlagos tüzelőanyagok az alacsony adiabatikus lánghőmérséklet miatt lassabban gyulladnak meg, így kevesebb NO_x keletkezik. Az NO_x csökkentő technikákkal felszerelt berendezések rugalmasabban képesek fogadni a magasabb nitrogéntartalmú másodlagos tüzelőanyagokat.

Kén-oxidok

Még olyan másodlagos tüzelőanyag esetén is, melynek kéntartalma sokkal magasabb a fő tüzelőanyagénál (szén, lignit, tőzeg) csak kis mértékben nő a füstgáz SO_2 koncentrációja, megfelelően működő SO_2 eltávolítást feltételezve. Számos másodlagos tüzelőanyag kéntartalma alacsonyabb az elsődleges tüzelőanyagénál. Ilyen esetben a kénvegyületek összes emissziója csökkenhet.

Illékony szerves vegyületek (VOC) és dioxinok

A füstgázban levő illékony szerves vegyületek (Volatile Organic Compounds – VOC) elégetlen szénre utalnak. Az együttégetés során növekedhet a VOC-ok emissziója. Mindazonáltal együttégetés során a szénhidrogének, illékony szerves vegyületek és a policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-ok) emissziója nem változik szignifikánsan, ha jó kiégést érnek el.

A poliklórozott-dibenzo-p-dioxinok és a poliklórozott-dibenzo-furánok („dioxinok és furánok”) a VOC-ok egy sajátos típusát képezik. A dioxin kifejezés több, mint 200-féle hasonló vegyületet takar. Kis mennyiségben dioxinok és dioxin-elővegyületek is jelen lehetnek a másodlagos tüzelőanyagban (mint pl. bontási faanyagban, hulladékból származó tüzelőanyagban), melyek azonban megsemmisülnek az égéstérben. Azonban később, az olyan elővegyületekből, mint a klórbenzolok, a PCB-k, vagy a nem klórozott elővegyületek, ahol a szervetlen klór társítottan van jelen, az úgynevezett „de-novo szintézissel” újra kialakulhatnak. Kialakulásuk mechanizmusa nem teljesen világos, de feltételezhető, hogy réz, korom és szállópernye is részt vesz abban a folyamatban, mely többnyire 200-450 ºC között zajlik. Ezen hatások megmagyarázzák a bizonyos típusú hulladékok együttégetésekor keletkező magasabb dioxin emissziót. A dioxin emisszió a füstgázba injektált aktív szénnel csökkenthető.

Ennek ellenére a szén-tüzelésű erőművek dioxin és furán emissziója alacsony, ami speciális égetési jellemzőiknek és a tüzelőanyag kén tartalmának köszönhető, ami megakadályozza az ilyen vegyületek kialakulását. Ez együttégetés során sem változik, még abban az esetben sem, ha a másodlagos tüzelőanyag klórtartalma magas.

Fémek

A fémek (pl. nehézfémek és toxikus fémek) a fosszilis tüzelőanyagok természetes alkotóelemei, így bizonyos mennyiségben mindig jelen vannak. Az olyan másodlagos tüzelőanyagok, mint pl. a szennyvíziszap és a hulladékból illetve faszerkezet bontási anyagából származó tüzelőanyagok a szokványos tüzelőanyagokhoz képest nagyobb mennyiségben tartalmazhatnak fémeket. A fáradt olaj hamutartalma csekély, így a toxikus fémek várhatóan nem kerülnek a füstgázokba.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Némelyik fém a kazán fenékhamuban marad, míg mások az égéstérből kijutva áramlásirányban haladva a füstgázban kondenzálódnak le, ahol szemcsés részecskékké válnak. Néhány különösen illékony fémkomponens, mint amilyen a kadmium, a higany, a tallium és a szelén a gőzfázisban vagy a nagyon finom füstködben marad. A másodlagos tüzelőanyag összetételében a Hg koncentráció az egyik legkritikusabb, nagy illékonysága miatt. A másodlagos tüzelőanyag bevitel korlátozottsága (az erőmű összes hőbetáplálásának csak csekély százaléka származik együttégetett hulladékból) és a csak szenet égető erőművek nyersgázában levő, összehasonlíthatóan alacsony Hg koncentráció következtében, a nyersgáz Hg koncentrációja nem nő jelentősen, ami a hígulási hatás eredménye (azonkívül a kimutathatósági határ gyakran korlátozó tényező). Ennek ellenére növekednek a kibocsátások, ami a megnövekedett mennyiségű füstgázzal magyarázható. Egyes nehézfémek összes emissziója nőhet az Pb, Co, Tl és Se magasabb koncentrációja miatt.

Fáklya

A nagy nedvességtartalmú tüzelőanyagok, mint pl. baromfialom hajlamos látható fáklya létrehozására. Három általános technika létezik, melyekkel a füstgáz nedvességtartalmát szabályozhatjuk annak érdekében, hogy a látható fáklyaképződést megakadályozzuk.

- A füstgáz újramelegítése,
- a füstgáz kondenzációja,
- a füstgáz hőmérséklet szabályozása.

A kondenzációs eljárásoknál nagy mennyiségű szennyvíz keletkezik, mely szennyező anyagokat is tartalmazhat, s így szükséges lehet annak kezelésére, közömbösítésére.

Kellemetlen szagok

A másodlagos tüzelőanyag – mint pl. a bűzös szennyvíziszap – tárolása és kezelése szagemisszióval járhat. Különösen a szárító berendezéseknél szükséges a szagkibocsátást korlátozni. A tüzelőanyagtól és a helyi viszonyoktól függően a szállítást és a tárolást zárt térben kell végezni.

(5) AZ EGYÜTTÉGETÉS HATÁSA A VÍZBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁSRA

Szennyvízképződéshez vezet a nedves gáztisztítás, a kibocsátott gáz kondicionálása, a nedves salakmentesítés, a hulladék tárolása és előkezelése (pl. a szennyvíziszap szárítása). Semlegesítésre, ülepítésre és fizikai-kémiai kezelésekre lehet szükség a szennyeződések eltávolítására.

Másodlagos tüzelőanyag együttégetése hatással lehet a vízterhelés mértékére, bár a legtöbb szennyvízforrásra, mint a hűtővíz, a kondenzvíz vagy a sótalanított víz, az együttégetésnek nincs hatása. A következő szennyvíz forrásokra lehet hatása:

- Öblítővíz a szilárd tüzelőanyag tárolókból/raktárakból és a felszíni lefolyások (esővíz).
- A víztelenítő (szárító) folyamatok közös jellemzője, hogy az elkülönített (szűrt vagy fejt) víz, különböző mértékben, szennyezett. Ez különösen igaz a magas hőmérsékleten történő víztelenítési folyamatokra, és a szennyvíztisztító telep jelentős másodlagos szennyezését jelentheti.
- Ahogy a 2.3. fejezetben bemutattuk, a víz szennyezésének legfőbb forrása a füstgáz kéntelenítése, mivel a folyamat SO_2-t és más szennyező anyagokat, pl. nehézfémeket von ki a füstgázból. A szennyvíztisztítóból eltávozó nehézfém koncentráció nagy mértékben független a belépő koncentrációtól, ezért aztán az együttégetéstől is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- A nyitott tüzelőanyag tárolók vízzel történő pormentesítése ugyancsak szennyvízforrás lehet, ha ez a víz nem kerül belső újrafelhasználásra, ahogy az rendszerint meg is történik szén tárolása esetén. Ha a másodlagos tüzelőanyag tárolása és kezelése nem megfelelő, az esővíz szintén szükségtelenül szennyeződhet. Jó üzemvitellel elkerülhető, hogy valamely anyag kifolyjon és a csatornába kerüljön.
- A fáklya kondícionálásra alkalmazott kondenzációs technikák nagy mennyiségben termelnek hulladékvizet, mely szennyezett lehet, és így szennyvízkezelést igényelhet.
- A folyékony halmazállapotú másodlagos tüzelőanyag tárolása és kezelése során felhígulhat a szennyvízkezelő rendszerben. A nedves iszap szétterítése a szénen a széntárolóban szintén a szennyvízkezelő rendszerben való felhígulást vonja maga után.

(6) AZ EGYÜTTÉGETÉS HATÁSA A TÜZELÉSI MARADÉKOK ÉS MELLÉKTERMÉKEK MINŐSÉGÉRE

A másodlagos tüzelőanyagok együttégetése folyamán keletkezett égési maradékok és melléktermékek kezelése nem különbözik azoktól a szilárd, folyadék vagy gáz állapotú tüzelőanyagok nagy tüzelőberendezésben történő elégése utáni égési maradékok és melléktermékek kezelési technikáitól, melyeket a 3.1.-3.4. fejezetben említettünk. A tüzelési folyamat során szállópernye és fenékhamu keletkezik.

Az erőművek nincsenek felszerelve olyan rendszerekkel, melyek működése a nehézfémek és a Hg csökkentésére irányulna (savas nedves gázmosó, illetve aktív szenes rendszer). Ennélfogva ezen szennyezők légköri emissziója illetve a szállópernyében, a gipszben és az egyéb, nedves mosókból származó szilárd maradékokban mérhető koncentrációjuk növekedhet a betáplálás függvényében. Ha a gipszet mossák, a szennyvízterhelés növekszik.

Mivel az égésből származó szilárd maradékok felhasználása vagy eltávolítása fontos gazdasági tényező, az erőművek üzemeltetői elsősorban a hulladék tüzelőrendszerbe történő betáplálásának korlátozásával szabályozzák a mennyiségüket, nehogy elveszítsenek már kiépített felhasználási lehetőségeket. Fontos paraméter az alkáli-, kén-, klór-, szilikát-, elégetlen szén és a nehézfém tartalom (a mindenkori helyzet függvényében). Ha az együttégetésből eredő szilárd hulladékot terepfeltöltésre használják, a koncentrációkat és a kioldódási tulajdonságokat mérni kell.

Az együttégetésnél alapvető cél, hogy meggátoljuk a tüzelési maradékok és melléktermékek minőségének romlását. Ezen minőségromlás a másodlagos tüzelőanyag előkezelésével vagy az együttégetés mértékének korlátozásával kerülhető el. A maradékok és melléktermékek minőségénél két szempont létezik: a műszaki és a környezeti.

- A műszaki minőséget különböző paraméterek fejezik ki, melyek együtt nagymértékben meghatározzák a melléktermék felhasználhatóságát. A tisztán technológiai paraméterek (pl. keménység, porozitás, szemcseméret, nedvességtartalom) mellett az elemi összetétel (mint klorid, foszfor, szulfát és szén) is fontos szerepet játszik. Ez különösen vonatkozik a betonba és a cementbe kerülő pernyékre. A műszaki előírásokat rendszerint az építőipar (vagy valamely szakmai szervezete) határozza meg. Mivel a pernye összetétele a másodlagos tüzelőanyag együttégetése mellett különböző lehet, ami értékesítési problémát jelenthet. (nem minden másodlagos tüzelőanyag felel meg a betonba használható pernyére vonatkozó EN 450 szabványnak.)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- A környezeti minőséget az jellemzi, hogy a melléktermék nehézfém tartalma hogyan tud kioldódni a környezetbe abból a termékből, melyben felhasználják. A műszaki tulajdonságokon túlmenően a kioldódási jellemzők határozzák meg, hogy a melléktermékek felhasználását engedélyezik-e azokhoz a termékekhez, melyekben használni szeretnék.
- Az együttégetésnek a melléktermékek minőségére gyakorolt hatását széles körben kutatták több országban is, pl. Hollandiában. Az elektrosztatikus leválasztók nagy leválasztási hatásfokának köszönhetően az elemek több, mint 99%-a megtalálható a pernyében, a tüzelőanyag összetételének változásai ugyanolyan mértékben jelentkeznek a pernye összetételének megváltozásában is. Pontosabban fogalmazva azok az elemek, amelyek nem párolognak el a égési folyamat során, változatlan koncentrációban jelennek meg a hamu összes típusában is, az illékonyabb elemek azonban nagyobb koncentrációban lesznek jelen a pernyékben és az elektrosztatikus leválasztó után a füstgázokban, mint azok, amelyek nem illékonyak.

Végeredményben az együttégetés során a pernye összetétele a másodlagos tüzelőanyag egyéb összetevőinek megfelelően fog változni. A melléktermékek elemi összetétele lehetővé teszi annak meghatározását, hogy mikor, milyen másodlagos tüzelőanyag, milyen arányban használható fel az együttégetéshez.

A nehézfémek kioldódása környezeti kockázatot jelenthet, ha hosszú ideig víz hatásának vannak kitéve. A pernyék kioldódási jellemzői kevésbé fontosak, amikor fix alkalmazásokban kerülnek felhasználásra a cement- és betoniparban.

A kazánsalakból azonban – például útépítési alaprétegként történő felhasználása esetén – hosszú távon kioldódhatnak egyes elemek. A nyomelem összetétel együttégetés során történő megváltozása és a kioldódás ezért esetleg korlátozhatja a kazánsalak alkalmazását.

A tüzelőanyag összetételének alig van befolyása a gipszre. Nincs kioldódási veszély, mivel a terméket főképpen épületek belsejében használják fel, ahol nem kell számolni vízzel való érintkezéssel. A minőségi követelményeknek megfelelően a gipszet általában kimossák, mielőtt elhagyja az erőművet.

Az előkezelési eljárásokból, mint pl. elgázosításból vagy a CFB-k szűrőjéből származó filterpernyék hasznosítása nehéz, ezért sok esetben eltávolítják, lerakóra szállítják azokat. A nyomelemek megkötésének technikái új távlatokat nyithatnak felhasználásuk előtt.

A nehézfémek környezeti hatásának általános értékelése és teljes koncentrációjuk számításánál figyelembe kell venni azok lekötését és stabilitását a maradékban. A lekötés mértéke kiszámítható a kioldás utáni koncentrációjukból. Az együttégetésből származó maradék nehézfémeinek kioldódási lehetősége viszonylag csekély, ami a kazán magas hőmérsékletével magyarázható (üvegesedési hatás).

3.5.3 KIBOCSÁTÁSOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNOLÓGIÁI

Itt a másodlagos tüzelőanyagok együttégetésekor keletkező kibocsátások megelőzésénél illetve csökkentésénél az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásához figyelembe veendő eljárásokat mutatjuk be. Az eljárásokról itt csak általános leírást adunk

A BAT-nak megfelelően tervezett és üzemeltetett nagy tüzelőberendezések hatékony technikákat és eljárásokat alkalmaznak a portalanításra (s ezzel a nehézfém kibocsátás csökkentésére), az SO2, NO_x, HCl, HF és egyéb szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentése illetve a víz és talajszennyeződés megelőzése érdekében. Ezen technikák általában másodlagos tüzelőanyagok együttégetésekor is elegendőek a szennyezőanyag kibocsátás

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

hatékony csökkentéséhez, s így – az együttégetésnél a tisztítási eljárásokkal kapcsolatban megfogalmazott szempontok (3.5.3.) figyelembevételével – itt is BAT-nak tekinthetők.

Így a másodlagos tüzelőanyagok alkalmazása esetén alkalmazott eljárások és tüzeléstechnikai megoldások (3.5.2.) figyelembe vehetők a BAT meghatározásánál is.

A BAT alkalmazásával elérhető kibocsátási szintekkel a tüzelőanyag specifikus fejezetek foglalkoznak. A tüzelési rendszerbe történő esetleg magasabb szennyezőanyag bevitel az együttégethető másodlagos tüzelőanyagok mennyiségének korlátozásával illetve a füstgáz tisztító rendszer megfelelő megválasztásával ellensúlyozható.

Az együttégetésnek az égési maradékokra és melléktermékek (REA gipsz, salak, pernye stb.) minőségére való hatásával kapcsolatban alapvető követelmény, hogy azok egyéb iparágakban történő hasznosítását ne veszélyeztessék illetve, hogy a lerakásra kerülő mennyiségük, illetve szennyezettségük jelentős mértékben ne nőjön. (3.5.3.).

A könnyebb áttekinthetőség érdekében a kibocsátások csökkentésének fontosabb technikáit táblázatos formátumban is összefoglaltuk.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(1) POROS ÉS BŰZÖS MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

Technika	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Működtetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Poros és/vagy bűzös tüzelőanyagok (pl. szennyvíziszap) szállítása zárt vagy fedett konténerben.	Bűzös és illékony kibocsátások csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			
Poros és/vagy bűzös tüzelőanyagok lefejtése, lerakása zárt épületben, pl. elszívó berendezéssel felszerelve, ami a bűzös levegőt közvetlenül az égéstérbe juttatja, ahol égéslevegőként használják	Bűzös és illékony kibocsátások csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			
Poros és/vagy illékony tüzelőanyagok tárolása zárt silókban, bunkerekben	Bűzös és illékony kibocsátások csökkentése	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			
Szennyvíziszapot tároló silóknál, bunkereknél, tartályoknál elszívás és azt követő gáztisztítás alkalmazása. A bűzös levegőt közvetlenül az égéstérbe juttatják, ahol égéslevegőként használható	Alacsony emisszió a levegőbe és alacsony metán koncentráció a tartályokban, így csökkentve a robbanás kockázatát	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			Elszívás nélkül, a magas metán koncentráció miatt nagy lehet a robbanásveszély. Különösen a mechanikusan szárított iszapok esetében fordulhat elő a magas víztartalom miatt.

3.5.3–1. táblázat: A poros és bűzös másodlagos tüzelőanyagok tárolására és kezelésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(2) MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK ELŐKEZELÉSE

Technika	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Működtetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Szárítás	Biztosítja a kazán magas teljesítményét. Nagy víztartalmú tüzelőanyagok használhatóak.	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Pótlólagos energia szükséges a szárításhoz	Létesítmény specifikus	Bár a tüzelőanyag víztartalma negatívan hat a kazán teljesítményére, sokszor így is gazdaságosabb mechanikusan szárított szennyvíziszapot használni magas víztartalommal, hisz a termikus szárítás költséges és energiaigényes. További információt a WT BREF tartalmaz.
Szennyvíziszap szárítása napon	Kis energia igény.	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Szag emiszszióra való hajlam	Létesítmény specifikus	Helyigény. További információt a WT BREF tartalmaz.
Hőbontás (pirolízis)	Csökken a másodlagos tüzelőanyag hatása a kazán teljesítményre.	Lehetséges	Lehetséges, de a kazán kialakításától függ	Korlátozott	Pótlólagos energia szükséges a hőbontó reaktorhoz	Létesítmény specifikus	Porított szén- vagy lignittüzelésű erőművekben kedvező lehet, ha a másodlagos tüzelőanyagot nem tudják a szükséges méretre őrölni. Szükséges a jó kiégéshez, az alacsony tartózkodási idő miatt. További információt a WT BREF tartalmaz.
Anaerob bontás	A másodlagos tüzelőanyag metanizálása számos előnnyel jár, mivel a termékek könnyen a kazánba juttathatók. Sokfajta anyagnál alkalmas.	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	A másodlagos tüzelőanyagnak biológiailag lebomlónak kell lennie. A reaktor alacsony hőmérsékleten üzemel, szinte korrózió nélkül. Könnyen üzemeltethető magas víztartalomnál. További információt a WT BREF tartalmaz.
Elgázosítás	Sok nehézfémtartalmú (pl. Hg) tüzelőanyag együttégethető elgázosítás és a gáz tisztítása után.	Lehetséges	Lehetséges, de a kazán kialakításától függ	Korlátozott		Létesítmény specifikus	További információt a WT BREF tartalmaz.
Előégetés	Másodlagos tüzelőanyagokhoz, amelyek nem égethetőek megfelelően porított széntüzelésű erőművekben.						További információt a Hulladékégetésről szóló BREF tartalmaz.

3.5.3–2. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok előkezelésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAGOK BEVEZETÉSE AZ ÉGÉSTÉRBE

Technika	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Működtetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Retrofit				
Együttőrlés a fő tüzelőanyaggal	Heterogén vagy rosszul kevert tüzelőanyag vagy egyenetlen eloszlás befolyásolhatja a gyulladást és az égést, ami elkerülendő	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			Keverés csak akkor lehetséges, ha a fő tüzelőanyag és a másodlagos tüzelőanyag őrölhetősége hasonló ,vagy ha utóbbi mennyisége csekély a fő tüzelőanyaghoz képest
Külön lándzsák alkalmazása	Számos (különösen folyékony) tüzelőanyagnál alkalmazható	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nem elérhető	Külön lándzsa szükséges, ha a fő és másodlagos tüzelőanyag nem keverhető, vagy ha a másodlagos tüzelőanyagot reburn gázként alkalmazzák az NO_x emisszió csökkentés érdekében
További rostély a kazán alján	Számos (különösen biomassza) tüzelőanyagnál alkalmazható	Lehetséges	Lehetséges	Új létesítményeknél használatos	Nincs	Nem elérhető	
Speciális rostély a másodlagos tüzelőanyaghoz	Számos (különösen folyékony) tüzelőanyagnál alkalmazható	Lehetséges	Nagyon korlátozott	Különösen az új létesítményeknél használatos	Nincs	Nem elérhető	Ilyen rostély beépítése sok helyet igényel a kazán alján, ami ritkán elérhető
Fő és másodlagos tüzelőanyag együttes bevezetése	A fluidágyas kazán jó teljesítménye	Lehetséges	Lehetséges	Nagy	Nincs	Nem elérhető	

3.5.3–3. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok égéstérbe vezetésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) LÉGSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSE

Technika	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Működtetési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőmű	Felújítható üzem				
Gondos hulladékválogatás az együttégetéshez. Eredet, fizikai-kémiai paraméterek és veszélyességi potenciál pontos ismerete. Másodlagos tüzelőanyag időközönkénti elemzése a hulladék minőségének ellenőrzéséhez	A másodlagos tüzelőanyag jobb ismerete segít elkerülni a váratlan kiugró szennyezéseket és megvédi a kazánt a korróziós károktól	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			A hulladék és biomassza összetételét és tulajdonságait részletesen meg kell határozni az első szállításnál. Ezek a következőket tartalmazhatják: szállító neve és címe, tömeg, hulladék tulajdonosa és eredete, víz- és hamutartalom, fűtőérték, kloridtartalom, fluoridok, kén és nehézfém tartalom
Az együttégetéshez használt hulladék arányának korlátozása	Járulékos környezeti hatások korlátozása	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	
Elgázosítás	Nagy mennyiségű magas nehézfémtartalmú (különösen Hg) másodlagos tüzelőanyag is együttégethető elgázosítás és a képződő gáz tisztítása után	Lehetséges	Lehetséges, de a fókazán kialakításától függ	Korlátozott		Létesítmény specifikus	További információt a WT BREF és a WI BREF tartalmaz.

3.5.3–4. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok okozta légszennyezés csökkentésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(4) LÉGSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSE (FOLYT.)

Technika	Környezeti előny	Alkalmazhatóság		Működési tapasztalat	Környezeti elemek közötti kölcsönhatás	Gazdaságosság	Megjegyzés
		Új erőműnél	Meglévő erőműnél				
Szilárd anyag							Mindazon technikák, amelyeket figyelembe vettek a BAT meghatározásánál, a tüzelőanyagokra vonatkozó fejezetekben, felhasználhatók a másodlagos tüzelőanyag együttégetésénél is. A másodlagos tüzelőanyagok együttégetése azonban a következő hatásokhoz vezethet: • a füstgáz mennyiség és összetétel változása, hat a hőátadásra és a füstgáztisztító rendszerekre pl. az SCR-katalizátort deaktiválják az As, P, F és alkáli fémek és zavarják a füstgáz kéntelenítő rendszereket (FGD) • jó és egyenletes tüzeléstechnikai feltételeket kell biztosítani (beleértve a lángstabilitást, lánghőmérsékletet, a kazán felületein az oxidáló atmosztéra létrejöttét, és a lerakódások kialakulásának megelőzését • légszennyező-anyagok kibocsátása (különösen Hg, nehézfémek, dioxinok, furánok, HCl, HF, elégetlen szén, és a CO) emelkedhet Különösen akkor, amikor a másodlagos tüzelőanyagnak magasabb az illékony nehézfémtartalma (Hg), mint a hagyományos tüzelőanyagnak, az aktivált szén bejuttatása egy olyan technika, amit figyelembe kell venni a BAT meghatározásánál
Elektrosztatikus porleválasztó	Por- és a nehézfémek koncentrációját csökkenti	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	
Zsákos szűrők	Por- és a nehézfémek koncentrációját csökkenti	Lehetséges	Lehetséges	Nagy			
SO2							
Nedves, félszáraz és száraz kéntelenítők (FGD)	SO_2, HCl, HF, por és a nehézfémek koncentrációját csökkenti	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	
NOx							
Elsődleges ill. másodlagos módszerek	NO_x kibocsátást csökkenti	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	
Nehézfémek és egyebek, mint VOC és dioxinok							
ESP, zsákos zűrők, nedves, félszáraz és száraz kéntelenítők és esetlegesen aktívszén injektálása	SO_2, HCl, HF, por és a nehézfémek (különösen a Hg), valamint a VOC, és a dioxinok koncentrációját csökkenti	Lehetséges	Lehetséges	Nagy		Létesítmény specifikus	
Megjegyzés: A légszennyezés csökkentésére más technikákat is lehet alkalmazni, ezért hivatkozunk a BREF-re, amelynek a 2.3. fejezete leírja a szilárd, folyékony, és a gáznemű tüzelőanyagok vonatkozásában rendelkezésére álló technikákat							

3.5.3–5. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok okozta légszennyezés csökkentésére vonatkozó technikák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(5) VÍZSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSE

A vízszennyezés csökkentésére több eljárás jöhet számításba:

- A víztelenítő (szárító) folyamatok közös jellemzője, hogy az elkülönített (szűrt vagy fejt) víz különböző mértékben szennyeződik. Ez különösen igaz a magas hőmérsékleten történő víztelenítési folyamatokra, ahol ez a szennyvíztisztító létesítmény jelentős másodlagos szennyezését jelenti. Az elszívott gőzök és a szennyvíziszap szárítása közben keletkező füstgáz égéslevegőként a kazánba vezethető, ahol elég.
- A nyitott tüzelőanyag tárolók vízpermetezéses portalanítása során szennyvíz keletkezhet, ha ezen víz nem kerül újrafelhasználásra (ami egyébként szokásos a széntárolók esetében.). Ha a másodlagos tüzelőanyag tárolása és kezelése nem megfelelő, az esővíz szintén szükségtelenül szennyeződhet. Helyes kezeléssel elkerülhető, hogy valamely anyag kiszóródjon és a lefolyóba kerüljön.
- A fáklya kondícionáláshoz alkalmazott kondenzációs technikák nagy mennyiségű szennyvizet eredményezhetnek, mely szennyező anyagokat tartalmazhat, s így szükségessé válhat a szennyvízkezelés során történő közömbösítése.
- Mivel a nedves gázmosó rendszerekből távozó folyadék vagy kondenzátum a füstgázból származó savas gázmaradványokat is tartalmazhat, a felszíni vízelvezető létesítményekbe vagy a közhasználatú csatornába történő ürítésük előtt azokat, szükség esetén, közömbösíteni kell. Lebegőanyag tartalom esetén ülepítőket kell alkalmazni, továbbá szükség lehet fizikai-kémiai kezelésükre is az egyéb szennyező anyagok, például a toxikus fémek eltávolítása céljából.
- A víz szabadba engedésének elkerülése érdekében, a tisztított folyadék visszavezethető a tüzelőanyagba, azonban – mivel különösen a baromfi alom esetén a nedvességtartalom meghatározó paraméter – ez valószínüleg nem valósítható meg.
- Ahogy a 2.3. fejezetben bemutattuk, a víz szennyezésének legfőbb forrása a füstgáz kéntelenítése, mivel az eljárás SO_2-t és más szennyezőanyagokat, mint pl. nehézfémeket, von ki a füstgázból. A szennyvizet kibocsátás előtt szennyvízkezelő műben kezelni kell. A folyamatot bemutattuk a 2.3.10. alfejezetben. Kellő ellenőrzés és a folyamat jellemzők állandó optimalizálása, esetleg szerves szulfidok kiegészítő felhasználása mellett, még nagyobb mennyiségű nehézfém is kiülepíthető és kiszűrhető a szennyvízkezelő üzemben, olyan mértékben, hogy a szűrlet koncentrációja nem emelkedik számottevően. A szűrlet mennyisége az együttégetés hatására nem változik meg.
- A másodlagos tüzelőanyagok együttégetése folyamán alkalmazott víz- és szennyvízkezelő rendszerek nem különböznek azoktól a – szilárd, folyadék vagy gáznemű tüzelőanyagok nagy tüzelőberendezésben történő elégése során is alkalmazott – víz- és szennyvízkezelési technikáktól, melyeket a 3.1.-3.4. fejezetben említettünk. Ha szükséges, meglévő szennyvízkezelő rendszerek adaptálhatók nagyobb mennyiségű szennyezők esetén (pl. Cl, F, Hg).

(6) ÉGÉSI MARADÉKOKRA ÉS MELLÉKTERMÉKRE GYAKOROLT HATÁS CSÖKKENTÉSE

A nagy tüzelőberendezésekben keletkező hulladék mennyiségének vagy a hulladék hatásának a csökkentésére több eljárás is alkalmazható. A következőkben ilyen technikákat sorolunk fel.

- A gipsz, pernye, salak és egyéb maradékok és melléktermékek minőségének, a másodlagos tüzelőanyagok együttégetése nélkül mérhető szinten tartása. Ha az együttégetés jelentősen növeli a melléktermékek vagy maradékok mennyiségét, további intézkedéseket kell tenni ennek elkerülése érdekében.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- Alapvető szempont az együttégetésnél a tüzelési maradékok és melléktermékek minőség romlásának megelőzése. Ezt a másodlagos tüzelőanyag előkezelésével vagy az együttégetési arány mértékének korlátozásával lehet elérni.
- A folyamatban keletkező és a helyszínen vagy az erőművön kívül lerakott hamut és pernyét úgy kell kezelni és szállítani, hogy annak szétszóródását, por keletkezését illetve bűz kibocsátását elkerüljük.

3.5.4 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK –BAT – ISMERTETÉSE

Az Európai Unió országaiban a környezeti hatásvizsgálati valamint az egységes környezethasználati engedélyezési folyamatok, eljárások nem egységesek, hanem ország-specifikusak, az EU Irányelvek által megszabott kereteken belül minden ország maga alakíthatja ki szabályozását. *Magyarországon a nagy tüzelőberendezések környezeti elemekbe történő kibocsátásaira vonatkozó határértékek jogszabályok által szabályozottak.*

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, **96/61/EK** Tanácsi Irányelv, az ún. **IPPC irányelv** alapján az EU által kiadott **BAT Referencia-dokumentumok nem tartalmaznak jogilag kötelező érvényű előírásokat, azonban a bennük foglaltakat az engedélyezés során figyelembe kell venni.** A nagy tüzelőberendezésekre vonatkozó elérhető legjobb technika meghatározásának Útmutatója **technikák gyűjteménye**, **viszonyítási pont**, a lehetséges megoldások tárháza, amely részletes információként szolgál az ipar és a nyilvánosság számára *a nagy tüzelőberendezéseknél használt különböző technikák alkalmazása során elérhető kibocsátási és/vagy anyagfelhasználási szintekkel kapcsolatban.*

Az ebben a fejezetben bemutatott módszerek, technikák, a velük kapcsolatos kibocsátások/anyagfelhasználási szintek vagy tartományok a következő lépések segítségével, iterációs eljárással kerültek értékelésre:

- az ágazat kulcsfontosságú környezeti kérdéseinek azonosítása
- (a levegőbe és a vízbe történő kibocsátások, a fajlagos hőteljesítmény és az égéstermékek)
- a kulcskérdések alapján a legfontosabb módszerek, technikák, eljárások vizsgálata
- a környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paraméterek meghatározása az Európai Unióban, illetve a világon rendelkezésre álló adatok alapján.
- azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyekkel e környezeti szempontból legjobb üzemeltetési paramétereket elérték (pl. a költségek, közvetítőközeg hatásai, az eljárások megvalósításának legfontosabb tényezői.
- az elérhető legjobb technikák (BAT), valamint az azokhoz tartozó kibocsátási és/vagy felhasználás értékek kiválasztása a fentiek alapján

Ez a fejezet azokat a technikákat mutatja be, melyek a kibocsátások csökkentésével, esetenként a kialakulásuk meggátlásával valamint a fajlagos hőteljesítmény növelésével kapcsolatban az elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásánál számításba jöhetnek, a szektor egészére alkalmazhatók és sok esetben valamelyik berendezés jelenlegi teljesítményét tükrözik.

E dokumentum minden részére igaz – bár szójátéknak tűnik – hogy a **legjobb elérhető** technika nem azonos az ***elérhető legjobb*** technikával. A *BAT technikák alkalmazásával egyes létesítmények által elért kibocsátási/anyagfelhasználási szintek* azt a környezeti teljesítményt tükrözik, amely ebben a szektorban egy új tüzelőberendezéstől elvárható a speciális technikák alkalmazásának eredményeképpen. Mindazonáltal ezek se **nem kibocsátási**, se **nem felhasználási korlátok** és nem is ilyen módon kell ezeket értelmezni. Néhány esetben műszakilag ezeknél jobb kibocsátási szint is megvalósítható, de a költségek vagy a közvetítőközeg hatásai miatt ezek nem tekinthetők BAT-nak a szektor egészére vonatkozólag,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

bár néhány esetben, speciális okoknál fogva, ezek a szintek is megindokolhatóak. A BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos kibocsátási szinteket mindig együtt kell vizsgálni a specifikus vonatkoztatási körülményekkel (pl. átlagos időtartamok).

A fent említett „BAT technikák alkalmazásával kapcsolatos szintek" nem azonosak a dokumentumban máshol használt ***„elérhető szintek" kifejezéssel***. A technikák alkalmazásával vagy e technikák kombinációjának használatával *„elérhető, teljesíthető szint"*, egy ésszerű korszerűsítési idő eltelte után várható el egy, a szóban forgó technikát használó, megfelelően karbantartott és üzemeltetett berendezéstől. Egy-egy technika alkalmazásának tényleges költsége erősen függ a berendezés műszaki jellemzőitől és a telephely-specifikus tényezőktől, mint pl. adóktól, járulékoktól. Néhány esetben kedvezőbb felhasználási és emissziós szintek elérése is lehetséges műszakilag, de a velejáró költségek és mellékhatások miatt a szektor egészére véve nem tekinthetők BAT-nak, hiszen a **költségek** és az **előnyök közötti egyensúly** elválaszthatatlan a BAT definíciójától.

Feltételezhetően az új létesítmények elérik a tervezett szinteket vagy még jobbak is lehetnek, mint az itt bemutatott BAT szintek.. Lehetséges az is, hogy már létező berendezések is képesek a BAT vagy annál még jobb szintek elérésére is, de minden esetben figyelembe kell venni, hogy a technika műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető-e.

Szándékunk szerint az Útmutató e fejezetében leírtak referenciaként szolgálnak létező berendezések jelenlegi teljesítményének vagy új berendezések üzembehelyezésének megítéléséhez, hozzájárulnak a berendezés megfelelő „BAT-alapú" körülményeinek meghatározásához.

(1) ÁTVÉTELI ÉS FOGADÁSI KRITÉRIUMOK

A BAT-hoz komplett átvétel előtti és fogadási követelményrendszerrel kell rendelkezni, amelyet a Hulladékkezelési BREF-ben meghatározott módon kell kialakítani.

(2) A MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAG TÁROLÁSA ÉS KEZELÉSE

A másodlagos tüzelőanyagok együttégetésekor, azok tárolására, lerakodására és kezelésére vonatkozó, a tüzelőanyag-specifikus alfejezetekben és a 3.5.3. alfejezet (1) pontjában bemutatott eljárások és technikák mindegyike BAT-nak tekinthető, csökkentik a por és a bűzös vegyületek kibocsátását. Ezen kívül az elszívóberendezés és a szennyvíziszap zárt tárolásakor alkalmazott utólagos tisztítóeszközök használata (beleértve annak lehetőségét is, amikor a szennyezett elszívott levegő egyenesen az égéskamrába vagy az égőhöz jut, ahol égési levegőként is felhasználható) is megfelel a BAT-nak, mivel csökkenti a robbanásveszélyt. A munkatársak egészségét és biztonságát (a hazai egészségi és biztonsági szabályozások alapján) védő előírásokat figyelembe kell venni. Ezen felül az ömlesztett és a veszélyes anyagok tárolására vonatkozó BREF BAT következtetéseit, illetőleg a Hulladékok kezelésére vonatkozó BREF-et is figyelembe kell venni a másodlagos tüzelőanyagok tárolásánál és kezelésénél.

A másodlagos tüzelőanyag előkezelése

A másodlagos tüzelőanyagok előkezelésére, az egyes tüzelőanyagokkal foglalkozó fejezetekben BAT-ként bemutatott eljárások és technikák általában BAT-nak tekinthetők.

Ezek célja a stabil égési feltételek biztosítása és a szennyező anyagok elválasztása a hulladéktól, annak másodlagos tüzelőanyagként történő felhasználhatósága érdekében. Ezeken kívül számos, a 3.5.2. alfejezetben felsorolt előkezelési eljárás is megfelel a BAT követelményeinek. Fontos megjegyezni, hogy a hulladékok, beleértve a másodlagos tüzelőanyagok előkezelési technikáira vonatkozó, BAT-nak megfelelő részletes információkat a hulladékkezeléssel és égetéssel foglalkozó BREF-ek tartalmaznak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

(3) A MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAG BEJUTTATÁSA A TÜZELÉSI FOLYAMATBA

A másodlagos tüzelőanyag égéstérbe juttatására, a 3.5.3. alfejezet (3) pontjában bemutatott eljárások és technikák mind BAT-nak tekinthetők, ha fenntartják a stabil égés körülményeit. Az alkalmazandó technikáról, esetenként a felhasználandó másodlagos tüzelőanyag ismeretében kell dönteni. A folyékony másodlagos tüzelőanyag széntároló-helyre juttatása nem BAT, mivel fennáll a veszélye a víz és a felszín alatti vizek elszennyezésének és a kellemetlen szagú emissziónak. Ezen kívül ez az eljárás növelheti a széntárolóhely öngyulladásának veszélyét is.

(4) LÉGKÖRI KIBOCSÁTÁSOK

Ahogy azt már a 3.5.4. alfejezet bevezetésében is említettük, a nagy tüzelőberendezésekben, másodlagos tüzelőanyag együttégetése esetén BAT követelmény, hogy – a hatályos EU jogszabályoknak megfelelően – az együttégetés nem okozhat nagyobb szennyezőanyag kibocsátást a másodlagos tüzelőanyagok együttégetéséből származó füstgáz hányadban, mint a hulladékégető művekben történő égetés esetén (lásd WI BREF), valamint a hulladékokat együttégető létesítményeknek meg kell felelniük a 2000/76/EC jelű hulladékégetési irányelv követelményeinek.

A BREF-ben definiált BAT szerint tervezett és üzemeltetett nagy tüzelőberendezéseknél hatékony technikákkal és eljárásokkal távolítják el a port (részben a nehézfémeket is), a kén-dioxidot, a nitrogén-oxidokat, a HCl-ot és a HF-ot. Általánosságban ezek a technikák kielégítők, ennek megfelelően másodlagos tüzelőanyagok együttégetésekor is BAT-nak tekinthetők. Ehhez alapul szolgálhatnak a BAT következtetései és a BAT-hoz tartozó emissziószintek, ahogyan azokat az egyes tüzelőanyagokkal foglalkozó fejezetekben meghatároztuk. Az ilyen szennyező anyagoknak a tüzelési rendszerbe nagyobb arányban történő bevitelét bizonyos határok között ellensúlyozhatja a füstgáztisztító rendszer alkalmazása, s így általában a szennyezőanyag kibocsátás nem nő. Az erőmű kezelő személyzetének korlátoznia kell a klórozott vegyületek betáplálását is, hogy megakadályozza a magas hőmérséklet által okozott korróziót.

Az elégetett hagyományos tüzelőanyagok minőségi követelményei és a mért emissziószintek döntik el, hogy mely hulladék használható együttégetésre. Ha a hulladék szennyezőanyag tartománya, elsősorban a nehézfém tartalom, egybeesik a szokványos tüzelőanyagban mért tartománnyal, a tüzelőanyag-specifikus BAT alkalmazható a másodlagos tüzelőanyag együttégetésére is. Az első BAT-lépés a másodlagos tüzelőanyag típusának és tömegáramának gondos kiválasztása, az együttégetni kívánt másodlagos tüzelőanyag százalékarányának korlátozásával. A következőket kell szem előtt tartani:

- a másodlagos tüzelőanyag szűrése az átvételi kritériumok kritikus paramétereinek megfelelően (ld. BAT szerinti átvételi és fogadási kritériumok): fűtőérték, víz-, hamu-, klór-, fluor-, kén- és nitrogéntartalom, PCB, fémek [illékony (Hg, Tl, Pb, Co és Se) és nem illékony (pl. V, Cu, Cd, Cr, Ni)], foszfor- és alkáliatartalom (állati melléktermékek használatakor)
- a nagyon szennyezett másodlagos tüzelőanyagok együttégetési hányadának korlátozása
- a másodlagos tüzelőanyagok előkezelése
- a nagyobb mennyiségű Hg, másodlagos tüzelőanyaggal történő bekerülésének elkerülése
- a másodlagos tüzelőanyag elgázosítása és a termelt gáz tisztítása, amikor nagy mennyiségű magas nehézfém (elsősorban Hg) koncentrációjú másodlagos tüzelőanyagot alkalmaznak a nagy tüzelőberendezésekben
- a klórvegyületek másodlagos tüzelőanyagba jutásának elkerülése.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Mindazonáltal, a hulladék, mint másodlagos tüzelőanyag alkalmazása az együttégetés során növelheti a nehézfémek, különösen a Hg emisszióját, valamint a VOC-ok, a halogének és néhány esetben a dioxinok kibocsátását is. Ebben az esetben az alkalmazott füstgáztisztító rendszer és a 70–85%-os csökkentést eredményező pótlólagosan beinjektált aktív szén alkalmazásával megfelel a BAT-nak.

Egyes másodlagos tüzelőanyag együttégetése a hőteljesítmény csökkenéséhez vezethet. Szem előtt kell tartani, hogy az erőmű fő feladata az energiatermelés és nem a hulladék kezelése. A hőteljesítmény vesztesége csak akkor indokolható, ha azt ellensúlyozza a kisebb szennyezőanyag kibocsátás.

(5) VÍZSZENNYEZÉS

A másodlagos tüzelőanyag együttégetésére az egyes tüzelőanyagok fejezeteiben és a 3.5.3. alfejezet (5) pontjában bemutatott eljárások és technikák BAT-nak tekinthetők, ha alkalmazásukkal elkerülhetőek a másodlagos tüzelőanyag együttégetéséből adódó további víz- és felszín alatti vízszennyeződések. Ebből a szempontból a másodlagos tüzelőanyag megfelelő tárolása és kezelése, ahogy azt már korábban említettük, segít a cél elérésében. Kellő odafigyeléssel megakadályozható, hogy a szennyező anyagok kiszóródjanak és a környezetbe jussanak.

Mivel a másodlagos tüzelőanyag nagyobb mennyiségű nehézfémet és egyéb anyagot, mint pl. halogént tartalmazhat, BAT-nak tekintendő a szennyvizek tisztítása kibocsátásuk előtt. Az eljárást a 2.3. alfejezetben részleteztük. Megfelelő ellenőrzéssel és az eljárás paramétereinek folyamatos optimalizálásával, esetleg szerves szulfid pótlólagos alkalmazásával, olyan nagy mennyiségű nehézfém ülepíthető ki és szűrhető le a szennyvízkezelés során, hogy a kimenő szennyvízben a koncentráció nem növekszik meg jelentősen. A kibocsátott szennyvíz mennyisége nem változik az együttégetés miatt

(6) TÜZELÉSI MARADÉKOK ÉS A MELLÉKTERMÉKEK

A másodlagos tüzelőanyag együttégetésére az egyes tüzelőanyagokkal foglalkozó fejezetekben és a 3.5.3. alfejezet (6) pontjában bemutatott eljárások és technikák BAT-nak tekinthetők. A BAT legfontosabb feladata a gipsz, a pernyék, a salak, az egyéb maradékok és a melléktermékek minőségének olyan szinten tartása, mely szintek a másodlagos tüzelőanyagok együttégetése nélkül mérhetők, azzal a céllal, hogy később újrahasznosíthatók legyenek. Amennyiben az együttégetés jelentősen növeli a melléktermékek vagy a maradékok mennyiségét illetve megnő a fém (pl. Cr, Pb, Cd) vagy dioxin szennyezettség, úgy pótlólagos intézkedéseket kell alkalmazni. Az egyik lehetséges pótlólagos intézkedés az olyan hulladékfrakció együttégetésének korlátozása, melynek szennyezőanyag koncentrációja hasonló az elsődleges tüzelőanyagokéhoz (pl. nehézfémek, Cl, stb.).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

4 KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK

A legjobb környezeti teljesítményt a létesítmények rendszerint a legjobb technológiának a leghatékonyabb módon történő üzemeltetésével érhetik el. Ezt felismerve szól a BAT definíciójában a „technika" fogalmának meghatározása a következőképpen: „*a technika fogalmába beleértendő az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik és működését megszüntetik, a környezet helyreállítását végzik"*.

Az IPPC létesítmények esetében a környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR) egy olyan eszköz, amit az üzemeltetők szisztematikusan és demonstrálható módon alkalmazhatnak a tervezés, szerkesztés, karbantartás, üzemeltetés és a tevékenység felhagyása során. Egy KVR magában foglalja a szervezeti felépítést, a felelősségeket, a gyakorlati megoldásokat, eljárásokat és műveleteket, valamint erőforrásokat a környezeti politika kifejlesztése, bevezetése, karbantartása, áttekintése és monitorozása folyamán. A környezetvédelmi vezetési rendszerek akkor működnek a leghatásosabban és legcélszerűbben, ha az üzemeltetés és az átfogó irányítás elválaszthatatlan részét képezik.

Miközben mind a szabványosított rendszerek (EN ISO 14001:2004[2] és EMAS[3]), mind a nem-szabványosított („vevőre alkalmazott") rendszerek elvben a *szervezet*-et tekintik egységnek, addig az IPPC esetében megengedett a szűkebb értelmezést használni, melybe nem tartozik bele a szervezet összes tevékenysége, amiatt, hogy a szabályozott egység a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet értelmében a *létesítmény*.

Egy KVR lehet szabványosított vagy nem-szabványosított rendszer. A bevezetés és valamely, nemzetközileg is elfogadott szabványosított rendszerhez, mint például az EN ISO 14001:2004 számú szabványhoz való ragaszkodás hitelesebbé képes tenni az KVR-t, különösen, ha azt egy megfelelő külső tanúsítás is alátámasztja.

Az EMAS tovább növeli a megbízhatóságot. Ezt elősegíti a környezeti jogszabályok betartását elősegítő mechanizmus, valamint a környezeti nyilatkozat révén a nyilvánosság bevonása.

A nem-szabványosított rendszerek elvben ugyanilyen hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelőképpen tervezték meg őket és alkalmas módon történt a bevezetésük.

Egy KVR bevezetése és az iránta való elkötelezettség az üzemeltető figyelmét a létesítmény környezeti teljesítményére irányítja. Különösen a normális és a normálistól eltérő helyzetekre kialakított egyértelmű üzemeltetési eljárások karbantartása és végrehajtása, továbbá a hozzárendelt felelősségek biztosítják, hogy a létesítmény engedélyében szereplő feltételeket betartsák és más környezeti célok és feladatok teljesítése minden időben megtörténjen.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek általában biztosítják a létesítmény környezeti teljesítményének folyamatos javítását, tökéletesítését. Minél kedvezőtlenebb a kiindulási helyzet, annál nagyobb rövid távú javulást lehet elvárni. Ha a létesítmény jó környezeti teljesítménnyel rendelkezik, akkor a rendszer segít az üzemeltetőnek a magas teljesítményszint megőrzésében, fenntartásában.

---

[2] Környezetközpontú irányítási rendszerek

[3] Közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszer

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A környezetmenedzsment-technikákat úgy tervezik meg, hogy a környezeti hatást általában veszik figyelembe, ami összhangban áll az IPPC integrált megközelítésével.

Az alábbiakban leírt komponensek minden IPPC létesítményre alkalmazhatók. A KVR tárgya (pl. a részletessége) és természete (pl. szabványosított vagy nem-szabványosított) általában véve a létesítmény jellegével, méretével és komplexitásával, valamint a környezetre gyakorolt hatásával függ össze.

A KVR bevezetésének és működtetésének költségei magasak, de nem ésszerűtlen mértékben azok, mivel:

- A KVR magasabb fokú koordinációt és integrációt valósít meg más menedzsment-rendszerekkel, ami a költségek csökkentésének egyik lehetséges útjaként értékelhető.
- Az összes környezeti cél elérésére és a feladatok megoldására felhasznált ráfordítások kb. fele egy éven belül megtérül a költségmegtakarítások és/vagy növekvő bevétel következtében.
- A legnagyobb költségmegtakarítást az energiára, a hulladék-kezelésekre és a nyersanyagokra fordított csökkenő kiadások révén lehetett elérni.
- A legtöbb cég úgy gondolja, hogy a piacon elfoglalt helyüket erősíti a KVR. A cégek egyharmada arról számolt be, hogy a KVR következtében növekedtek bevételei.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek számos előnyt nyújthatnak, például:

- átláthatóbbá teszi a cég környezetvédelmi helyzetét,
- megalapozottabb a döntéshozatal,
- a dolgozók jobban motiválhatók,
- további lehetőségek nyílnak az üzemeltetési költségek csökkentésére és a termék minőségének javítására,
- javul a környezeti teljesítmény,
- javul a cégről kialakult kép, az imázs,
- csökkennek a felelősségi, biztosítási és a meg nem feleléssel kapcsolatos költségek,
- nagyobb a vonzóerő a munkavállalók, az ügyfelek és a befektetők részéről,
- növekszik az ellenőrző szervek bizalma, ami csökkenő számú ellenőrző felülvizsgálatokhoz, áttekintésekhez vezethet,
- javul a kapcsolat a nyilvánossággal és a környezetvédelmi szervezetekkel.

4.1 ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK

Számos környezetvédelmi vezetési technika számít BAT-nak. A környezetvédelmi vezetési rendszerek terén az elérhető legjobb technika (BAT) egy olyan környezetvédelmi vezetési rendszer bevezetése és az annak megfelelő működés, ami az egyedi körülményekre alkalmazva a következő jellegzetességeket foglalja magában:

Környezeti politika meghatározása a létesítményre a felső vezetés döntése alapján, ami magában foglalja a felső vezetés elkötelezettségét arra, hogy

- kielégít minden fontosabb vonatkozó környezeti jogszabályt és más rendelkezést,
- eleget tesz minden más olyan követelménynek, amelyet a cég elfogad és aláír,
- keretet nyújt a környezeti célok és feladatok megállapításához és áttekintéséhez,
- dokumentált és azt minden munkavállalónak tudomására hozták,
- a nyilvánosság és minden érintett fél rendelkezésére áll, mivel az a felső vezetés elkötelezettsége a sikeres alkalmazás előfeltétele a környezetvédelmi vezetési rendszerek más tulajdonságaival együtt.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szükséges eljárások megtervezése és kialakítása annak érdekében, hogy

- a létesítmény környezeti vonatkozásait azonosítani lehessen,
- meg lehessen állapítani azokat a tevékenységeket, amelyek jelentős hatást gyakorolnak, vagy gyakorolhatnak a környezetre, és ezt az információt naprakész állapotban tartani,
- egy környezetmenedzsment-program kialakítása és rendszeres felfrissítése, korszerűsítése, beleértve a felelősségek átruházását is a kitűzött célok és feladatok elérése érdekében minden lényeges funkciónál és minden fontos szinten, valamint
- meghatározni azokat az eszközöket és azt az időkeretet, amelynek révén a megvalósításnak meg kell történni.

Az eljárások bevezetése, különös figyelemmel az alábbiakra:

- szerkezet és felelősség,
- betanítás, elvárás és kompetencia,
- kommunikáció,
- a munkavállalók bevonása,
- dokumentálás (naprakész információk kialakítása és karbantartása, papír-alapú vagy elektronikus formában, a menedzsment-rendszer legfontosabb elemeinek és kölcsönhatásaiknak leírása, és útmutatás nyújtása a vonatkozó dokumentációk eléréséhez),
- hatékony folyamat-szabályozás (a folyamatok megfelelő szabályozása minden üzemelési mód mellett, azaz az előkészítésben, az indítás során, a rutinszerű üzemeltetés alatt, a leállásakor és a normálistól eltérő körülmények között),
- karbantartási programok,
- felkészülés a vészhelyzetekre és a megfelelő válaszok kialakítása,
- a környezeti jogi szabályozás kielégítésének biztosítása.

A teljesítmény ellenőrzése és megfelelő korrekciós-kiigazító cselekmények megtétele, különös tekintettel a következőkre:

- monitorozás és mérés (a monitorozásra és a mérésre vonatkozó dokumentált eljárások kialakítása és rendszeresen végzett karbantartásuk, a műveletek és tevékenységek azon kulcsfontosságú jellegzetességei vonatkozásában, melyek lényeges hatást gyakorolhatnak a környezetre, beleértve a teljesítmény nyomon követéséről szóló információk feljegyzését, a lényeges üzemelési tevékenységek kontrollját és a berendezés környezeti céljainak és feladatainak való megfelelőségét),
- korrekciós és megelőző cselekmények, tevékenységek,
- a feljegyzések karbantartása,
- ahol lehet, ott független belső auditálás annak érdekében, hogy meghatározzák, a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e vagy nem felel meg a tervezett tevékenységeknek és értékeknek, és megfelelő volt-e a bevezetés és a karbantartás.
- A felső vezetés részéről az áttekintés, figyelemmel kísérés.

Az alábbi három támogató intézkedés megléte nem kötelező az elérhető legjobb technikának való megfeleléshez:

1) Akkreditált tanúsító testület vagy egy külső tanúsító szerv által megvizsgált, ellenőrzött és érvényesített menedzsment-rendszer és auditálási eljárás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2) Egy szabályos környezeti nyilatkozat elkészítése és közzététele (és lehetőleg külső érvényesítése), amely a létesítmény valamennyi lényeges környezeti vonatkozását leírja, és ami lehetővé teszi az évről-évre való összehasonlítást a környezeti szempontú célkitűzések és a feladatok terén, valamint a gazdasági-ipari szektor benchmark[4]-jellegű más mutató-számaival való összehasonlítás, ha lehetséges.

3) Egy nemzetközileg elfogadott rendszer bevezetése és az ennek megfelelő működés, ilyen például az EMAS és az EN ISO 14001:2004. Egy ilyen rendszer bevezetése nagyobb megbízhatóságot biztosít a KVR-nek, különösen az EMAS. Elvileg azonban a nem-szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, megfelelő tervezés és bevezetés esetén.

Egy iparág számára speciálisan lényeges a KVR következő potenciális jellegzetességeinek a figyelembe vétele:

a) Figyelmet kell fordítani a tevékenység megszüntetéséből származó környezeti hatásokra is már az új üzem tervezésekor (a tevékenység megszüntetése a talaj és a felszín alatti víz szennyezése szempontjából jelent környezeti kockázatot, és nagy mennyiségű szilárd hulladék keletkezésével jár).

A megelőző technikák a műveletektől függenek, de általában az alábbiakra kell figyelmet fordítani:

- El kell kerülni a földfelszín alatti szerkezetek alkalmazását.
- A kialakítás során figyelemmel kell lenni a könnyű szétszerelhetőségre.
- Olyan felületi kialakítást, bevonatot kell választani, amit könnyen lehet a szennyezéstől mentesíteni.
- Olyan berendezés-konfigurációt kell alkalmazni, ami minimálisra csökkenti a vegyszerek visszamaradását, és ami elősegíti a leeresztést vagy a mosást.
- Rugalmasan kezelhető, önmagában álló egységeket kell tervezni, amelyek lehetővé teszik a fázisonként történő lezárást.
- Célszerű biológiailag lebontható és visszaforgatható anyagokat használni, ha erre mód van.
- Elő kell segíteni a tisztább technológiák alkalmazását.

Ahol célszerű, az iparágra vonatkozó benchmark-jellegű összehasonlításokat kell végezni rendszeres időközönként, aminek ki kell terjednie az energia-hatásfokra és az energia-megtakarítási tevékenységekre is, valamint a bemenő anyagok megválasztására, a levegőbe való emissziókra, a vízbe történő kibocsátásokra, a vízfogyasztásra és a hulladékok keletkezésére.

Az üzem/technológia telepítése során figyelemmel kell lenni arra, hogy a tevékenység zajkibocsátása lakóterületet ne zavarjon

[4] Benchmark: viszonyítási pont (általában index)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

5 HATÁRÉRTÉKEKKEL KAPCSOLATOS MAGYAR JOGSZABÁLYOK – 2006. ÁPR.

Jelen fejezet összefoglalja a nagy tüzelőberendezésekből eredő szennyezés kibocsátására vonatkozó Magyarországon hatályban lévő szabályozókat.

Szennyező forrás (tevékenység)	Kibocsátott szennyezés	Befogadó környezeti elem	A kibocsátást szabályozó jogszabály (határérték)
Nagy tüzelőberendezések			
füstgáz	nitrogén-oxidok (NOx) és egyéb nitrogén komponensek kén-dioxid (SO2) szilárd anyagok (por) szén-monoxid (CO) poliklór-dibenzo-dioxinok és dibenzo-furánok (PCDD és PCDF) elégetlen szénhidrogének nehézfémek (pl. TI)	levegő	mód. **21/2001. (II. 14.) Korm**. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról **14/2001. (V. 9.) KöM–EüM–FVM** egy. rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről mód. **23/2001. (XI. 13.) KöM** rendelet a 140 kWth és az ennél nagyobb, de 50 MWth-nál kisebb névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések légszennyező anyagainak technológiai kibocsátási határértékeiről **17/2001. (VIII. 3.) KöM** rendelet a légszennyezettség és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról **3/2002. (II. 22.) KöM** rendelet a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről **10/2003. (VII. 11.) KvVM** rendelet az 50 MW_{th} és annál nagyobb névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről
tüzelőanyag-tárolás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra	talaj, felszín alatti víz	**219/2004. (VII. 21.)** Korm. r. a felszín alatti vizek védelméről **367/2004. (XII. 26.)** Korm. r. a 219/2004. (VII. 21.) Korm. r. módosításáról **10/2000 (VI. 2.)** KöM–EÜM–FVM–KHVM egy. rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
szennyvíz-kibocsátás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra felszíni víz befogadóba történő kibocsátására előírt határértékek szennyvíz elvezető csatornarendszerbe történő kibocsátásra előírt értékek	víz	**368/2004. (XII. 26.)** Korm. r. a 220/2004. (VII. 21.) Korm. r. módosításáról **220/2004. (VII. 21.)** Korm. r. a felszíni vizek védelméről, a veszélyes vízszennyező anyagokról, bírságról **27/2005. (XII. 6.)** KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról **28/2004. (XII. 25.)** KvVM r. a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről **10/2000. (VI. 2.)** KöM–EüM–FVM–KHVM együttes r. a felszín alatti vizek és a talaj szennyezettségi határértékeiről
	zaj, rezgés	levegő, lakóterületek	**8/2002. (III. 22.) KöM–EüM** egy. rendelet a zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Kibocsátások BAT szempontú értékelése

1.	Általános követelmény a BAT alkalmazására:	
	1.1.	A hatályos levegőre és vízre vonatkozó általános és technológiai kibocsátási határértékek betartása minimum követelmény.
	1.2.	Általában egy létesítmény BAT alkalmazásával jobb kibocsátási szinteket képes elérni, mint a hazai jogszabályokban előírt kötelező kibocsátási határértékek. Az új létesítményeknek olyan kibocsátási szinteket kell elérniük, melyek összevethetők az e dokumentumban bemutatott elérhető legjobb technikákkal. Meglévő létesítmények esetében a cél, hogy a lehető legjobban megközelítsék az új létesítmények kibocsátási szintjét, figyelembe véve az első fejezet 1.2 pontjában leírtakat a „BAT alkalmazása meglévő létesítmények esetében” címszó alatt.
2.	Az egységes környezethasználati engedélyezés kapcsán a BAT alkalmazásakor figyelembe veendő követelmény:	
	2.1.	**Új létesítmények esetében az 1. pontban leírtak szerint kell eljárni.**
	2.2	Meglévő létesítmények esetében (bírság kiszabás tekintetében) türelmi időt fogalmaz meg a jogszabály a hatályos levegőre és vízre vonatkozó kibocsátási határértékek betartására vonatkozóan. Ezen határértékeket a létesítményeknek az engedélyükben szereplő határidő letelte előtt kell elérniük.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

6 FORRÁSJEGYZÉK

1 Corinair (1996). "CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook", EMEP Expert panels/ UNECE/.
2 ESAA (1999). "Emission Estimation Technique Manual for Fossil Fuel Power Generation", Electricity Supply Association of Australia Ltd.
21 US EPA (1997). "EPA Office of Compliance Sector Notebook Project. Profile of the Fossil Fuel Electric Power Generation Industry".
32 Rentz, O.; Nunge, S.; Laforsch, M. and T., H. (1999). "Technical background document for the actualisation and assessment of UN/ECE protocols related to the abatement of the transboundary transport of nitrogen oxides from stationary sources".
33 Ciemat (2000). "Flue Gas Cleaning", Clean Coal Technologies Handbook. PROGRAMA I+D OCICARBON.
34 Verbund (1996). "Umweltbericht 96, Kapitel 7 NOx-Reduktion", Österreichische Elektrizit~tswirtschafts-Aktiengesellschaft (Verbundgesellschaft).
36 Lurgi (1999). "Cleaning of process and waste gases".
38 Soud, H. N. (2000). "Developments in FGD".
41 IEA (1992). "Carbon dioxide capture from power stations".
46 Caudron, L. (1991). "Les réfrigérants atmosphériques industrial", éditions Eyrolles.
48 VDI (1998). "VDI 3986, Ermittlung des Wirkungsgrades von konventionellen Kraftwerken (Entwurf). Determination of efficiencies of conventional power stations (draft version)".
49 Electrabel (1996). "Combined Heat and Power. A way towards rational use of energy".
51 DIN (1996). "DIN 1942, VDI code of practice".
54 Cortés, V. J. and Plumed, A. (2000). "Principles and Concepts of Combustion Gasification and Thermodynamic Cycles".
55 Cengel, Y. A. and Boles, M. A. (1994). "Thermodynamics, An Engineering Approach".
56 Rogers, G. F. C. and Mayhew, Y. R. (1967). "Engineering Thermodynamics, Work and Heat Transfer".
58 Eurelectric (2001). "EURELECTRIC proposal for a Best Available Techniques Reference Document for Large Combustion Plants".
59 Finnish LCP WG (2000). "Finnish expert report on Best Available Techniques in Large Combustion Plants".
60 Alakangas, E. (1998). "Bioenergy in Finland, Review 1998", VTT Energy.
64 UBA (2000). "Stand der Technik für GroBfeuerungsanlagen in Österreich im Hinblick auf die IPPC-RL", Austrian Environment Agency Vienna.
79 Bell, O. and Chiu, H.-H. (2000). "Combustion".
80 Siemens (2000). "Benson boilers for maximum cost-effectiveness in power plants", Power Generation Group (KWU).
83 Foster Wheeler (1995). "Referenzunterlagen".
84 Siemens (1999). "Using refinery residues and coal in IGCC plants provides clean and efficient power", Power Generation Group (KWU).
85 Itkonen, A. and Jantunen, M. J. (1989). "The Properties of Fly Ash and Fly Ash Mutagenicity", Encyclopedia of Environmental Control Technology.
90 ECOBA v. Berg (1999). “CCp Utilisation in Europe-Outstanding Option and Continuous Challenge".
91 Kokk, A.; Kinni, J. and Niemelh, J. (2000). “World's largest biofuel fired CFB bolier for Alholmens Kraft".
92 VEAG (2000). "Die neuen Kraftwerke der VEAG – Kraft für die Zukunft" Die neuen Kraftwerke der VEAG.
98 DFIU (2001). "Exemplary investigation into the state of practical realisation of integrated environmental protection with regard to large combustion plants in Germany", Karlsruhe French-German Institute for Environmental Research,.
103 Kvaerner Pulping Oy (2001). "Co-combustion of biomass and coal in fluidised bed systems".
105 Steen, M. (2001). "Greenhouse gas emissions from fossil fuel-fired power generation systems".
106 Sloss, L. L. (1997). "Continuous emissions monitoring for coal-fired power stations".
108 Scott, D. H. (1997). "Improving existing power stations to comply with emerging emissions standards".
110 Kakaras, E. and Grammelis, P. (2000). "Study on the size and type of existing electricity-generating capacity using solid fuels within an enlarged EU".
113 Verbundkraft (2002). “Dürnrohr Power Plant. A milestone in environmental protection".
127 Clarke, L. B. and Sloss, L. L. (1992). "Trace elements – emissions from coal combustion and gasification".
129 Maier, H.; Dahl, P.; Gutberlet, H. and Dieckmann, A. (1992). “Schwermetalle in kohlebefeuerten Kraftwerken", VGB Kraftwerkstechnik,.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

130 Rentz, O.; Veaux, C. and Karl, U. (1996). "Ermittlung der Schwermetallemissionen aus stationdren Anlagen in Baden-Württemberg und im Elsal3, hier: Feuerungsanlagen, Projekt Europdisches Forschungszentrum für Mal3nahmen zur Luftreinhaltung (PEF), PEF 4 94 001".
131 Rentz, O. and Martel, C. (1998). "Analyse der Schwermetallströme in Steinkohlefeuerungen unter besonderer Berücksichtigung des Betriebszustandes der Anlage, Forschungsbericht".
134 Hourfar, D. (2001). "Efficiency and capacity potentials in existing power plants", VGB PowerTech.
135 Alstom Power (2002). "NID state-of-the-art dry FGD technology".
136 Fortum (2002). "RI-Jet low NOx burners".
137 Elsen; Blumenthal; Götte; Kamm and Kossak (2001). "Planung und Bau der Pilottrocknungsanlage NiederauBem", VGB PowerTech.
138 Sandscheper, A. (2001). "Experience gained during the manufacture and installation of a corrosion-protected heat pipe heat displacement system around the FGD unit in the Maritsa East power station", VGB PowerTech.
141 Benesch (2001). "Planning new coal-fired power plants", VGB PowerTech.
144 CBT (1998). "CHP and Power Plants. Straw for energy production".
145 Sander, B. (2000). "Emissions, corrosion and alkali chemistry in straw-fired combined heat and power plants" 1st world conference on biomass for energy and industry, .
153 Nieminen; Palonen and Kivell. (1999). "Circulating fluidised bed gasifier for biomass", VGB PoerTech.
161 Joisten, M.; Klatt, A.; Römisch, H. and Sigling, R. "Gas Turbine SCR using SINOx SCR Catalysts Meeting Power Generation and Environmental Needs".
162 Notter, W.; Gottschalk, J. and Klitzke, O. (2002). "Rauchgasreinigung bei Biomassekraftwerken", Umwelt Magazin.
163 Müller-Kirchenbauer, J. (2001). "Status and Development of the Power Plant Industry in China and India", VGB PowerTech.
164 Lenk, U. and Voigtlhnder, P. (2001). "Use of Different Fuels in Gas Turbines", VGB PowerTech.
165 NWS (2001). "Kraftwerk Altbach, Das Heizkraftwerk", Neckarwerke Stuttgart AG,.
166 Müller-Kirchenbauer, J. (1999). "Technologietransfer und Importbedarf für die Errichtung fortschrittlicher fossil befeuerter Kraftwerke in China und Indien und Resultierende Rückwirkungen auf die Ursprungsllnder".
167 Rigby, A.; Klatt, A.; Libuda, T. and Zürbig, J. (2001). "SCR: The most effective technology for NOx reduction in large combustion plants" NOXCONF: International Conference on Industrial Atmospheric Pollution, .
168 US EPA (1997). "Mercury study, report to congress, Volume VIII An Evaluation of Mercury Control Technologies and Costs;", EPR -452/R-97-010.
186 Eurostat (2001). "Combined heat and power production (CHP) in the EU-Summary of statistics 1994 – 1998".
187 Eurostat (2002). "Combined heat and power production (CHP) in the EU-Summary of statistics 1994 – 1998", Cogeneration and On-Site Power Production,.
192 TWG (2003). "Comments from TWG to the second draft of LCP BREF".
193 A magyar villamosenergia-rendszer 2004. évi statisztikai adatai (MVM Rt, MAVIR Rt.)
194 A magyar villamosenergia-rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitásterve, 2003. I. kiadás, MAVIR Rt
195 Adatok hazánk környezeti állapotáról. KvVM –2005.
196 Internet: http://www.osakagas.co.jp/rd/sheet/126e.htm
197 Dr. Grabner Péter, Tóth Tamás, Magyar Energia Hivatal, Az együttégetés tapasztalatai a szabályozó hatóság szempontjából, II. Ökoenergetikai és X. Biomassza Konferencia Sopron, 2007.02.28.
198 Prof. Dr.Sc. Marosvölgyi Béla, NyME Energetikai Tanszék: BIOMASSZA HASZNOSÍTÁS az áramtermelésben. Országos és regionális potenciál. Összetétel, volumen. 2005.]
199 dr. Széles Attila, Vértesi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság, A térségi energiatermelő cégek és az agrárium együttműködési lehetőségei a biomassza alapú megújuló energiatermelés alapjainak megteremtése érdekében, 2005.]
200 Nagy József: Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Oktatási és Kutatási Főosztály, A hazai biomassza hasznosítás országos összefüggései].

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

7 ÁBRAJEGYZÉK

1.6.2-1. ábra: A villamosenergia-iparág elsődleges energia-igényének változása ... 880
1.7.2-1. ábra: Nagy erőművek légszennyező anyag kibocsátásai ... 883
1.7.2-2. ábra: A kén-dioxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év) ... 884
1.7.2-3. ábra: A nitrogén-oxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év) ... 885
1.7.2-4. ábra: A szilárd anyag kibocsátás százalékos megoszlása 2002-ben ... 886
1.7.2-5. ábra: A szén-monoxid kibocsátás százalékos megoszlása (2002 év) ... 888
1.7.2-6. ábra: Az atmoszféra szén-dioxid koncentrációjának változása ... 888
1.7.2-7. ábra: A szén-dioxid kibocsátás ágazatonkénti megoszlása (2002 év) ... 889
2.2.1-1. ábra: Egy lehetséges erőművi kapcsolás [113, Verbundkraft, 2002] ... 900
2.2.1-2. ábra: Ideális körfolyamat vázlata [54, Cortés and Plumed,2000], [55, Çengel and Boles, 1994], [56, Rogers and Mayhew, 1967] ... 900
2.2.1-3. ábra: A természetes-cirkulációs és az átfolyó kazánok elve [80, Siemens, 2000] ... 901
2.2.4-1. ábra: Ideális (Carnot) hatásfok összevetése a hőenergetika jelenlegi szintjén alkalmazott technikák valós hatásfokával ... 908
2.2.4-2. ábra: Összehasonlító hatásfokok ... 909
2.2.4-3. ábra: Energia áramlás egy hőerőműben [64, UBA, 2000] ... 909
2.2.4-4. ábra: 1993 és 2000 közötti erőművi hatásfok növelések [134, Hourfar, 2001] ... 910
2.2.5-1. ábra: Fajlagos beruházási költségek különböző technológiáknál [163, Müller-Kircenbauer, 2001] ... 913
2.3.2-1. ábra: A jelenleg használatos szilárdanyag leválasztó technikák áttekintése ... 916
2.3.2-2. ábra: Az elektrosztatikus porleválasztó jellemző vázlatos felépítése (két mezős kialakítás) [36, Lurgi, 1999] ... 917
2.3.2-3. ábra: Szövetszűrő általános elrendezése [36, Lurgi, 1999] ... 920
2.3.2-4. ábra: Alacsony nyomású pulzáló sugaras szövetszűrő [36, Lurgi, 1999] ... 921
2.3.2-5. ábra: A Venturi rendszer jellegzetes folyamatábrája [33, Ciemat, 2000] ... 923
2.3.2-6. ábra: Mozgóágyas tisztító [33, Ciemat, 2000] ... 924
2.3.3-1. ábra: A kén-oxidok kibocsátásának csökkentését célzó technológiák áttekintése (másodlagos intézkedések) ... 927
2.3.3-2. ábra: Meszes/mészköves nedves mosótornyos FGD rendszer sematikus folyamatábrája ... 928
2.3.3-3. ábra: Nedves mészköves mosótornyok különböző típusai [38, Soud, 2000] ... 930
2.3.3-4. ábra: Különböző abszorber típusok [33, Ciemat, 2000] ... 932
2.3.3-5. ábra: A száraz porlasztószárító technika folyamatábrája [58, Eurelectric, 2001] ... 934
2.3.3-6. ábra: A reagens anyag kazánba fecskendezése [33, Ciemat, 2000] ... 937
2.3.3-7. ábra: SO_2 eltávolítási reakciók a szorbens kazánba fúvása esetén [33, Ciemat, 2000] ... 937
2.3.3-8. ábra: A reagens anyag csővezetékbe juttatása [33, Ciemat, 2000] ... 939
2.3.3-9. ábra: Módosított száraz FGD eljárás [135, Alstom Power, 2002], [162, Notter, et al., 2002] ... 941
2.3.4-1. ábra: Az NO_x kibocsátás csökkentésére alkalmazható elsődleges intézkedések [32, Rentz, et al., 1999] ... 947
2.3.4-2. ábra: Füstgáz recirkuláció [34, Verbund, 1996] ... 949
2.3.4-3. ábra: Az újraégetési folyamathoz szükséges paraméterek és a három égetési zóna [32, Rentz, et al., 1999], [33, Ciemat, 2000] ... 951
2.3.4-4. ábra: A szén, az olaj és a földgáz, mint újraégésre szánt tüzelőanyag összehasonlítása [32, Rentz, et al., 1999] ... 951
2.3.4-5. ábra: A denitrifikációs arány az újraégetési hányados függvényében [32, Rentz, et al., 1999] ... 952
2.3.4-6. ábra: Hagyományos és korszerű levegőadagolású NO_x szegény égők összehasonlítása [136, Fortum, 2002] ... 954
2.3.4-7. ábra: Gáz/olaj füstgáz recirkulációs NOx szegény égő [32, Rentz, et al., 1999] ... 954
2.3.4-8. ábra: Tüzelőanyag adagolás az égőnél [32, Rentz, et al., 1999] ... 955
2.3.4-9. ábra: Méhsejt és lemezes típusú katalizátorok [33, Ciemat, 2000] ... 959

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.3.4-10. ábra: A katalizátor-reaktor, az elem, az egység és a rétegek elhelyezkedése [33, Ciemat, 2000] ... *960*
2.3.4-11. ábra: NOx csökkentési technológiák különféle elrendezései ... *961*
2.3.4-12. ábra: Példa a magas portartalmú SCR elrendezésre [34, Verbund, 1996] ... *962*
2.3.4-13. ábra: Az SCR eljárás beruházási költsége [58, Eurelectric, 2001] ... *963*
2.3.4-14. ábra: Az SNCR eljárás [34, Verbund, 1996] ... *965*
2.3.5-1. ábra: WSA-SNOX eljárás [33, Ciemat, 2000] ... *970*
2.3.5-2. ábra: DESONOX eljárás [33, Ciemat, 2000] ... *971*
2.3.6-1. ábra: Nehézfémek, fluor és klór anyagmérleg széntüzelésű erőművekben ... *973*
2.3.9-1. ábra: Az energiatermelő technológiák haásfokának növekedése az elmúlt 50 évben [105, Steen, 2001] ... *979*
2.3.9-2. ábra: A CO_2 kibocsátás és a hatásfok összefüggése [105, Steen, 2001] ... *980*
2.3.9-3. ábra: Fajlagos CO_2 kibocsátás és az üzemméret összefüggése [105, Steen, 2001] ... *980*
2.3.9-4. ábra: A jelenlegi technológiák fajlagos CO_2 kibocsátása [105, Steen, 2001] ... *981*
2.3.10-1. ábra: FGD szennyvízkezelő üzem [58, Eurelectric, 2001] ... *984*
2.3.14-1. ábra: A kibocsátás ellenőrzésének két típusa [106, Sloss, 1997] ... *992*
2.3.14-2. ábra: Erőművekben alkalmazott folyamatirányítás és légszennyezés monitorozás [106, Sloss, 1997] ... *993*
3.1.1-1. ábra: Szén- és lignittüzelésű erőművek az EU-15 országában [110, Kakaras és Grammelis, 2000] ... *998*
3.1.1-2. ábra: A szén- és lignittüzelésű erőművek kapacitása és életkora az EU-15 országában [110, Kakaras és Grammelis, 2000] ... *999*
3.1.1-3. ábra: Az európai széntüzelésű erőművek hatásfoka a kapacitás függvényében [110, Kakaras és Grammelis, 2000] ... *1001*
3.1.1-4. ábra: Az európai széntüzelésű erőművek hatásfoka az üzembehelyezés évének függvényében [110, Kakaras és Grammelis, 2000] ... *1001*
3.1.1-5. ábra: Golyós szénmalom [79, Bell és Chiu, 2000] ... *1006*
3.1.1-6. ábra: Kalapácsos ventilációs szénmalom [Vértesi Erőmű Zrt.] ... *1006*
3.1.1-7. ábra: Új, nagy, frissvízhűtésű, lignittüzelésű hőerőmű elektrosztatikus porleválasztóval, FGD-vel [92, VEAG, 2000] ... *1009*
3.1.1-8. ábra: Különböző szénégő elhelyezkedések (alkalmazások) [32, Rentz, et al., 1999] ... *1010*
3.1.1-9. ábra: Tangenciális tüzelési rendszerek [137, Elsen, et al., 2001] ... *1011*
3.1.1-10. ábra: A buborékos- és a cirkulációs fluidágyas kazánok vázlata [59, Finnish LCP WG, 2000] ... *1012*
3.1.1-11. ábra: CFBC kazán alacsony kéntartalmú szén elégetésére [83, Foster Wheeler, 1995] ... *1012*
3.1.1-12. ábra: Az oroszlányi fluid- és szénportüzelésű kazán metszete [Vértesi Erőmű Zrt.] ... *1014*
3.1.1-13. ábra: Nyomás alatti fluidágyas tüzelési rendszer sematikus rajza [32, Rentz, et al., 1999] ... *1016*
3.1.1-14. ábra: Vándorrostélyú széntüzelés [79, Bell and Chiu, 2000] ... *1017*
3.1.1-15. ábra: Az oxigén befúvásos IGCC főbb jellemzői [84, Siemens, 1999] ... *1018*
3.1.1-16. ábra: Egy Spanyolországban működő IGCC erőmű blokk diagramja[84, Siemens, 1999] ... *1019*
3.1.1-17. ábra: Zárt gipsz tároló épület [Mátrai Erőmű Zrt.] ... *1021*
3.1.2-1. ábra: Egy 750 MW teljesítményű, széntüzelésű erőmű maradékanyag -termelése [90, ECOBA v. Berg, 1999] ... *1027*
3.1.2-2. ábra: Széntüzelésű erőművekből származó maradékanyagok az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999] ... *1028*
3.1.2-3. ábra: A maradékanyagok hasznosítása és ártalmatlanítása az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999] ... *1028*
3.1.2-4. ábra: Különféle maradékanyagok elhelyezési és felhasználási aránya az EU-15 országában 1999-ben [90, ECOBA v. Berg, 1999] ... *1029*
3.1.3-1. ábra: FGD technológia építése már létező erőműben [Vértesi Erőmű Zrt.] ... *1032*
3.1.3-2. ábra: Vizes FGD folyamat a mátrai erőműben [Mátrai Erőmű Zrt.] ... *1033*
3.1.3-3. ábra: Vizes FGD folyamat az oroszlányi erőműben [Vértesi Erőmű Zrt.] ... *1033*
3.1.3-4. ábra: Hőcsere az FGD egység körül [138, Sandscheper, 2001] ... *1034*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.1.3-5. ábra: Az NO_x, CO és a légfelesleg közötti összefüggés különböző szakaszokon egy 150 MW_e-os lignittüzelésű kazánban [108, Scott, 1997] *1035*
3.2.1-1. ábra: Nehézolaj tüzelésű külső füstgáz visszakeveréses gőzkazán *1066*
3.2.1-2. ábra: Nagy tüzelőberendezés nehézolaj tüzelésű kombinált cikludú gázturbinával *1071*
3.2.1-3. ábra: Magyarországi példa GTO tüzelésű gézturbinára *1072*
3.2.1-4. ábra: Magyarországi példa könnyű-fűtőolaj tüzelésű kazánra *1073*
3.2.1-5. ábra: Magyarországi példa TÜ 5/20 tüzelőolaj tüzelésű kazánra *1073*
3.2.3-1. ábra: Az SO_2 kibocsátás értékek eltérő kéntartalmú olajok esetén *1081*
3.2.3-2. ábra: SCR eljárás sémaképe és megvalósítása dízelmotornál *1087*
3.2.3-3. ábra: NO_x tartalom változása gőzbefecskendezés kimaradásakor *1089*
3.3.1-1. ábra: Gázturbina Shankey (Grassmann) diagrammja hőhasznosító kazánnal *1114*
3.3.1-2. ábra: Oroszországból jövő fontososabb olaj- és gázvezetékek *1115*
3.3.1-3. ábra: Magyarország nagynyomású gázvezeték hálózata *1116*
3.3.1-4. ábra: Magyarország földalatti gáztárolói *1117*
3.3.1-5. ábra: Gázturbinák tüzelési módjai – világviszonylatban [32, Rentz, et al., 1999], [164 Lenk and Volgtlander, 2001] *1118*
3.3.1-6. ábra: Siemens egytengelyű, V94.2 típusú gázturbina sematikus ábrája (Powergen) *1119*
3.3.1-7. ábra: A Csepel II CCGT Erőmű folyamatábrája *1124*
3.3.1-8. ábra: A kombinált ciklus póttüzelés nélküli sémarajza [Dunamenti Erőmű Zrt. G2 blokk hőséma] *1125*
3.3.1-9. ábra: Hőhasznosító kazán sematikus ábrája (Powergen) *1126*
3.3.1-10. ábra: Póttüzeléses kombinált ciklus sematikus rajza [32,Rentz, et al., 1999] *1127*
3.3.1-11. ábra: Hagyományos üzem kibővítése Diesel motorral – tápvíz melegítéssel (Wärtsilä) *1128*
3.3.1-12. ábra Kombinált ciklusú hőtermelő egység látképe *1132*
3.3.1-13. ábra: A Dunamenti Erőmű G2 blokkja *1134*
3.3.1-14. ábra: A Tisza II. Erőmű látképe *1135*
3.3.1-15. ábra: A Dunamenti Erőmű látképe *1136*
3.3.1-16. ábra: Blokkba kapcsolt gőzkazánok *1137*
3.3.3-1. ábra: NO_x csökkentés gőz- vagy vízbefecskendezéssel [32,Rentz, et al., 1999] *1144*
3.3.3-2. ábra: A száraz NO_x szegény égés sematikus ábrája *1145*
3.3.3-3. ábra: Hőhasznosító kazánba telepített SCR vízszintes áramlással[161, Joisten, et al.,] *1146*
3.4.1-1. ábra: Szórt-rostélyú tüzelés [79, Bell and Chiu, 2000] *1167*
3.4.1-2. ábra: Cirkulációs fluidágyas kazán [59, Finnish LCP WG, 2000] *1169*
3.4.1-3. ábra: Foster és Wheeler elgázosító [192, TWG, 2003] *1170*
3.4.1-4. ábra: A biomassza együttégetésének hatása az SO_2 emissziójára (500 MW_{th}, 1.2 % S a szénben) [103, Kvaerner Pulping Oy, 2001] *1172*
3.4.3-1. ábra: A tüzelőanyag és az ágy anyagának áramlása egy biomassza tüzelésű CFBC kazánban [91, Kokk, et al., 2000] *1177*
3.4.3-2. ábra: Szalmatüzelésű erőmű *1181*
3.4.3-3. ábra: Biomassza alapú fejlesztés egyszerűsített folyamatábrája *1185*
3.4.3-4. ábra: KLÖCKNER gyártmányú aprítógép *1187*
3.4.3-5. ábra: Fluid tüzelésű kazán – Kvaerner Power OY *1187*
3.4.3-6. ábra: A Vértesi Erőmű Rt. biomassza fejlesztésének elvi sémája [Vértesi Erőmű Zrt.] *1190*
3.4.3-7. ábra: Ajkai Erőmű technológiai folyamatábrája. *1191*
3.5.1-1. ábra: CFB elgázosító széntüzelésű kazánnal összekapcsolva [153 Nieminen et al., 1999] *1214*
3.5.1-2. ábra: Az elgázosítás folyamatábrája [153, Nieminen et al., 1999] *1214*
3.5.1-3. ábra: Szennyvíziszap és szén együttégetése [58, EURELECTRIC., 2001] *1216*

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

8 TÁBLÁZATJEGYZÉK

1.6.2–1. táblázat: A hazai villamosenergia-termelés megoszlása elsődleges energiahordozók szerint 878
1.6.2–2. táblázat: A hazai erőművek fontosabb jellemzői 879
1.6.2–3. táblázat: Az erőművekben felhasznált tüzelőanyagok 2004-ben 880
1.7.1–1. táblázat: Lehetséges kibocsátási útvonalak források és szennyezőanyagok szerint 881
1.7.2–1. táblázat: A nagy tüzelőberendezések hozzájárulása az IPPC berendezések emissziióihoz az Európai Unió tagállamaiban (EU-15) 883
1.7.2–2. táblázat: Különböző tüzelőanyagok kötött nitrogén tartalma 885
1.7.2–3. táblázat: Nehézfém kibocsátások az EU-15 tagállamában 887
1.7.2–4. táblázat: Üvegházhatású gázok fő antropogén forrásai. 889
1.7.2–5. táblázat Tüzelőanyagok fajlagos szén-dioxid kibocsátási tényezői 889
2.2.3–1. táblázat: Kapcsolt energiatermelés az EU-15-ökben 1998-ban. [186,Eurostat, 2001],[187,Eurostat, 2002]. 907
2.2.4–1. táblázat: Példák klimatikus hatások erőművi hatásfok csökkentő hatásai Európában 912
2.3.1–1. táblázat: Elsődleges intézkedések a kibocsátások csökkentésére [58, Eurelectric, 2001] 915
2.3.2–1. táblázat: A szilárd anyag leválasztó eszközök általános jellemzése 925
2.3.3–1. táblázat: A kényszerített és a természetes oxidáció összehasonlítása 928
2.3.3–2. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott nedves mész/mészkő mosó általános jellemzői 943
2.3.3–3. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott száraz porlasztószárító általános jellemzői 944
2.3.3–4. táblázat: A kén-dioxid kibocsátás csökkentésére alkalmazott különböző szorbens befúvások általános jellemzői 945
2.3.4–1. táblázat: DENOX (másodlagos intézkedések, az elsődleges intézkedések nélkül) az EU-15 országának jelentős égetőműveiben [58, Eurelectric, 2001] 946
2.3.4–2. táblázat: Az NOx emisszió elsődleges eljárással való csökkentésének általános bemutatása 957
2.3.4–3. táblázat: SCR egységek költségbecslése a füstgáz térfogat függvényében 964
2.3.4–4. táblázat: Másodlagos NOx emisszió csökkentési eljárások általános bemutatása 967
2.3.5–1. táblázat: Különböző szorbens adagolásos technológiák általános bemutatása a kén-oxid/nitrogén-oxid emissziók redukálására 972
2.3.13–1. táblázat: Példák az energiaiparban alkalmazott különböző hűtési rendszerek névleges teljesítményére és termodinamikai jellemzőire [46, Caudron, 1991] 990
3.1.1–1. táblázat: Különböző szenek összetétele [58, Eurelectric, 2001] 997
3.1.1–2. táblázat: Nehézfémek és nyomelemek koncentrációja különböző területről származó szén esetén [85, Itkonen és Jantunen, 1989] 998
3.1.1–3. táblázat: Szén- és lignittüzelési kapacitások Magyarországon 999
3.1.1–4. táblázat: Immediát szén analízis 1000
3.1.1–5. táblázat: Különféle LCP technológiák energia-hatásfokai (LHVnet) [58, Eurelectric, 2001] 1002
3.1.1–6. táblázat: A gőz tulajdonságainak hatása különféle technikák haásfokára [58, Eurelectric, 2001] 1002
3.1.1–7. táblázat: Tüzelőanyag keverékek (sovány, dús) célja és hatásai 1004
3.1.1–8. táblázat: Példák a szén- és lignittüzelésű erőművek maradvány- és égéstermékeinek újrahasznosítására [64, UBA, 2000] 1022
3.1.2–1. táblázat: Létező erőművek NOx kibocsátása másodlagos intézkedések nélkül [58, Eurelectric, 2001] 1023
3.1.2–2. táblázat: Összetett nehézfém anyagmérleg különböző típusú erőművek esetén 1024
3.1.2–3. táblázat: A nehézfémek távozásának lehetséges útjai széntüzelésű erőművekben [59, Finnish LCP WG, 2000] 1025
3.1.2–4. táblázat: Különböző területekről származó szenek higanytartalma [58, Eurelectric, 2001] 1025
3.1.2–5. táblázat: Különböző irodalmi forrásokból származó, mért N_2O emisszió szintek [98, DFIU, 2001] 1026

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.1.2–6. táblázat: A füstgázban maradó higanytartalom [58, Eurelectric, 2001] ... 1026
3.1.2–7. táblázat: Erőművek HCl és HF kibocsátása másodlagos intézkedésekkel és azok nélkül [58, Eurelectric, 2001] ... 1026
3.1.2–8. táblázat: Különböző tüzelőanyagok égése során termelődött dioxin és PAH kibocsátások [192, TWG, 2003] ... 1027
3.1.2–9. táblázat: A nehézfém tartalom égéstermékekben [64, UBA, 2000] ... 1029
3.1.2–10. táblázat: Széntüzelésű erőművekből származó fémek [64, UBA, 2000] ... 1030
3.1.4–1. táblázat: BAT a szén és lignit tüzelőanyag és az adalékanyagok kirakására, tárolására és kezelésére ... 1040
3.1.4–2. táblázat: A BAT intézkedések alkalmazásával kapcsolatos termikus hatásfok szintek ... 1042
3.1.4–3. táblázat: A szén- és lignittüzelésű erőművek kilépő gázainak portalanítására használt BAT ... 1043
3.1.4–4. táblázat: BAT a szén- és lignittüzelésű erőművekből származó kén-dioxid megelőzésére és csökkentésére ... 1046
3.1.4–5. táblázat: BAT a szén- és lignittüzelésű erőművekből származó NOx megelőzésére és csökkentésére ... 1049
3.1.4–6. táblázat: BAT a szennyvíz szennyezettségének csökkentésére ... 1051
3.1.4–7. táblázat: Nedves FGD vízkezelő rendszer kibocsátásai ... 1052
3.1.4–8. táblázat: Technikák a tüzelőanyag kirakodására, tárolására és mozgatására ... 1053
3.1.4–9. táblázat: Technikák a tüzelőanyag előkészítésére ... 1054
3.1.4–10. táblázat: Technikák a hatásfok növelésére és a tüzelőanyag hasznosítására ... 1055
3.1.4–11. táblázat: Technikák a hatásfok növelésére ... 1056
3.1.4–12. táblázat: Technikák a por és a nehézfémek kibocsátásának megelőzésére és csökkentésére ... 1057
3.1.4–13. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1058
3.1.4–14. táblázat: Technikák a NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1060
3.1.4–15. táblázat: Technikák a vízszennyezés megelőzésére és csökkentésére ... 1061
3.2.1–1. táblázat: Az MSZ 2024:2003 szabvány szerinti fűtőolajok minőségi paraméterei ... 1062
3.2.1–2. táblázat: Az orimulsion tulajdonságai ... 1062
3.2.1–3. táblázat: Tüzelőberendezésekben alkalmazott tüzelőolajok szabvány szerinti minőségi paraméterei ... 1063
3.2.2–1. táblázat: Az NOx kibocsátás csökkentése tüzeléstechnikai módszerekkel ... 1074
3.2.2–2. táblázat: NOx kibocsátás csökkentése kiegészítő módszerekkel ... 1074
3.2.2–3. táblázat: Szilárdanyag kibocsátások tüzelőolaj-tüzelésű motoros erőművekből ... 1074
3.2.2–4. táblázat: Fejlesztésekkel elérhető jellemző NO_x kibocsátások motoroknál ... 1074
3.2.2–5. táblázat: Kibocsátási értékek NOx –re optimalizált motor üzemeltetése esetén ... 1075
3.2.2–6. táblázat: Mért NOx kibocsátások SCR-rel üzemelő motoros erőműveknél ... 1075
3.2.2–7. táblázat: Vízadagolás hatása az NOx kibocsátásra (elsődleges kibocsátás csökkentési eljárás) ... 1075
3.2.2–8. táblázat: Vízszennyezések olajtüzelésű erőművekben (névleges terhelésnél) ... 1076
3.2.2–9. táblázat: A hagyományos olajtüzelésű erőművekből származó maradékaanyagok fajlagos éves mennyiségei ... 1077
3.2.3–1. táblázat: Magyarországon forgalomba kerülő olajok kéntartalma ... 1080
3.2.4–1. táblázat: BAT a folyékony tüzelőanyagok tárolására és kezelésére ... 1091
3.2.4–2. táblázat: BAT a szilárd anyag kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan ... 1093
3.2.4–3. táblázat: BAT a kén-dioxid kibocsátás csökkentéséhez néhány folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan ... 1095
3.2.4–4. táblázat: BAT az NO_x kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagot felhasználó kazánokra vonatkozóan ... 1097
3.2.4–5. táblázat: BAT-nak megfelelő kibocsátási szintek füstgáz kéntelenítő szennyvíz kezelője után ... 1098
3.2.4–6. táblázat: BAT a hulladékvíz kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagú tüzelőberendezésre vonatkozóan ... 1099
3.2.4–7. táblázat: BAT a szilárd anyag kibocsátás csökkentéséhez négyütemű motorokra vonatkozóan . 1101

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.2.4–8. táblázat: BAT az NO_x kibocsátás csökkentéséhez folyékony tüzelőanyagot felhasználó motorokra vonatkozóan SCR alkalmazása mellett ... 1102
3.2.4–9. táblázat: Technikák folyékony tüzelőanyagok és additív anyagok beszállítására, tárolására és kezelésére ... 1104
3.2.4–10. táblázat: Technikák a folyékony tüzelőanyaggal működteett kazánok hatásfokának növelésére ... 1105
3.2.4–11. táblázat: Az üzemi berendezések energetikai optimalizálása ... 1106
3.2.4–12. táblázat: Technikák szilárd anyag és nehézfém kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1107
3.2.4–13. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, elsődleges eljárások ... 1108
3.2.4–14. táblázat: Technikák az SO_2 kibocsátás megelőzésére és csökkentésére, másodlagos eljárások ... 1109
3.2.4–15. táblázat: Technikák az NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1110
3.2.4–16. táblázat: Technikák az NO_x és N_2O kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1111
3.2.4–17. táblázat: Technikák a vízszennyezések megelőzésére és csökkentésére ... 1112
3.3.1–1. táblázat: Gáznemű tüzelőanyagok összetétele ... 1113
3.3.1–2. táblázat: Gáznemű tüzelőanyaggal működő erőművek hatásfoka ... 1113
3.3.1–3. táblázat: Magyarország energiamérlege 2004-ben ... 1118
3.3.1–4. táblázat: Magyarországi kombinált ciklusú erőmű bemutatása ... 1131
3.3.1–5. táblázat: Magyarországi kombinált ciklusú hőtermelő egység bemutatása ... 1132
3.3.1–6. táblázat: Kapcsolt energiatermelést megvalósító gázturbinás erőmű bemutatása ... 1133
3.3.1–7. táblázat: Kombinált ciklusú erőmű bemutatása ... 1134
3.3.1–8. táblázat: Magyarországi kondenzációs erőműre vonatkozó példa ... 1135
3.3.1–9. táblázat: Magyarországi, blokkba kapcsolt kazános erőmű bemutatása ... 1137
3.3.1–10. táblázat: Magyarországi kazános erőmű bemutatása ... 1138
3.3.1–11. táblázat: Magyarországi gázmotoros erőműre példa ... 1139
3.3.2–1. táblázat: Magyarországon üzemelő gázturbinák paraméterei ... 1140
3.3.4–1. táblázat: BAT a gáznemű tüzelőanyagok és adalékok tárolására és kezelésére ... 1150
3.3.4–2. táblázat: Gáztüzelésű tüzelőberendezések hatásfoka ... 1151
3.3.4–3. táblázat: BAT az NO_x és CO kibocsátás csökkentéséhez néhány gázüzemű tüzelőberendezésre vonatkozóan ... 1153
3.3.4–4. táblázat: BAT az NO_x és CO kibocsátás csökkentéséhez néhány gázüzemű tüzelőberendezésre vonatkozóan ... 1154
3.3.4–5. táblázat: Gáznemű tüzelőanyagok és folyékony adalékok szolgáltatására és kezelésére vonatkozó technikák ... 1156
3.3.4–6. táblázat: Technikák a gáznemű tüzelőanyagot égető kazánok és turbinák hatásfokának növelésére ... 1157
3.3.4–7. táblázat: Technikák az NO_x és a CO kibocsátás megelőzésére és csökkentésére ... 1158
3.3.4–8. táblázat: Technikák a vízszennyezés megelőzésére és csökkentésére ... 1159
3.4.1–1. táblázat: Biomassza alapú energiatermelési kapacitás és engedélyezett kvóta [197, Grabner,Tóth, 2007.] ... 1160
3.4.1–2. táblázat: Energiatermelésre használható szilárd biomassza potenciál [198, Marosvölgyi, 2005.] ... 1162
3.4.1–3. táblázat: A magyarországi erdőgazdálkodás éves mutatói [199, Széles, 2005] ... 1162
3.4.1–4. táblázat: A Magyarországon keletkező főbb mezőgazdasági melléktermékek [200, Nagy, 2005.] ... 1162
3.4.1–5. táblázat: Fa tüzelőanyagok átlagos jellemzői [60, Alakangas, 1998] ... 1164
3.4.2–1. táblázat: Biomassza tüzelésű erőművek kibocsátásai ... 1174
3.4.3–1. táblázat: A légkörbe történő emissziók 1999-ben ... 1180
3.4.3–2. táblázat: Az eltüzelt fa jellemzői ... 1180
3.4.3–3. táblázat: Az 1999-ben keletkezett hamumennyiségek ... 1180
3.4.3–4. táblázat:A három dán szalmatüzelésű erőmű adatai ... 1182
3.4.3–5. táblázat: A három dán szalmatüzelésű erőmű költségei ... 1182
3.4.3–6. táblázat: A VI. biomassza tüzelésű blokk legfontosabb paraméterei ... 1186
3.4.3–7. táblázat: A kibocsátási értékek változása ... 1188

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.4.3–8. táblázat: OB-230 típusú kazán műszaki adatai ... 1189
3.4.3–9. táblázat: Az átalakított kazánok paraméterei ... 1191
3.4.3–10. táblázat: Az átalakított kazánok légszennyező anyag kibocsátásai ... 1192
3.4.4–1. táblázat: BAT a biomassza és az adalékanyagok kirakására, tárolására és kezelésére ... 1196
3.4.4–2. táblázat: A BAT intézkedések alkalmazásával kapcsolatos hatásfok szintek ... 1198
3.4.4–3. táblázat: Füstgáz portalanításhoz ajánlott BAT a biomassza tüzelésű erőművekben ... 1198
3.4.4–4. táblázat: A nitrogén-oxid kibocsátás megelőzését célzó BAT alternatívák biomassza tüzelésű erőművekben ... 1200
3.4.4–5. táblázat: BAT a szennyvíz keletkezésének csökkentésére ... 1201
3.4.4–6. táblázat: A lerakodás, tárolás és tüzelőanyag kezelés technikái biomassza tüzelés esetén ... 1203
3.4.4–7. táblázat: Biomassza tüzelőanyagok előkezelésének technikái ... 1204
3.4.4–8. táblázat: Tüzelési technikák biomassza tüzelés esetén ... 1204
3.4.4–9. táblázat: A hatásfok növelését célzó technikák biomassza tüzelés esetén ... 1205
3.4.4–10. táblázat: Por- és nehézfém kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén ... 1206
3.4.4–11. táblázat: NO_x- és N_2O kibocsátás megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén ... 1206
3.4.4–12. táblázat: A vízszennyezés megelőzésének technikái biomassza tüzelés esetén ... 1207
3.4.4–13. táblázat: Biomassza tüzelésből származó tüzelési maradékok kezelésének, csökkentésének és újrahasznosításának technikái ... 1208
3.5.1–1. táblázat: Erőművekben együttégetéshez használt másodlagos tüzelőanyagok fajtái ... 1210
3.5.3–1. táblázat: A poros és bűzös másodlagos tüzelőanyagok tárolására és kezelésére vonatkozó technikák ... 1226
3.5.3–2. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok előkezelésére vonatkozó technikák ... 1227
3.5.3–3. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok égéstérbe vezetésére vonatkozó technikák ... 1228
3.5.3–4. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok okozta légszennyezés csökkentésére vonatkozó technikák ... 1229
3.5.3–5. táblázat: A másodlagos tüzelőanyagok okozta légszennyezés csökkentésére vonatkozó technikák ... 1230

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

9 MELLÉKLETEK

9.1 MELLÉKLET – A KÖRNYEZETVÉDELMI ENGEDÉLYEZÉS FOLYAMATA

Új létesítmény esetében az engedélyezési eljárás az előzetes vizsgálati szakasszal indul. A benyújtandó előzetes vizsgálati dokumentáció tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. számú melléklete határozza meg.

Az előzetes vizsgálat alapján állapítja meg a felügyelőség, hogy az adott ügyben milyen engedélyezési eljárás lefolytatása szükséges. Amennyiben a tevékenység környezeti hatás-vizsgálatra és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra egyaránt kötelezett, a környezethasználónak nyilatkoznia kell arról, hogy kéri-e a Kormányrendelet 24. § szerinti összevont eljárás alkalmazását. Amennyiben az elérhető legjobb technikáról rendelkezésre álló információk ezt lehetővé teszik, a felügyelőség dönt a KHV és EKHE eljárás összevonhatóságáról.

Az előzetes vizsgálati eljárásban határozza meg a felügyelőség az engedélyezési eljáráshoz benyújtandó kérelem részletes tartalmi követelményeit.

Amennyiben a tevékenység csak egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra kötelezett, az engedélykérelmi dokumentációt a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 8. számú mellékletének előírásai szerint kell összeállítani.

A felügyelőség meglévő tevékenység esetén a környezethasználót az egységes környezethasználati engedély első ízben történő megszerzése érdekében teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat elvégzésére kötelezi.

A felülvizsgálat elvégzése során a Kvt-ben meghatározottakon túl a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet előírásait is alkalmazni kell.

A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése

Közös számozás	A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálati dokumentáció kötelező tartalma	Az egységes környezethasználati engedélyhez szükséges tartalmi követelmények
1.	1. Általános adatok[5]	
1.1.	1.1. A környezetvédelmi felülvizsgálatot (a továbbiakban: vizsgálat) végző neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a jogosultságát igazoló engedély/okirat száma.	
1.2.	1.2. Az érdekelt neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a tevékenység végzésére vonatkozó engedély száma.	a) az engedélykérő azonosító adatai (***KÜJ számmal)***,
1.3.	1.3. A telephely(ek) címe, helyrajzi száma, a település statisztikai azonosító száma, átnézeti és részletes helyszínrajz	c) a létesítmény által igénybe vett terület helyszínrajza a szennyező források bejelölésével, egységes országos vetületi rendszer (EOV) koordináták feltüntetésével,
1.4.		b) a létesítmény, tevékenység telepítési

[5] A szükséges többletinformációkat vastag, dőlt kiemeléssel jelölve

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

		helyének jellemzői (KTJ számmal és létesítmény azonosító számmal)
1.5.	1.4. A telephely(ek)re vonatkozó engedélyek és előírások felsorolása és bemutatása.	
1.6.	1.5. A telephely(ek)en a vizsgálat időpontjában folytatott tevékenységek felsorolása, a TEÁOR-számok megjelölésével és az alkalmazott technológiá(k) rövid leírásával.	
1.7.	1.6. A telephely(ek)en az érdekelt által korábban (a tevékenység kezdetétől, de legfeljebb 5 év) folytatott tevékenységek bemutatása különös tekintettel a környezetre veszélyt jelentő tevékenységekre, a bekövetkezett, környezetet érintő rendkívüli eseményekkel együtt.	
2.	2. A felülvizsgált tevékenységre vonatkozó adatok	
2.1.	2.1. A létesítmények és a tevékenység részletes ismertetése, a tevékenység megkezdésének időpontja, a felhasznált anyagok listája, az előállított termékek listája a mennyiség és az összetétel feltüntetésével.	d) a létesítmény, illetve az ott folytatott tevékenység és annak jellemző termelési kapacitása, beleértve a telephelyen lévő műszakilag kapcsolódó létesítményeket, f) a létesítményben, illetve technológiában felhasznált, valamint az ott előállított anyagok, illetve ***energia jellemzői és mennyiségi adatai***,
2.2.	2.2. A tevékenység(ekk)el kapcsolatos dokumentációk, nyilvántartások, bejelentések, hatósági ellenőrzések, engedélyek, határozatok, kötelezések ismertetése, bírságok esetében 5 évre visszamenőleg.	
2.3.	2.3. Föld alatti és felszíni vezetékek, tartályok, anyagátfejtések helyének, üzemeltetésének ismertetése.	
2.4.		e) az alkalmazott elérhető legjobb technika ismertetése
3.	3. A tevékenység folytatása során bekövetkezett, illetőleg jelentkező környezetterhelés és igénybevétel bemutatása	
3.1	3.1. Levegő A jellemző levegőhasználatok ismertetése (szellőztetés, elszívás, energiaszolgáltatási és technológiai levegőigények nagyságának, időtartamának változása). A környezeti légtérből beszívott és tisztított levegő előállítását szolgáló berendezések és technológiák leírása. A légszennyezést okozó technológia részletes ismertetése, a szennyezésre hatást gyakorló paraméterek és jellemzők bemutatása. A használt levegő (füstgáz, véggáz) tisztítására szolgáló berendezések és hatásfokuk ismertetése, valamint a tisztítóberendezésben leválasztott anyagok kezelésének és elhelyezésének leírása. A helyhez kötött pontszerű és diffúz légszennyező források jellemzőinek bemutatása, a kibocsátott füstgázok jellemzőinek és a levegőszennyező	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembe-vételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatásokat***

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	komponenseknek az ismertetése (bűz is), a megengedett és a tényleges emissziók bemutatása és összehasonlítása. A felülvizsgált tevékenységekkel kapcsolatban rendszeresen vagy időszakosan üzemeltetett mozgó légszennyező források jellemző kibocsátási adatainak leírása, a tevékenységhez kapcsolódó szállítás, illetve járműforgalom hatásai. A levegőtisztaság-védelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedések ismertetése. (Amennyiben intézkedési terve van, annak ismertetése, és a végrehajtás bemutatása.) Be kell mutatni az emisszió terjedését (hatásterületét) és a levegőminőségre gyakorolt hatását	
3.2.	3.2. Víz A jellemző vízhasználatok, vízi munkák és vízi létesítmények, illetve az arra jogosító engedélyek és az engedélyektől való eltérések ismertetése. A friss víz beszerzésére, felhasználására, a használt vizek elhelyezésére vonatkozó statisztikai adatszolgáltatások bemutatása. A technológiai vízigények kielégítésének, a tevékenység biztonságos végzéséhez tartozó vízigénybevételeknek (vízszintsüllyesztés, víztelenítés) és a vízforgalmi diagramnak a bemutatása. Az ivóvízbeszerzés, ivóvízellátás, a kommunális és technológiai célú felhasználás bemutatása. A vízkészlet-igénybevételi adatok ismertetése 5 évre visszamenőleg. A szennyvízkeletkezések helyének, a szennyvizek mennyiségi és minőségi adatainak bemutatása a technológiai leírások alapján. A szennyvíz összegyűjtésére, tisztítására és a tisztított (vagy tisztítatlan) szennyvíz kibocsátására, elhelyezésére vonatkozó adatok, az ipari és egyéb szennyvízcsatornák, a szennyvíztisztító telep jellemzői, továbbá az iszapkezelés, iszapminőség és –elhelyezés adatainak ismertetése. A csapadékvízrendszer bemutatása (akár egyesített, akár elválasztó rendszerű a csatornahálózat). A vízkészletekre gyakorolt hatásokat vizsgáló (hatósági határozattal előírt) monitoring rendszer adatainak és működési tapasztalatainak bemutatása, beleértve mind a vízkivételek, mind a szennyvízbevezetések hatásának vizsgálatát, hatásterületének meghatározását, értékelését. A felszíni és felszín alatti vízszennyezések bemutatása, az elhárításukra tett intézkedések és azok eredményeinek ismertetése. A vízvédelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedési tervek, a végrehajtásuk tárgyi és személyi feltételeinek ismertetése.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,***

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.3.	3.3. Hulladék A hulladékképződéssel járó technológiák és tevékenységek bemutatása, technológiai folyamatábrák készítése. A technológia és tevékenység során felhasznált anyagok megnevezése, éves felhasznált mennyiségük. Anyagmérlegek készítése a hulladék keletkezésével járó technológiákról. A tevékenységből keletkező összes hulladék 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet szerinti megnevezése, mennyisége, EWC kódszáma (veszélyes hulladékok esetében azok veszélyességi jellemzőit is meg kell adni) technológiánkénti és tevékenységenkénti bontásban. A hulladékok gyűjtési módjának ismertetése. A hulladékok telephelyen belül történő kezelésének, tárolásának, az ezeket megvalósító létesítmények és technológiák részletes ismertetése, beleértve azok műszaki és környezetvédelmi jellemzőit. A telephelyről kiszállított (export is) hulladékok fajtánkénti ismertetése és mennyisége. A hulladékot szállító, átvevő szervezet azonosító adatai, a hulladékszállítás folyamatának (eszköze, módja, útvonala) ismertetése. A hulladékgazdálkodási terv, a keletkező hulladékok mennyiségének és környezeti veszélyességének csökkentésére tett intézkedések ismertetése. Más szervezettől átvett (import is) hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése. A begyűjtéssel átvett hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan,
3.4.	3.4. Talaj A terület-igénybevétel és a területhasználat megváltozásának adatai. A talaj jellemzése a multifunkcionális tulajdonságai alapján, különös tekintettel a változásokra (vegyi anyagok, hulladékok stb.). A tevékenységből származó talajszennyezések és megszüntetési lehetőségeinek bemutatása. Prioritási intézkedési tervek készítése. Remediációs megoldások bemutatása	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,
3.5.	3.5. Zaj és rezgés A tevékenység hatásterületének meghatározása zaj- és rezgésvédelmi szempontból, feltüntetve és megnevezve a védendő objektumokat, védendőnek kijelölt területeket. A zaj/rezgésforrások leírása, a tényleges terhelési helyzet meghatározása, összehasonlítása a határértékekkel.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.6.	Az élővilágra vonatkozó környezetterhelés és igénybevétel bemutatása A területhasználattal érintett életközösségek (növény- és állattársulások) felmérése és annak a természetes, eredeti állapothoz, vagy környezetében lévő, a tevékenységgel nem érintett területekhez való viszonyítása. A tevékenység következtében történő igénybevétel módjának, mértékének megállapítása. A biológiailag aktív felületek meghatározása. A tevékenység káros hatásaira legérzékenyebben reagáló indikátor szervezetek megjelölése. Az eddigi károsodás mértékének meghatározása.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,
3.7.		h) a létesítményből származó kibocsátások …….. várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan
4.	4. Rendkívüli események A rendkívüli esemény, illetve üzemzavar miatt a környezetbe került vagy kerülő szennyező anyagok, valamint hulladékok minőségének és mennyiségének meghatározása környezeti elemenként. A megelőzés és a környezetszennyezés elhárítása érdekében teendő intézkedések, haváriatervek, kárelhárítási tervek bemutatása.	l) minden olyan intézkedést, amely …., a biztonságot, ….. szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
5.	5. Összefoglaló értékelés, javaslatok A környezetre gyakorolt hatás értékelése, bemutatva a környezeti kockázatot is. Környezetvédelmi engedéllyel rendelkező tevékenység esetén az engedélykérelemhez elkészített tanulmányok hatás-előrejelzéseinek összevetése a bekövetkezett hatásokkal. A felülvizsgálat és a korábbi vizsgálatok eredményei, illetve határozatok alapján meg kell határozni azokat a lehetséges intézkedéseket, amelyekkel az érdekelt a veszélyeztetés mértékét csökkentheti, illetve a környezetszennyezés megszüntetése érdekében, vagy a környezet terhelhetőségének figyelembevételével annak elfogadható mértékűre való csökkentését érheti el. Ha az engedély nélküli tevékenységet új telepítési helyen valósították meg, akkor ismertetni kell a telepítés helyén az ökológiai viszonyokban és a tájban valószínűsíthető vagy bizonyítható változásokat, és az esetleges káros hatások ellensúlyozására bevezetett intézkedéseket. Javaslatot kell adni a szükséges beavatkozásokra, átalakításokra, ezek sürgősségére, időbeli ütemezésére.	j) a létesítményből származó kibocsátás megelőzésére, vagy amennyiben a megelőzés nem lehetséges, a kibocsátás csökkentésére szolgáló technológiai eljárások és egyéb műszaki megoldások, valamint ***ezeknek a mindenkori elérhető legjobb technikának való megfelelése***, k) ***szükség esetén a hulladék keletkezésének megelőzésére, a keletkezett hulladék hasznosítására***, valamint a nem hasznosítható hulladék környezetszennyezést, illetve -károsítást kizáró módon történő ártalmatlanítására szolgáló megoldások, l) minden olyan intézkedést, amely az ***energiahatékonyságot***, a biztonságot, a szennyezések megelőzését, illetve csökkentését szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

6.	Kiemelten kell foglalkozni a környezetszennyezésre, -veszélyeztetésre utaló jelenségekkel, és szükség esetén javaslatot kell tenni az érintett terület feltárására, az észlelő, megfigyelő rendszer kialakítására.	m) a létesítményből származó kibocsátások mérésére (monitoring), folyamatos ellenőrzésére szolgáló módszerek, intézkedések.
		o) biztosítékadási és céltartalék képzéssel kapcsolatos, külön jogszabályban meghatározott adatokat.
		Azon létesítmények esetében, amelyekre nem vonatkozik az 1999. évi LXXIV. törvény, mellékelniük kell az üzembiztonságra vonatkozó és havária esetén megteendő intézkedések bemutatását.
		A 20. § (3) bekezdés esetében a külön jogszabályokban meghatározott engedélyek iránti kérelem tartalmi követelményeit.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

9.2 MELLÉKLET – A BAT ALKALMAZÁSÁVAL EGYES ÜZEMEK ÁLTAL ELÉRT KIBOCSÁTÁSI SZINTEK VALAMINT A NAGY TÜZELŐBERENDEZÉSEK TECHNOLÓGIAI KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEIT MAGYARORSZÁGON MEGHATÁROZÓ HAZAI JOGSZABÁLY, A 10/2003. (VII.11.) KVVM RENDELETBEN[6] LÉVŐ HATÁRÉRTÉKEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Az e mellékletben közölt adatok, a BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy felhasználási értékek, illetve tartományok a következő lépésekre kiterjedő iterációs eljárással kerültek megállapításra:

Az Európai IPPC Iroda és a Nagy tüzelőberendezések műszaki munkacsoport szakértőinek megítélése kulcsszerepet játszott mindezekben a lépcsőkben és abban, hogy a keletkezett információt milyen formában állították össze ebben a fejezetben.

Ahol a „elérhető legjobb technikákhoz kapcsolódó” kibocsátási vagy felhasználási értékek szerepelnek, ezek a szintek olyan környezeti teljesítményeket képviselnek, amelyek ezen a területen az ismertetett eljárások alkalmazásának eredményeként jelezhetők előre, figyelembe véve a költségeket és a BAT definíciójában rejlő előnyöket. Azonban ezek nem kibocsátási határértékek, és nem is értendők ilyeneknek. Néhány esetben műszakilag lehetséges jobb kibocsátási vagy felhasználási értékeket elérni, de a költségek vagy a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat figyelembe véve, nem tekintendők BAT-ként alkalmazandónak az ágazat egészét tekintve. Mindazonáltal ezek a szintek specifikus esetekben igazolhatóak, amikor különleges kényszerítő erőről van szó.

A BAT-tal kapcsolatos emissziós szinteket valamely specifikus referencia-feltételekkel (pl. átlagos időszakok) kell szemlélni. A „BAT-tal kapcsolatos szintek” koncepcióját, amelyet fentebb ismertettünk, meg kell különböztetni a „elérendő szinttől”, amely a BREF-dokumentumban más helyen szerepel. Ahol a szint „elérendő”-ként szerepel, különleges technika vagy technikakombinációk használatával, ezt úgy kell érteni, hogy ez a szint elvárhatóan teljesítendő az idő jelentős részében egy jól karbantartott és működtetett üzemben vagy folyamatnál, amely ezeket a technikákat alkalmazza.

Szándékunk szerint az ebben a fejezetben közölt általános BAT referencia pontként szolgál egy meglévő berendezés aktuális működésének vagy egy új berendezésre vonatkozó javaslatnak a megítéléséhez. Ily módon segítségül használható fel a megfelelő „BAT-alapú” feltételek meghatározásánál a berendezésekhez. Várhatóan az új berendezések úgy tervezhetők, hogy teljesítsék az itt közölt általános BAT értékeket, vagy haladják meg azokat, a meglévő berendezések pedig elmozdulhatnak az általános BAT-ban közölt vagy azt meghaladó értékek irányába; az adott eljárás műszaki és gazdasági megvalósíthatóságának megfelelően.

A BAT Referenciadokumentumok **jogilag nem kötelező érvényűek**, mindazonáltal útmutatóként szolgálnak az ipar számára, az elérhető kibocsátási és felhasználási értékekről, a megadott technika alkalmazásakor. Bármely speciális esetre megfelelő határértékeket kell meghatározni, figyelembe véve az IPPC Irányelv előírásait és a helyi szempontokat.

---

[6] 10/2003. (VII. 11.) KVvM rendelet az 50 MWth és annál nagyobb névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékéről

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

9.3 A BAT SZERINTI SZINTEK ÉS A 10/2003. (VII. 11.) KVVM RENDELET ÁLTAL MEGSZABOTT TECHNOLÓGIAI KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

SO_2 [mg/Nm^3]										
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**			**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
			Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**Rostély**	**200-400**	**200-400**	**100-350**	**100-350**	**<10**		**-**	
		Por	**200-400**	**200-400**					**200-300**	**200-300**
		Fluid	**150-400**	**150-400**					**200-300**	**200-300**
Hazai jogszabály	*50-100*	*850*		*2000*	*850*	*-*	*-*		*200*	*2000*
	50-300	*-*			*-*	*1700*	*35*	*-*	*-*	
	50-500				*-*		*-*	*35*		
BAT	**100-300**	**Por**	**100-200**	**100-250**	**100-200**	**100-250**	**<10**		**200-300**	**200-300**
		Fluid	**100-200**	**100-250**					**150-250**	**150-300**
Hazai jogszabály	100-300	-			400-200 között lineáris csökkenés	-	-		-	
	>100	200		-	-				*200*	-
	100-500			2000-400 között lineáris csökkenés						2000-400 között lineáris csökkenés
	300-500	-			-	*1700-400 között lineáris csökkenés*			-	
	50-300				-		35	-		
	50-500						-	*35*		
BAT	**>300**	**Por**	**20-150**	**20-200**	**50-150**	**50-200**	**<10**		**50-150**	**50-200**
		Fluid	**CFBC:100-200 BFBC:20-150**	**CFBC:100-200 BFBC:20-200**					**50-200**	**50-200**
Hazai jogszabály	*>300*	-			*200*	-	*35*	-	-	
	>100	*200*		-	-		-			
	>500	-		*400*	-	*400*	-	*35*	*200*	*400*

Az SO_2 szintek összehasonlító táblázata

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

NO_x [mg/Nm^3]										
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**			**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
			Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**Rostély**	**Szén és lignit: 200-300**	**Szén és lignit: 200-300**	**150-300**	**150-450**	**50-100**		**170-250**	**200-300**
		Pors	**Szén: 90-300, Lignit: 200-450**	**Szén: 90-300, Lignit: 200-450**					**150-250**	**150-300**
		Fluid	**Szén és lignit: 200-300**	**Szén és lignit: 200-300**					**150-250**	**150-300**
Hazai jogszabály	*50-100*		*400, Lignit: 300*	*600 (2007.12.31-ig 650) Lignit: 300*	*400*	-	-		*400*	*600 (2007.12.31-ig 650)*
		Fluid	*200*	*200*						
	50-300	-			-	*450*	*150*	-	-	
	50-500				-		-	*300 (2007.12.31-ig 350)*		
BAT	**100-300**	**Por**	**Szén: 90-200 Lignit: 100-200**	**Szén: 90-200 Lignit: 100-200**	**50-150**	**50-200**	**50-100**		**150-200**	**150-250**
		Fluid	**Szén és lignit:100-200**	**Szén és lignit:100-200**					**150-200**	**150-250**
Hazai jogszabály	*100-300*	-			*200*	-			*300*	-
	>100	*200 Fluid tüzelés is*			-		-		-	
	100-500		-	*600 (2007.12.31-ig 650 Lignit: 300*					-	*600 (2007.12.31-ig 650)*
		Fluid		*200*						
	50-300	-			-	*450*	*150*	-	-	
	50-500				-		-	*300 (2007.12.31-ig 350)*		
BAT	**>300**	**Por**	**Szén:90-150 Lignit: 50-200**	**Szén:90-150 Lignit: 50-200**	**50-100**	**50-150**	**50-100**		**50-150**	**50-200**
		Fluid	**Szén és lignit: 50-150**	**Szén és lignit: 50-200**					**50-150**	**50-200**
Hazai jogszabály	*>300*	-			*200*	*450*	*100*	-	-	
	>100	*200 Fluid tüzelés is*		-	-		-		*200*	-
	>500		-	*500 (2007.12.31-ig 650) (2016.01.1 után 200) Lignit: 300*	-	*400 (2007.12.31-ig 450)*	-	*200 (2007.12.31-ig 350)*	-	*500 (2007.12.31-ig 650) (2016.01.1 után 200)*
		Fluid		*200*						

Az NO_x szintek összehasonlító táblázata

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

CO [mg/Nm³]										
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**			**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
			Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**Por tüzelés**	**Szén: 30-50, Lignit: 100-200**	**Szén: 30-50, Lignit: 100-200**	**30-50**		**30-100**		**50-250**	
		Fluid tüzelés	**Szén: <100, Lignit:100-200**	**Szén: <100, Lignit:100-200**						
Hazai jogszabály	*50-100*		*250*	*250*	*175*	*-*	*-*		*250*	*250*
	50-300		*-*		*-*	*175*	*100*	*-*	*-*	
	50-500				*-*		*-*	*100*		
BAT	**100-300**	**Por tüzelés**	**Szén: 30-50, Lignit: 100-200**	**Szén: 30-50, Lignit: 100-200**	**30-50**		**30-100**		**50-250**	
		Fluid tüzelés	**Szén: <100, Lignit: 100-200**	**Szén: <100, Lignit: 100-200**						
Hazai jogszabály	*100-300*		*-*		*175*	*-*	*-*		*-*	
	>100		*250*	*-*	*-*				*250*	*-*
	100-500		*-*	*250*					*-*	*250*
	50-300		*-*		*-*	*175*	*100*	*-*	*-*	
	50-500				*-*		*-*	*100*		
BAT	**>300**	**Por tüzelés**	**Szén: <100, Lignit: 100-200**	**Szén: <100, Lignit: 100-200**	**30-50**		**30-100**		**50-250**	
		Fluid tüzelés	**Szén: <100, Lignit: 100-200**	**Szén: <100, Lignit: 100-200**						
Hazai jogszabály	*>300*		*-*		*175*	*175*	*100*	*-*	*-*	
	>100		*250*	*-*	*-*		*-*		*250*	*-*
	>500		*-*	*250*	*-*	*175*	*-*	*100*	*-*	*250*

A CO szintek összehasonlító táblázata

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Szilárd anyag [mg/Nm^3]									
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**		**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
		Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**5-20**	**5-30**	**5-20**	**5-30**	**<5**		**5-20**	**5-30**
Hazai jogszabály	*50-100*	*50*	*100*	*50*	*-*	*-*		*50*	*100*
	50-300	*-*		*-*	*50*	*5*	*-*	*-*	
	50-500	*-*		*-*		*-*	*5*		
BAT	**100-300**	**5-20**	**5-25**	**5-20**	**5-25**	**<5**		**5-20**	**5-20**
Hazai jogszabály	*100-300*	*-*		*30*	*-*	*-*		*-*	
	>100	*30*	*-*	*-*				*30*	*-*
	100-500	*-*	*50*	*-*				*-*	*50*
	300-500	*-*		*-*	*50*			*-*	
	50-300	*-*		*-*		*5*	*-*	*-*	
	50-500	*-*		*-*		*-*	*5*	*-*	*-*
BAT	**>300**	**5-10**	**5-20**	**5-10**	**5-20**	**<5**		**5-20**	**5-20**
Hazai jogszabály	*>300*	*-*		*30*	*-*	*5*	*-*	*-*	
	>100	*30*	*-*	*-*		*-*		*30*	*-*
	>500	*-*	*50*	*-*	*50*	*-*	*5*	*-*	*50*

A szilárd anyag szintek összehasonlító táblázata

HCl [mg/Nm^3]									
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**		**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
		Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**15-30**		**-**		**-**		**5-25**	
Hazai jogszabály	*50-100*	*200*	*200*	*30*	*-*	*-*		*200*	*200*
	50-300	*-*		*-*	*30*			*-*	
BAT	**100-300**	**15-30**		**-**		**-**		**5-25**	
Hazai jogszabály	*100-300*	*-*		*30*	*-*	*-*		*-*	*-*
	>100	*100*	*-*	*-*				*100*	*-*
	100-500	*-*	*100*					*-*	*100*
	50-300	*-*		*-*	*30*			*-*	
BAT	**>300**	**15-30**		**-**		**-**		**5-25**	
Hazai jogszabály	*>300*	*-*		*30*	*30*	*-*		*-*	
	>100	*100*	*-*	*-*				*100*	*-*
	>500	*-*	*100*	*-*	*30*			*-*	*100*

A HCl szintek összehasonlító táblázata

HF [mg/Nm^3]									
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén**		**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
		Új	**régi**	**Új**	**régi**	**új**	**régi**	**új**	**régi**
BAT	**50-100**	**?**	**?**	**-**		**-**		**?**	**?**
Hazai jogszabály	*50-100*	*30*		*5*	*-*	*-*		*30*	
	50-300	*-*		*-*	*5*			*-*	
BAT	**100-300**	**?**	**?**	**-**		**-**		**?**	**?**
Hazai jogszabály	100-300	-		5	-			-	
	>100	15	-	-				15	-
	100-500	-	15					-	15
	50-300	-		-	5			-	
BAT	**>300**	**?**	**?**	**-**		**-**		**?**	**?**
Hazai jogszabály	*>300*	*-*		*5*	*5*	*-*		*-*	
	>100	*15*	*-*	*-*				*15*	*-*
	>500	*-*	*15*	*-*	*5*			*-*	*15*

A HF szintek összehasonlító táblázata

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Nehézfémek (fémek és arzén együtt) [mg/Nm^3]									
Előírások	**Kapacitás (MW_{th})**	**Szén és lignit**		**Folyékony**		**Gáz**		**Biomassza**	
		Új	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**	**Új**	**Régi**
BAT	**50-100**	**-**		**-**		**-**		**-**	
Hazai jogszabály	*50-100*	-		*3*	-	-		-	
	50-300			-	*3*				
BAT	**100-300**	**-**		**-**		**-**		**-**	
Hazai jogszabály	*100-300*	-		*3*	-	-		-	
	50-300			-	*3*				
BAT	**>300**	**-**		**-**		**-**		**-**	
Hazai jogszabály	*>300*	-		*3*	*3*	-		-	
	>500			-	*3*				

A nehézfémek összehasonlító táblázata

GT	**NO_x**	**CO**
	mg/Nm^3	
Új	20-50	5-100
Régi+DLN	20-75	5-100
Régi	51-90	30-100

Gázmotor	**NO_x**	**CO**
	mg/Nm^3	
Új	20-75	30-100
Új+HRSG in CHP mode	20-75	30-100
Régi	20-100	30-100

CCGT	**NO_x**	**CO**
	mg/Nm^3	
Új HRSG nélkül	20-50	5-100
Régi HRSG nélkül	20-90	5-100
Új+ HRSG	20-50	30-100
Régi+ HRSG	20-90	30-100

Gázmotorok, gázturbinák

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium

Környezetminőségi Főosztály

ÚTMUTATÓ
AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ A PAPÍRGYÁRTÁS ENGEDÉLYEZTETÉSE SORÁN

2007.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ez az Útmutató a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) megbízásából készült a papírgyártás környezetvédelmi jellegű engedélyezési eljárásai során az elérhető legjobb technikák meghatározásához, 2004-2006-ban.

Az Útmutató elkészítését az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Környezethasználati Osztálya irányította és koordinálta, a Papíripari Kutatóintézet közreműködésével.

Az Útmutató kidolgozásába bevonásra kerültek a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek (zöldhatóságok) is.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő partnerek:

Károlyiné Szabó Piroska – szakértő
Papíripari Kutatóintézet

Nyári Eszter – témavezető
OKTVF Környezethasználati Osztály

Nám Andrea – osztályvezető
KvVM Környezetminőségi Főosztály

Babcsány Ildikó – osztályvezető
OKTVF Környezethasználati Osztály

A Környezethasználati Osztály információs központként működik a hatóságok, a cégek és a nyilvánosság számára az IPPC (egységes környezethasználati engedélyezési eljárás) és az elérhető legjobb technikák magyarországi bevezetése és alkalmazása kapcsán felmerülő kérdéseket illetően.

A Környezethasználati Osztály telefonon az (1) 224-9140, 224-9167, 224-9168, faxon az (1) 224-9298 számon, e-mailen pedig az ippc@mail.kvvm.hu címen érhető el.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatók a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján: www.ippc.hu is.

Az IPPC hatálya alá eső cégek számára javasolt, hogy az engedélykérelem elkészítésekor először a területileg illetékes zöldhatósággal vegyék fel a kapcsolatot.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

TARTALOMJEGYZÉK

1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK....1266
1.1 Bevezetés....1266
1.2 A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén....1267
1.3 Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők....1268
1.4 Az engedélykérelem....1269
1.5 Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmények....1269
1.6 Az ágazat főbb környezeti hatásai....1270
1.7. Az ágazat magyarországi helyzetének bemutatása....1271
1.8. Az ágazat jellemző tevékenységének bemutatása....1271

2. A MAGYARORSZÁGI PAPÍRIPARBAN ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIÁK ÉS A HOZZÁJUK KAPCSOLÓDÓ KIBOCSÁTÁSI SZINTEK....1274
2.A Fa, szalma, illetve egyéb egynyári növények feltárása szulfátos eljárással....1274
2.B A visszagyűjtött papír feldolgozása rostanyaggá, illetve papírrá....1293
2.C Papírgyártás és a hozzá kapcsolódó folyamatok....1318

3.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A CELLULÓZGYÁRTÁSBAN....1344
3.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A SZULFÁTCELLULÓZ-GYÁRAK RÉSZÉRE....1360

4.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A HULLADÉKPAPÍR FELDOLGOZÁSBAN....1366
4.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A PAPÍRHULLADÉK FELHASZNÁLÁSA SORÁN....1390

5.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A PAPÍRGYÁRTÁSBAN....1397
5.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A PAPÍRGYÁRTÁSBAN....1420

6. KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK....1427

7. KIBOCSÁTÁSI ÉS TERHELÉSI HATÁRÉRTÉKEK....1431

MELLÉKLETEK....1434
1. melléklet – A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése....1434
2. melléklet – Meghatározások és rövidítések jegyzéke....1441
3. melléklet – Felhasználási és kibocsátási adatok....1445

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1 Bevezetés

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, 96/61/EK tanácsi irányelvet (IPPC* direktíva) 1999. október 30-ig kellett az Európai Unió tagállamainak nemzeti jogrendjükbe átültetniük.

A magyarországi EU jogharmonizációnak és az EU követelményeknek megfelelően az IPPC Irányelv a környezetvédelem általános szabályairól szóló, 1995. évi LIII. törvény (Kvt.) módosítása és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályait lefektető 193/2001. (X. 19.) Korm. rendelet megalkotása révén épült be a magyar jogrendszerbe; majd 2006. január 1-jétől a környezeti hatásvizsgálati eljárásról szóló 20/2001. (II. 14.) és a 193/2001. (X. 19.) Korm.rendeleteket felváltotta a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról. 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kell az egységes környezethasználati engedélyben előírtakat.

Az IPPC Irányelv kiemelkedő jelentőségű környezetvédelmi irányelv. Célja, a környezetre jelentős hatással bíró tevékenységek olyan egységes engedélyezési rendszerének megteremtése, melynek eredményeként a szennyezés megelőzhető, és amennyiben ez nem lehetséges, a lehető legkisebb mértékűre csökkenthető a környezet egészének védelme céljából.

Az IPPC új, alapvető követelménye az Elérhető Legjobb Technika (BAT: Best Available Techniques) bevezetése és alkalmazása. A BAT pontos meghatározása a Kvt. 4. §. vb) bekezdésben található.

A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikák, beleértve a technológiát, a tervezést, karbantartást, üzemeltetést és felszámolást, amelyek elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazhatóak, és a leghatékonyabbak a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából.

Fontos megjegyezni, hogy egy adott létesítmény esetében a BAT nem szükségszerűen az alkalmazható legkorszerűbb, hanem gazdaságossági szempontból legésszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technikákat/technológiákat jelenti. A meghatározás figyelembe veszi, hogy a környezet védelme érdekében tett intézkedések költségei ne legyenek irreálisan magasak. Ennek megfelelően a BAT ugyanazon ágazat létesítményeire például javasolhat többféle technikát a szennyező-anyag kibocsátás mérséklésére, amely ugyanakkor az adott berendezés esetében az elérhető legjobb technológia. Amennyiben azonban a BAT alkalmazása nem elégséges a környezetvédelmi célállapot és a szennyezettségi határértékek betartásához, és emiatt a nemzeti vagy a nemzetközi környezetvédelmi előírások sérülnének, a BAT-nál szigorúbb intézkedések is megkövetelhetőek.

* Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC: integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A hatóság egy konkrét technológia alkalmazását nem írhatja elő, a környezethasználónak kell (az engedélykérelmi dokumentációban) bemutatnia és igazolnia, hogy az általa alkalmazott technika, technológia hogyan viszonyul a BAT követelményekhez.

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 9. melléklete tartalmazza azokat a feltételeket, melyek alapján az engedélyező hatóság és az engedélyes (a környezethasználó) egyaránt meg tudják határozni, hogy mi tekinthető BAT-nak.
Annak érdekében, hogy az engedélyt igénylők és az engedélyező hatóság számára a BAT meghatározását megkönnyítsék, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium iparági útmutatók kiadása mellett döntött.

Ezek az útmutatók a BAT meghatározásához adnak olyan információkat, melyek egyaránt segítséget nyújtanak az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásához, valamint az engedélyben meghatározott követelmények megfogalmazásához.

Az útmutató célja egyben az is, hogy szakmai segítséget nyújtson az engedélyt kérelmezők részére az engedélykérelmi dokumentáció összeállításában, valamint az engedélyező hatóság munkatársai részére az engedélykérelem elbírálásához.

Az útmutató adatokat közöl az adott ágazat jelentőségéről, jellemzőiről és (adott esetben) főbb gazdasági jelzőszámairól. Bemutatja a Magyarországon alkalmazott és az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban (BREF) közölt technológiákat és az ágazatban alkalmazott folyamatokat jellemző, főbb szennyező forrásokat és szennyező komponenseket. A BAT színvonal eléréséhez szükséges követelményeket fogalmaz meg a technológia egyes szakaszaira, és javaslatokat tesz az előírásoknak való megfelelés érdekében szükséges intézkedésekre. Az útmutató információt nyújt a környezetvédelmi vezetési rendszerekkel kapcsolatban és egyes szakterületi jogszabályi előírásokról is, melyek meghatározzák a (betartandó) kibocsátási határértékeket, amelyek egyben az egységes környezethasználati engedély megszerzéséhez elengedhetetlen minimum környezetvédelmi követelmények.

1.2 A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén

Új üzemek esetén, a BAT meghatározásakor, az ebben az útmutatóban ismertetett technológiák/technikák figyelembevételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll. A korszerű technológiákkal kapcsolatban további információk kaphatók az Európai IPPC Irodától, (http://eippcb.jrc.es) valamint a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján (http://www.ippc.hu).

Meglévő létesítmények esetén, a BAT meghatározásakor, nagy számú tényezőt kell figyelembe venni annak eldöntéséhez, hogy melyik az a leghatékonyabb technológia, amelyik a környezet védelme szempontjából a legmegfelelőbb. A cél olyan engedélyezési feltételek meghatározása, melyek a lehető legjobban megközelítik egy új üzem létesítésekor alkalmazott előírásokat, figyelembe véve ugyanakkor a költséghatékonyságot és a megvalósíthatóságot is.

Amikor a BAT előírások alkalmazhatósága új vagy meglévő létesítmény esetében meghatározásra kerül, indokolt esetben lehetőség van az ettől való eltérésre (megj. a jogszabályokban rögzített kibocsátási határértékeknél kevésbé szigorúbbakat a hatóság nem állapíthat meg).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A legalkalmasabb technológia függ a helyi sajátosságoktól, ezért a lehetséges műszaki megoldások költség-haszon viszonyainak elemzése lehet szükséges a legjobb megoldás kiválasztásához.

A BAT-tól való eltérést indokolhatják a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzői, földrajzi elhelyezkedése vagy a helyi környezeti feltételek, de nem indokolhatja a vállalati jövedelmezőség.

A költségek csak a következő esetekben vehetők helyi szinten számításba:

- egy fejlesztés BAT költség/haszon egyensúlya csak akkor válik pozitívvá, ha az üzem érintett része megérett az átépítésre/rekonstrukcióra. Ezek azok az esetek, amikor az adott szektorban a BAT-ot a helyi beruházási ciklussal összhangban lehet meghatározni;
- abban az esetben, ha számos költségigényes fejlesztésre van szükség, egy fázisokra osztott program/fejlesztési terv is elfogadható, mindaddig, amíg végrehajtása nem igényel olyan hosszú időt, ami egy alacsony színvonalú, korszerűtlenné váló technológia támogatásának tűnhet.

Az előírásokat új és meglévő üzemekre egyaránt alkalmazni kell. Az új üzemeknek már a működés megkezdése előtt, teljesen meg kell felelniük a BAT követelményeknek. Meglévő létesítmények esetén az üzemmenet felülvizsgálata alapján meghatározhatók a szükséges fejlesztések. Ilyen körülmények között a korszerűsítés időtávja is, mint engedélyezési feltétel, meghatározásra kerül.

Meglévő létesítmények esetén, melyek a BAT vagy a hatályos kibocsátási határértékek követelményeihez igen közeli feltételek mellett működnek, a kevésbé szigorú feltételek is elfogadhatók. Ilyenkor aránytalanul magas költséget jelentene a régi technológia újra cserélése, a szennyezőanyag kibocsátás kismértékű csökkenése mellett. Ekkor az engedélykérőnek kell olyan javaslatot tennie a fejlesztések ütemezésére, mellyel a létesítmény a lehető legközelebb kerül a BAT előírásaihoz, és ami az engedélyező hatóság által is elfogadható.

1.3 Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás engedélyező hatósága a területileg illetékes Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség.

A 314/2005. (XII.25.) Korm. rendeletnek megfelelően a határidők és előírások, melyeket az egységes környezethasználati (IPPC) engedély megszerzésére kötelezett vállatoknak be kell tartaniuk, a következők:

1.) A kormányrendelet hatályba lépésétől új beruházás nem létesíthető egységes környezethasználati engedély nélkül. Amennyiben az adott tevékenységre környezetvédelmi hatástanulmány is készítendő, az engedélyező hatóság az előzetes vizsgálati szakaszban dönt arról, hogy az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás összevonható vagy összekapcsolható-e a környezeti hatásvizsgálati eljárással.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2) Már meglévő létesítmények esetén az egységes környezethasználati engedély csak a kormányrendelet 19. paragrafusában meghatározott környezetvédelmi felülvizsgálat után adható ki.

Az 1999. október 30-a előtt megkezdett tevékenységeknek legkésőbb – amennyiben egyéb jogszabály korábbi határidőt nem állapít meg – 2007. október 31-ig kell megfelelniük az egységes környezethasználati engedély követelményeinek.

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben rögzített feltételeket legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint akkor is, ha:

- a kibocsátások mennyiségi vagy minőségi változása miatt új kibocsátási határértékek megállapítása szükséges, vagy az egységes környezethasználati engedélyhez képest jelentős változás történt, vagy a környezethasználó – tevékenységében – jelentős változtatást kíván végrehajtani;
- az elérhető legjobb technikában bekövetkezett jelentős változás következtében új kibocsátási határértékek, követelmények előírása szükséges;
- a működtetés biztonsága új technika alkalmazását igényli;
- ha a létesítmény olyan jelentős környezetterhelést okoz, hogy az a korábbi engedélyben rögzített határértékek felülvizsgálatát indokolja.

1.4 Az engedélykérelem

Az egységes környezethasználati engedély iránti kérelem tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet 8. melléklete tartalmazza. A kérelmezőnek adatokat kell adnia a telephelyéről, valamint a tevékenységéről, a javasolt fejlesztésekről, az ott folyó tevékenység irányításának és ellenőrzésének módszeréről, valamint a környezetre gyakorolt hatásokról.
A felsorolt adatok, valamint a környezeti hatások modellezése (kivéve, ha ez már a hatástanulmányban megfelelően bemutatásra került) és a BAT-nak való megfelelés bemutatása, illetve a BAT követelményeitől való eltérés indoklása az engedélykérelem technikai részének alapját képezik.

1.5 Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmények

A 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet definiálja a létesítmény fogalmát, az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek listáját pedig a 2. sz. melléklet tartalmazza.

Az egyes tevékenységekhez megadott (termelési) küszöbértékek általában a termelési vagy a kibocsátási kapacitásokra vonatkoznak. Amennyiben egy üzemeltető több, azonos jellegű tevékenységet végez azonos létesítményben vagy azonos telephelyen, akkor ezen tevékenységek kapacitásának összegét kell figyelembe venni a küszöbértékkel történő összehasonlításnál.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező papírgyártási tevékenységet a kormányrendelet 2. mellékletének 6. *a)* és *b)* pontja tartalmazza:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

„Ipari üzemek a következő termékek gyártására:

a) faanyagból és egynyári növényekből származó rostos pép (cellulóz) vagy egyéb szálas anyagok,

b) papír és karton 20 tonna/nap termelési kapacitáson felül."

1.6 Az ágazat főbb környezeti hatásai

A papír lényegében cellulózrostokból álló sík lap, amely a lap minőségét és a végfelhasználását biztosító különböző adalékokat is tartalmaz. A két fogalom a papír és karton általában az előállított lapszerű termék súlyára vonatkozóan különül el. A 150 g/m^2 négyzetmétertömeg alatt a termék neve papír, e fölött a lap neve karton, vagy esetleg lemez. A papírgyártáshoz használatos rostanyagot kémiai, vagy mechanikai úton primer rostokból, vagy a visszagyűjtött papírból (RCF) újra-rostosítással állítják elő. A rostosításkor a cellulózgyártási folyamatban a cellulóztartalmú anyagot egyedi rostokra bontják szét. A fa a fő nyersanyag, de a szalma, kender, a különböző fűfélék és egyéb cellulóztartalmú anyagok is felhasználhatók.

A fa természetes állagában 50% vizet tartalmaz, a szilárd frakció összetétele átlagosan 45% cellulóz, 25% hemicellulóz és 25% lignin, illetve 5% egyéb szerves és szervetlen anyag. A kémiai feltárásban a vegyi anyagok a lignin kioldására és a rostok szabaddá tételére szolgálnak. A regenerálás során az oldatba került lignin és az egyéb szerves anyagok energiatartalma, illetve a vegyszerek visszanyerhetők. A regenerálás mértéke függ az alkalmazott vegyi anyag fajtájától és a gyártási folyamat elrendezésétől. A mechanikai rostosításkor a mechanikai nyíróerők biztosítják a rostok szétválasztását és a lignin nagyobb része a rostban marad, bár bizonyos szerves anyag itt is oldatba megy.

A különböző módon előállított rostok különböző tulajdonságúak, melyek biztosítják azt, hogy a rost egy adott termék gyártására alkalmas legyen. A legtöbb rost papír, illetve karton gyártására készül. Néhány rost vastag rostlemez előállítására, vagy vegyi tovább-feldolgozásra alkalmas cellulóz előállítására készül.

A visszagyűjtött papírból előállítandó papír gyártásakor, a rostanyagot a felhasználás előtt a szennyezőanyagoktól meg kell tisztítani, illetve esetleg festéktelenítésnek kell alávetni, hogy a visszanyert anyag megfeleljen a végtermék által igényelt követelményeknek. A rostok újbóli felhasználásának számát a reciklált rostok minősége és a végtermék célja határozza meg.

A papírtermék ezen kívül 45%-ban töltőanyagból, mázanyagból, vagy egyéb összetevőkből állhat.

Nagyon sok termékfajta állítható elő a papíriparban, amelyek durván az alábbi kategóriákba sorolhatók:

- újságpapír,
- mázolatlan író-nyomópapírok,
- mázolt író-nyomópapírok,
- csomagolópapírok,
- csomagoló kartonok,
- linerek és fluting,
- tissue-papírok,
- speciális papírok.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.7. Az ágazat magyarországi helyzetének bemutatása

Magyarországon a rendszerváltás után a papírgyárakat fokozatosan a multinacionális vállalatok vásárolták meg. Az 1989 előtti 8 papírgyárral szemben jelenleg 6 papírgyár üzemel, melyek közül csak egy, a Diósgyőri papírgyár van állami tulajdonban, a korábbi Papíripari Vállalat gyáregységei részben átalakultak, részben megszűntek.
Alapanyag gyártásával csak egy helyen, a Dunaújvárosi Szalmacellulóz gyárban foglalkoznak.

A papírgyártást három fő gyártmány profil képviseli:

– a **csomagolóanyag-gyártást** részben a Csepeli illetve a Dunaújvárosi csomagolópapír gyár,
– **az író-nyomó papírgyártást** a Dunaújvárosi illetve Szolnoki Finompapírgyár valamint a Fűzfői Papírgyár,
– **az egészségügyi papírokat /tissue**/ a Piszkei illetve a Szentendrei papírgyár
állítja elő.

A papírgyártás során nagy mennyiségű papírhulladékot, mint másodlagos rostos alapanyagot dolgoznak fel, elsősorban a csomagolópapírok gyártásához, de az író-nyomópapírok illetve az egészségügyi papírok gyártásához is jelentős mennyiségű, úgynevezett festéktelenített rostot használnak fel.

A papírgyárak, illetve a cellulózgyár 2004. évi termelési adatait az alábbi táblázatban láthatjuk:

Papírgyár	Éves termelés (tonna)
Dunapack Rt. (csepeli és dunaújvárosi gyár)	270 000
Mondi Business (dunaújvárosi és szolnoki gyár)	227 000
Piszke Papír Rt. (lábatlani és szentendrei gyár)	46 000
Fűzfői Papírgyár Rt.	27 000
Dunaújvárosi Szalmacellulózgyár	16 000
Diósgyőri Papírgyár	1 000

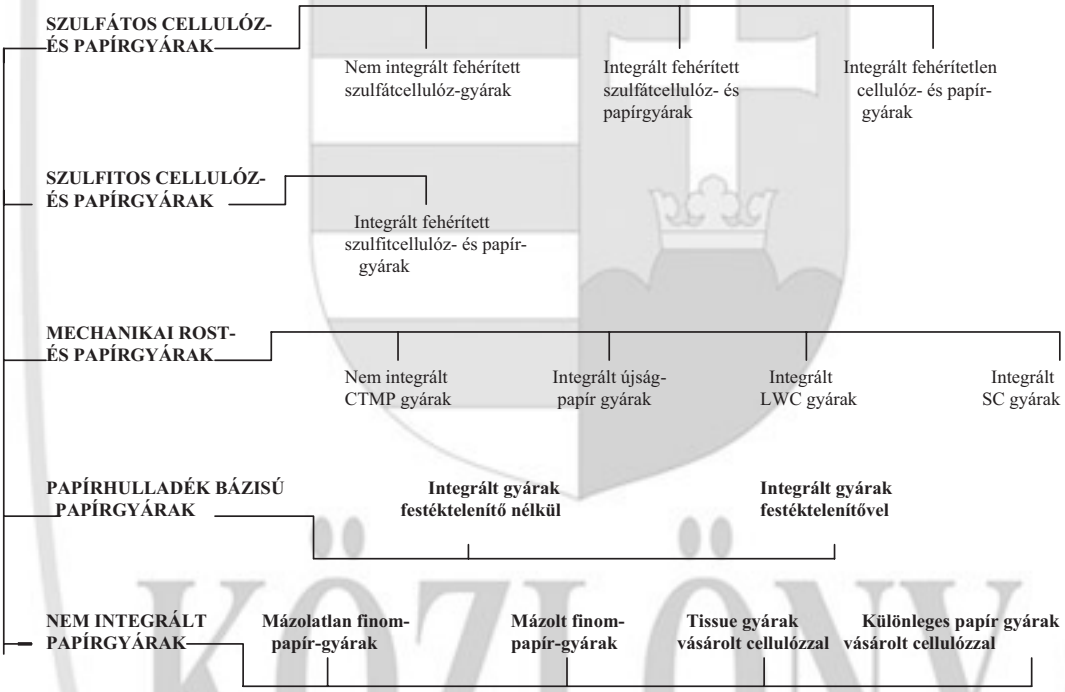
1.8. Az ágazat jellemző tevékenységének bemutatása

A cellulóz iparban tapasztalható folyamat-integráció megköveteli, hogy a BAT koncepció nem csak egyes különálló folyamatokra, vagy rendszerekre, hanem a teljes integrált egységre vonatkozzon. Például ahhoz, hogy a szennyvíz mennyiségét csökkenteni lehessen, a vizet általában a papírgyárból a rostosító vizekbe vissza kell vezetni, ráadásul a gyár mindkét részének belső körét figyelembe kell venni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ugyanakkor bizonyos termékek különböző folyamatokkal és rendszerekkel állíthatók elő, és ezek egyenértékűek lehetnek bizonyos megoldások tekintetében, és annak ellenére, hogy különböző folyamatokkal állították elő, a BAT tekintetében egyenértékűek. Például az újságpapír különböző rostforrásból előállítható, mint például a köves facsiszolat (SGW), nyomás alatti facsiszolat (PGW), rostosított facsiszolat (RMP), kémiai-mechanikai facsiszolat (CTMP), szulfit cellulóz (Si), fehérített fenyőszulfát cellulóz (BSKP) és/vagy festéktelenített rost (DIP). A különböző anyagösszetételek különböző kibocsátásokat fognak eredményezni.

A rost-, illetve papírgyártás soklépcsős folyamat. A rostos anyagok mellett különböző vegyi anyagok, nagy mennyiségű víz és energia – gőz, fűtőolaj, elektromos energia – szükséges a gyártási folyamatban. A rost és papír előállítási folyamata, a tárgyalás érdekében nagyszámú, önálló részfolyamatra bontható. A műveleti folyamatok a nyersanyagtól a termékig érhetők el, de az egyedi folyamatok nem tartalmazzák valamennyi műveletet, és néhány közülük szigorúan véve alternatív.



1.1. ábra: Ezen leírás alapján besorolt cellulóz- és papírgyárak, beleértve a megfelelő fejezetek referenciáit is ezen gyárakra vonatkozóan

A kraft (szulfátos) eljárást a 2.A fejezetben ismertetjük. A kraft eljáráson belül a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek tekintetében megkülönböztetünk fehérített és fehérítetlen cellulóz minőséget. A nem-integrált és az integrált kraft cellulózgyárak BAT kibocsátási értékeit tárgyalja ez a fejezet. A papírgyár hozzájárulása a vízkibocsátáshoz csak viszonylagos. Másrészt mivel a papír szárítása energiaigényesebb, mint a cellulóz szárítása, az energia felhasználás és a levegőszennyezés az integrált és a nem-integrált cellulózgyárak esetében különböző értéket fog mutatni. A reciklált (újrahasznosított) rost előállítást a 2.B fejezet ismerteti. A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek a festéktelenítés nélküli, illetve

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

festéktelenítéssel dolgozó eljárások esetében kerülnek megtárgyalásra, ugyanakkor további különbségek vannak a visszanyert rost előállításában, melyek a tissuepapír, az LWC/SC és kartonlemez céljára kerülnek felhasználásra.

A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek integrált rost- és papírgyártó üzemre vonatkoznak, mivel a legtöbb visszanyert rostot felhasználó üzem integrált üzem.
A papírgyártást és a kapcsolódó folyamatokat a 2.C fejezet tárgyalja az európai papírgyárak által termelt papírféleségek többségére vonatkozóan. A saját különálló telephelyeken (nem integrált papírgyár) való papírtermelés ebben a külön fejezetben kerül tárgyalásra, mivel az európai papírgyárak többsége ilyen üzem.
A lemez előállító üzemek esetére BAT meghatározására szolgáló technikákra vonatkozó speciális információk nem kerültek meghatározásra. Továbbá a dokumentum nem ad külön leírást a kartongyártásra vonatkozóan sem. Környezetvédelmi szempontból a legfontosabb különbség a tissuepapírok és egyéb papírféleségek, valamint a mázolatlan és mázolt papír és kartonféleségek között van.

A papírgyártáson belül az alábbi termékfajták között tesznek különbséget:
- mázolt nyomó és írópapírok, mint például a mázolt finompapírok nyomás, írás és másolás céljára,
- mázolatlan nyomó- és írópapír, mint például a mázolatlan finompapír,
- tissuepapír-gyárak és
- speciális papírgyárak.

Ehhez a csoporthoz (főleg famentes papírok) tartoznak a legfontosabb nem integrált papírgyárak Európában, de természetesen integrált papírgyárak is találhatók ebben a csoportban.
A speciális papírokat előállító gyárak egészen különálló csoport, amely nagyszámú, különböző termékeket előállító gyárból áll. A speciális papírokat előállító üzemben gyakran naponta többször váltják a papír fajtáját. Ezért az ilyen változatosság miatt a speciális papírok esetében a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási részleteket nem tartalmaz a dokumentum. A különböző keverékek mindegyike saját „környezetvédelmi problémát” hordoz.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2. A MAGYARORSZÁGI PAPÍRIPARBAN ALKALMAZOTT TECHNOLÓGIÁK ÉS A HOZZÁJUK KAPCSOLÓDÓ KIBOCSÁTÁSI SZINTEK

1. Bevezetés, az egyes technológiák ismertetése

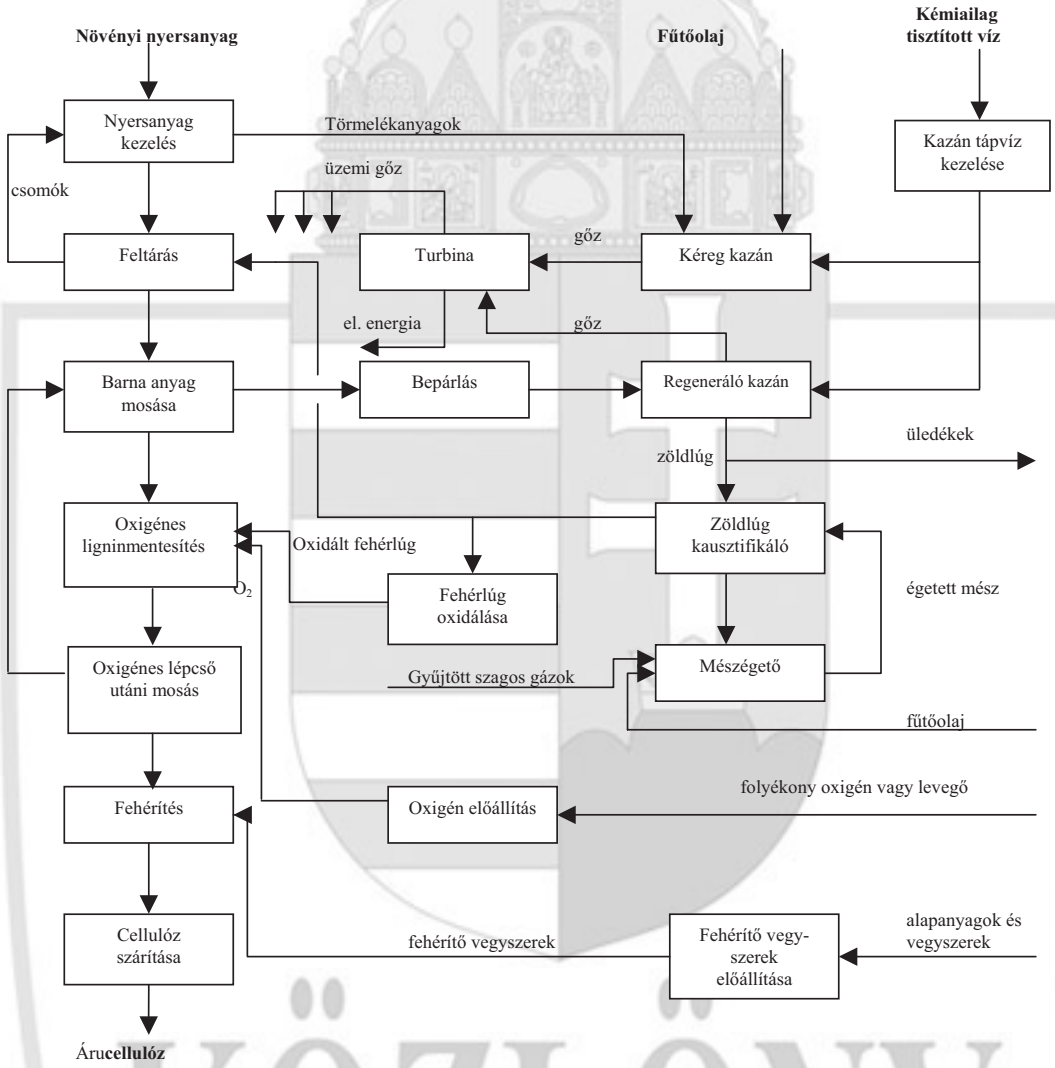
Magyarországon az európai gyakorlattal ellentétben a természeti adottságok illetve a papíripar szerkezete miatt és elsősorban környezetvédelmi, valamint gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve alapanyaggyártás nem, vagy csak részben létezik. Egyetlen egy viszonylag kis kapacitású cellulózgyár üzemel, melynek nyersanyagbázisa egynyári növények, elsősorban gabonaszalma.
Papírgyártás az író-nyomó szektorban valamint a csomagolópapír szektorban számottevő. Kisebb mennyiségben folyik egészségügyi (tissue) papírok gyártása.
Az alábbi fejezetekben részletesen ismertetjük a magyarországi papírgyártásban alkalmazott technológiákat, ahol lehetett összehasonlítva az európai gyakorlattal. Megadjuk a magyarországi kibocsátási szinteket, illetve azok megfelelőségét a BAT-tal. Foglalkozunk továbbá az újonnan kifejlesztett technikákkal is.

2.A Fa, szalma, illetve egyéb egynyári növények feltárása szulfátos eljárással

A cellulózgyártás technológiai szempontból több csoportra osztható, ezek a feltárófolyadék kémhatása alapján különböznek egymástól. Ezek szerint megkülönböztethető lúgos, semleges és savas közegű feltárás. Az utóbbi időben világviszonylatban a legnagyobb mértékben a lúgos közegű feltárás terjedt el.
A lúgos közegű feltárások a feltáró vegyszer összetétele alapján tovább bontható. Történetileg az első lúgos közegű feltárás a nátron feltárás volt, ahol a feltárófolyadék a nátrium-hidroxid vizes oldata. A nátron eljárás továbbfejlesztett változata a szulfátos eljárás, ahol a NaOH szénhidrát lebontó hatásának tompítására Na_2S-ot alkalmaztak. A Na_2S veszteségek pótlására a vegyszer-regenerálás során Na_2SO_4-ot adagolnak, innen kapta a szulfátos feltárás nevet. Mivel a lúgos közegben végzett feltáráskor kapott cellulóz szilárdsága nagyobb, mint a savas feltárásból származó, ezért az ilyen cellulózt esetenként (elsősorban az idegen nyelvű irodalomban) kraft cellulóznak is nevezik. Újabban a szulfátos eljárás helyett olyan kénmentes eljárást is alkalmaznak, ahol a NaOH káros szénhidrát lebontó hatását katalizátorokkal tompítják. Katalizátorként antrakinont alkalmaznak, az ilyen feltárást lúgos-antrakinonos eljárásnak nevezik.
A szulfátos, vagy kraft eljárás a világ cellulóztermelésének kb. 80%-ában használt kémiai feltárási módszer. A kémiai feltárási folyamatban a rostok a növényi mátrixból felszabadulnak, mivel a lignin magas hőmérsékleten a főző vegyszerbe beoldódik. A hemicellulózok egy része szintén oldatba megy a feltárás folyamán. A szulfátos eljárásban az aktív feltárási folyadék (fehér lúg) nátrium-hidroxid (NaOH) és nátrium-szulfid (Na_2S) tartalmú. Mivel nagy mennyiségű nátrium-hidroxidot használnak, a feltárás kezdetén a pH 13 és 14 között van (lúgos feltárási eljárás). A pH a feltárás folyamán fokozatosan csökken a ligninből és a szénhidrátokból felszabaduló szerves savak hatására.
A feltárási lépcsőben előforduló kémiai reakciók következtében a visszamaradó ligninen kromofor-csoportok keletkeznek, amely miatt a cellulózrost színe sötétebb lesz, mint a kiindulási növényi nyersanyagé.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A 2.1. ábra a szulfátcellulóz-üzemben végbemenő folyamatokat szemlélteti:



2.1. ábra: A szulfátcellulóz-gyárban végbemenő folyamatok áttekintése

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A lúgos közegű cellulózgyártás négy fő részre tagolódik: nyersanyag előkészítés, kémiai rostosítás (ligninmentesítés), amihez egy teljesen zárt vegyszer és energia visszanyerési rendszer csatlakozik, egy nyitott vízrendszerrel üzemelő fehérítés, és a külső szennyvíz-kezelő rendszer. Egy másik hagyományosabb felosztási rendszer: rostvonal, regeneráló rendszer és külső szennyvíz-kezelő rendszer. Néhány segédrendszer, mint például az osztályozási maradék kezelése, a fehérítő vegyszer előállító rendszer, a segéd erőmű-rendszer (gőz és elektromos energia) csatlakozik a fő részlegekhez.

Feltárás és ligninmentesítés

A lúgos eljárásokban a rostok a főzőüzemben válnak szabaddá azáltal, hogy a lignin és a hemicellulózok egy része feloldódik a kémiai főzőfolyadékban (fehérlúg), amely aktív vegyianyagként nátrium-hidroxidot tartalmaz. Ha a végtermék fehérítetlen cellulóz, a főzés az egyedüli ligninmentesítési lépcső.

A főzési, feltárási folyamat megvalósítható szakaszos főzőben, vagy folyamatos főzőkben. Ha szakaszos feltárást alkalmazunk, akkor az aprított növényi nyersanyagot (faapríték, szecska) és a feltáró-folyadékot a szakaszos főzőbe adagoljuk, ahol a feltárást magas hőmérsékleten, nyomás alatt végzik. A szulfátcellulóz gyenge fehéríthetősége és a fehérítés okozta szennyezés miatt néhány olyan módosítást fejlesztettek ki, aminek segítségével a növényi nyersanyagból a hozam csökkenése nélkül több lignint lehet eltávolítani.

Mosás és osztályozás

A főzőből kikerülő cellulózzagy mind a rostokat, mind az elhasznált feltáró folyadékot (feketelúg) együtt tartalmazza. A növényi nyersanyagnak kb. fele oldatba megy a feltárás során. Ennek megfelelően a feketelúg szervetlen anyagokat és nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmaz. Az oldott szerves anyagot a használt feltáró vegyszerrel együtt a barna-anyag mosási lépcsőben távolítják el a cellulózrostok mellől. A korszerű rendszerekben általában a főzőbe adagolt vegyszernek legalább 99%-át visszanyerik. A mosást különböző típusú mosóberendezésekben hajtják végre, ezek a vákuum mosódobok, mosó prések, diffuzorok vagy szitás mosók. A hatékony mosás csökkenti a feketelúg átvitelét a rosttal, ami csökkenti a vegyszerfelhasználást a fehérítéskor, és csökkenti a szennyezőanyag kibocsátást a fehérítő üzemben. A hatékony mosás csökkenti továbbá a vegyszer felhasználást az oxigénes ligninmentesítési lépcsőben. A mosóprések és diffuzor típusú mosók különösen hatékonyak a szervesanyag eltávolításkor, ez az egyik oka, hogy a mosóprés miért terjedt el széles körben, különösen a fehérítés előtti utolsó mosási lépcsőben.

A további műveletek alatt a rostot nyomás alatti osztályozókkal, vagy centriklínerekkel osztályozzák. Az osztályozás célja a csomók és rostkötegek különválasztása a fő rostáramtól vibrációs osztályozóval, nyomás alatti osztályozókon való átszűréssel, és különböző fajtömegű részecskék és a cellulózrost centrifugális szétválasztásával. Az osztályozási maradék (reject) további hulladék-anyagáramot jelent, amivel foglalkozni kell.

Hagyományos feltárás és oxigénes ligninmentesítés után a puhafákra általában 18-22-as Kappa-szám (a cellulózban található maradék lignin mennyiségét jelző mutató), míg a keményfákra, illetve egynyári növényekre 13-15-ös Kappa-szám érhető el nyújtott ligninmentesítés nélkül (CEPI, 1996).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Fehérítés

A kémiai cellulóz fehérítésének célja a fehérség, a fehérség állandósága, a tisztaság és a szilárdság tekintetében megfelelő kívánalmakat elérő minőség biztosítása. A fehérítetlen lúgos cellulózok fehérsége általában alacsony, ISO szerint mérve kevesebb mint 30%, míg a teljes mértékben fehérített cellulóz fehérsége ISO szerint mérve 88%, vagy ennél is több. A feltárás és az oxigénes ligninmentesítés során nem lehet az összes lignint eltávolítani, a fenti fehérség eléréséhez a cellulózrostban lévő lignin és szennyezőanyagok további eltávolítása szükséges. A fehérítés utáni Kappa-szám 1 alatt kell legyen (CEPI, 1996).

Amíg a ligninmentesítés zárt vízrendszerben megvalósítható, addig a fehérítőüzemben a szennyvizet külső tisztításra kell bocsátani. A fehérítőüzemből kibocsátott szennyvizet nem egykönnyen lehet visszaáramoltatni a regeneráló rendszerbe, mivel az megnöveli a kloridok és egyéb nemkívánatos szervetlen alkotók feldúsulását, ez a regeneráló rendszerben korróziós, lerakódási és egyéb problémát okoz.

A lúgos cellulózok fehérítését több, általában 4-5 lépcsőben végzik. A leggyakrabban használt vegyianyagok: a klór-dioxid, az oxigén, az ózon és a hidrogén-peroxid. Újabban a per-ecetsav is kereskedelmileg rendelkezésre áll, mint fehérítő vegyszer.
A klór és a hipoklorit az elsődleges fehérítő vegyszerek közül újabban kiszorult. Bizonyos kis mennyiségű klór keletkezik a legtöbb iparilag használt klór-dioxid előállító rendszerben és így a klór egy része bekerül a rendszerbe, amikor a klór-dioxidot a fehérítésben alkalmazzák. A peroxidot és a lúgot máshonnan szállítják az üzembe.
A peroxidos fehérítés viszonylag lassú és hosszú reakció időt igényel, valamint nagy a reaktor térfogata, illetve megnövelt rostkoncentráció szükséges. Ha szükséges, a hidrogén-peroxid bomlásának megakadályozására a fémionokat a rendszerből el kell távolítani komplexképző anyagok (EDTA, vagy DTPA), illetve savas mosás alkalmazásával.
A fehérítés előtt néhány üzemben 1991 óta enzimes kezelést alkalmaznak. Ez különböző fehérítési rendszerekkel kombinálható a felhasznált vegyszerek hatékonyságának növelésére, de általában az enzimes kezelés a hozam kisebb mértékű csökkenését okozza.
A fehérítő üzem különböző fehérítő vegyszereket alkalmazó fehérítési lépcsők sorozatából áll össze. Minden fehérítési lépcső tartalmazza az alábbiakat:

- berendezés a rost és a fehérítő vegyszer összekeverésére,
- fehérítő reaktor (felfelé vagy lefelé áramló tornyokkal), amelyeket úgy terveztek, hogy biztosítsa a megfelelő tartózkodási időt a reakció lefolyásához,
- mosóberendezés az elhasznált vegyszerek, az eltávolított lignin, vagy egyéb oldott anyagoknak a cellulózrosttól való eltávolítására (mosódob vagy diffúziós mosás)

Az egyes fehérítési lépcsőket az alkalmazott fehérítő vegyszer rövidítésével jelölik:

Q – savas lépcső, ahol komplexképző anyagot (EDTA vagy DTPA) használnak a fémionok eltávolítására,
Z – ózon, gázalakú ózon (O_3) alkalmazásával,
P – lúgos lépcső peroxid tartalmú folyadék alkalmazásával (H_2O_2),
D – klór-dioxidos lépcső klór-dioxid vizes oldatának alkalmazásával,
E – extrakciós lépcső nátrium-hidroxid (NaOH) alkalmazásával,
E/O – extrakciós lépcső NaOH használatával, gáz alakú oxigén, mint erősítő anyag adagolásával,
E/P – extrakciós lépcső NaOH, és erősítő anyagként hidrogén-peroxid adagolással.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Napjainkban az oxigénes ligninmentesítés egyre elterjedtebb ligninmentesítési lépcsővé vált, amelyet D-E-D-E-D, D-E-D-D, D-EOP-D-E-D, vagy QP-DG-PO fehérítési lépcsők követnek. Néhány üzem megfelelően a piac igényeinek, teljesen klórmentes (TCF) cellulózrost előállítása érdekében módosította a fehérítési technológiát. Napjainkban a TCF technológia bevált technológiának tekinthető. Számos üzem képes ECF vagy TCF rostot előállítani. Újabb fehérítési sorrendeket fejlesztettek és fejlesztenek ki napjainkban, mint pl. Q-E/P-E-P, Q-Z-P-E-P, OP-ZQ-PO vagy OPQPO (CEPI, 1997)
A használatban lévő két fajta fehérítési eljárás az ún. ECF (elemi klór mentes) és a TCF (teljesen klór mentes) fehérítés. Az ECF eljárásban klór-dioxidot, az oldott lignin eltávolításra lúgot, az extrakciós lépcsők erősítésére hidrogén-peroxidot és oxigént alkalmazunk. A TCF fehérítésben oxigén, ózon, vagy per-ecetsav és lúgos peroxid használatos a lignin kivonására. A kitermelés és a rostminőség szempontjából a szelektivitás igen fontos tényező, mivel a jó szelektivitás azt jelenti, hogy a fehérítő vegyszerek a ligninnel reagálnak elsősorban. A klórdioxid és a klór a legszelektívebb fehérítő vegyszer, és a szelektivitás a fehérítési lépcsőben jobb, mint a feltárásban és az oxigénes ligninmentesítésben.

A fehérített rost osztályozása
A fehérítés után a rostot általában finom-osztályozásnak vetik alá. A másodlagos osztályozáshoz olyan típusú berendezéseket használnak, mint a fehérítetlen rost osztályozásához.

Szárítás
Az integrált cellulóz- és papírgyárakban a cellulózt a papírgyárba nedves állapotban (kb. 4%-os anyagsűrűséggel) juttatják át, és a rostokkal együtt átjuttatott víz az üzem teljes vízmérlegében szerepel, annak egy részét képezi. A nem integrált cellulózgyárban, ahol a cellulózrostot nem ugyanazon a helyen használják fel a papír előállítására, a cellulózrostot először préselik, majd a szállítás előtt kiszárítják. A szárítógép hasonló, de egyszerűbb szitaszakaszt tartalmaz, mint a papírgép. A víztelenítési lépcső után a gép szárítószakaszán a cellulózrostot gőzzel szárítják ki. Vágás után a cellulóz lapokból a szállításhoz bálákat képeznek.

Vegyszer és energia visszanyerő rendszer
A lúgos közegű cellulózgyárakban lévő visszanyerő-regeneráló rendszer három funkciót lát el:

- a szervetlen feltáró vegyszerek visszanyerése,
- az oldott szerves anyagok elbontása és az energiatartalmuk visszanyerése gőz és elektromos energia formájában,
- a hasznos szerves melléktermékek kinyerése.

A visszanyert feketelúg energiatartalma általában elegendő arra, hogy a szulfátcellulóz-üzem hő- és elektromos energia szempontjából több, mint önellátó legyen. A szerves melléktermékek általában a legtöbb cellulóz-gyárban korlátozott gazdasági jelentőséggel rendelkeznek.
A vegyszer-regeneráló üzem fő részei a következők: a feketelúg és az ellenáramú mosáskor keletkező híg lúg bepárlása, a bepárolt lúgok elégetése a vegyszer-regeneráló kazánban, a keletkező ömledék oldása, a zöldlúg kausztifikálása, és – ahol lehet – a mész regenerálása.
A rostanyag mosása után a feketelúg oldott szárazanyag-tartalma 14-18%, amit jelentősen növelni kell, mielőtt a folyadékot el lehetne égetni. A folyadékot többlépcsős bepárló üzemben 65-75% szárazanyag-tartalomig párolják be, de ahogy a szárazanyag-tartalom növekszik, a feketelúg viszkozitása is növekszik, és a folyadék már nem szivattyúzható. Légköri nyomáson a szárazanyag-tartalom felső határa 72-74%, de létezik két különböző elv a probléma elkerülésére:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

– nyomás alatt kell tartani a folyadékot, amikor is a nagyobb folyadék hőmérséklet csökkenti a viszkozitást,
– vagy egy termikus depolimerizációs folyamat segítségével meg kell változtatni a folyadék reológiáját.

A regeneráló kazánból kikerülő ömledéket vízben, vagy gyenge lúgban oldjuk, amikor is ún. „zöldlúg" keletkezik. A zöldlúgot tisztítják, majd mésszel kausztifikálják, ennek során a nátrium-karbonát nátrium-hidroxiddá alakul át, ezzel a feltáráshoz szükséges fehérlúgot szolgáltatva. A hamu maradéka és egyéb szennyezőanyagok a zöldlúg üledéke formájában távolíthatók el a folyamatból. A kalcium-karbonát mésziszapot, ami a kausztifikáláskor keletkezik, elválasztják a fehérlúgtól és mossák, majd mészégető kemencében kalcinálják. A mészégető kemence a klasszikus cementégető kemencéhez hasonló kialakítású.

Magyarországon, ahol szalmacellulóz előállítás folyik, a szalmában lévő nagy mennyiségű szilícium-dioxid tartalom miatt a regeneráláskor keletkező mésziszapot nem égetik ki, hanem a SiO_2-t a rendszerből a mésziszappal együtt eltávolítják. Egyébként a kalcinálás egy magas hőmérsékleten lezajló endoterm folyamat, ami fűtőanyag betáplálását igényli.

A fehérítő vegyszerek helyszíni előállítása

A fehérítéshez legáltalánosabban használt vegyianyagok: a klór-dioxid, az oxigén, az ózon és a peroxid. A klór-dioxidot és az ózont a helyszínen kell előállítani. A peroxid, az oxigén és a lúg az üzembe máshonnan is szállítható.

Klór-dioxid

A klór-dioxidot a helyszínen kell előállítani, mivel ez nem stabil gáz, amit csak kb. 1%-os töménységű vizes oldatként lehet tárolni. A klór-dioxid gáz stabil a tipikus fehérítési hőmérsékleten, 40-70 ^{o}C között, ha legalább öt másodpercig a gáz parciális nyomását 100 Hgmm alatt tartjuk. Amennyiben az oldat egyszer abszorbeálta a klór-dioxidot, az +5 ^{o}C alatt sötétben néhány hónapig úgy tárolható, hogy nem igényel helyet a gáznemű anyagnak. A gáznemű klór-dioxid klórrá és oxigénné bomlik, és ez a bomlás 300 Hgmm parciális nyomáson, vagy afelett robbanásszerűen megy végbe.

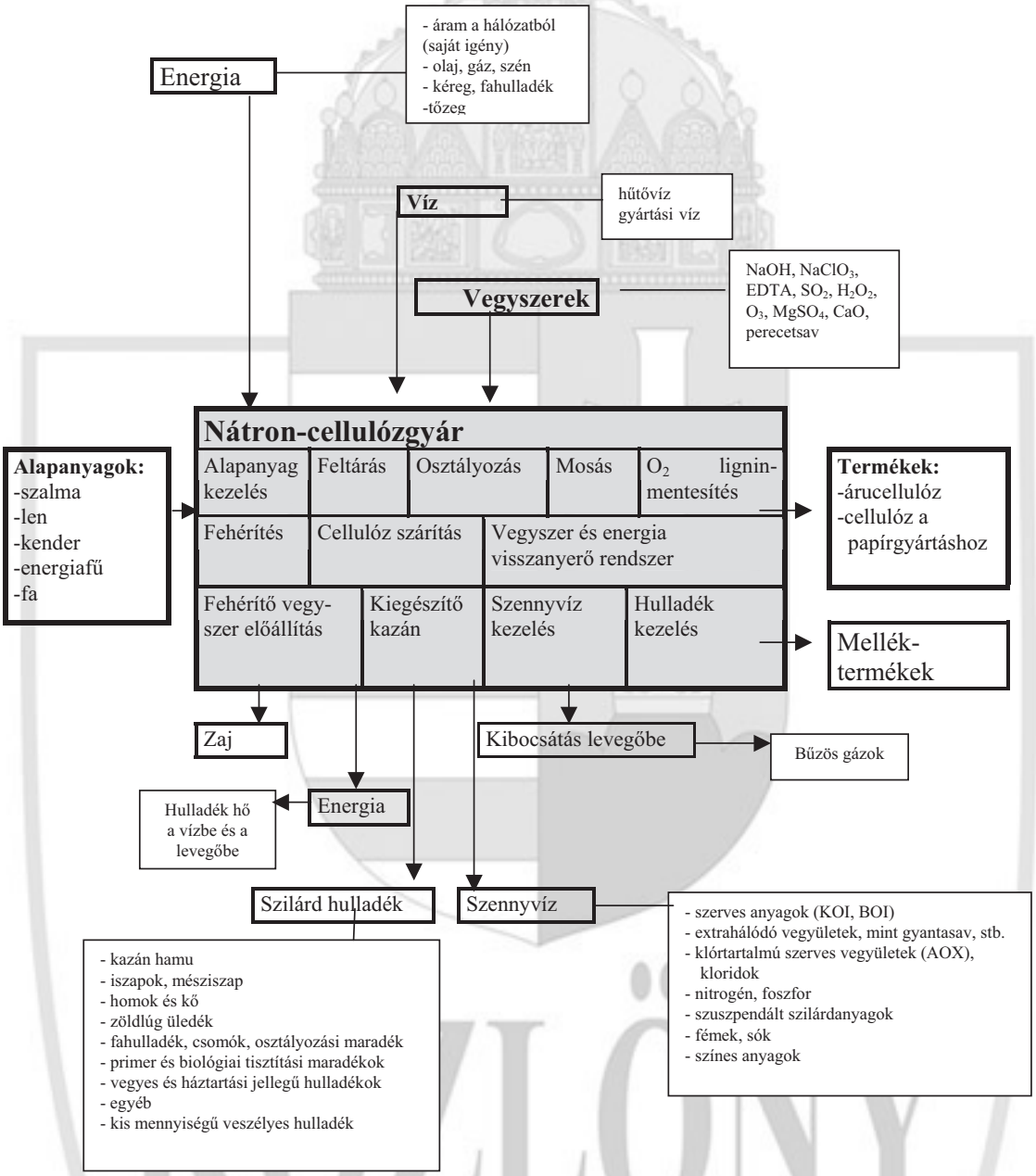
Számos reakció ismeretes a klór-dioxid előállítására, és néhány eljárásban 1 tonna klór-dioxidra számítva 0,7 t klór keletkezik melléktermékként, míg más esetben csak igen kevés klór keletkezik. A cellulóz- és papíriparban a klór-dioxidot a ClO_3^- klorát-ion savas közegű redukciójával állítják elő.

A cellulózgyár jelenlegi kibocsátási és fogyasztási szintjei

A bemenetek/kimenetek áttekintése

A cellulózgyártás folyamatában a nyersanyag és energia bemenetek, valamint a termék és melléktermék kimenetek, valamint a fő kibocsátások (emissziók, hulladékok stb.) a 2.2. ábrán láthatók.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.2. ábra: Egy szulfátcellulóz-gyár anyagáramának áttekintése

Néhány anyag jelenléte a fehérítés és ligninmentesítés módjától függ.

A cellulózgyártással kapcsolatos megfelelő szekciók tartalmazzák az egyedi műveleti lépcsők speciális fogyasztási, valamint kibocsátási szintjeit.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gyártási egységekből eredő fogyasztási és kibocsátási értékek

A lúgos közegű cellulózgyártási folyamatban a szennyvíz kibocsátás és a bűzös gázokkal való levegőszennyezés az elsődleges szennyezőforrás, bár a következő években a szilárd hulladék is fontossá válik környezetvédelmi szempontból. A nyersanyagok legfontosabb felhasználása és a vízbe, a levegőbe és a talajba való (szilárd hulladék) kibocsátás, valamint az energia felhasználás az alábbiakban kerül tárgyalásra, érintve a következő területeket:

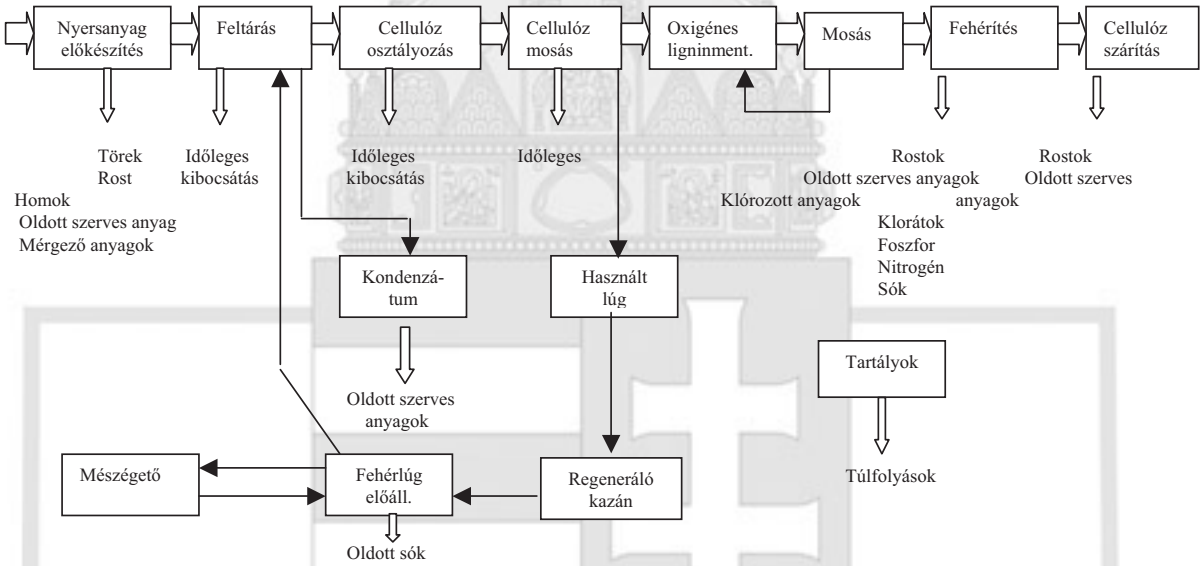
- a nyersanyag felhasználás
- víz felhasználás és a különböző gyártási lépcsők szennyvíz kibocsátása
- a nyersanyag kezelése
- a bepárlóból származó kondenzátumok
- szivárgások
- mosási veszteségek
- fehérítés
- tápanyag kibocsátás
- fémek kibocsátása
- kibocsátás az atmoszférába
    - a regeneráló kazánból
    - a mészégető kemencéből
    - a segéd kazánból
- bűzös gázok
- klórvegyületek a fehérítőből és a fehérítő vegyszert előállító üzemből
- szilárd hulladék keletkezése
- vegyianyag felhasználás
- energia felhasználás
- zajártalom

Ahol van a kibocsátási adat a szennyvíz, a levegő- és talajszennyezés formájában történő kibocsátásra, azt a külső kezelés előtt és után is megadjuk.

Víz felhasználás és a keletkező hulladékok az egyes technológiai lépcsőkben

A 2.3. ábra a fehérítő üzemet is tartalmazó nátroncellulóz-gyár egyes technológia lépcsőiből származó víz szennyezéseit mutatja. Az ábrán a véletlenszerű túlfolyások, szivárgások is szerepelnek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.3. ábra: Egy szulfátcellulóz-gyár szennyvíz-kibocsátása

A vízbe való kibocsátásban az oxigénfogyasztó szerves anyagok dominálnak, amelyeket KOI (kémiai oxigénigény), vagy BOI (biológiai oxigénigény) alakjában mérünk. A fehérítőüzemi szennyvízben, ha klórtartalmú fehérítő vegyszert alkalmaznak, a szervesen kötött klórt AOX alakban határozzák meg.
A felhasznált víz mennyisége szorosan kapcsolódik az üzemből kibocsátott szennyvíz terheléshez. A szennyezés mértéke a kibocsátás nagyobbik részét kitevő kibocsátást okozó folyamatok elrendezésével és működtetésével, valamint az üzem vízköreivel, azok zártságával van összefüggésben. A szennyvíz fő forrása, valamint a szennyezőanyag-tartalom a következőkben kerül tárgyalásra.

A főzésből és bepárlásból származó kondenzátumok
A kondenzátumok a főzőből származó gőzök, valamint a bepárló üzemi gőzök lecsapódásából keletkeznek. Összesen mintegy 8-10 m^3/t termék kondenzátum keletkezik, amelynek KOI terhelése 20-30 kg/t, BOI_5 terhelése 7-10 kg/t. A KOI forrása főleg metanol (5-10 kg/t), bizonyos mennyiségű etanol, 1-2 kg terpentin és szervetlen nitrogén vegyület. A piszkos kondenzátum ketonokat, terpéneket, fenolos jellegű anyagokat, gyanta- és zsírsavakat, különböző oldott gázokat tartalmaz. A cellulózüzem nitrogén kibocsátásának nagyobb része a kondenzátumban van.
1 m^3 kondenzát/t cellulóz kb. 10-20 kg/m^3 KOI-t tartalmaz. A lombosfa-cellulóz kondenzátumában ez az érték magasabb mint a puhafák esetében.
Ezeket az erős kondenzátumokat általában a stripperben kezelik, ahol a legtöbb vegyület eltávolításának hatékonysága a pH-től függően több mint 90%. A tisztító rendszer (stripper) általában eltávolítja a bűzös gázokat (TRS) és ezzel egy időben a KOI-t okozó anyagokat is.
Általában 7-9 m^3 gyenge kondenzátum keletkezik, amelynek a KOI értéke 0,5-2 kg/m^3 és összesen 8-12 kg/t cellulóz KOI-t tartalmaz. Ezek a kondenzátumok fémet nem tartalmaznak és

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

gyakorlatilag alkalmasak a fehérítő üzemben való mosásra, ha a folyamat ezen részében a vízkör zárását akarjuk megvalósítani.

A különböző folyamat egységekből származó elfolyások
A rost és a feketelúg elfolyások a főzőüzemben, az osztályozó üzemben és a mosás során keletkeznek. Elfolyás keletkezhet a bepárló üzemben és a tárolótartályoknál is. A fehérlúg, a gyenge lúg, mész stb. elfolyás a kausztifikálás során fordulhat elő. A legtöbb elfolyás összegyűjthető és visszanyerhető, ha megfelelő puffer kapacitást és megfelelő eljárást alkalmazunk. A mechanikai berendezések, pl. szivattyúk esetében előforduló szivárgás jól megválasztott tömítésekkel korlátozhatók.

Feketelúg maradék (mosási veszteség) a fehérítetlen cellulóz kezelésekor
A kémiai cellulóz feltárásban a cellulózmosás hatékonyságát a lehető legtöbb feltáró vegyszer és oldott szerves-anyag visszanyerése határozza meg. Az utolsó lépcsőben nyomás alatti mosást alkalmazva a 6-10 m^3/t rost vízfelhasználás 2-3 m^3/t-ra csökkenthető, és ezzel növelhető a regeneráló kazánban elégetendő vegyszerek és szennyezőanyagok mennyisége. A cellulózrostban maradó szennyezőanyag kevesebb, mint ami az anyagmérlegből várható.
A mosás hatékonysága nem 100%-os, és így bizonyos mennyiségű vegyszer, illetve szennyezőanyag a rosttal együtt átkerül a fehérítési lépcsőbe, ahol fehérítő vegyszert fogyaszt, és a szennyvízbe kerül. Szabványos módszerek állnak rendelkezésre ezen átvitel mérésére, amelyet gyakran „mosási veszteségnek” neveznek, és kg nátrium-szulfát/tonna cellulóz formában jellemzik. Mivel ez a vegyszerveszteség a folyamat és a környezetvédelem szempontjaiból kevésbé fontos, a mosási veszteségeket újabban KOI értékben mérik. Jelenleg a mosási veszteség tűlevelű fafajok esetében 5-10 kg KOI/tonna cellulóz, lombosfák esetében 7-12 kg KOI/tonna cellulóz.

Kibocsátások a fehérítőüzemből
A fehérítőüzem a szennyezőanyag kibocsátás legfontosabb helye a cellulózgyárban. Ha a fehérítőüzem teljesen, vagy részben zárt vízrendszerrel működik, ez lényegesen csökkenti a szerves-anyagok, fémek és tápanyagok vízbe való kibocsátását. A fehérítőüzem tipikus szennyvíz-kibocsátása 20-40 m^3 víz/tonna cellulózrost. Számos gyárban megpróbálták a vízkör-zárás mértékének fokozását a fehérítőüzemben a víz mennyiség csökkentésével. A fehérítőüzemek részleges vízkör-zárását újabban mind az ECF, mind a TCF üzemekben megvalósították. Összehasonlítva a nyitott vízrendszerű fehérítő üzemekkel a KOI csökkenés 25-50%, és a vízáram még ennél is nagyobb mértékben, az általában elérhető 25 m^3/t rost helyett 5-10 m^3/t rost értékre csökkent.

Klórozott szerves vegyületek (AOX)
Sok év óta a cellulóz-és papíriparban dúló nyilvános vita a szervesen kötött klórvegyületek kibocsátására összpontosított. A klórozott vegyszerek hatásának különböző érzékelése a közönség által környezeti nyomást gyakorolt a cellulózgyárakra, így megváltozott a gyárak piaci elképzelése, és megszüntették a molekuláris klór használatát a cellulózrost fehérítéséhez. Ez azt jelenti, hogy a klórozott dioxin és dibenzo-furánok keletkezése jelentősen csökkent, és a maradék klórozott termékeknél a klórozottság mértéke is csökkent. Ezzel egy időben a keletkezett AOX vegyületek összetétele is változott a cellulóz üzemek AOX kibocsátásának csökkenésével párhuzamosan. Például a benzol gyűrűn 3-5 klórozott fenolos termékek – melyek nehezebben lebonthatók, és így mérgezőbbek – mennyisége jelentős mértékben 1 g/t cellulóz alá csökkent. Az utóbbi években a piaci elvárásokat követve néhány üzem teljesen felhagyott a klórtartalmú fehérítőszerek használatával, összekapcsolva az oxigénes ligninmentesítést az

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

ózonos és/vagy a peroxidos lépcsőkkel. Az alacsonyabb Kappa-számmal a fehérítőüzembe kerülő cellulóz kevesebb fehérítővegyszert igényel. Például, ha a Kappa-szám kevesebb, mint 10, az aktív klórban számolt klór-dioxid mennyisége a tűlevelű fák esetében 30 kg/t rostban limitálható, ami kb. 6 kg kloridnak felel meg. További 1 kg klorid a fával együtt jut a rendszerbe. A klórtartalmú fehérítőszerek használatával a fehérítő lépcsők szennyvizeiben megjelenő klorid az oka annak, hogy a fehérítő üzemekben a víz nem használható újra. Ez a kloridtartalom okozza a berendezések korrózióját, ha a kloridot nem tudjuk a szennyvízből eltávolítani.

A kezelés előtti kibocsátások összegzése

A szerves anyagok kibocsátása
A különböző gyártási folyamatokban az elsődleges kezelés után kibocsátásra kerülő szerves anyagok mennyiségét és a teljes terhelést a 2.1. táblázat összegzi.

Folyamat lépcső	**KOI kg/absz. száraz t**
Nyersanyag előkészítés	1-10
Kondenzátumok	2-8
Túlfolyások	2-10
Mosási veszteség	6-12
Fehérítés	15-65
Gyári összes	**31-105**

2.1. táblázat. A szerves vegyületek kibocsátása a szulfátcellulóz-gyárból a külső kezelés előtt

A tűlevelű- és a lombos fák közötti különbség csekély, és míg az alábbi értékek az egyes részfolyamatokra nem folyamatosan mért értékek, addig a teljes értékek a rendelkezésre álló éves átlagok és a folyamatos mintavétel alapján lettek felvéve (OSPAR, 1994) (Finn BAT beszámoló, 1996) [CEPI 97]. Jelenleg a legalacsonyabb összes kibocsátás az elsődleges kezelés után fehérített fenyőcellulóz gyártása esetén 25-30 kg KOI/t cellulóz. Egy portugál eukaliptusz cellulózt gyártó üzemben (lombosfa) 1997-ben 17,3 kg KOI, míg 1998-ban 21,7 kg KOI/tonna cellulóz éves átlagértéket értek el az egyedüli elsődleges kezelés után.

A külső vízkezelés utáni kibocsátás összegzése
A jelenlegi minimális külső szennyvíz-kezelés a cellulózgyári elfolyó vizek kezelésére az ülepítés, de a szekunder biológiai tisztítás is általánosan használt eljárás. Az alábbi adatok mutatják az ülepítés és a biológiai kezelési változatok hatékonyságát a kraftcellulóz-gyári szennyvizek tisztításakor a %-os csökkentést bemutatva. A legújabb üzemekben a csökkentési adatok az adott tartomány felső részén foglalnak helyet. A levegőztető tavak módosíthatják a szennyvízben lévő iszap visszanyerését. Ebben az esetben a kezelés hatékonysága eléri az eleveniszapos üzemekben mért hatékonyságot.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Csökkenés mértéke	BOI_5, %	KOI, %	AOX, %	P, %	N, %
Levegőztető csatorna	40-85	30-60	20-45	0-15	0
Aktív iszap	85-98	40-70	40-65	40-85	20-50

2.2. táblázat: A szennyezők százalékos csökkenése a kémiai cellulózüzem szennyvíz-kezelő részlegében (OSPAR 1994) (Finn BAT jelentés, 1996)

Az eleveniszappal szemben más komplettebb, és kevésbé költséges eljárások is léteznek. Az ilyen berendezésekkel szerzett tapasztalatok korlátozottak, de az eleveniszaphoz hasonló csökkenést mutatnak.
A 2.3. táblázatban találhatók az EU országokban működő szulfátcellulóz-üzemek vízbe történő jelenlegi kibocsátásai tartományai.

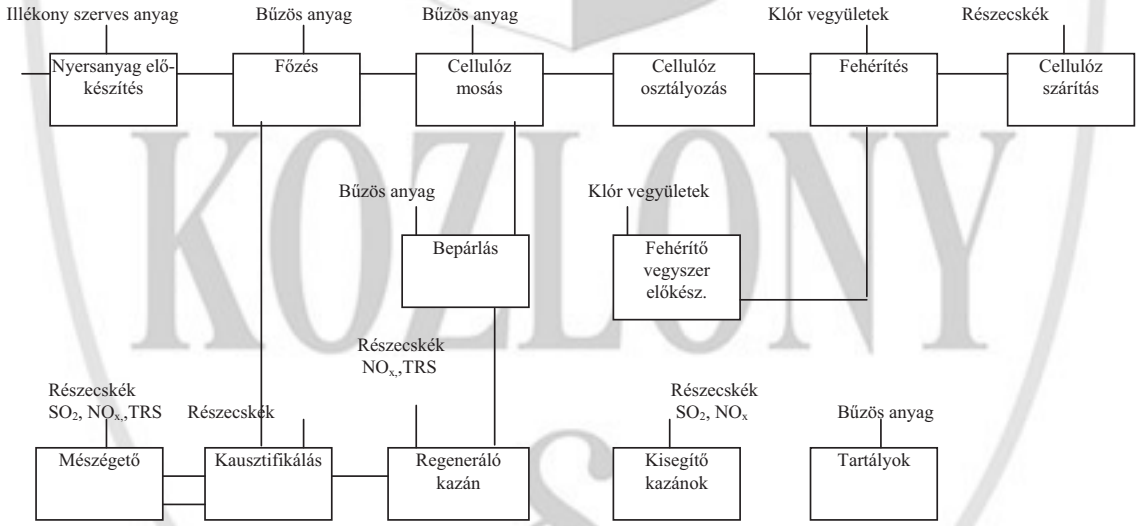
	Víz m^3/t	BOI_5 kg/t	KOI kg/t	AOX kg/t	Össz. szárazanyag kg/t	Össz. N kg/t	Össz. P kg/t
Fehérítetlen cellulóz	20-80	1-20	7-50	---	0,2-15	0,1-1	3-40
Fehérített cellulóz	30-110[1)]	0,2-40	4-90[2)]	0-2	0,2-10	0,1-0,8	5-90

Megjegyzések:
1) Az érték 50 m^3/t alatti,a megadott értékekben a hűtővíz is benne van
2) Zöldmezős beruházás, 4 kg KOI/t átlagos évi kibocsátással

2.3. táblázat. Az EU-ban lévő cellulózüzemek éves átlagos kibocsátási tartományai

Kibocsátások a levegőbe

A lúgos cellulózgyártáskor a levegőbe kerülő szennyezőanyagok áttekintését mutatja a 2.4. ábra:



2.4. ábra: Levegőbe való szennyezőanyag kibocsátás a cellulóz gyártásakor

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szulfátcellulóz-gyárból származó levegőszennyezések az alábbi helyekről származnak: aprítéktárolás, feltáró berendezések, cellulózrost mosás, fehérítőüzem, fehérítő vegyszer gyártó részleg, vegyszervisszanyerés, bepárló részleg, kéregégető kemence, regeneráló kazán, fehérlúg készítő üzem, szénégető kamra, tárolótartályok, cellulózrost szárítás (csak a kereskedelmi rost esetében). A kemencékből nitrogén-oxidok kerülnek kibocsátásra, továbbá kisebb mennyiségben por is távozik hamu formájában. A fehérítő üzemekből és a fehérítő vegyszert előállító üzemekből klórvegyületek is szivároghatnak a levegőbe. Illó szerves vegyületek (VOC), főleg terpének juthatnak a levegőbe a szabadban tárolt aprítékhalmokból. Az aprítékhalomból a levegőbe kerülő VOC-kibocsátás más egyéb tényezők mellett függ az aprítékdarabolás időtartalmától és hőmérsékletétől, valamint a fa fajtájától. A közvetlenül a levegőbe kerülő szennyeződés fő forrásait részletesen tárgyaljuk.

A regeneráló kazánból származó levegő-szennyezés

A szulfátcellulóz-gyárban a regeneráló kazán a fő levegőszennyezés forrás. A kibocsátással főleg szilárd részecskék (főleg nátrium-szulfát és nátrium-karbonát), valamint nitrózus gőzök és kellemetlen szagú vegyületek (kén-hidrogén) is kerülhetnek a levegőbe.
A regeneráló kazánból a levegőbe kerülő tipikus kibocsátásokat a 2.4. táblázat mutatja. A gázáram általában 6000-9000 m^3/t cellulóz, míg a termelt gőz mennyisége 13 és 18 GJ/t cellulóz közé esik. A fenyőcellulóz alacsonyabb hozama miatt ez az érték a fenyőcellulóz esetében nagyobb, mint a lombosfa cellulóz esetében. A rendszer zárása szintén nagyobb energiatermelést eredményez.

Nitrogén-oxidok (NO_2 formában)	100-260 50-80 0,6-1,8	mg/m^3 mg/MJ kg/absz. száraz t
Szilárd részecskék - elektrosztatikus leválasztó után	 10-200 0,1-1,8	 mg/m^3 kg/absz. száraz t

2.4. táblázat: A szulfátcellulóz-gyár regeneráló kazánjából származó kibocsátások kg/t cellulózban, 6000-9000 m^3/t gázáram esetén.

Az általános megfigyelés az, hogy még a kibocsátási értékek általános értékelése alatt is, minden egyes regeneráló kazán esetében meg kell keresni az egyedi optimális feltételeket.
Az NO_x keletkezése a regeneráló kazánban a feketelúg nitrogéntartalmától és az égetés során fennálló oxigénfeleslegtől függ. Az egységnyi MJ-lal a levegőbe jutó NO_x keletkezés általában viszonylag alacsony, mivel a hatékony regeneráláshoz viszonylag alacsony oxigén koncentráció szükséges és az NO_x kibocsátás általában 1 és 2 kg/t rost között van.
A felesleg oxigén 1,5%-tól 2,5%-ra való növelése kb. 20%-kal növeli az NO_x koncentrációt, hasonlóban a szárazanyag 65%-tól 75%-ra való növelése az NO_x koncentrációt kb. 20%-kal növelheti. A lombosfa feketelúgban a nitrogén koncentráció nagyobb, mint a tűlevelű fa feketelúgjában, ami szintén kb. 10% NO_x tartalom növekedését eredményez.
Az NO_x csökkentése a levegő betápláló rendszer módosításával, illetve az égetési feltételek optimalizálásával érhető el. A kibocsátás általában 50 és 80 mg/MJ között van, de az újabb regeneráló kazánokban elérhető a 40 mg/MJ érték, ami jóval 1 kg NO_x/t cellulóz érték alatt van (Mönsteras gyár, Svédország)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A levegőbe történő kibocsátások összegzése a külső kezelés után:
Az illékony szerves vegyületek (VOC) kibocsátása a tárgyalt folyamatok esetében kb. 0,4 kg/t tűlevelű cellulóz és kevesebb, mint 0,1 kg/t lombosfa-cellulóz. Mint ahogy fentebb említettük, bizonyos mennyiségű VOC-kibocsátás tapasztalható az apríték halomból is. Példaként említjük meg, hogy a cellulóz gyártásakor az aprítékból származó VOC kb. 0,2-0,3 mg/m^3 nyersanyag.

Szilárd hulladék keletkezése
A cellulóz gyártásában különböző fajta szilárd hulladékok keletkeznek: szervetlen iszap (üledék és mésziszap) a regeneráló üzemben, iszap a szennyvíz-kezelő üzemben (szervetlen anyag és biológiai iszap), por a gőzfejlesztőkből és kazánokból, osztályozási maradék (elsősorban homok) a növényi nyersanyag előkészítéskor, hamu és egyéb különböző anyagok (pl. építőanyagok). Számos szerves anyag, ami kezelhető anyagnak tekinthető, elégethető energia visszanyerés céljából. Ezek általában a törek- és szalmahulladékok, valamint a vízkezeléskor keletkező iszapok.

Az üledékeket és a mésziszapot a regenerálási ciklusból eltávolítják annak érdekében, hogy az inert és a folyamathoz nem szükséges vegyi anyagok mennyiségét elfogadható szinten tartsák. Ez biztosítja, hogy a vegyszer regenerálási rendszerében nagy reakció sebességet lehessen elérni.

A szennyvíz kezelése után keletkező iszap a potenciális hulladék egyik legnagyobb forrása. Nagy mennyiségű iszap keletkezik az elsődleges kezelés, valamint az eleveniszapos biológiai kezelés során. A levegőztető tavakban, valamint az anaerob kezeléskor csak csekély mennyiségű feles iszap keletkezik. A kémiai flokkuláláskor jelentős mennyiségű iszap keletkezik. A biológiai és kémiai iszap víztelenedési tulajdonságai rosszak.
Az iszapot általában besűrítik, mielőtt víztelenítik a szűrőprésben, csigás présben, vagy egy vákuumszűrőn. Gyakran a biológiai víztisztítás felesleg iszapját a víztelenítés előtt összekeverik az elsődleges iszappal, vagy a kéregtelenítőből származó iszappal. Szervetlen és/vagy szerves vegyianyagokat használnak az iszap víztelenedési tulajdonságainak javítására, vagy pelyhek képzésére. A kevert iszapot szűrőpréssel 20-25%-os, csigáspréssel 40-50%-os szárazanyag-tartalomra tudják kipréselni, az előkezelési lépcsőben gőzt alkalmazva.

Szennyező fajtája	kg szárazanyag/t rostanyag
Szennyvíz-tisztítási iszap	10
Nyersanyag hamuja	9
Egyéb hamuk	14
Rost és máz hulladék	5
Nyersanyag hulladék	6
Veszélyes hulladékok	0,2
Összesen	**43**

2.5. táblázat: Átlagos hulladék képződés a szulfátcellulóz-gyárban

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Zöldlúg-iszap, üledékek és mésziszap
Ezeket a hulladékokat gyakran összekeverik és nagyon nehéz külön-külön értékeket megadni, A teljes mennyiség általában 10 és 60 kg/t cellulóz között van egy kb. 30 kg/t cellulóz átlagértékkel. Az ilyen kevert hulladék összetétele is változik. A Miljö 95/96 tervezet 4.sz. jelentéséből származó átlagadatokat a zöld lúg iszapra számolták ki különböző mésziszap mennyiség esetére.

Mésziszap %	Szárazanyag %	Hamu %	Szervesanyag-tartalom, %	összes N g/kg	Összes P g/kg	Összes S g/kg
<2	45	62	20	0,4	0,6	23
75	59	62	6,5	<0,4	2,8	6,3

2.6. táblázat: A zöldlúg-iszap átlagos összetétele különböző mésziszap mennyiség esetén

Ugyanazon minták esetére vonatkoztatva a fémtartalmat a 2.7. táblázat tartalmazza:

Mésziszap ,%	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sr	Zn
<2	430	16	9,2	75	90	0,07	60	18	330	2300
75	310	11	5,3	85	96	<0,10	29	11	290	1000
Megjegyzés: az összes érték mg/kg szárazanyagra vonatkozik										

2.7 táblázat: A különböző mennyiségű mésziszapot tartalmazó zöldlúg fémion tartalma

A zöldlúg iszapját Svédországban általában egy 30-70% szárazanyag-tartalmú mésziszap réteggel bevont dobszűrőn víztelenítik. Ha centrifugát használnak a szárazanyag-tartalom 8-20%-ot tesz ki. (Miljö 95/96 4.sz. jelentés). Az iszapot általában talajtakarásra használják.

Salak, hamu és aprószemcséjű anyagok (pl. az elektro-filterekből)
A SEPA 4869 dokumentum szerint ezen anyagok mennyisége szulfátcellulóz előállításakor 5 és 45 kg/t cellulóz között változik.

Osztályozási maradék/rost maradék
A SEPA 4869 korlátozott adatai alapján ez az érték 2 és 20 kg/t cellulóz között van.

Biológiai szennyvíz-kezelés iszapja
A levegőztető tavakkal üzemelő szulfátcellulóz-gyárban az iszap mennyisége nagyon kevés, általában kevesebb, mint 1 kg szárazanyag/t cellulóz. Az eleveniszapos biológiai szennyvízkezelőben nagyobb mennyiségű iszap keletkezik.

Vegyszer felhasználás
A vegyszer felhasználás üzemről üzemre változik, és bizonyos mértékig bizalmasan kezelik. A fő vegyszerek felhasználása azonban kg/t cellulóz mértékegységben tipikusnak vehető.

Anyag	Felhasználás fehéríteten cellulózhoz, kg/t	Felhasználás fehérített cellulózhoz, kg/t
NaOH	10-20	25-50
O_2	-	5-25
$NaClO_3$	-	20-50
EDTA	-	0-4
S	-	n.a.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

SO_2	-	2-10
H_2O_2	-	2-30
O_3	-	0-5
$MgSO_4$	-	0-3
CaO	5-10	5-10

2.8. táblázat. A fő vegyianyagok felhasználása kg/t cellulózra vonatkoztatva

Valamennyi vegyianyagot 100%-os hatóanyagúnak és nem kereskedelmi termékként vették figyelembe.

A fentebb említett vegyianyagok alkalmazásának célja az alábbi:
– a $MgSO_4$-et az oxigénes ligninmentesítéskor a rost szilárdságának megőrzésére adagolják, lombosfa esetében 0-2 kg $MgSO_4$/t, tűlevelű fa esetében 2-3 kg $MgSO_4$/t mennyiségben.
– A ligninmentesítéshez felhasznált oxigén 12-15 kg/t lombosfa esetén és 20-25 kg O_2/t tűlevelű fa esetén.
– Az alkáli fogyasztás 12-15 kg NaOH/t lombosfa esetén és 20-25 kg NaOH/t tűlevelű fa esetén (Finn BAT jelentés, 1997).
– az EDTA vagy DTPA kelátképző anyagokat a hidrogén-peroxidos fehérítési lépcsőben a fémionok eltávolítására használják, megakadályozva ezzel a peroxid bomlását.

A kelátképző anyagok kibocsátása a befogadó vízre és a benne élő szervezetekre hatást gyakorolhat. Ezen kívül a kelátképző anyagok nitrogén kibocsátást is okoznak, melynek mennyisége függ a felhasznált kelátképző mennyiségtől.

Energia felhasználás
A hőenergia nagyobb része a különböző folyamatok melegítésére és a víz elpárologtatására fordítódik. A hőenergia a kémiai reakciók gyorsítására, vagy ellenőrzésére is felhasználódik. Az elektromos energia főleg az anyagok szállítására (szivattyúzására) és a papírgép működtetéséhez (csak az integrált cellulózgyárban) kell.
A fehérített szulfátcellulóz előállítására 10-14 GJ/légszáraz tonna cellulóz hőenergia (az elektromos energia előállítására fordított hőenergián kívül) szükséges. Az elektromos energia felhasználása, beleértve a cellulóz szárítást is, 600-800 kWh/t. A cellulóz szárítására használt energia a hőenergia 25%-a és az elektromos energia 15-20%-a. Az elektromos energia több mint 50%-a szivattyúzásra fordítódik. Az energiafelhasználás függ a folyamat elrendezéstől, a berendezésektől és a folyamatszabályozás hatékonyságától.

Az alábbi 2.9. táblázat egy integrált és egy nem integrált cellulózgyár átlagos hő és elektromos energia fogyasztását összegzi (beleértve az ellennyomásos energia termelő állomást).

Cellulóz és papír fajtája	Gyártási hő GJ/t	El. energia kWh/t
nem integrált fehérített cellulóz-termelés	14,4	760
- ebből külső szükséglet	1,2	0
Fehérítetlen cellulózgyár és integrált karton-termelés	16,4	959
- ebből külső szükséglet	1,5	388

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Fehérített cellulózgyár, integrált, mázolatlan finompapír-termeléssel	17,5	1218
- ebből külső szükséglet	3,5	706

2.9. táblázat: A svéd cellulóz és papírgyárak 1995-97 átlagos energiafogyasztása (SEPA beszámoló, 4712)

Folyamat	**Műveleti hő MJ/absz. száraz t**	**El. energia kWh/absz. száraz t**
Nyersanyagkezelés	150	55
Feltárás	2050	65
Mosás és osztályozás	0	55
Oxigénes ligninmentesítés	400	45
Fehérítés	500	83
Fehérítő vegyszer előállítás	70	6
Fehérített anyag osztályozása	0	40
Cellulóz szárítás	2850	105
Bepárlás	4100	30
Regeneráló kazán	610	60
Gőzkazán	0	30
Kausztifikálás	0	20
Mészégetés (közvetlen fűtésű)	1500	10
Egyéb (cellulózüzemi)	2170	136
Cellulózgyár összesen	**14400**	**740**
Elfolyó víz kezelése	**0**	**20**
Összesen absz. száraz rostra	**14400**	**760**

2.10. táblázat: Egy 250.000 t/év kapacitású fehérített kraftcellulózt előállító nem integrált üzem energiafelhasználása

Folyamat	**Műveleti hő MJ/absz. száraz t**	**El. energia kWh/absz. száraz t**
Regeneráló kazán, műveleti gőz	+17500	
Erőmű kazán, műveleti gőz (csak saját kéregből)	+3000	
Turbinás áramfejlesztő	-2600	+650
Külső forrás	+1200	0
Felhasználás (benne mészégető is)	-14400	-630
Elfolyó víz kezelése	0	-20
Többlet energia a cellulózgyárból (benne a hulladék hője)	**+4700**	**0**
Összes külső forrás	**1200**	**0**

2.11. táblázat: Egy 250.000 t/év kapacitású fehérített cellulózt előállító nem integrált üzem energiamérlege

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Mint ahogy a fenti táblázatokból látható, a kémiai cellulózt előállító üzemek energia-intenzív létesítmények, amelyek sok energiát igényelnek, de ugyanakkor a regenerálható fűtőanyag felhasználásával gőzt és elektromos áramot is termelnek.
A korszerű, nem integrált lúgos cellulózgyárak energetikailag önfenntartók, mivel a beérkező növényi nyersanyag (fa, szalma, stb.) 50%-át a regeneráló kazánban elégetve (a sűrű feketelúggal együtt) hatékony energia visszanyerést végeznek.
Továbbá a különböző folyamatokkal szekunder energia nyerhető vissza meleg és forró víz (40-80 ^{o}C) formájában. A fosszilis energia csak mint kiegészítő tüzelőanyag kerül felhasználásra (pl.: olaj a mészégető kemencékben).
A nem integrált szulfátcellulóz-gyárban az erőmű a regeneráló kazánra alapul, amihez egy túlnyomásos turbina kapcsolódik közbenső gőz elvétellel, és ha lehet, kondenzáltatással. A regeneráló kazán, mint hőerőmű úgy működik, hogy a besűrített (erős) feketelúgot elégetik, és a keletkező hőenergiát nagynyomású túlhevített gőz előállítására használják.
A rossz szagú gázokat összegyűjtik és elégetik, elsősorban környezetvédelmi célokból, mivel ezek a gázok nem, vagy csak kevés nettó energiatermelésre alkalmasak.

A szennyvizek külső tisztítása általában energiafogyasztó (az alábbi adatokat az 1997-es finn jelentés tartalmazza), az anaerob kezelés a kivétel, amennyiben a keletkező biogáz energiatartalmát égetéssel hasznosíthatják.
Az eleveniszapos kezeléskor az elektromos energia felhasználás 1,2-2 kWh/kg BOI csökkenés (levegőztetés és szivattyúzás), ami megfelel 1-1,5 kWh/m^3-nek. A szűrésre felhasznált energia mennyisége a szűrőközegen fellépő nyomáseséstől függ. Például a mázolt papírt gyártó üzemek szennyvizének ultraszűrése 3-5 kWh/m^3 energiát igényel. Az alacsony nyomású bepárlás, ahol mechanikus gőz-rekompressziót alkalmaznak, 5-15 kWh/m^3 energiát igényel. Egy tonna cellulózra számolt fajlagos energiafogyasztás a mechanikai kezelésre 3 kWh/t és 46 kWh/t a gyárból származó szennyvíz eleveniszapos biológiai kezelésére.

Zaj (helyi)
Számos helyi zajforrás van, mint például a szecskakészítés, szellőztető berendezések, ventillátorok és a gőz elszívók. A teherautók és egyéb gépek, amelyeket az üzemben használnak, zajt okozhatnak az üzem környezetében. Példaként említjük meg, hogy a svéd cellulózgyárakban az üzem közepétől számított 500 m-re a zajszint kb. 50 dB lehet éjszaka és 2 km távolságban ez az érték nem lehet több mint 45 dB. Valamennyi iparágra vonatkozik Svédországban az a működő irányelv, hogy a legközelebbi emberek által lakott épületnél a zajszint kevesebb legyen 45 dB-nél. Ezt nehéz elérni, ha a házak az üzemhez nagyon közel, pl. 500 m-nél kisebb körben helyezkednek el. Magyarországon nappal 50, éjszaka 40 dB zajszint a megengedett.

A talajba és a talajvízbe történő kibocsátások
Amennyiben a vegyianyagok helyi kezelésére és tárolására a megelőző szabályokat figyelembe vették, és a cellulóz-papírgyár üzemeltetése jól kézben tartott és ellenőrzött, általában nem fordul elő veszélyes kibocsátás a talajba vagy a talajvízbe.

Az ipari balesetek esetére adandó válasz előkészítése és a balesetek megakadályozása érdekében alkalmazott általános politikát a megelőzési elvekre építik (IV. Függelék IPPC-D). Ez azt jelenti, hogy az üzemet úgy építik fel, és úgy működtetik, hogy meg lehessen akadályozni a normális működtetés ellenőrizetlen továbbfejlesztését, és hogy csökkenteni lehessen a balesetek követelményeit. A legjobb biztonságtechnikai megoldások kerülnek felhasználásra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A talajba, illetve a talajvízbe történő veszélyes kibocsátások megakadályozására a vegyszerek kezelését és besorolását, a biztonságos ipari szerelést az alábbiak szerint kell végrehajtani:

- A tervezést és a berendezések működtetését úgy kell végezni, hogy potenciális szennyezőanyag ne tudjon kiszabadulni,
- A veszélyes szennyezőanyaggal érintkezésbe kerülő valamennyi részegységben a szivárgás gyors és reális észlelési lehetőségének megteremtése.
- A szimpla falú földalatti tartályok erre a célra nem alkalmasak.
- Az anyagok szivárgásának gyors és reális észlelése annak biztosítása, hogy ezek az anyagok ne tűnjenek el és megfelelően legyenek elhelyezve. Ha nem duplafalú a berendezés, és nincs ellátva szivárgásjelzővel, szabály szerint a berendezést megfelelően tartós és szivárgásmentes tervezésű gyűjtőrendszerrel kell felszerelni. Elvileg a gyűjtőkamrák nem szerelhetők fel ürítőnyílásokkal.
- Az ellenőrzést, karbantartást és riadó tervet is tartalmazó kezelési utasítást kell szerkeszteni, kifüggeszteni és figyelemmel kísérni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.B A visszagyűjtött papír feldolgozása rostanyaggá, illetve papírrá

A visszanyert rost a papírgyártó ipar számára nélkülözhetetlen nyersanyaggá vált, a visszanyert rostok ára miatt, ami kedvezőbb az azonos minőségű primer rostok árához képest, továbbá mert számos európai országban ösztönzik a papírhulladék újrahasznosítását.

Európában az átlagos papírhulladék (visszanyert papír) felhasználási arány 43% (2001). De azt is számításba kell venni, hogy a rost körforgás fenntartásához szükség van bizonyos mennyiségű elsődleges rost bevitelére, hogy biztosítsuk a gyártott papír szilárdságát és egyéb tulajdonságait.

Alkalmazott eljárások és technikák

A visszanyert papírt feldolgozó rendszer aszerint változik, hogy milyen minőségű papírt akarnak gyártani (pl. csomagolópapír, újságpapír vagy tissuepapír), és milyen rostbehordást alkalmaznak.

Az újrahasznosított rostanyag (RCF) feldolgozása általában 2 fő kategóriába sorolható:
- kizárólagosan mechanikai tisztításon alapuló folyamat, azaz festéktelenítés nélküli eljárás. Ez olyan termékeket foglal magába, mint a testliner, hullám-középréteg papír, mázolatlan karton és dobozkarton.
- mechanikai tisztítást és festéktelenítés (deinking) alkalmazó eljárás, olyan termékek tartoznak ide, mint az újságnyomó-papír, a tissue-, a nyomó- és a másolópapír, a magazinpapírok (SC/LWC), a mázolt karton és a dobozkarton, vagy a kereskedelmi DIP (festéktelenített rostanyag).

Sok különböző papírhulladék-feldolgozási eljárást alkalmaznak az európai papírgyárakban, azonban ezek mind hasonló gyártási műveleteken alapulnak, melyeket különbözőképpen lehet kombinálni a speciális feladatok teljesítéséhez. Minden eljárásnak a célja a defibrillálás, csomómentesítés és a szennyező anyagok eltávolítása, azaz a rostos anyagok és szennyeződések elkülönítése.
Az újrahasznosított rostot előállító üzemek hasonló, a speciális feladatokra tervezett egységekből épülnek fel. Ezek a tipikus lépések az újrahasznosított rost feldolgozásában a következők:

A papírhulladék tárolása
A visszanyert papírt kiszállítják a papírgyárba fémhuzallal, vagy zsineggel átkötött bála formájában. A zsineget vagy huzalt levágják (így nyitják a bálát), és az utóbbit fémhulladékként gyűjtik.

A száraz papírhulladék újrapépesítése
A papírhulladékot forró vízzel, vagy szitavízzel együtt beteszik a pulperba, és mechanikus valamint hidraulikus keveréssel pépesítik, aminek eredményeként rostjaira esik szét. Az újrapépesítés után a visszanyert papír a további kezeléshez szükséges anyagsűrűséggel rendelkezik. Néhány vegyi anyagot, mint például festéktelenítő (deinking) vegyszereket és NaOH-t gyakran adnak a pépesítéshez adalékanyagként.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szennyezőanyagokat és csomókat az eljárás során folyamatosan eltávolítják egy „piszokfogón" (pl. rostalemezen) és egy reject (osztályozási maradék) szállítóhoz továbbítják, hogy elkerüljék a szennyezőanyagok aprózódását vagy felhalmozódását a pulperben. Egyre elterjedtebben használják a másodlagos pulpereket a pép további rostosításához, csomótlanításához, valamint a kis- (LW) és nagysűrűségű (HW) szennyeződésektől való megtisztításához.

A rostosításhoz használt víz általában teljes mennyiségében újrahasznosított gyártási víz, ami szitavízként jön a papírgépről.

A szennyeződések mechanikai eltávolítása

A szennyeződések mechanikai eltávolítása a rostok és szennyezőanyagok fizikai tulajdonságai közötti különbségen alapul, úgymint méret, fajsúly a rostokhoz és vízhez képest. Alapvetően erre szita típusú berendezéseket (osztályozók) használnak különböző méretű szitanyílásokkal (lyukak és rések), és különböző fajta hidrociklonokat (nagysűrűségű tisztítók, centrifugális tisztítók stb.).

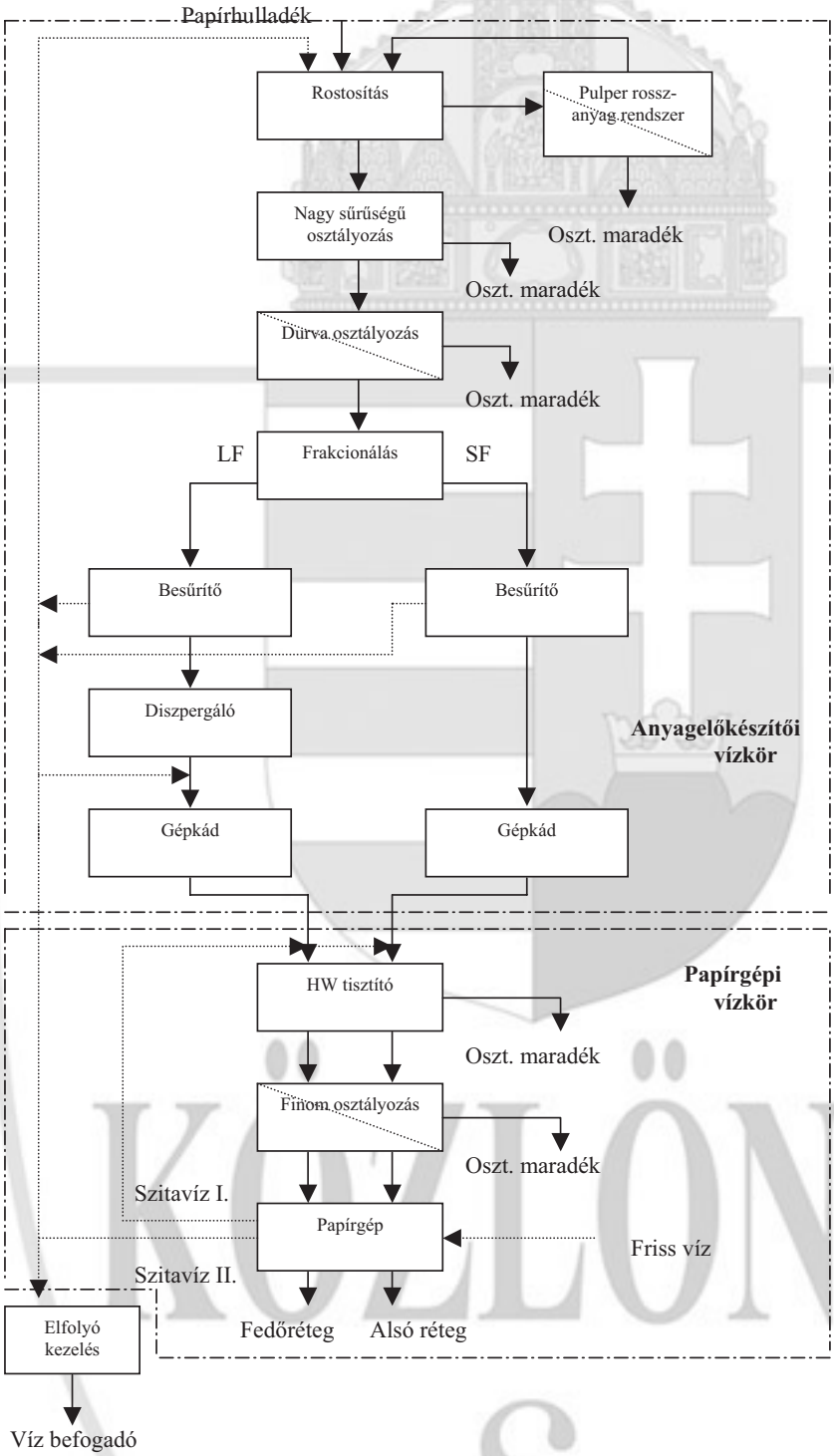
A következő lépés az osztályozás, amellyel elkülönítik az idegenanyagokat, amelyek nagyobbak, mint a nyomásos osztályozó perforált kosarának nyílásai. Az osztályozó típusának kiválasztása függ a végterméktől és az alkalmazott rostanyag minőségétől. Megkülönböztethetünk durva osztályozást (3-4% sűrűségen), amely a durva szennyeződések eltávolítását biztosítja az anyag-előkészítés során, és finom osztályozást (1% sűrűség), amit a papírgép közelítő anyagáramában végeznek.

Az elérni kívánt anyagminőségtől függően a papírhulladék-feldolgozó gyár anyag-előkészítő üzemét el kell látni további gépekkel: frakcionálókkal, diszpergálókkal, őrlőkkel.
A frakcionáló 2 részre különíti el a pépet, lehetővé téve a rostszuszpenzió rövid és hosszú rostjainak különböző módszerekkel való kezelését.

A papírhulladék feldolgozását testliner és hullám-középréteg gyártásához Európában kb. 150 gyár alkalmazza. Európa papír- és kartongyártásában ez a legnagyobb piac (tonnában kifejezve), a hullám-alappapírok[†] adják a teljes papír- és kartontermelés 26%-át, európai átlagban az ehhez felhasznált nyersanyag 86%-a újrahasznosított rost.

[†] Hullám-alappapírok: papír és karton, amelyet a hullámpapírlemez gyártásához használnak. Elsődleges és visszanyert rostok bármilyen keverékéből készülhet, de ez az ágazat nyersanyagként főleg a hulladékpapírt alkalmaz. Ide tartozik a kraftliner, testliner, vegyi félcellulózból készült hullámközépréteg (fluting) és hulladékpapír alapú hullámközépréteg (Wellenstoff).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.5. ábra:. Hullám-alappapírhoz visszanyert papírt feldolgozó anyagelőkészítő-üzem folyamatábrája (2 rétegű testliner).

HW = nagysűrűségű szennyeződés LF = hosszúrost frakció SF = rövidrost frakció

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Flotációs festéktelenítés (opcionális)
A nyomdafestékek eltávolítása azoknál a papírgyártó üzemeknél szükséges, ahol a fehérség fontos minőségi követelmény, pl. újságpapírnál, író-nyomó papíroknál, tissuenál, vagy visszanyert papír alapú kartonok világos felsőrétegénél. A festéktelenítés (deinking) fő célja a fehérség, a tisztaság növelése, és a ragacsos szennyeződések (stickies) csökkentése.
A teljes deinking üzem tartalmazza a fent említett alapvető részműveleteket, mint az újrapépesítés, valamint az osztályozás és tisztítás a durva szennyezőanyagok (nem-papír részek, például kavics, homok, fém, üveg, textil, fa, műanyagfólia, zsinór, gemkapocs stb.) eltávolítását. Az anyag mechanikai tisztításán kívül elvégzik a rostanyag vegyi előkezelését is, és a nyomdafestékek eltávolítását a flotációs cellában. A sikeres festéktelenítés előfeltétele az, hogy a festék részecskéi leváljanak a rostokról és diszperzióban maradjanak. E célból deinking vegyszereket – NaOH, hidrogén-peroxid, nátrium-szilikát, szappanok, vagy zsírsavak és kelátképző reagensek – adnak az anyaghoz, legtöbbször már a pépesítés során (a visszagyűjtött papír fehérítésénél általában nincs szükség kelátképző anyagok hozzáadására). A diszpergált festékrészecskéket ezután (többlépcsős) flotációs technológiával választják el a rostszuszpenziótól.

A festéktelenítés után a pépet besűrítik és néhány esetben szitás szalagprésen, (tárcsás) besűrítőn, csigás présen vagy mosón mossák is. Ezen tisztító műveletek után a pép még mindig tartalmazhat kis mennyiségben szennyeződéseket, úgymint maradék festékrészecskéket, viaszt vagy ragacsokat, amik pl. a hot-melt ragasztókból származnak, stb.

Festéktelenítés mosással és hamu eltávolítással (opcionális)
Ha a hamu eltávolítása szükséges, mint pl. a tissuepapír, vagy kereskedelmi DIP gyártásánál, akkor a rendszernek mindig kell tartalmaznia egy mosási lépcsőt, ahogy azt a 2.5. ábra mutatja.

Fehérítés (opcionális)
Mielőtt a pépet bevezetnék a tárolóba, gyakran végeznek fehérítést különféle fehérítő vegyszerek használatával, általában ezek hidrogén-peroxid (P), hidrogén-szulfit (Y) vagy formamidin-szulfonsav (FAS). Ezeket a fehérítő vegyszereket közvetlenül a diszpergálóba adagolják, hogy megtartsák, vagy növeljék a fehérséget.
Végül a pépet a tárolókádba, vagy keverőkádba szivattyúzzák. Ezek a kádak pufferként viselkednek az alapanyag előkészítés és a papírgép között, és a folyamatos működést segítik elő.

A gyártási víz tisztítása
A víztelenítési szakaszokból származó víz egy mikro-flotációs egységben deríthető. A gyártási vizet ezután visszaforgatják a folyamatba.

Végső tisztítás és víztelenítés
Mielőtt az erősen higított rostszuszpenziót a papírgépre vezetik, különböző típusú finomosztályozókkal és tisztítókkal eltávolítják a visszamaradt szennyezőanyagokat.

Az osztályozási maradék (reject) és az iszap kezelése
A papírhulladék feldolgozása során különféle típusú maradékok és iszapok gyűlnek össze különböző mennyiségben, amiket kezelni kell. Ezeket az iszap és reject rendszerben kezelik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Példák a visszagyűjtött papír feldolgozási rendszereire

A különböző termékjellemzők különböző tisztasági és fehérségi tulajdonságokat kívánnak meg az újrahasznosított rostoktól és ennek megfelelően a gyártásuk is változatos. Például a festéktelenítés sok kartonfajtánál szükségtelen. Ezzel ellentétben nagyon hatékony többlépcsős eljárás szükséges a nagysebességű papírgépekhez, vékony papírokhoz, vagy azokhoz a papírfajtákhoz, amelyeknél a fehérség fontos szempont. Az eljárás kifinomultsági fokát az alkalmazott nyersanyag, és a gyártott papír minősége határozza meg. Ezért nem beszélhetünk kifejezetten egy tipikus visszagyűjtött papír feldolgozási eljárásról.

A következőkben a papírhulladék-feldolgozó rendszerek (RCF) fő típusait mutatjuk be részletesen és példákkal illusztrálva:

- RCF anyagelőkészítő csomagoló papírokhoz és kartonokhoz (testliner és hullám-középréteg)
- RCF anyagelőkészítő újságpapírokhoz és egyszerű író-nyomópapírokhoz.
- RCF anyagelőkészítő LWC/SC papírokhoz és jó minőségű író- nyomópapírokhoz.
- RCF anyagelőkészítő tissuepapírokhoz és festéktelenített kereskedelmi rostanyaghoz (DIP)

Csomagolópapírok és kartonok

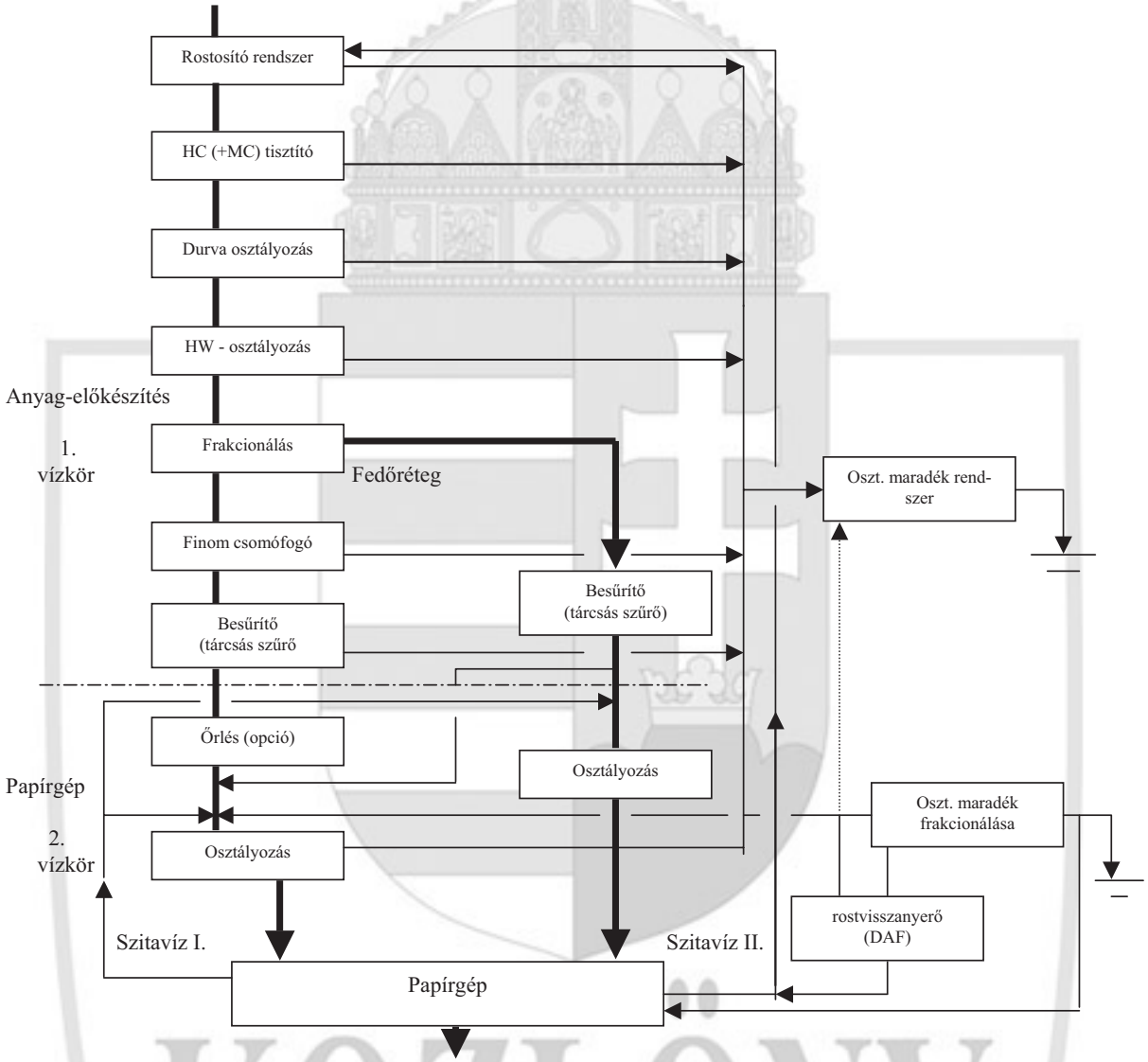
A visszagyűjtött papírból készült csomagolópapírokhoz és kartonokhoz, azaz a testlinerhez és a hullám-alappapírokhoz (Wellenstoff, fluting) csak mechanikai tisztítást alkalmaznak, tehát festéktelenítési eljárás nem szükséges. Ezekhez a papírfajtákhoz elterjedten alkalmaznak áruházakból és egyéb helyekről visszagyűjtött papírokat. A következő folyamatábra bemutatja, hogyan készítik elő a másodlagos rostokat a testlinerhez. A testliner alapanyag előkészítése összetettebb kétlépcsős rendszerben (2.6. ábra) és alacsonyabb költségű egylépcsős rendszerben is elvégezhető. A kétlépcsős rendszer könnyebben ellenőrizhető, növeli a papírgép hatékonyságát, és az ilyen rendszernél a papírgép közelítő anyagáramában már csak biztonsági intézkedésként végeznek osztályozást.

A pépesítés alatt a durva maradékokat elválasztják és kialakul a pelyhek mérete. A következő többlépcsős tisztító és osztályozó rendszer eltávolítja a nehéz részecskéket (pl. homok), a könnyű zavaró komponenseket, ragacsokat, finom homokot, és csomómentes, jó optikai homogenitású alapanyagot eredményez. A testliner és a fluting gyártását egyes üzemek teljesen zárt vízrendszerrel végzik.

Az irányítható üzemi feltételek és a jó termékminőség szempontjából a zárt vízrendszer akkor működik kielégítően, ha a kész rostanyagra számítva kb. 3-4 m^3/tonna gyártási vizet kezelnek az integrált biológiai derítő üzemben.

A különböző minőségű csomagolópapírok gyártásánál alkalmazott papírhulladék-feldolgozó rendszerek egyre inkább hasonlítanak egymáshoz. A jó minőségű dobozkarton az eljárás során jobb felszereltséget igényel, mint a testlineré, és a testliner gyártása pedig általában jobbat, mint a flutingé.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.6. ábra: Példa testliner üzem elvi vázlatára (kétlépcsős rendszer)

HC + LC = nagy- és kissűrűségű tisztító HW = nagy fajsúlyú
DAF = oldott levegős flotáció # = réselt sziták

Tissuepapír és kereskedelmi rostanyag

Amikor visszagyűjtött papírt használunk a jó minőségű tissuepapír vagy a kereskedelmi DIP gyártásához, akkor nem csak a durva szennyeződéseket kell eltávolítani, hanem a nyomdafestékeket, ragacsokat, a finom- és a töltőanyagokat is. Mivel jelentősen csökkentik a hamu- és finomanyag-tartalmat, a kész rostanyaghoz képest kb. 30-100%-kal több visszagyűjtött papír feldolgozására van szükség, ezért viszonylag nagy mennyiségű hulladékot kell kezelni és elhelyezni. Vannak olyan gyárak (például Niederbipp, Svájc), ahol az összes gyártási maradékot (reject), beleértve az iszapot is, elégetik a helyszínen, így gőzt termelnek a gyári fogyasztóknak, és a gyártási maradékok tömegét a hamura csökkentik, amit építőipari adalékanyagként használnak (cement).

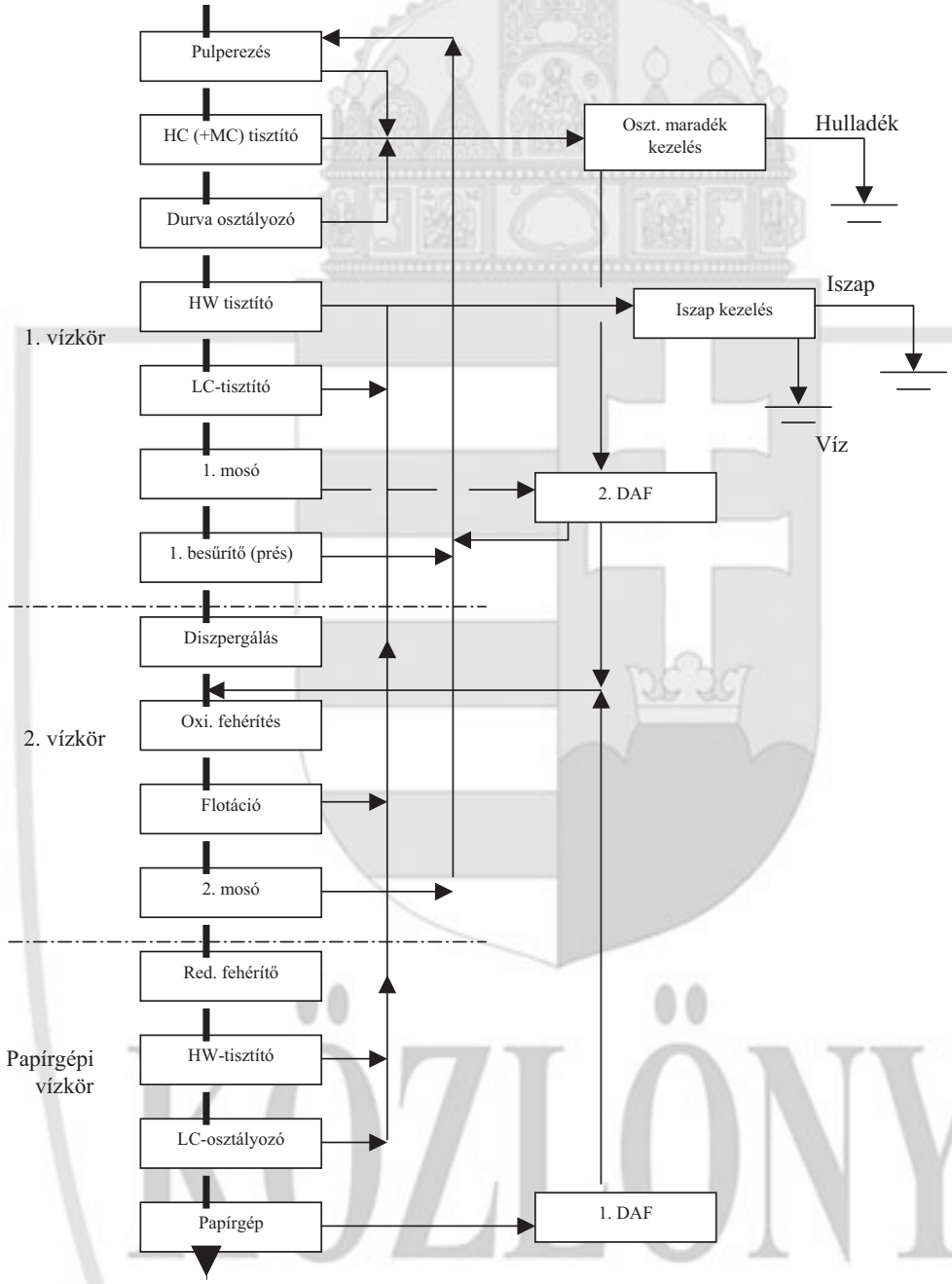
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Sok termékhez, mint például a konyhai törlőhöz, vagy a toalettpapírhoz ugyanazt a nyersanyagot lehet használni, mint az újságpapírhoz, azaz az újság és folyóirat papírokat keverve, vagy még általánosabban a közepes és jó minőségű visszagyűjtött papírokat. De ha elfogadható áron rendelkezésre áll, akkor famentes anyagot (irodai visszagyűjtött papír) is lehet használni.

A 2.7. ábra egy egyszerűsített diagramot mutat a visszagyűjtött papírt feldolgozó üzemről. A rendszer fő jellegzetességei a következők: nagy sűrűségű pulper (pépesítő berendezés) szemétfogó rendszerrel, ahol a durva szennyeződéseket visszatartják egy perforált osztályozólemez segítségével, és azonnal eltávolítják. A maradékot azután utókezelik egy perforált dob osztályozóban és végül besűrítik a reject csigaprésen. A nagysűrűségű tisztítóban való kezelést követően a második lépcsőben következik egy kis sűrűségű tisztító, ahol főleg a fém hulladékokat távolítják el, úgymint kapcsok, szegek stb. Az anyag további megmunkálásra kerül a többlépcsős osztályozó és tisztító rendszerben. Mint minden papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzemben, a pépesítésnél, tisztításnál és osztályozásnál az alapelv az, hogy biztosítsák a szennyeződések és maradékok korai kiválasztását.

A mosás kis anyagsűrűségen történik, ami magába foglalja a mosó víz hatékony felhasználását és visszaforgatását is. A cirkuláló vizet meg kell tisztítani és a mosó víz nyomdafesték és más szilárd részecskéit el kell távolítani oldott levegős flotációval, vagy egyéb hatékony víztisztító technológiával. Az 1. mosás szolgál a hamu, finomanyagok és finom festékrészecskék eltávolítására, és ezt követi a szitaprés, ami az anyagot kb. 30%-ra besűríti. A mosási szűrletet a flotációs egységben tisztítják kationos pelyhesítők hozzáadásával. A hamu és a finomanyag eltávolítása után a víz visszatér a rendszerbe. Az anyagot egy fűtő csigával melegítik és diszpergálóban kezelik, amely leválasztja a rostokhoz még odatapadt festékrészecskéket, és egyidejűleg összekeveri az anyagot a fehérítő vegyszerekkel. A flotációs lépcső eltávolítja a diszpergálással elkülönített festékrészecskéket, valamint a piszok darabkákat és ragacsokat. A 2. mosást követheti egy másodlagos fehérítés, és ezt követően az anyagot vagy a tárolótoronyba juttatják, vagy a végső osztályozásra és tisztításra kerül a papírgép közelítőrendszerében. A maradékok és az iszap kezelése kritikus pontja az RCF-ból való tissue gyártásnak, mert viszonylag nagy mennyiségű iszap gyűlik össze a különböző forrásokból (visszagyűjtött papír előkészítés, DAF, tissuegép, biológiai szennyvíz-kezelő üzem), ennek az iszapnak a szerves széntartalma kb. 50%.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.7. ábra: Visszagyűjtött papír előkészítés elvi vázlata tissuepapírhoz

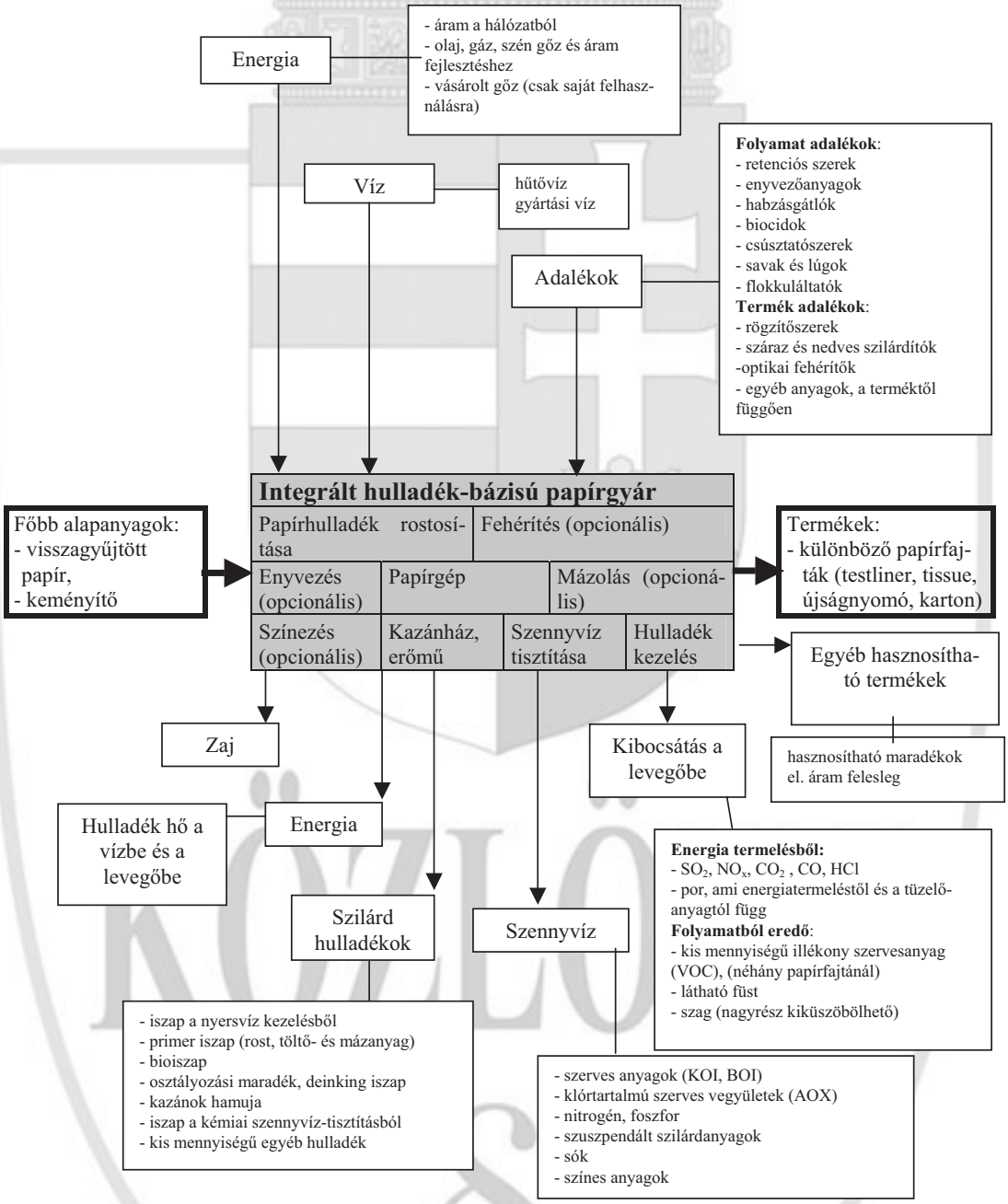
HC = nagy sűrűségű
MC = közepes sűrűségű
LC = kis sűrűségű
HW = nagy fajsúlyú
DAF 1+2 = oldott levegős flotáció 1+2

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az RCF (visszanyert rost) bázisú papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási szintjei

A bemenet/kimenet áttekintése

A 2.8. ábra az RCF alapú papírgyárak nyersanyag és energia inputjait mutatja be, valamint a kibocsátott termékeket, a további hasznosításra szánt maradékokat, és a fő szennyezőanyag kibocsátásokat és hulladékokat.



2.8. ábra: Egy integrált visszagyűjtött papír feldolgozási rendszer anyagáramainak áttekintése

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Néhány anyag előfordulása főleg a papírfajtától és az elérni kívánt papírtulajdonságoktól, valamint az energiaellátás típusától függ.

Ahogy az ábra is mutatja, az RCF alapú papírgyártás nyersanyagai főként visszagyűjtött papírból, vízből és néhány vegyi adalékanyagból állnak. Nagy mennyiségű vizet használnak technológiai és hűtővízként. Gyártási segédanyagként és a terméktulajdonságok javítására különféle adalékanyagokat alkalmaznak a papírgyártás során. A visszagyűjtött papír feldolgozás környezeti hatása magába foglalja a kibocsátást a vízbe, a szilárd hulladék képződést, és a levegőbe történő kibocsátást, amit főleg az energianyerés során a fosszilis fűtőanyagok elégetése okoz az erőművekben. Amikor a kibocsátás csökkentésére mérséklő technikákat alkalmaznak, több közegre irányuló hatások következhetnek be. Ebben a fejezetben a mennyiségi fogyasztási és kibocsátási szinteket adjuk meg a különböző típusú RCF feldolgozó üzemekre. Először az anyagelőkészítés és a teljes papírgyár input és output szintjeit mutatják be az ábrák, ezt követik a környezeti szempontból lényeges főbb eljárások fogyasztási és kibocsátási adatai.

Az RCF alapú papírgyártás 3 fő részre osztható: anyag-előkészítés – közelítő anyagáram/papírgép – és a kész papír minőségének további javítása. Az anyag-előkészítés és a papírgép szoros kapcsolatban van egymással a technológiai vízrendszer miatt. A 2.12. táblázat áttekinti a visszanyert papírfeldolgozás előkészítő szakaszában a fő nyersanyag felhasználásokat és kibocsátásokat az Európában gyártott fő papírkategóriák szerint. A táblázatban összefoglalt értékek kizárólag az anyag-előkészítést tartalmazzák, vagyis az ezt követő papírgép nincs benne. Kivételt tettünk a vízáramokkal, mivel az anyag-előkészítés és a papírgép vízáramai általában összekapcsolódnak.

A visszanyert rostból készült fő papírfajták előállításának teljes papírgyári fogyasztási és kibocsátási szintjeit mutatja a 2.12. táblázat (testliner és Wellenstoff), és a 2.13. táblázat (tissue).

Meg kell jegyezni, hogy az egész évi mérések átlagából számított aktuális értékek eltérnek az engedélyekben megadott értékektől. Az egyes országok engedélyezési rendszerétől függően az utóbbiak általában rövidebb időszakokra vonatkoznak, 2 órára, 1 napra vagy 1 hétre, hogy biztosítsák a teljesítés gyakorlati ellenőrizhetőségét.

A 2.12. táblázat súlyozott átlagos adatokat mutat be testlinerre és Wellenstoffra. Az adatok az Európai Hullámpapírlemez Adatbázisból származnak, amit a FEFCO, a Grupement Ondulé és a Kraft Institute állított össze és adott ki az életciklus tanulmányokhoz (1997. kiadás).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Bemenet			Kimenet		
Nyersanyagok	**Érték**	**Egység**	**Termék**	**Érték**	**Egység**
Papírhulladék (tömeg nedvességtartalommal)	1100	kg/t	hullám alappapír hullám fedőpapír	1000	kg/t
Biocidok, száraz tömeg	0 – 0,12	kg/t	**Kibocsátás**		
Színezők, száraz tömeg	0,2-1,0*	kg/t	$CO_{2,fosszilis}$	320**-600	kg/t
Légtelenítők, száraz tömeg	0,1-0,4	kg/t	$CO_{2,regeneratív}$	0-15	kg/t
Retenciós szerek, száraz tömeg	0,3-2,4	kg/t	CO	n.a.	kg/t
Enyvezőanyagok, száraz tömeg	0,1-3,0*	kg/t	NO_x	0,4-1,1	kg/t
Keményítő, száraz tömeg	20-50	kg/t	SO_2	n.a.	kg/t
Energia			Por	n.a.	
Összes fosszilis fűtőolaj	5700**-9600	MJ/t			kg/t
Vásárolt áram	2,8[1)]-403	kWh/t	KOI	0-2,2	kg/t
Primer energia, $_{összes}$****	2140-3220	kWh/t	BOI_5	0-0,2	kg/t
			Szuszpendált szárazanyag	0-0,5	kg/t
			AOX	n.a.	kg/t
			$N_{összes}$	n.a.	kg/t
			$P_{összes}$	n.a.	kg/t
			Elpárologtatott víz	1-2***	
			Szennyvíz elfolyás	0-11	
Vízszükséglet			**Maradékok**		
Nyers-/frissvíz	1-13	m^3/t	Hulladék lerakásra	30-70 (100% sz.a.)	kg/t

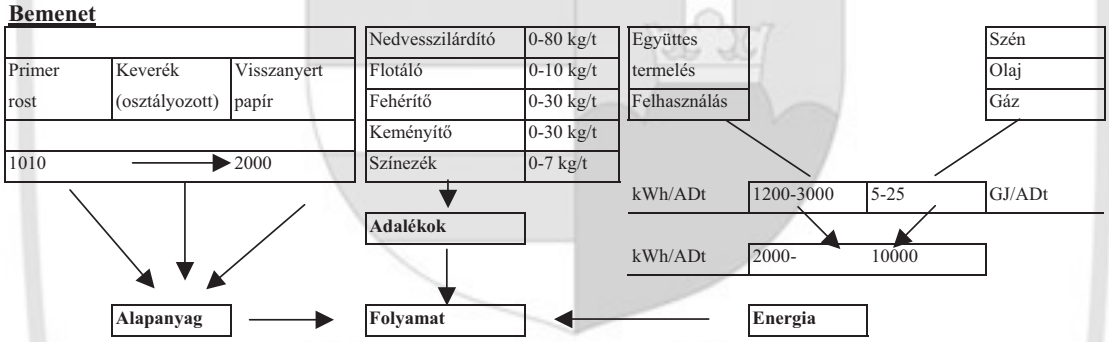
Megjegyzések:
1) Az alsó vásárolt áram érték a nagy energiatermelő egységgel rendelkező gyárakra vonatkozik
* Az adott érték csak testlinerre vonatkozik
** Az adott érték csak gőz előállítás esetén érvényes
*** A bemenő és a kifolyó víz számított különbsége
**** A fajlagos primer energia felhasználásból a vásárolt áram részesedését az erőművek 36,75%-os hatásfoka alapján számítottuk, így 0,47 MWh/t áram 1,28 MWh/t primer energiának felel meg (10kWh 7 3,6 MJ). A tartomány alsó értéke nem tűnik reálisnak, így az átlagos áram felhasználás 200 kWh/t (vagy 555 kWh/t primer energia)

2.12. táblázat: Környezetvédelmi adatok éves átlagértékei testlinerre és Wellenstoffra.
Az értékek az 1996-os állapotot mutatják /FEFCO, 1997/ Minden adat tonna/eladható nettó termékre (net saleable product = nsp) vonatkozik. A táblázat a súlyozott középértéket adja meg. A levegőbe történő kibocsátások csak a gőztermelésre vonatkoznak.

A testliner és wellenstoff előállításához használt visszagyűjtött papír minőségek 93-94%-ban az európai szabványos hulladékpapír minőségek listája szerinti A kategóriának felelnek meg, ide tartoznak a vegyes papírhulladékok, az áruházi hulladék, valamint az új és használt hullámpapírok.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A wellenstoff előállításánál felhasznált fosszilis tüzelőanyag 87%-a, a testlinernél pedig 94%-a földgáz. Minden gyár előállít gőzt a papír szárításához, de nem minden gyár termeli maga az elektromos energiát. Számos esetben az elektromos áramot az elektromos hálózatról vásárolják. A levegőbe történő kibocsátás főleg a felhasznált tüzelőanyag fajtájától függ. Ezt kombinálva egy jól megválasztott füstgáz tisztítással, a legjelentősebb környezeti hatások a fosszilis CO_2 kibocsátásból származnak.
A wellenstoff és a testliner gyártás vízfelhasználása 2 és 13 m^3/tonna között változik. Amikor a papírt zárt vízrendszerben gyártják, a legalacsonyabb vízfelhasználás megegyezik a szárítószakaszban elpárolgott víz mennyiségével. A súlyozott átlagos vízfelhasználási értékek majdnem azonosak mindkét papírtípusra, kb. 6,5 m^3/tonna. Az átlagos fajlagos szennyvíz-kifolyás 4,9 és 5,7 m^3/tonna között mozog. Néhány gyár teljesen zárt vízrendszerrel dolgozik és nulla a szennyvíz-kibocsátása.
A vízbe történő kibocsátásokat a végső szennyvíz-kezelés után kibocsátott vízzel a gyárat elhagyó vegyületek formájában adják meg. A lebegőanyagok, a KOI és a BOI szintjének súlyozott átlaga alacsony és nullához közelít a zárt vízrendszerrel működő gyáraknál.
A tissue üzemek sokféle terméket gyártanak. Sok tissuegép gyakran váltogatja a terméktípust, valamelyest csökkentve ezzel a víz-, energia- és alapanyag-felhasználás hatékonyságát. A végtermékké való feldolgozást gyakran integrálják a tissue-alappapír gyártásával. A tissue üzemekben viszonylag nagy a frissvíz felhasználás a fecskendőkben, mert a filcek és sziták tisztasága kritikus a nagyon kistömegű lap képzésénél (12 g/m^2-ig is lemehet).



2.13. táblázat. Éves átlagos felhasználási és kibocsátási szintek a tissue-gyártásban

Az egyes részfolyamatokból adódó felhasználási és kibocsátási értékek
A következő szempontok kapcsolódnak a visszagyűjtött rost feldolgozásán alapuló papírgyártáshoz:

- visszagyűjtött papír fogyasztás
- vízhasználat
- adalékok használata

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- energiaigény
- szennyvíz kibocsátások
- szilárd hulladék képződés az anyagelőkészítésből, a technológiai víz derítéséből és a szennyvíz kezeléséből
- levegőbe történő kibocsátás az energiatermelésből
- levegőbe történő kibocsátás az iszap és maradék elégetéséből
- zaj a papírgéptől (helyi)
- szag az elpárolgó anyagokból és a szennyvíz-kezelő üzemből (helyi)

Az itt közölt kibocsátási és fogyasztási adatokra vonatkozóan figyelembe kell venni, hogy a különböző tagállamokban használatos eltérő mérési módok következtében az adatok nem mindig hasonlíthatók jól össze.

Visszagyűjtött papír felhasználása

A különböző típusú papírok gyártásához, úgymint „barna" csomagolópapír, vagy „fehér" grafikai papír, különböző mennyiségű és minőségű másodlagos rostokat használnak. Egy tonna papír előállításához 1100 kg (hullám-középréteg) és 2000 kg (tissue és kereskedelmi DIP) közötti mennyiségű visszagyűjtött papírt használnak.

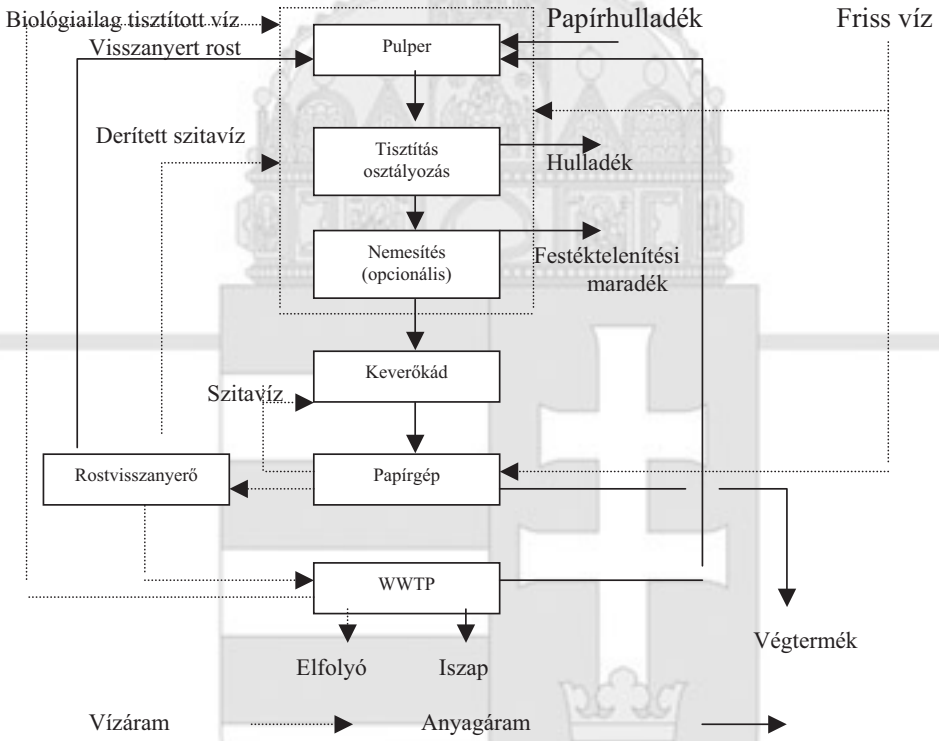
Rosszabb minőségű visszagyűjtött papírt általában kevésbé igényes papírokhoz használnak alapanyagként, míg a jobb minőséget magasabb igényeket kielégítő termékekhez alkalmazzák. A rosszabb minőségű visszagyűjtött papírok több szennyeződést tartalmaznak, és a jobb minőségűekhez képest ezeket sokkal intenzívebben kell tisztítani, hogy eleget tegyenek a magasabb minőségi követelményeknek. A jobb minőségeket főleg grafikai papíroknál, tissuepapíroknál alkalmazzák, aminek két hátránya van: a jobb minőség általában drágább és nem tudják folyamatosan biztosítani. Mivel az egyenletesség fontos a rostanyag-összetétel állandósága szempontjából, a szennyezőanyagok mennyiségi és minőségi variációja legyen a lehető legalacsonyabb. A visszagyűjtött papíroknak különböző típusai különböztethetők meg: „begyűjtött hulladékpapír" a háztartásokból, áruházakból, ide tartozik a hullámpapírdoboz, újságpapír és magazinok; „ipari visszagyűjtött papír", mint pl. vágott, selejtes, túltermelésből származó papír, papírdoboz és könyvgyártásból származó papír; „fél ipari visszagyűjtött papír", ami a szupermarketekben, vagy nagy irodákban, áruházakban keletkezik.

Vízfelhasználás

A papír és karton gyárak általában nagy mennyiségű vizet használnak. Másrészről a legtöbb papírgyárban nagy mennyiségű vizet visszaforgatnak, és így a fajlagos vízmennyiséget az RCF alapú papírgyártásban csökkentették az elmúlt 20 évben. Európában talajvizet és felszíni vizet is használnak. A papír minőségétől függően a vizet előkezelni kell, hogy megfeleljen a technológiai víz kívánalmainak. Ha szükséges, komplex képzéssel és/vagy homokszűrőn való átvezetéssel a vasat, a mangánt és néha az algásodást és zavarosságot flokkulálással eltávolítják.

Minden papír- és kartongyárban visszaforgatják a szitaszakaszban eltávolított vizet (fehér víz). A szitavizet kezeletlenül, mint oldószert forgatják vissza a keverőkádba (rövid kör) vagy derítés után használják fel újra a rostvisszanyerő szakaszban, ami egy sajátos helyzet az eljárásban, ahol a víz magasabb minőségi követelményekkel szembesül. Az anyag-előkészítőben a rostvisszanyerő szakasz túlfolyását visszavezetik a vízkör egyensúlyának megtartására, és leválasztják a nem kívánatos anyagokat, amelyek nem kerülhetnek bele a papírgép közelítő anyagáramába.

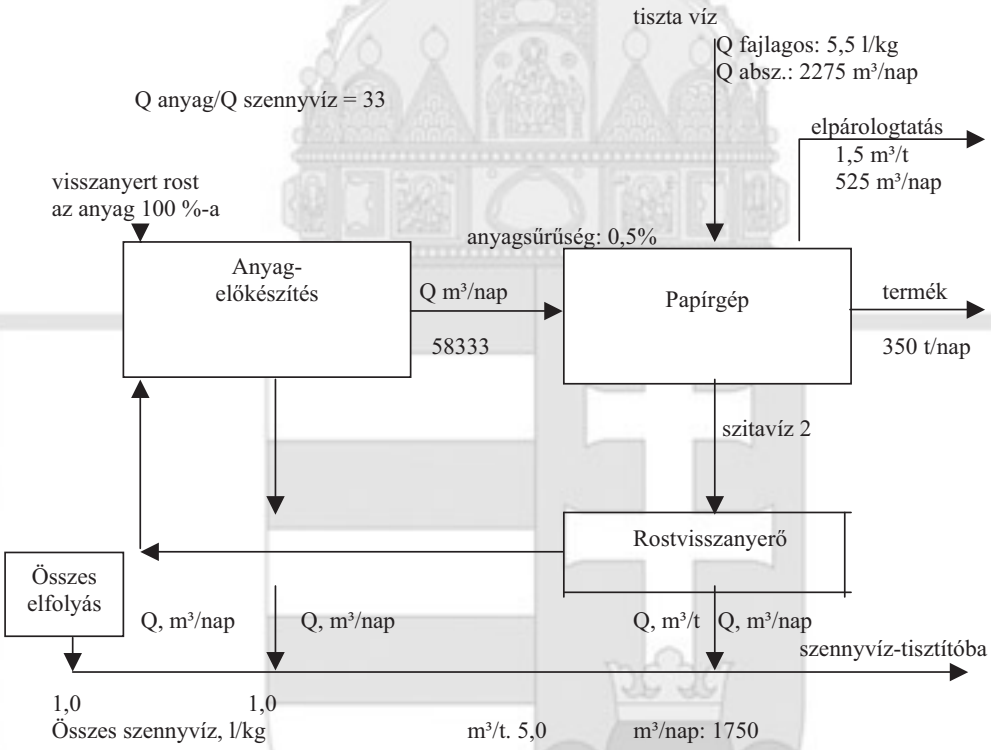
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



WWTP = szennyvíz-kezelő üzem.

2.9. ábra: A visszagyűjtött papírból történő papír- és kartongyártás folyamatábrája [Dutch Note on BAT, 1996]

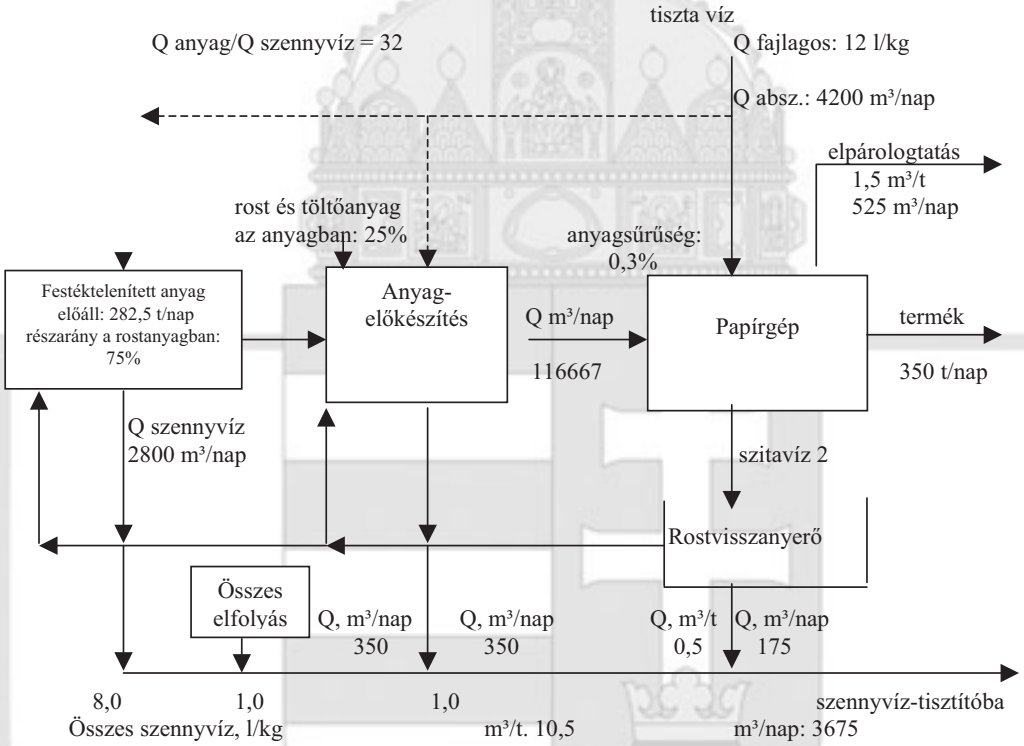
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.10. ábra: Festéktelenítés nélküli integrált RCF-bázisú hullám-alappapír gyártásának vízkörei (100 % visszanyert papír) [Möbius]

A visszagyűjtött rostból való nem festéktelenített papír eléggé zárt vízkörben történő gyártásának példája mutatja, hogy frissvizet csak a papírgépi oldalon használnak (és az adalékanyagok előkészítéséhez). A szitavizet visszaforgatják az alapanyag-előkészítő szakaszba és a papírhulladék pépesítéséhez, valamint a pép mechanikai tisztításának különböző szakaszaiban is használják. Egy részleges vízáramot a szennyvíz-kezelő üzembe (WWTP) bocsátanak ki. 1 tonna papír gyártása közben kb. 1,5 m^3 víz párolog el a papírgép szárító szakaszában. Statisztikailag a 2.10. ábra szerint 33-szor használják ugyanazt a vizet a gyártás során.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.11. ábra. Optimalizált anyag-víz rendszer integrált festékmentesített rostgyártásban [Möbius, 1994]

A 2.11. ábra nagy festéktelenített rost (de-inked pulp = DIP) tartalmú zárt vízrendszerű integrált papírgyártást mutat. A technológiai víz az anyagárammal szemben ellenkező irányban áramlik, azaz a szitavizet visszaforgatják a festéktelenítő egységbe és az anyag-előkészítőbe. A 2.14. táblázat a különböző visszagyűjtött papír feldolgozó gyárak fajlagos vízfogyasztását foglalja össze.

Folyamat	Fajlagos vízfelhasználás (m^3/t)*
Mázolatlan dobozkarton	2-10
Mázolt dobozkarton	7-15
Hullám középréteg és csomagolópapír	1,5-10
Újságnyomó	10-20
Tissuepapír	5-100
Író- nyomópapírok	7-20
Megjegyzés: * Megjegyzendő, hogy 1,5 m^3 víz elpárolog 1 tonna papír szárításakor, így nem jelentkezik szennyvízként	

2.14. táblázat: RCF alapú papír- és kartongyártás jellemző vízfogyasztása

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Adalékanyag felhasználás

A termék tulajdonságainak javítására sokféle adalékanyagot használnak a papír- és kartongyárakban. Az adalékanyagok mennyisége és típusa változik a papírfajtától és az alkalmazott berendezésektől függően. A papíriparban alkalmazott adalékanyagok két csoportba sorolhatók: termék adalékok, amelyeket azért alkalmaznak, hogy a vevők igényeinek megfelelően optimalizálják a papír sajátos tulajdonságait; és gyártási segédanyagok. A utóbbiak megkönnyítik a papírfeldolgozást, növelik az eljárás futtathatóságát. A 2.15. táblázat példákat mutat be a fő adalékanyagokra és alkalmazásukra.

Adalékanyag	Cél	Példák	Jellemzés
Töltőanyagok	- A nyomtathatóság, opacitás, fehérség, simaság és a fényesség javítása - Rostok helyettesítése (takarékosság)	Kaolin, talkum, mészkő, gipsz, titán-dioxid	
Enyvezőanyagok	- felületi tulajdonságok javítása - papír hidrofobozása	Módosított keményítő, módosított természetes gyanta, viasz-emulzió, szintetikus anyagok, mint alkil-ketén-dimerek és maleinsav-anhidrid-kopolimerek	Ezek közül a kationosak mérgező a baktériumokra
Rögzítőszerek	Az adalékanyagok rostokon való adszorpcióját javítják	Alumínium-szulfát	Főleg kationos termékek, amelyek mérgezők a baktériumokra
Száraz szilárdság növelők	Javítják a száraz szilárdsági tulajdonságokat	Módosított keményítők	Ezek közül a kationosak mérgezők a baktériumokra
Nedves-szilárdság növelők	Javítják a szilárdsági tulajdonságokat nedves állapotban	Karbamid-formaldehid polimerek, melamin-formaldehid polimerek, epiklórhidrin kondenzátumok	A baktériumokra mérgezőek, egyesek növelik az AOX-t
Színezőanyagok	Színezik és/vagy fehérebbé teszik a papírt	Azo-vegyületek, kvaterner ammónium-vegyületek	Eltávolításuk nehézkes, néhányuk mérgező, nehéz-fémeket tartalmazhatnak
Optikai fehérítők	Fehér hatást kölcsönöznek a papírnak	4,4-diamino-stilben-2,2-diszulfonsav alapúak	Néhány kationos vegyület mérgező lehet
Mázolási anyagok	Jó felületűvé teszik a papírt	Pigmentek, kötőanyagok, nedvesszilárdítók, diszperziók és csúsztatószerek. Habzásgátlók nyálkaölők.	A kötőanyagokat a többi vízzel való elegyítés előtt destabilizálni kell, különben lerontják a tisztítás hatásfokát.
Segédanyagok	**Cél**	**Példák**	**Jellemzés**
Retenciós szerek	- Rostok, finomanyagok és töltőanyagok retenciójának javítása - A termelés növelése a víztelenedés javítása útján - Szennyezőanyag-kibocsátás csökkentése	Alumínium-szulfát, aluminát, poli-alumínium-klorid, keményítő származékok, gyanták, anionos poli-akril-amidok, nemionos poi-akril-amidok, kationos polimerek	Főleg kationos termékek
Festéktelenítő és fehérítő anyagok	- Festék eltávolítása a rostokról - Fehérítés - A festék részecskék diszperzióban tartása	NaOH, zsírsavak, zsírsav-sók, H_2O_2, hidroszulfit, komplexképzők, nátrium-szilikát, tenzidek	A végtisztítóban gátolhatják az iszap eltávolítását
Komplexképzők	A fémionok eltávolítása fém-komplexek formájában a fehérítő anyagok bomlásának megakadályozására	DTPA vagy EDTA	Biológiailag nehezen vagy nem lebonthatók.
Tenzidek	- Nemezek, sziták és gépek tisztítására - Vízrendszer tisztítására - Különböző anyagok diszpergálására	Savas és lúgos felületaktív anyagok	Flotáló iszapot képezhetnek
Levegőtlenítők	Habzás megelőzésére és a hab megszűntetésére	Zsírsav-etoxilátok, poli-oxi-etilén, zsírsav származékok, hosszú láncú alkoholok, foszforsav-észterek, növényolaj származékok	Csökkentheti a szennyvíz-kezelőben az oxigén bevihetőségét
Biocidok (nyálkátlanítók)	Mikroorganizmusok szaporodásának megakadályozására	szerves bromidok, kén- és nitrogén-vegyületek, kvaterner ammónium vegyületek	Egyesek AOX tartalmúak, ezek nagyobb koncentrációban mérgezik a szennyvíztisztító kultúráját,

2.15. táblázat: A fő gyártási és terméksegédanyagok és alkalmazásuk a papíriparban

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A papíriparban használt olyan alapvető vegyianyagokat, mint pl. a savak és lúgok, nem tartalmazza a táblázat. A megjegyzések magukra a vegyületekre vonatkoznak, függetlenül attól, hogy ezeket általában erősen hígítják, és hogy bizonyos mértékig visszamaradnak a papírban.

A 2.16. táblázat a festéktelenítéshez használt anyagokat mutatja be. A deinking vegyszerek kevésbé kötődnek meg a cellulózrostokon és a lerakott vagy elégetett deinking iszapban is jelen vannak.

Vegyszer	**Adagolás** (kg/t festéktelenített anyagra)
Nátrium-hidroxid	10-20
Nátrium-szilikát	20-30
Szappan	5-8
Talkum	10-15
Hidrogén-peroxid	5-25
Kelátképző (DTPA)[1)]	2-3
Nátrium-ditionit	6-10
Kénsav	8-10

2.16. táblázat: Fehérítéses deinking eljárás jellemző vegyszeradagolása

1) Általában nincs szükség kelátképző reagens használatára a visszagyűjtött papír feldolgozás/fehérítés során, amíg nem túlzottan nagy koncentrációban vannak jelen a vas- és mangán-ionok.

Energiaigény

A papír- és kartongyáraknak lényeges mennyiségű gőzre van szükségük a víz, a pép, a levegő és a vegyianyagok felfűtéséhez, a kívánt gyártási hőmérséklethez és mindenek előtt a papír szárításához. Ezen kívül nagy mennyiségű elektromos áram szükséges a gépek működéséhez, a vákuum létrehozáshoz, a szivattyúzáshoz, a levegő keringetéséhez és a szennyvíz kezeléséhez. A papírgyárakban általában az üzemelési költségek nagy részét az energia teszi ki. Mivel a másodlagos rostok már egyszer átmentek anyag-előkészítő berendezéseken az eredeti papír gyártásakor, az RCF rostanyag-készítő eljárás összességében aránylag kevesebb energiát igényel, mint a kémiai és különösen a mechanikai rostanyagok gyártása.

Az RCF gyáraknál általában minden üzem saját magának állítja elő a gőzt. Elektromos áramot, ha szükséges, az elektromos hálózatból lehet vételezni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	Tissue festéktelenített rostvonal (200 t/nap)	**Újságnyomó festéktelenített rostvonal (1000 t/nap)**
Alapanyag	Magazinok, vegyes irodai hulladék	Újságpapír /magazin hulladék
Kihozatal	55-60%	80%
Össz. fajlagos munka	230 kWh/t festéktelenített anyagra [1]	300 kWh/t festéktelenített anyagra [2]
Össz. fajlagos kisnyomású gőz	0,3 t gőz/t festéktelenített anyagra	0,3 t gőz/t festéktelenített anyagra
A főbb egységek fajlagos energiaigénye		
Szállítószalag	1 kWh/t festéktelenített anyagra	0,4 kWh/t
Nagysűrűségű pulper	39 kWh/t festéktelenített anyagra a durva osztályozással együtt	16 kWh/t (dobpulper)
Durva csomótlanítás	nem szükséges	18,5 kWh/t
Közepes sűrűségű osztályozó	szivattyúzási energia	szivattyúzási energia
Homok eltávolítás (cleaner)	szivattyúzási energia	szivattyúzási energia
Finom osztályozás	17 kWh/t festéktelenített anyagra	22 kWh/t
1. flotáció	18 kWh/t festéktelenített anyagra	33 kWh/t
1. mosás	8 kWh/t festéktelenített anyagra	nincs mosás
Tárcsás szűrő (besűrítő)	nem szükséges	1 kWh/t
Diszpergálás	55 kWh/t festéktelenített anyagra[2]	67 kWh/t [2]
Oldott levegős flotáció	nincs adat (nehezen számítható)	nincs adat (nehezen számítható)
2. flotáció	5 kWh/t festéktelenített anyagra	19 kWh/t
2. mosás	10 kWh/t festéktelenített anyagra	nincs mosás
Iszap prés	nincs adat (nincs általános gép)	nincs adat (nincs általános gép)
Összes szivattyú	nincs adat [3]	91 kWh/t [4]

Megjegyzések:
Általában az értékek a beépített kW-ot jelzik. Ha a fajlagos értékeket ezekből számítjuk, a megközelítő adatokat kapjuk.
[1] CHD pulperozás=folyamatos nagysűrűségű rostosítás. Sok üzemben szakaszos nagysűrűségű rostosítással dolgoznak (nagyobb energiaigény)
[2] Ezek az értékek jóval az átlag felettiek. A legjobb minőség esetén több gyárban nem haladják meg a 70-80 kWh/t-t. Általában a besűrítés és a diszpergálás igénye nem több 85-90 kWh/t-nál (lásd későbbiekben).
[3] A tissue rostanyag előállítás nem tartalmazza a szivattyúkat és a keverőket.
[4] A flotációhoz szükségesen kívül az összes szivattyú és keverő benne foglaltatik.

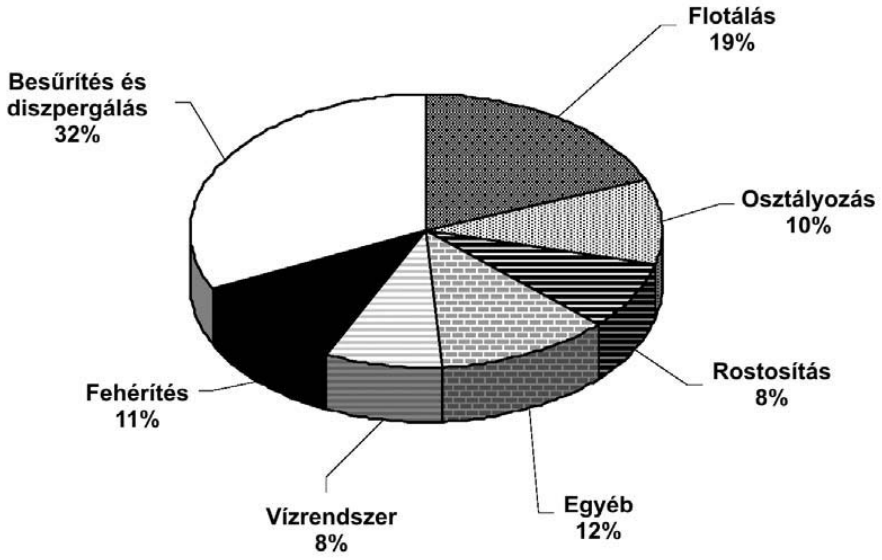
2.17. táblázat: Gyakorlati példák visszagyűjtött papírból gyártott tissue- és újságpapír energia fogyasztására (Valmet)

Modern berendezéseket alkalmaznak. Megjegyzendő, hogy az energiafogyasztás függ a használt nyersanyagoktól, az anyag-előkészítés elrendezésétől, a felszerelt berendezésektől és az elérni kívánt terméktulajdonságoktól (más, tipikus adatok a 2.17. táblázatban és e fejezet további részeiben láthatók). A következő ábrák csak az anyag-előkészítést tartalmazzák, a papírgépet nem.

Elvben az energiafogyasztás a visszagyűjtött rost feldolgozás során a megcélzott rostminőség előállítására alkalmazott eljárás lépéseinek számától, a rendszer kialakításától és a berendezések típusától függ. Különösen a fehérség növelése és a szennyeződésszám csökkentése igényel többlet energia bevitelt. Például egy németországi papírgyárban, amely naponta 1900 tonna visszagyűjtött papírt képes feldolgozni, jelentősen megnövekedett energiaigényről számoltak be, amikor üzembe helyeztek egy peroxidos fehérítő lépcsőt (diszpergálóval és másodlagos flotálóval) azért, hogy javított minőségű újságpapírt gyártsanak az alapminőség helyett.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Míg a standard festékmentesített rostanyaghoz naponta kb. 350 kWh/t elektromos energiát és 250 t gőzt használnak fel, a fehérített jó minőségű festékmentesített rostanyaghoz 420 kWh/t-ra van szükség. Figyelembe kell venni azt is, hogy a vásárolt energiát az elektromos társaságok kb. 38 %-os energiahozammal állítják elő. Ezért a visszagyűjtött papír feldolgozáshoz szükséges energia (azaz 0,35-0,45 kWh/kg DIP) előállításához kb. 1-1,3 kWh/kg DIP elsődleges energiafogyasztás szükséges.



2.12. ábra: Egy visszagyűjtött papírból újságnyomópapírt gyártó üzem energiafogyasztása [Merkel, 1997]

A flotáció két szakaszból áll, az osztályozási szakasz elő- és másodlagos osztályozásból áll, az „egyébbe" tartozik a szellőzés, szárító a DIP-anyag egy részéhez, vízderítő rendszer stb., a vízrendszer nem tartalmazza a vízderítést, a fehérítés egy diszpergálóban történik.

Szennyvíz kibocsátás

A papírgyárakban a szennyvízbe történő kibocsátás – de az energiaigény és a hulladék keletkezés is – szoros kapcsolatban van a papírtípusok követelményeivel, a nyersanyagok (visszagyűjtött papír) minőségével és az alkalmazott mérséklő technológiákkal. A használt adalékok, a belső termelésirányítás, a gazdálkodás és a berendezések technikai állapota szintén hatással vannak az elért kibocsátási szintre.

Az RCT papírgyár szennyvize főleg a tisztító lépcsőkben keletkezik. Általános gyakorlat, hogy onnan vezetnek el szennyvizet, ahol a technológiai víz a legszennyezettebb. A szennyvíz keletkezési helye üzemenként eltérő. A technológiai víz főleg a tisztítás, a festéktelenítés és a rostvisszanyerés során szennyeződik. Ezért az RCT alapú papírgyár szennyvize az alábbiakból áll:

– víz az osztályozókban és a centrifugális tisztítókban leválasztott rejectből

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

– szűrletek a mosókból, a besűrítőkből és az iszapkezelésből
– fölös szitavíz a vízvisszaforgatás arányától függően.

Az európai papír- és kartongyárak szennyvizeit túlnyomórészt közvetlenül a felszíni vizekbe bocsátják ki a telephelyen végzett elsődleges és biológiai kezelést követően, vagy a kommunális csatornahálózatba engedik, miután a lebegőanyagokat elsődleges derítéssel eltávolították.

A 2.18. és a 2.19. táblázat átlagos adatokat ad meg azokra az RCF alapú papírgyárakra, amelyek kizárólag elsődleges kezelés után engedik ki a szennyvizet a kommunális szennyvíz-kezelő üzembe, illetve azokra, amelyek biológiai kezelést is alkalmaznak a telephelyen.

Paraméter	**Festéktelenítés nélkül**		**Festéktelenítővel**	
	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)
BOI_5[1]	1900	4,7	550	10
KOI	3800 (570-9000)	9,4 (1,2-24)	1100 (440-1900)	20 (7-40)
Kj – N[2]	16 (10-40)	0,05 (0,02-0,1)	20 (13-25)	0,35 (0,19-0,62)
Átbocsátott mennyiség		5,5 (0,4-15,5) m^3/t		5,5 (0,4-15,5) m^3/t

Megjegyzések:
[1] A BOI_5 értékét $KOI=2 \cdot BOI_5$ alapján becsülték
[2] A Kjeldahl-nitrogén a szerves és ammónium-nitrogén összege. A szerves N egy része hidrolizálhat a tisztítóban, az ammónium N potenciális táp a tisztító biomasszájának

2.18. táblázat: RCF üzemi átlagos vízkibocsátás az elsődleges kezelés után, a kommunális szennyvíz-kezelő üzembe való kiengedés előtt

Az adatok az illetékes vízügyi hatóságok méréseiből, és a vállalatok saját önellenőrző méréseiből származnak 1994/95-ből [Dutch notes on BAT, 1996]

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Paraméter	Festéktelenítés nélkül		Festéktelenítővel	
	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)
BO_{I5} kezelés előtt*	1800	12,3	770	8,3
BOI_5 kezelés után*	10 (3-28)	0,06 (0,01-0,13)	9	0,09
KOI kezelés előtt*	3200	22	1900	2,1
KOI kezelés után*	150 (60-270)	0,77(0,29-1,12)	290	3,1
Kj – N[1]	5,6 (3-13)	0,03 (0,01-0,04)	7,8	0,08
$P_{összes}$	1,5 (0,5-1,8)	0,01	n.a.	n.a.
Össz. száraza.	25 (17-40)	0,13	n.a.	n.a.
Átbocsátott mennyiség		5,7 (3,1-11) m^3/t		11 m^3/t

Megjegyzések:
* A bemenő BOI_5 pontos értéke nem áll rendelkezésre. Ezért ez egy festéktelenítő nélküli és egy festéktelenítővel rendelkező gyár adatai alapján számított érték.
[1] A Kjeldahl-nitrogén a szerves és ammónium-nitrogén összege. A szerves N egy része hidrolizálhat a tisztítóban, az ammónium N potenciális táp a tisztító biomasszájának

2.19. táblázat: Átlagos vízszennyezési adatok olyan RCF gyárakban, amelyek a telephelyen végzett elsődleges és biológiai kezelés után bocsátják ki a vizet a befogadókba

Az adatok az illetékes vízügyi hatóságok méréseiből, és a vállalatok saját önellenőrző méréseiből származnak 1994/95-ből [Dutch notes on BAT, 1996]

Kémiai oxigénigény
A KOI kibocsátás eredhet mind a nyersanyagokból, mind az adalékanyagokból. A festéktelenítési és a fehérítési eljárások jelentős mennyiségű KOI-t oldanak ki a visszagyűjtött papírból. Azoknál a papírgyáraknál, amelyek a kommunális csatornába engedik ki a szennyvizet, a KOI kibocsátási adatok nagy eltéréseket mutatnak, attól függően, hogy milyen szakaszban van a feldolgozás a mérés során. A KOI eltávolítást és kiegyenlítést a kommunális szennyvíz-kezelő telepen végzik el. A helyszíni biológiai szennyvíz kezelő üzemmel ellátott papír- és kartongyárak KOI kibocsátási adatai kis ingadozásokat mutatnak. A 2.19. táblázatban bemutatott ingadozásokat olyan papírgyárak okozzák, amelyekben a szennyvíz-kezelő üzem (WWTP) nem működik megfelelően. Ezeknek a gyáraknak tökéletesíteni kell a WWTP-jüket. A deinking eljárás magasabb KOI kibocsátással jár, mint a deinking nélküli eljárás. Az utóbbi esetben a KOI nagy része a termékben marad.

BOI_5
A BOI_5 kibocsátási adatok a biológiai kezelés után nem mutatnak jelentős eltérést a visszagyűjtött papír deinkinggel történő vagy deinking nélküli feldolgozásánál. A megfelelően működő kezelőüzemekben a BOI koncentráció a kezelés után 20 mg/l alatti, függetlenül a beömlési koncentrációtól. A biológiai kezelés után a BOI_5 kibocsátás 0,01-0,13 kg/t papír és karton. [Dutch note BAT, 1996] A fajlagos BOI-terhelés különbségeit főleg a vízáram eltérései okozzák. Ha a papírgyári szennyvizek BOI_5: KOI aránya az elsődleges kezelés után kb. 0,5, ez azt jelzi, hogy a papírgyári szennyvíz biológiailag könnyen lebontható.

Szerves halogén-származékok (AOX) és más szerves mikroszennyezők
Az abszorbeálható szerves halogénvegyületek forrása néhány adalékanyag (különféle nedvesszilárdítók), a klórosan fehérített cellulóz és bizonyos mértékig a nyomdafestékek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Sók

A sók, főleg szulfátok és kloridok, főként a visszagyűjtött papírral és néhány adalékanyaggal, mint pl. a timsó, kerülnek be. Bizonyos területeken, például ott, ahol az ivóvíz készletnek felszíni víz az elsődleges forrása, vagy fontos a vízminőség, figyelni kell a sólerakódásra.

A nyersanyagként felhasznált visszagyűjtött papír típusától és a vízkör zártságától függően 1000 mg/l értéket elérő szulfátkoncentrációt is tapasztaltak, még akkor is, ha az eljárás során nem adagoltak alumínium-szulfátot.

Szilárd hulladékok keletkezése

A feldolgozott papírhulladékból származó legtöbb szennyeződés hulladékként végzi. A fő hulladékanyag a reject, a különféle iszapok, és ha a maradékokat a helyszínen égetik el a hamu. Az RCF alapú papírgyár fő szilárd hulladékforrása az anyag-előkészítés, a technológiai víz derítése és a szennyvíz-kezelés.

Reject kezelő berendezés	**Hidraulikus prés**	**Pneumatikus prés**
Elérhető szárazanyag-tartalom		
<70% rosttartalom	65% fölött	55 – 58%
<30% rosttartalom	kb. 70%	60 – 63%
Energiaigény (kWh/t)	15 – 20	8 – 12

2.20. táblázat: Elérhető reject szárazanyag-tartalom, és az ennek megfelelő energiafelhasználás különböző rosttartalomhoz. [Adatok egy gépszállítótól]

Iszap kezelő berendezés	**Hidraulikus prés**	**Pneumatikus prés**
Elérhető szárazanyag-tartalom		
<50% hamutartalom	55% fölött	65% fölött
>50% hamutartalom	60% fölött	70% fölött
Energiaigény (kWh/t)	10 – 15	18 – 20

2.21. táblázat: Elérhető iszap szárazanyag-tartalom, és az ennek megfelelő energia felhasználás különböző hamutartalmakhoz [Adatok egy gépszállítótól]

A 2.22. táblázat a termelési maradékok mennyiségét adja meg a bevitt nyersanyag százalékában a fő papírfajtákra és visszagyűjtött papír minőségekre.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

			Osztályozás		Iszap		
Termék	**Visszadolgozott minőség**	**Teljes veszteség**	**Darabos/ nehéz**	**Finom/ könnyű**	**Festéktelenítés**	**Gyártási víz tisztítása**	**Szennyvíz**
Író-nyomó	Újság, magazin jobb minőségek	15-20 10-25	1-2 <1	3-5 <3	8-11 7-16	2-5 1-5	≈1
Tissue	Irodai hulladék, átlagos és közepes minőség	28-40	1-2	3-5	8-13	15-25	≈1
Áru rostanyag	Irodai hulladék	32-40	<1	4-5	12-15	15-25	≈1
Testliner/ fluting	Áruházi hulladék, háztartási hulladék, kraft minőség	4-9 3-6	1-2 <1	3-6 2-4	---	0-(1) 0-(1)	≈1
Papírlemez	Áruházi hulladék, háztartási hulladék	4-9	1-2	3-6	---	0-(1)	≈1

2.22. táblázat: A termelési maradékok mennyisége a bevitt nyersanyag százalékában, a használt papírhulladék minőségektől és a gyártott papírfajtától függően

Reject

A reject a visszagyűjtött papírban található szennyeződésekből, főként rostcsomókból (szilánkokból), szegekből, fém fűzőkapcsokból, homok, üveg és műanyag részekből tevődik össze. A reject anyagokat a lehető legnagyobb méretű formában és a lehető legkorábban kell eltávolítani az alapanyag előkészítés során.

Paraméter	Egyes tényezők aránya (%)[1]	Egy gyár átlagos értékei
Víztartalom	45	3,33%
Műanyag	25,9	
Rost	27	
Üveg és kő	0,11	
Fém	0,88	
Szerves anyagok	1,05	
Cl tartalom a műanyagban	5,45	
Cl tartalom a fűtőolajra von.	1,43	
Fűtőérték, H_u (100% sz.a.)	23 800 kJ/kg	25 335 kJ/kg
Fűtőérték, H_u (55% sz.a.)	11 991 kJ/kg	12 828 kJ/kg

Megjegyzés:
[1] 18 német papírgyár értékeinek átlaga

2.23. táblázat: Visszagyűjtött papírból gyártott hullám-alappapír előállítása során keletkező reject (4-6 % reject)

A feldolgozott papírhulladék főleg háztartásokból és áruházakból begyűjtött használt papírból, valamint hullámpapír-lemez maradékokból származik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A gyártási víz derítése során keletkező iszap (papíriszap)
Ez az iszapfajta főleg a rostvisszanyerés során keletkezik a szitavíz körökben és a mechanikai kezelés során a szennyvíz-kezelő üzemben. A papír maradék általában rövid rostokat és töltőanyagokat tartalmaz (mindkettő kb. 50%), attól függően, hogy milyen visszagyűjtött papírt dolgoznak fel. A karton és hullám-alappapír gyártásánál az iszapot gyakran visszaforgatják a gyártásba.

A 2.24. táblázat a rostvisszanyerésből és a mechanikai szennyvíz-kezelésből származó papír maradékok összetételét mutatja.

Paraméter	Egység	Értéktartomány
Szárazanyag-tartalom	%	29,4-52,7
Illékony szárazanyag	Sz.a. %-a	25,5-76,1
Ólom	mg/kg sz.a.	10-210
Kadmium	mg/kg sz.a.	0,01-0,98
$\text{Króm}_{\text{összes}}$	mg/kg sz.a.	8,8-903
Réz	mg/kg sz.a.	19,9-195
Nikkel	mg/kg sz.a.	<10-31,3
Higany	mg/kg sz.a.	0,1-0,89
Cink	mg/kg sz.a.	34,2-1320

2.24. táblázat: Rostvisszanyerésből és a kémiai-mechanikai szennyvíz-kezelésből származó iszap összetétele
[Adatok a PTS elemzéséből, publikálva a szilárd hulladék kézikönyvben, 1996]

Festéktelenítési iszap
Ez a maradék főleg rövidrostokat, mázanyagokat, töltőanyagokat, festékrészecskéket, extrakt vegyületeket és festéktelenítési adalékokat tartalmaz. A festékrészecskék a nehéz fémek potenciális forrásai, de amint az a 2.24. táblázatból látható, a festéktelenítési maradék tipikus szennyezőanyag-tartalmának hasonló szennyezőanyag-terhelése van, mint a biológiai szennyvíz-kezelő üzemek iszapjának, csak az egyes anyagok értékei nagyobbak, például a réz- és a cinktartalom. A papírhulladékok szennyezőanyag-tartalma eléggé változékony, és következésképpen a festéktelenítési iszapé is.

A festéktelenítési iszapot általában hulladéklerakóban helyezik el, vagy elégetik. A hamu építőanyagok gyártási alapanyagaként szolgálhat.

Szennyvíz-kezelési iszap
Ez az iszap a biológiai szennyvíz-kezelés biológiai berendezéseinél keletkezik, és vagy visszaforgatják a termék gyártásához (hullám-alappapír és karton esetén), vagy besűrítik, víztelenítik, és azután elégetik (a helyszínen, vagy a gyáron kívül), vagy hulladéklerakóba viszik. Sok tagállamban a nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok hulladéklerakóban való elhelyezését a kormány korlátozza, és a közeljövőben teljesen megtiltja. Az EU hulladéklerakási irányelve támogatni fogja ezt a tendenciát, célértékeket tűzve ki a biológiailag lebontható (kommunális) hulladékok mennyiségének csökkentésére.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2.C Papírgyártás és a hozzá kapcsolódó folyamatok

A különféle papírfajták gyártásánál vagy elsődleges rostokat (vegyi vagy mechanikai rostanyagokat) vagy szekunderrostokat használnak fő nyersanyagként.

Európában nagy számban vannak olyan gyárak is, ahol a papírt rostos anyagok keverékéből gyártják. Ma jobban, mint korábban valaha is, a papírhoz használt nyersanyag összetételét az egyes összetevők költsége befolyásolja. A papír készítéséhez használt nyersanyagok összetétele (pl. rostanyagok, ásványi töltőanyagok, máz) nagy hatással van a teljes termelési költségre, a termékminőségre és a folyamat környezeti hatására.

Bár a papírtermékek nagyon változatosak, és a gyártási folyamatok kialakítása is sokféle, a papírgyárakban szinte az összes papír- és kartonkészítési folyamat tartalmazza a következő alapelemeket:

- Anyag-előkészítés
- Közelítő rendszer
- Papír- vagy kartongyártó gép, ami az alábbi egységekből áll:
  - Felfutószekrény vezeti a szitára a rostszuszpenziót és egyenletesen eloszlatja a rostokat a szitapálya teljes szélességében.
  - A szitaszakasz kb. 12-20% szárazanyag-tartalomig vízteleníti a papírpályát.
  - A présszakasz további vízeltávolítást végez, kb. 50% nedvességtartalmúra préselve a papírpályát.
  - A szárítószakasz eltávolítja a többi nedvességet, szárítóhengerekkel melegítve a papírpályát.
  - A feltekercselő hengerré tekercseli fel a papírpályát.

A papír- és kartontípustól függően lehetnek további gyártási berendezések is, ilyenek a kalanderek, mázolók, mázkonyha, tekercsvágók, áttekercselők és tekercs-csomagoló egységek.

Az alkalmazott folyamatok és technikák

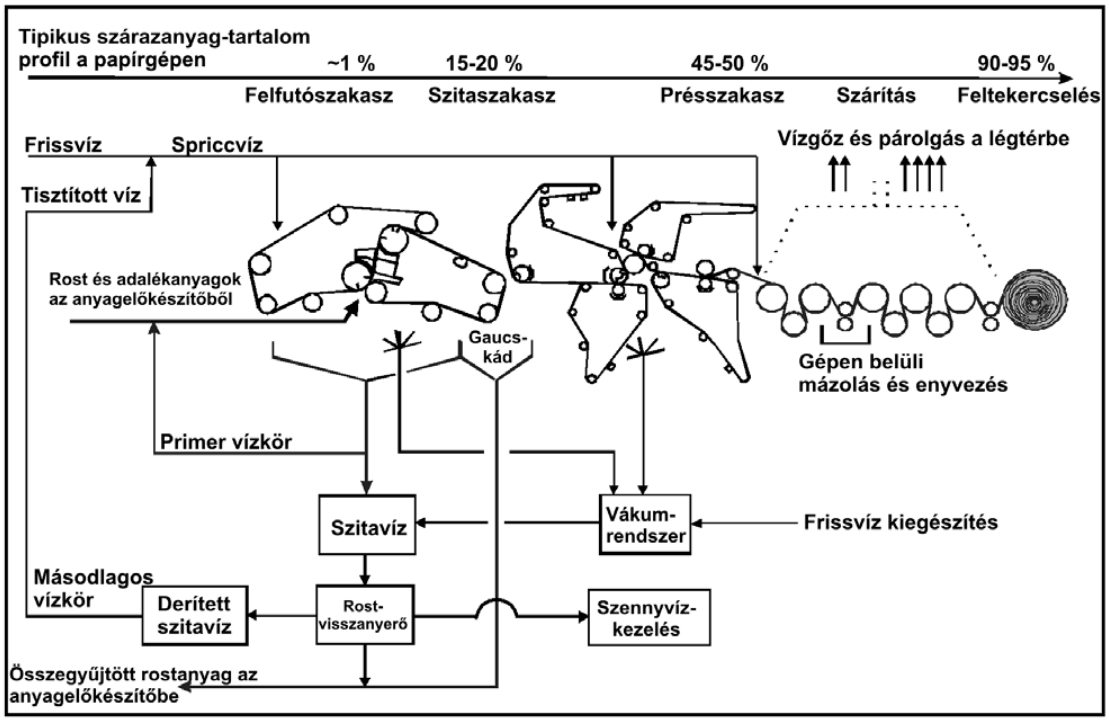
Anyag-előkészítés
Az anyag-előkészítéssel a nyersanyagot dolgozzák fel a papírgép számára kész alapanyaggá (behordás).
A papírgép számára végzett anyag-előkészítésbe tartozik a különböző rostanyagok összekeverése, mechanikai megmunkálása, a hígítás és a vegyszerek adagolása. A nyersanyag bálák, ömlesztett anyag, vagy – integrált gyárak esetében – szuszpenzió formájában áll rendelkezésre. Az anyag-előkészítés több egymáshoz igazított részműveletből áll, ezek pl. a rostanyag dezintegrálása (foszlatás), a tisztítás, a rostmódosítás (őrlés), valamint a tárolás és a keverés.

A rostelőkészítés a következőkön alapszik: a szennyeződések eltávolítása, a rostok szilárdsági tulajdonságainak kialakítása (őrlés) és vegyszerek adagolása a folyamat segítése és a papírlap végső tulajdonságainak befolyásolása céljából (gyanták, nedvesszilárdító adalékok, színezékek, töltőanyagok, stb.). A nem-integrált (különálló) papírgyárakba a rostok szárazon érkeznek. A rostanyagokat pulperban (anyagfeloldó berendezésben) pépesítik, hogy szivattyúzható szuszpenziót kapjanak. Ezután a fel nem oldódott szennyeződéseket osztályozással (sziták) és tisztítással (centrifugális tisztítók) távolítják el a rostszuszpenzióból. Az osztályozás célja az, hogy a rostok közül eltávolítsák a zavaró anyagokat.
A kész papír egyedi rostjainak kötőképessége javítása céljából őrlés végezhető (opcionális).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az őrlés célja az, hogy a rostok állapotát a végtermék kívánt tulajdonságainak megfelelően alakítsák. Az őrlést őrlőkben végzik, ezek pl. forgó tárcsával vannak felszerelve, amit egy álló tárcsához (sztátor) nyomnak. A papírgyártási folyamat részeként végzett őrléshez felhasznált elektromos energia mennyisége általában 100 és 300 kWh/t között van a papírok többségénél, azonban különleges papíroknál elérhet akár 3000 kWh/t értéket is.
Egy papírgép teljes anyag-előkészítése általában több anyagsorból áll, amelyek mindegyikén különböző nyersanyagot dolgoznak fel. A papírgépről származó szakadási selejt feldolgozása is e folyamat részét képezi (lásd a gyártási selejttel foglalkozó alfejezet). Végül a rostanyagot (pépet) a tárolókádakba vagy keverőkádakba szivattyúzzák.

A papírgyártás
A papírgépen megy végbe a papír képzése és a papír legtöbb tulajdonságának kialakítása.



2.13. ábra: Az ikerszitás papírgép főbb folyamatai és egységei

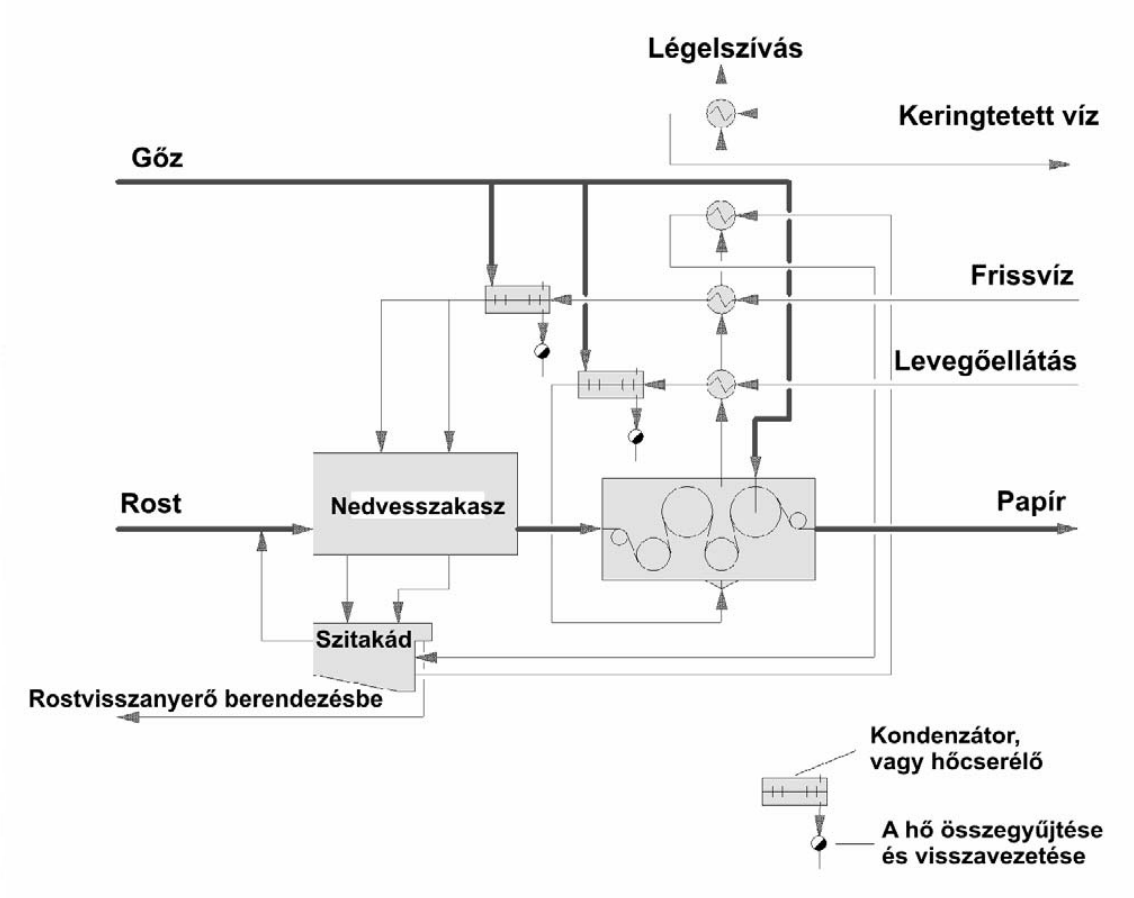
Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A papírgép tulajdonképpen egy nagy víztelenítő berendezés, ami felfutó szekrényből, szitaszakaszból, présszakaszból és szárító szakaszból áll. A legelterjedtebb gépkialakítás a legutóbbi időkig és még jelenleg is a síkszitás (Fourdrinier) papírgép, ennél a papírt egy végtelenített szitán vagy szövedéken képezik, amire a felfutószekrény vezeti rá a rostokat szuszpenzió formájában. Az utóbbi időben ikerszitás lapképzőket is használnak a papírpálya képzéséhez, ezek a legkorszerűbb berendezések. Az ikerszitás lapképzős papírgépeken a rostszuszpenziót két azonos sebességgel működtetett szita közé vezetik be, és a víztelenedés egyik vagy mindkét oldal irányába megy végbe.

A papírt úgy készítik, hogy a híg rostszuszpenziót, amelyik tartalmazhat töltőanyagokat, színezékeket és egyéb vegyszereket is, rávezetik egy finom szitára, amin keresztül a víz elfolyik, és a rostok és finomanyagok szövedéke valamint a töltőanyagok pedig fennmaradnak és leülepednek a szitán.
A rostszuszpenziót, aminek koncentrációja a papírgép nedves szakaszának legelején 0,2 és 1,5% között van, a felfutószekrény juttatja a szitaszakaszra. A felfutószekrény feladata az, hogy egyenletes rosteloszlást alakítson ki a szitapálya teljes szélességében, az egységes papír képződése érdekében. Mire a papírpálya a szitán 10-20% körüli szárazanyag tartalmúra víztelenedik, meg tudja tartani saját súlyát, és átvezethető a szitáról a soron következő préselési és szárítási lépcsőkre.
A gépsebességek széles határok között változnak. A leggyorsabb járatú gépeken, amelyek általában az újságpapírt gyártó gépek, a 10 m szélességű papírpálya 1500 m/perc sebességgel halad. A tissuegépek, bár a szélességük kisebb, ma 2000 m/perc értéket meghaladó sebességgel termelnek.

A papírpályát átvezetik a présszakaszba, ahol hengerek között futó nemezek támasztják alá, és vákuumos szakaszokon is áthalad. Itt további vízeltávolítást végeznek (általában 60-55%, egyes esetekben egészen 50% nedvességtartalomig) és ezután kerül a szárítószakaszba. A szárítást általában gőzzel fűtött hengerekkel végzik, amelyek egy elszívó burával vannak lefedve.
A szárítószakaszon a papírpályát a végleges szárazanyag-tartalomig szárítják, ami általában 90-95%. Gyakorlatilag a szárításhoz használt összes hő a bura alól kiszívott levegőbe kerül. A burából távozó levegő hőmérséklete általában 80-85°C, nedvességtartalma 140-160 g H_2O/kg száraz levegő.
A nedvesség egy része (kb. 11,5 m^3/t papír) az atmoszférába kerül. Gazdasági okokból az összes papírgyárban hővisszanyerő rendszert működtetnek. A 2.14. ábrán egy papírgép szárítószakaszának és hővisszanyerő rendszerének sematikus rajza látható.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.14. ábra: Papírgépi hővisszanyerő rendszer

A 2.25. táblázat egy tipikus nagy és modern papírgép hőáramaira ad példát:

Hővisszanyerési helyek	**Hőáramok a szárítószakaszból, MW illl. MJ/t**	**Hőmennyiség megoszlása, %**
Szükséges levegő	1,8 MW vagy 233MJ/t	6
Szitavíz kád	3,6 MW vagy 466MJ/t	11
Frissvíz	5,5 MW vagy 712MJ/t	19
Körvíz	8,0 MW vagy 1036J/t	27
Elszívás a légkörbe	10,8 MW vagy 1399MJ/t	37
Összes (elszívás a búrából)	29,7 MW vagy 3847MJ/t	100

2.25. táblázat: Példa a hővisszanyerésre és hőveszteségekre egy napi 667 tonna kapacitású papírgépen [adatok a Valmettől**]**

Az értékek skandináviai téli körülményekre vonatkoznak. Melegebb klímájú országokban nincs szükség a gépterem fűtéséhez használt cirkulációs víz fűtésére.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A papírgép egyik változata a nagy fűtött „Yankee” henger használata a kistömegű gépi simítású vagy hagyományos tissuepapírt gyártó gépeken. Ezen a papírpálya szárítása a Yankee henger körbefordulása alatt megy végbe.

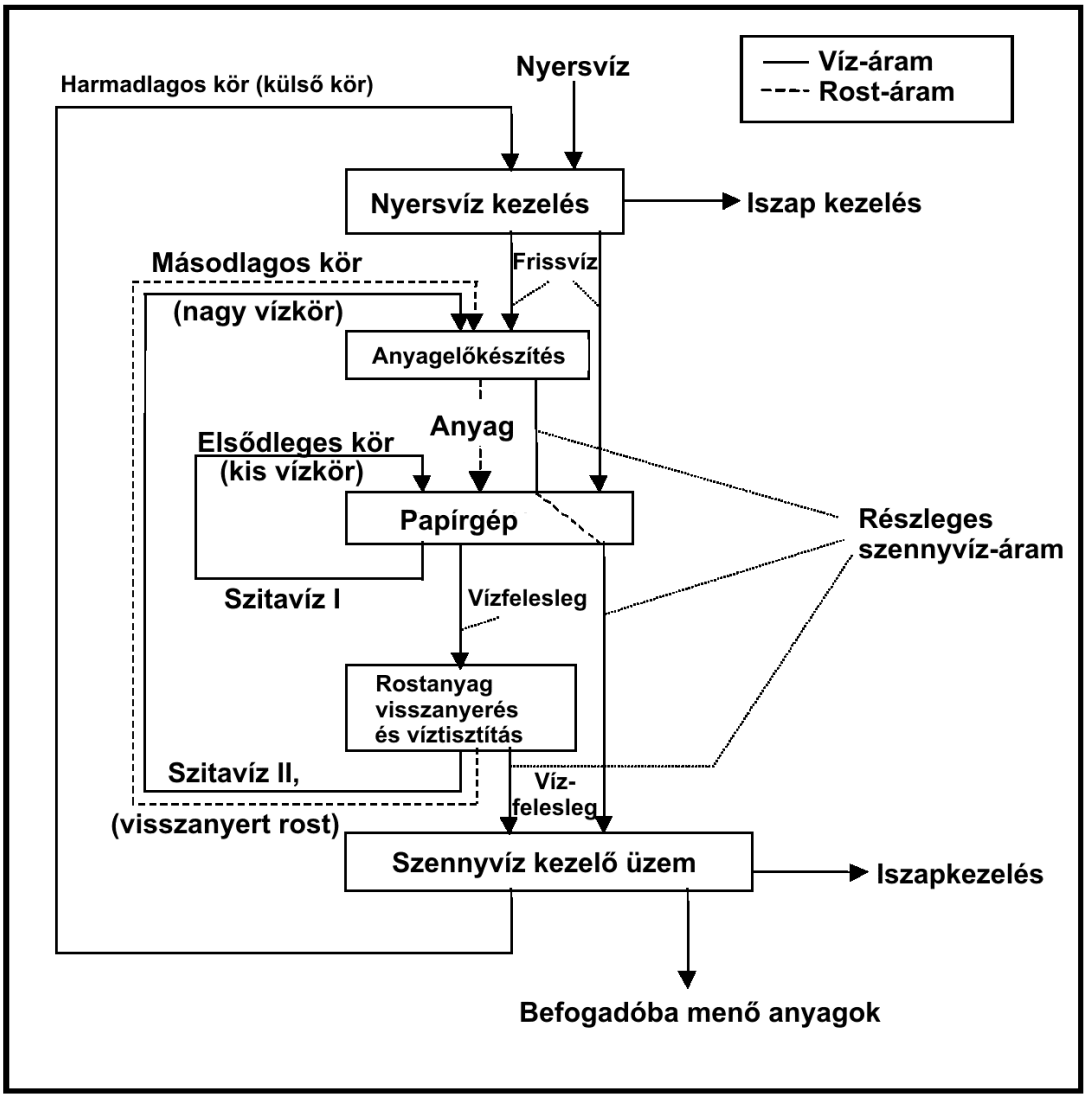
A legtöbb alkalmazásnál a papírpálya széleit folyamatosan levágják vízsugárral, a levágott szél a gaucskádba kerül, amint elhagyja a szitát. Amikor papírpálya szakadás történik – ez naponta többször is előfordulhat – jelentős a papírveszteség. Hasonló veszteségek jelentkeznek a rutinszerű beindulásoknál is. Az összes ilyen papírt, amit szakadási selejtnek neveznek, újrafoszlatják és visszavezetik az anyag-előkészítő területre az anyagkádakba.

A szilárd anyagok (rostok, finomanyagok és töltőanyagok) és oldott anyagok (hozzáadott vegyszerek, a rostanyagból származó szerves anyagok, stb.) visszatartása a papír-pályában, vagyis retenciója fontos fogalom. Azok az anyagok, amelyek nem maradnak vissza, áthaladnak a szitán, és a körvízben maradnak. A retenció mértéke befolyásolja egy adott vegyület valószínű útirányát a termékbe vagy az elfolyó vízbe.

Vízkörök és rostvisszanyerés

Egy papírgyárban három vízkör van: az elsődleges vagy primer vízkör, a másodlagos vagy szekunder vízkör, és a harmadlagos vagy tercier vízkör. A 2.15. ábra a papírgyár vízköreinek vázlatos ábráját szemlélteti.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.15. ábra: A víz- és anyagáramok egyszerűsített sémája egy papírgyárban

Az elsődleges vízkörben (rövid, vagy kis vízkör) a rostokban, finomanyagban és töltőanyagban gazdag vizet, ami a szitaszakasz lapképző zónájából származik (szita I. víz) visszavezetik az anyag hígítására a közelítő rendszerbe. Az elsődleges vízkörben a lehető legnagyobb fokú zártságra törekszenek.

A lapképző szakasz fölös vízét, a szívással és préseléssel eltávolított vizet és a tisztítóvizet, amelyeket együtt szita II. víznek neveznek, a másodlagos vízkörben (nagy vízkör) cirkuláltatják.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A szitáról lefolyó rostos vizet általában egy ún. rostvisszanyerőben kezelik, ami lehet szedimentációs vagy flotációs telep, vagy egy szűrőberendezés, például dob- vagy tárcsás szűrő. Az itt nyert vizet derített víznek nevezik.

Flotációs rendszereket is használnak rostvisszanyerőként. Optimális körülmények esetén a flotációs rendszerek szilárdanyag-eltávolítási hatékonysága majdnem 100%-os, aminek eredményeként a lebegőanyag-tartalom 10-50 mg/l (primer rostanyag esetén). A flotált iszap anyagsűrűsége 3 és 10% közötti.

A szedimentációs berendezések alkalmasak a nagy töltőanyag-tartalmú gyártási vizek derítésére, de nagy térfogatokra van szükség, ezért nagy a helyigényük.

A rostvisszanyerőkben kinyert rostanyagot visszavezetik az anyagkádba, a különböző minőségű vizeket pedig minőségüktől függően különböző felhasználási helyekre, ahol azokkal frissvizet helyettesítenek.
A harmadlagos vízkör a másodlagos vízkör fölös vizét tartalmazza, valamint az összes többi olyan gyártási vizet, amelyek nem, vagy közvetlenül nem használhatók fel újra a szennyezettségi fokuk miatt. Ezeket kémiai-mechanikai és/vagy biológiai szennyvíz-kezelő telepeken kezelik.

Ebből a leírásból látható, hogy igen nagy mennyiségű vízre van szükség a papírgép nedves szakaszán, és általában nagyfokú a vízvisszaforgatás a különböző vízkörökben.
A gyártott papír tonnájára számítva kb. 1-1,5 m^3/t víz általában elpárolog a gép szárítószakaszán, és veszteségként távozik a folyamatból. A normál atmoszférikus körülményekkel egyensúlyban lévő „száraz” papír általában 6-10% vizet tartalmaz.

A gyártási selejt rendszere
A „selejt” kifejezés vonatkozik mindazon képzett papírokra, amelyet a papírkészítési folyamat kezdetétől a késztermékig előállítottak, de soha nem szállítottak ki a vevőnek. A selejt sokféle formában és eltérő minőségekben létezik, mindig keletkezett és keletkezni is fog a papírgyártási folyamat során.

A papírgyártás folyamán keletkező selejt mennyisége általában a papírgépi kapacitás 5–20%-ának felel meg. Néha akár a normál termelés 50%-át is elérheti. A konkrét esetektől függően a gépi
selejt különböző helyeken képződik. Selejt keletkezik pályaszakadáskor. Nedves selejt van még normál üzemelés közben is, a szitaszakaszon levágott szélek formájában, a kiszerelési műveleteknél pedig száraz selejt keletkezik.
A papírgép nedves és száraz szakaszairól származó selejt pépek (szuszpenziók) nem azonosak a papírgyártási jellemzőik szempontjából a felfutó anyagéval.

Enyvezés (opcionális)
Általában az enyvezés a nedves szakaszon (anyagában) végzett enyvezést jelenti, ahol gyanta alapú vagy szintetikus enyvezőanyagokat adnak közvetlenül az anyaghoz, hogy csökkentsék a papír természetes szívóképességét. A felületi enyvezésnél a keményítőt, vagy egyéb enyvezőanyagokat azért viszik fel a rost-mátrixra, hogy növeljék az alap-papírpálya szilárdságát és módosítsák a folyadékfelvétellel kapcsolatos felületi tulajdonságokat az írás, a nyomtatás vagy a mázolás szempontjából. Anyagában enyvezést alkalmaznak például a finompapíroknál (másolópapír) és néhány különleges papírfajtánál.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az enyvezőanyag alkalmazásának potenciális környezeti hatása a vízbe történő kioldódás. Ha a papír anyagához enyvezőanyagokat adnak, jelentősen nagyobb KOI koncentráció mérhető a vízkörökben. Az enyvezett selejt újrafoszlatása is megnöveli valamelyest a KOI-t a vízkörökben. Például a keményítővel bevont selejt újrafoszlatása a BOI egyik fő forrása az írópapír és finompapír szektorban.

Vegyianyagok adagolása

A fő nyersanyagokon, vagyis a rostos anyagon és töltőanyagokon kívül a papírkészítés különböző vegyi adalékok és segédanyagok együttesének használatát is igényli.

Ezek egy része bizonyos papírtulajdonságok elérésére szolgál (pl. enyvező-anyagok, nedvesszilárdító szerek, színezékek, mázanyagok); más részük a gyártási folyamat műveleteit, ill. azok hatékonyságát javítja (pl. retenciós szerek, habzásgátló szerek, tisztítószerek és nyálkaölő anyagok). A vegyi adalékokat vagy használatra készen szállítják a gyárba, vagy a helyszínen készítik – általában a kis mennyiségben használt speciális vegyszereket használatra készen szállítják, míg a nagyobb volumenű vegyszereknél lehet így is, úgy is. Ez érvényes mind a bevonóanyagként használt, mind a papíranyaghoz adott vegyszerekre.

A vegyi adalékokat lehet a megközelítő rendszerben a higított anyaghoz hozzáadni, illetve a szitára lehet spriccelni, ahol az beépül a papír szerkezetébe, vagy pedig az enyvezőprésen illetve a gép mázolóegységén lehet felvinni a papír felületére. Az első esetben az összes vegyszer, ami nem kötődik meg a papírpályában, a vízkörben marad, és valószínűleg jelentős része átkerül az elfolyó vízbe.

A vízkörben maradó vegyszerek akadályozhatják a vízkör zárásának folyamatát, és negatív hatással lehetnek a szennyvíz-kezelő telepre is. Ez azonban függ az alkalmazott vegyszerek típusától és mennyiségétől.

Kalanderezés/simítás (opcionális)

A kalanderezés célja az, hogy sima papírfelületet állítsunk elő, ami megfelel a szándékozott felhasználáshoz kapcsolódó nyomtatási és írási követelményeknek.

A kalanderezésnél a papírpályát egymáshoz nyomott préselő hengerek között vezetik át, és ezen folyamat közben a felületi érdességet befolyásolja a nyomás és nagyon gyakran az alkalmazott hőmérséklet hatása.

A gépi kalander (gépsimító) kettő vagy több csiszolt öntöttvas hengerből áll, amelyek nagyon sima felülettel rendelkeznek.

A papír áthalad ezeknek a hengereknek az érintkezési vonalain (kemény hengerközök). Manapság a kalanderekben gyakran egy fűtött öntöttvas hengert kombinálnak egy lágy műanyag borítású hengerrel (lágy hengerköz). Két vagy több ilyen hengert helyeznek el egymás mögött. A hengereket belülről forró vízzel, gőzzel, vagy fűtő olajjal fűtik.

Áttekercselés (tekercsvágás), kiszerelés

A végső papírtermék formáját (tekercs vagy ív méretek), a papír fajlagos tömegét, színét és kiszerelését a vevői előírásoknak megfelelően alakítják. A legtöbb papírgép nagy papírtekercseket gyárt, ahol a papírszalag szélességét a gép nedves szakaszán végzett szélvágás határozza meg. Általános az, hogy a termékek készre-vágását a papírgépen kívül, éles rotációs késekkel és guillotine vágókkal végzik, pontos szélességűre vágják a tekercseket és ívekre darabolják a kiszállításhoz való becsomagolás előtt. Van olyan is, hogy egy kondicionálási lépcsőt iktatnak be, azért, hogy a papír nedvességtartalmát az előírt értékre állítsák be úgy, hogy az mindenütt egységes legyen, stabilak legyenek a papír méretei és megfeleljen a szándékozott felhasználási célra, például nyomtatásra vagy csomagolásra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Példák nem-integrált papírgyárakra Európában
A papír és kartongyártási folyamatok végbemehetnek ugyanazon a helyen, ahol a rostanyagot állítják elő (integrált papírgyárak), vagy pedig egy különálló helyen (nem-integrált papírgyárak).

1993-ban Nyugat-Európában 830 nem-integrált papírgyár működött, évi 30 millió tonna összkapacitással. Ez kb. 35000 t/év átlagos kapacitásnak felel meg. Nagy a nem-integrált papírgyárak részaránya Olaszországban (211 gyár), Németországban (161 gyár), Spanyolországban (114 gyár), Franciaországban (107 gyár) és az Egyesült Királyságban (81 gyár). [J. Pöyry, 1994]

A különböző papír és kartonfajtákat különböző nyersanyagokból állítják elő az egyes papír és kartonfajtákhoz kialakított gépekkel. Azonban mindezidáig nem alakult ki közös értelmezés Európában arról, hogy milyen papírfajtákat kell megkülönböztetni környezeti szempontból ahhoz, hogy leírják az elérhető kibocsátásokat azokban a papírgyárakban, amelyek a BAT-ot bevezették.

Mázolatlan famentes író-nyomópapírok
Az író-nyomópapírok közé olyan termékek tartoznak, mint pl. a fatartalmú magazinnyomó papírok és a famentes natúr nyomópapírok.
A famentes natúr nyomópapírok szinte kizárólag fehérített lombos és fenyő vegyi rostanyagból állnak. 10-20 % töltőanyag használható. Ezeket a mázolatlan papírokat általában enyvezik, és tovább javítják a minőségüket felületi enyvezéssel és kalanderezéssel. A famentes papírok nem sárgulnak érzékelhető mértékben, és nagy szilárdsággal rendelkeznek.

Az anyag tisztítása és osztályozása folyamán csak kis mennyiségű szennyezőanyagot (reject) távolítanak el, mivel a nyersanyagok túlnyomóan tiszták. Őrlés közben a rostok rövidülnek és fibrillálódnak. A rostfibrillálás közben a szerves anyagok egy kis része feloldódik.

Tissuepapír
A tissue általában olyan termék, ahol a papírgépen gyártott egyedi rétegeket a papírgép után egy különálló berendezésen többrétegű termékké egyesítik. Ez a papírlap kis négyzetmétertömege miatt van így (akár 12 g/m^2 is lehet a szitán). A tissue-nál a fő terméktulajdonságok a lágyság és a szilárdság. A késztermékké való feldolgozást gyakran integrálják a tissuepapír gyártásához, vagyis a tissuegyárak gyakran maguk adják el a termékeiket a végfelhasználóknak (beleértve a csomagolást is).
A tissuepapírt túlnyomórészt fehérített vegyi rostanyagokból vagy festékmentesített újrahasznosított rostokból állítják elő (lásd a 2.b fejezetet). Az újrahasznosított papír alkalmazása esetén a töltőanyagokat és a finomanyagokat (a tissue gyártására alkalmatlan nagyon apró rostokat) el kell távolítani.

A tissue gyártásánál különböző szárítási technológiákat alkalmaznak a különböző termékekhez, például a hagyományos Yankee szárítóhengert, vagy a jelentősen nagyobb energiafogyasztású levegő-átfúvásos szárítási folyamatot (TAD), ahol óriási mennyiségű levegőt kell fűteni. A TAD eljárással szárított termékek lazábbak és lágyabbak, ami jelentősen kisebb rostfelhasználást eredményez egy adott terméknél a szokásosan szárított kreppelt tissuehoz képest.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Különleges papírok

A műszaki és különleges felhasználási célokra gyártott papír és kartonfajták széles skálán helyezkednek el.

A különleges papírok gyakran olyan rostos anyagokat vagy speciális rostelőkészítést igényelnek, aminek a használata máskülönben túl drága lenne. Például a dokumentumpapírok, bankjegyek és biztonsági papírok nem csak szintetikus rostokat, hanem rongyokból készített, vagy gyapot, kender, len és juta rostanyagokat is tartalmaznak.

Ebbe a csoportba erősen kiőrölt anyagú papírok tartoznak, amelyek tiszta vegyi rostanyagból állnak. A speciális tulajdonságokat, mint például az áttetszőség és zsírállóság, intenzív őrléssel érik el. Többek között a következő papírtípusokat gyártják: könyvelési pergamen, elektromos szigetelőpapír, kondenzátor tissuepapír, mázolatlan pauszpapír, pergamin, pergamenpótló, cigarettapapír, stb.

A tisztítási és osztályozási lépcsőkben csak kismennyiségű veszteség származik a kiosztályozott anyagokból, mivel a nyersanyagok nagyrészt tiszták.

A műszaki, orvosi, gyógyszerészeti és egyéb alkalmazásokhoz való különleges papírokat kis tételekben gyártják, napjában és gépenként egynél többszöri típusváltással.

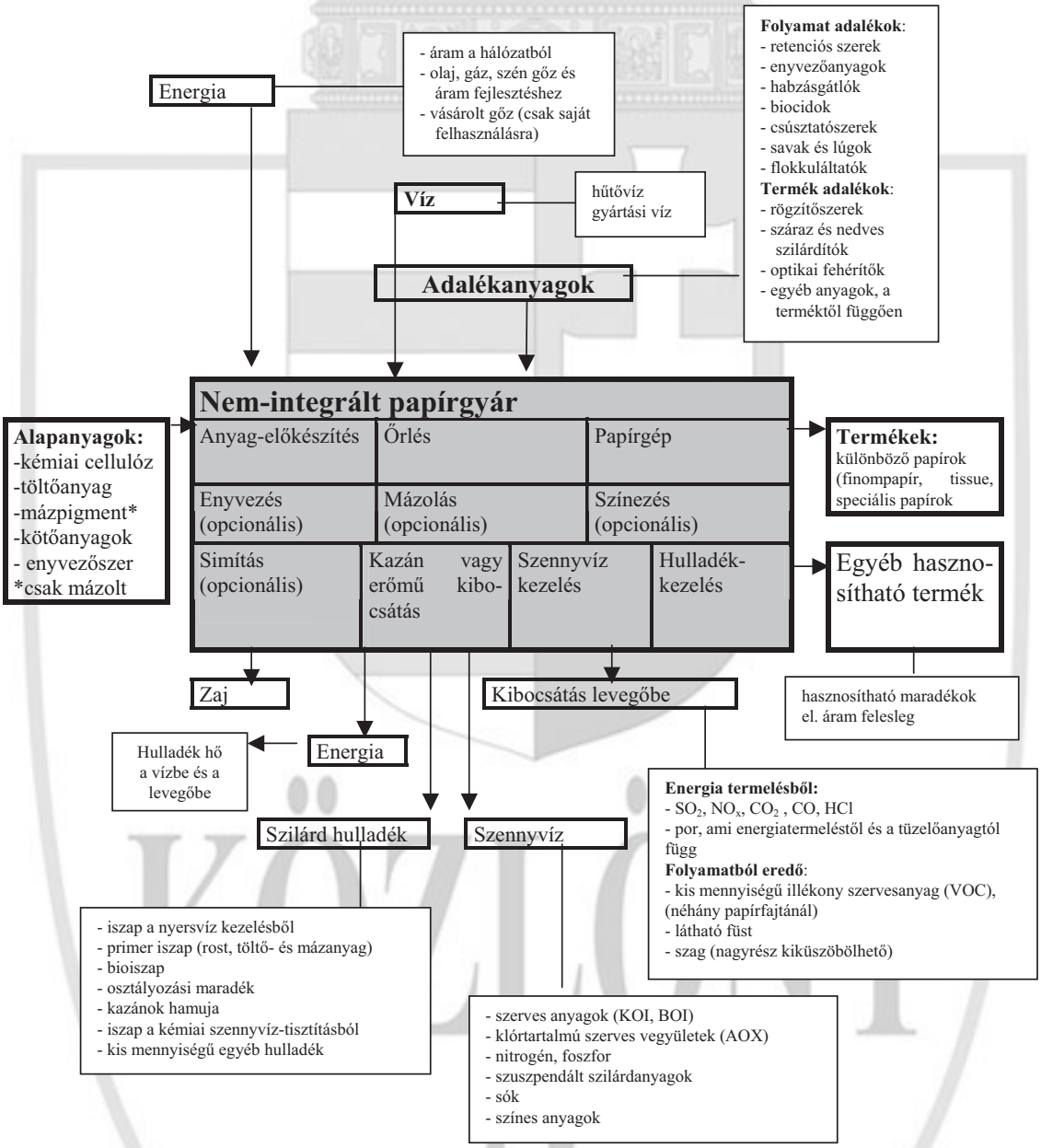
Az alkalmazott rostanyagok típusa és minősége eléggé változatos. Többek között az alábbi papírfajtákat gyártják: teszt-csík papír, fotó alappapír, laboratóriumi szűrőpapír, speciális papír klinikai használatra, olajszűrő papír, porszűrő papír, impregnálási alappapír, vulkánfíber alappapír, elektromos kasírozó papír, tömítő papír, kalander-henger papír (pl. prégelő hengerekhez), karbon-mentes (null-karbon) papír, címkepapír, öntve-mázolt papír, stb.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási értékei

A bemenet/kimenet áttekintése

A 2.16. ábra bemutatja a papírgyártás nyersanyag és energia inputjait, valamint a termékeket, a további hasznosításra szánt gyártási maradékokat, valamint a fő szennyezőanyag kibocsátásokat és a hulladékokat.



2.16. ábra: A papírgyár anyagáramainak áttekintése

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az egyes vegyületek jelenléte főként a gyártott papírfajtáktól és az elérni kívánt tulajdonságoktól, valamint az energiaellátás típusától függ.

Felhasználási és kibocsátási értékek

A papírgyártáshoz kapcsolódó alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- A nyersanyagok fogyasztása
- Vízhasználat
- Adalékok használata
- Energiaigény
- Szennyvíz kibocsátások
- Szilárd hulladék keletkezése
- Levegőbe történő kibocsátás a papírgépről
- Levegőbe történő kibocsátás az energiatermelésből
- Szag az elpárolgó anyagokból és a szennyvíz-kezelő telepről (helyi)
- Zaj a papírgéptől (helyi)

A meghatározó nyersanyagok felhasználásai

A papírt rostokból, vízből és vegyi adalékokból készítik. A papírgyártás nyersanyagfogyasztása erősen függ a gyártott papírfajtától, és az elérni kívánt végtermék-tulajdonságoktól és minőségektől.

A 2.26. táblázat bemutatja a használt nyersanyagokat. Megad néhány termékjellemzőt is.

Papírfajta	**Főbb nyersanyagok**	**Néhány termékjellemző és termék példa**
Újságnyomó	Új töltőanyag adagolás nélküli, kevés segédanyag hozzáadással, néha pigment adagolással. Elenyésző mennyiségű színezék. Mechanikai vagy RFC rostból.	Irányadó tartomány: 40 – 50 g/m² a) 100 – 70 % + 0 – 30% TMP b) jellemzően TMP + 0 – 50% festéktelenített rost alapú
Kraft csomagoló	Töltőanyag nélküli Fehérítetlen kraftcell. + szekunder-rost, vagy tisztán szekunderrost alapú	Nagy szilárdságú termék, 70 – 100 g/m²
Kraftliner vagy testliner	Töltőanyag nélküli Fehérítetlen kraftcell. + szekunder-rost, vagy tisztán szekunderrost alapú	Nagyobb felülettömegű: 110 – 160 g/m², a testliner 90 – 100% szekunderrost alapú
Karton	Többrétegű, az egyes rétegek gyakran különböző összetételűek, minden rostféleség, szekunder is.	Nagy felülettömeg: 175 g/m² fölött (2000 g/m²-ig)
Író- nyomópapír	Mindenféle, főleg fehérített rostanyag, töltőanyag, enyvezőanyag, színezék, fehérítő adagolással készül, lehet mázolt. Széles felülettömeg-tartomány	Pontos felhasználási specifikáció 30-tól 50-60 g/m²-ig (LWC), efölött 90-120 g/m²-ig
Tissue	Töltőanyag adagolás nélküli, nedvesszilárdító adalékkal. Tiszta cellulóz és szekunderrost különböző arányú keverékeiből.	Vékony termék[1] Kéztörlők: 15 g/m² (3 réteg) Zsebkendők: 20 g/m² (2 réteg)
Speciális papírok	Egyedi rostelőkészítés, a rostanyag változik a termék fajtája szerint	Széles tartományt ölel fel a csoport

Megjegyzés:
[1]. A tissue gépen gyártott lap néha meghaladja a 40 g/m²-t. A nagyobb felülettömeg a feldolgozás során, a dublírozáskoz alakul ki.

2.26. táblázat: A különböző papírtípusok gyártásánál használt főbb nyersanyagok

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Vízfelhasználás

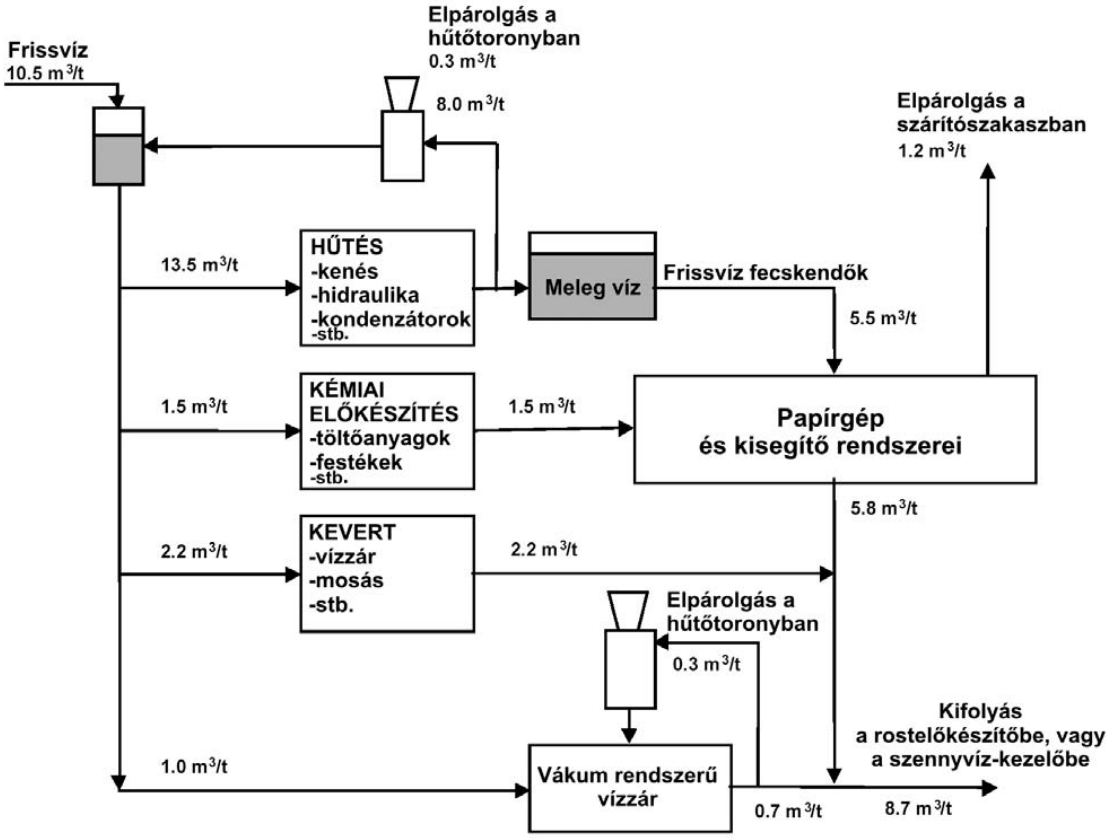
A papírgyárakban a frissvizet főként az alábbi célokra használják:

- A papírgép tisztítóvizeként, amit fecskendő (spricc-) víznek neveznek. A fecskendezés célja az, hogy nedvesítsék és tisztítsák a lapképző szitákat és nedvesítsék a présnemezeket, hogy biztosítsák a kielégítő víztelenítési teljesítményt; 5-20 m^3/t.
- Tömítővízként, a tömítőszekrények, szívószekrények, vákuumrendszerek és tisztítóberendezések záróvizeként; 1,5-3 m^3/t.
- Oldó és diszpergálószerként a töltőanyagokhoz és adalékokhoz; 1,5-3 m^3/t.
- Egyes papírfajtáknál foszlatáshoz az anyag-előkészítésnél.
- A gyártási berendezések hűtéséhez; 3-10 m^3/t.

  Ezeket a vizeket gyakran visszaforgatják és gyártási vízként használják. Más gyárak elkülönítve bocsátják ki ezeket. Ezért ezeket a vizeket általában nem veszik számításba, amikor a papírgyárak vízfogyasztásáról van szó.
- Erőmű: 2-3 m^3/t. Általában ezt a vizet nem számítják be a papírgyár vízfogyasztásába.

A 2.17. ábrán bemutatott egyszerűsített folyamatábra jelzi azokat a főbb helyeket, ahol frissvizet használnak. Ez feltételezi, hogy a hűtővizet újrahasználják a folyamatban. Ennek megfelelően azokban a papírgyárakban, ahol elengedik a hűtővizet, több frissvízre van szükség. Amikor összehasonlítják a különböző papírgyárak vízfogyasztási számait, ügyelni kell arra, hogy az összehasonlított számok mindenütt ugyanazokat a vízfogyasztási helyeket tartalmazzák.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



2.17. ábra: Frissvizet igénylő helyek a papírgyárban
Egy 10,5 m^3/t frissvizet használó papírgyár példája

A hűtővizet hűtőtornyok használatával visszaforgatják. A vákuumszivattyúkból visszacirkuláltatott víz nincs feltüntetve (ennek mennyisége 6-8 m^3/t között lehet).
Az ábra csak a folyamatos üzemelés közbeni nettó vízmennyiségeket (input/output) mutatja. Az olyan kiegyensúlyozatlan vízmennyiségeket, amelyek például újraindláskor jellemzőek, amikor általában nagyobb mennyiségű vizet használnak, nem vettük figyelembe.
Az úgynevezett „Vegyes vagy egyéb" eléggé behatárolhatatlan, de nem elhanyagolható.

A frissvizet a papírgyártási folyamatban általában a papírgép lapképző szakaszának és présszakaszának fecskendőin keresztül vezetik be, és ezt követően a gyártási folyamat irányával szemben betáplálják a gyár különféle mosási és hígítási folyamataiba.

A papírgyártásnál felhasznált frissvíz mennyisége változó, függ a gyártott papírfajtától, az alkalmazott nyersanyagok természetétől, és az egyes papírfajtákon belül a végső minőségi színvonaltól.

A 2.27. táblázat a tipikus vízfogyasztási tartományokat adja meg néhány papírtípusra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Papírfajta	Vízfelhasználás m^3/t	Megjegyzések
Tissue	10[1]- 50	Hulladékrost alapú tissue, rostelőkészítéssel együtt
Író- nyomópapír, mázolatlan	5[1]- 40[2]	a cellulózgyártás vizét is tartalmazhatja
Író- nyomópapír, mázolt	5[1]- 50	a cellulózgyártás vizét is tartalmazhatja
Karton, lemez	0[1]- 20	a cellulózgyártás vizét is tartalmazza
Speciális papírok	10 - 300[3]	

Megjegyzések:
[1] a tartomány alsó értéke az EIPPCB szerint, az érvényben lévő előírásnak megfelelően változik
[2] a tartomány felső értéke az EIPPCB-nek megfelelően változik, mivel a 90 m^3/t érték túl magas
[3] a tartomány felső értéke az EIPPCB-nek megfelelően változik, mivel a 4000 m^3/t érték túl magas

2.27. táblázat: Vízkibocsátás az európai papírgyárakban
[J.Pöyry, 1994] A nem-integrált papírgyárakra nem állnak rendelkezésre adatok.

A frissvíz-fogyasztás számításánál a hűtővízként használt frissvizet nem veszik figyelembe, abból a feltételezésből kiindulva, hogy ez nem kerül érintkezésbe a rostanyagokkal és az adalékokkal.

Segédanyagok felhasználása
A gyártott papírtípustól függően a papírkészítésnél számos vegyi adalékot használhatnak fel. Azonban a tömegpapírok, mint például a csomagolópapírok, néhány író-nyomó papír, újságpapír és a higiéniai papírok gyártásához felhasznált vegyszerek az adalékok mintegy 10-20 csoportjára korlátozódnak. Másfelől viszont, egyes finompapírok, és kiváltképpen a különleges papírok gyártásához jóval nagyobb számú vegyszerre lehet szükség, az elérni kívánt papírtulajdonságok változatossága miatt. Mindent összevetve, kb. 1300 terméket használnak, amelyek mintegy 800 vegyület típusba tartoznak [Svéd Környezetvédelmi Felügyelet, 1997].

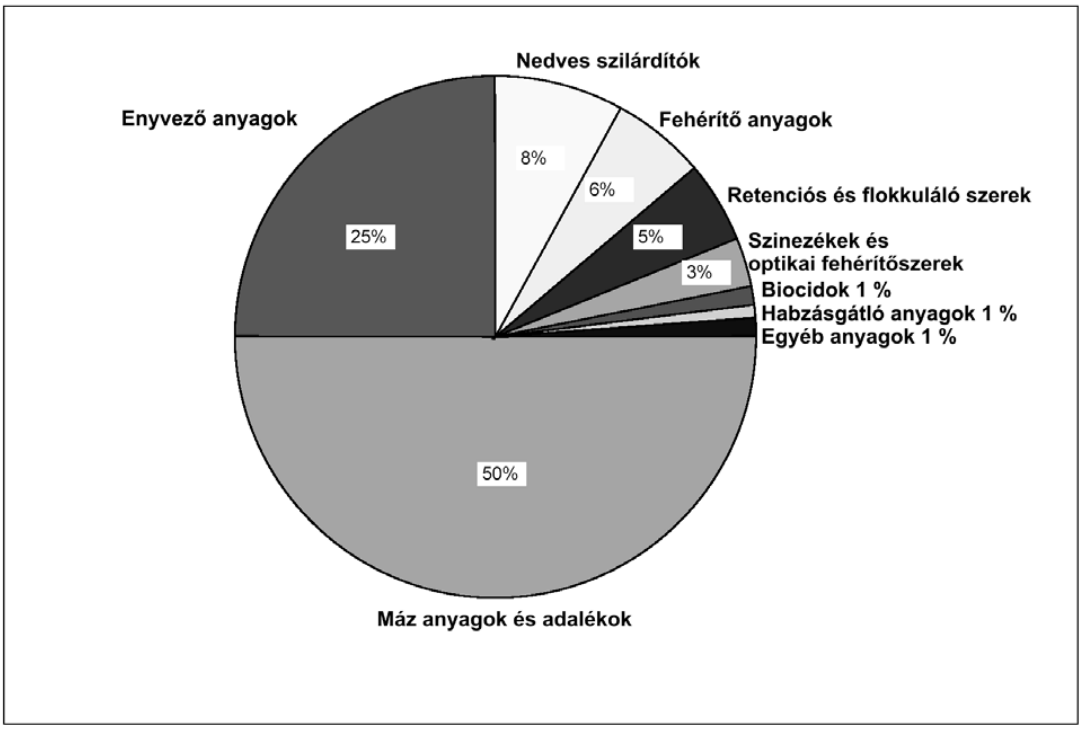
A termelési hatékonyságra és a termékminőségre kifejtett pozitív hatások mellett – amelyek céljából ezeket az adalékokat használják – egyes vegyületek potenciálisan veszélyes környezeti hatásokkal is rendelkezhetnek.
A primer rostos anyagok teszik ki az európai papíripar teljes nyersanyag felhasználásának 45,8%-át. Az újrahasznosított (szekunder) rostok 38,8%-ot tesznek ki. Ehhez jön 14,9% nem rostos anyag [CEPI statisztika, 1997], amelyből kb. 11% jut a töltőanyagokra és pigmentekre, ezeket főként kaolin, és kalcium-karbonát formájában használják. A fennmaradó 3%-ba tartoznak a vegyi adalékok. Ennek egy jó része keményítő, ami megújuló nyersanyagokból származik.

A papírgyártók hagyományos vegyszere, a timsó, vagyis alumínium-szulfát, szintén jelentős részt képvisel a vegyi adalékok között.

Átlagosan a papírgyártáshoz felhasznált nyersanyagoknak kb. 1%-át adják a szintetikus vegyi adalékok [EUCEPA, 1997]. A papírgyártáshoz világszerte felhasznált vegyi adalékok mennyisége összesen 8,1 millió tonnát tesz ki. 2,8 millió tonna szintetikus vegyszert használnak (szárazanyagra számítva). Ez a vegyszer mennyiség indokolttá tesz egy tüzetesebb vizsgálatot, hogy jobban értsük, milyen potenciális vegyi hatásokkal járhatnak ezek az anyagok. Az általános cél az, hogy megtaláljuk a helyes egyensúlyt a víz- és vegyszer-fogyasztás, a papírminőség és a környezetvédelem között.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A vegyszerek e sokasága néhány behatárolható szintetikus vegyi adalék csoportba sorolható. Nem állnak rendelkezésre statisztikai adatok arról, hogy milyen mennyiségben használják fel az egyes speciális adalékokat az európai papíriparban. De feltételezhetően a relatív mennyiségek hasonlóak a globális becsült adatokhoz. A 2.18. ábra alapján megállapítható, hogy a szintetikus vegyi adalékok kb. 50%-át a máz kötőanyagok, 25%-át az enyvezőanyagok és 8%-át a nedvesszilárdító szerek adják.



2.18. ábra: A különböző szintetikus vegyi adalékok részaránya a világfogyasztáson belül [EUCEPA, 1997]

Feltételezhetően az adalékok relatív mennyiségei hasonlóak az európai felhasználáshoz. Az enyvezőanyagok csoportjába értendők a száraz szilárdító adalékok is (pl. kationos keményítő), amelyeket a papírgép nedves szakaszán adagolnak.

A 2.18. ábrán látható, hogy az anyagok 5 csoportja képviseli az összes felhasznált szintetikus adalék 95%-át.

Az adalékok várható vízbe kibocsátott mennyisége összefügg a vegyszereknek a papírtermékben való retenciójával (retenció a gyártási folyamatban) és a szennyvíz-kezelő telepen való retencióval. A retenciós tényező megmutatja, hogy a papírban az alkalmazott vegyszerek mekkora része marad vissza, ami így nem kerül át a környezetbe (vízbe, levegőbe és talajba). Minél nagyobb a retenció, annál kisebb a szennyvízbe történő vegyszerkibocsátás, és annál kisebb az alkalmazott adalékok potenciális környezeti hatása. A termékhez használt segédanyagok esetében maximális retenciós fok kívánatos mind gazdasági (adalékveszteség), mind környezeti szempontból. Mivel a termék-segédanyagokat arra alakítják ki, hogy a papírnak

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

bizonyos jellemzőket kölcsönözzenek, a költségek és a hatékonyság miatt ezek általában viszonylag nagy retencióval rendelkeznek a cellulóz rostokhoz. A gyártási segédanyagok retenciója általában kisebb, mivel ezek a papírgyárak vízköreiben fejtik ki hatásukat, elég nagy részük kerül ki a szennyvízbe. Ezért fontos a vegyi adalékok és a segédanyagok retenciójának ismerete.
Az anyagok lebonthatósága kardinális pont annak megítélésében, hogy mekkora anyagmennyiség kerül végül a befogadó vízközegbe.
Feltételezve, hogy a papírgyárakból származó szennyvizek többségét biológiai szennyvízkezelő telepen tisztítják, a retenciós tényező a biológiai lebonthatósággal együtt lehetővé tesz egy közelítő becslést arról, hogy mekkora mennyiségű vegyület kerül a befogadóba.
Végül, ha a vegyületek sem a papírszalagban nem maradnak vissza, sem a szennyvíz-kezelő telepen nem kerülnek kiválasztásra, az aquatoxicitás és a biológiai felhalmozódási potenciál különleges fontosságú.

Energiaigény
Általánosságban a papíripar energia-intenzív iparágként írható le. A papírgyártási folyamatban az energia a harmadik legnagyobb költségtényező, amely az éves forgalom közel 8%-át teszi ki [DG XVII, 1992]. Ennek ellenére jóval kevesebbet publikálnak a fajlagos energiafogyasztásról, mint például a vízgazdálkodásról. Ezért elég nehéz szakszerű információkhoz jutni az egyes papírfajtákra és termékminőségekre vonatkozó energiafogyasztásról, az energiahatékony technológiákról, valamint az energia-előállítás és -felhasználás gyakorlatáról az európai papíriparban.
A papírgyártási folyamat felosztható néhány nagyobb részterületre: anyag-előkészítés, a papírgép nedves szakasza, a szárítószakasz és a mázolás (opcionális). Ezek még tovább oszthatók a fő gyártási műveletekre.
A 2.28. táblázat bemutatja az energia szerepét az egyes részfolyamatokban és az energiamegtakarítási lehetőségeket ezekben a gyártási lépcsőkben.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Fő folyamatok	Fő egységek	A folyamatok energia fajtái és szerepük	Energia megtakarítási lehetőség
Rost előkészítés	rostosítás	60 kWh/t energia száraz cellulóznál	kis mértékű
	tisztítás/osztályozás	A szivattyúzási munka és a melegedés függ a szükséges lépcsők számától és a rost fajtájától (visszagyűjtött többet igényel, mint az eredeti); primer rostnál 5 kWh/t körüli	primer rostnál kicsi
	őrlés	Nagyon energiaigényes. Az elektromos energia főleg az őrlők rotorjainak forgatásához kell. Főleg a kívánt papírtulajdonságoktól függ, 100-3000 kWh/t	nagy
Nedves szakasz	lapképzés és víztelenítés	Nagy mennyiségű el. áram kell a gépek hajtására és a vákuum rendszerhez. A felfutószekrény kialakítása és a kettős sziták megtakarítást tesznek lehetővé. A vákuum rendszerek kb. 70 kWh/t-t igényelnek (függ a minőségtől)	kis mértékű
Szárítószakasz	préselés	Nem nagy energiaigényű, de a hatékony víztelenítés nagy megtakarítást tesz lehetővé a szárításnál	kis mértékű
	szárítás	Az őrlés mellett a legenergiaigényesebb folyamat. Főleg hőenergia.	igen nagy
	enyvezőprés és utószárító	hőenergia az enyvezőprés utáni szárításra	kicsi
	simítás	El. energia a gép hajtására és a préselésre	kicsi
Mázolás	mázolás és szárítás	El. és hőenergia az újbóli szárításra	kicsi

2.28. táblázat: Az energia szerepe a fő papírgyártási részfolyamatokban és a javítási lehetőségek [A DG XVIII szerint, 1992; változtatások - EIPPCB]

Egy nem-integrált finompapírgyár teljes energiaigénye (fogyasztása) hő (gőz) és elektromos energia formájában egy jelentés szerint [SEPA jelentés 4712-4, 1997] az alábbi:

- technológiai hő: 8 GJ/t (2222 kWh/t)
- elektromos energia: 674 kWh/t.

Ez azt jelenti, hogy a gyártott termék minden egyes tonnájához közel 3 MWh elektromos energiát és hőt használnak fel. Ha azt a primer energiát is figyelembe vesszük, ami az ásványi tüzelőanyagok energiává való átalakításához szükséges, akkor a papírgyártásnál tonnánként 4 MWh energiára van szükség.

Az elektromos energia fogyasztása valamelyest függ a gyártott papírfajtától.
A legkisebb értékek a csomagolópapírok vagy hullám-alappapírok gyártásának felelnek meg, ahol az energiafogyasztás kb. 500 kWh/t, míg az író-nyomó papíroknál 700-800 kWh/t a jellemző. A legnagyobb energiafogyasztásra, ami 5600 kWh/t értéket is elér a légszáraz papír tonnájára számítva, egyes különleges papíroknál van szükség. A többlet energiát főként az intenzívebb őrlés igényli. Részletesebb információ az elektromos energiafogyasztásról a továbbiakban található.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Technológiai hőt a papíriparban főként négy célra használnak:

- A víz és a folyadékok, a fa vagy a rostanyag, a levegő és a vegyszerek felmelegítése az eljárás által megkívánt hőmérsékletre.
- A víz elpárologtatása. A papírgyártásnál a papír szárítása a legtöbb energiát igénylő részfolyamat, amelynek során a hő legnagyobb részét a papírlapban lévő víz elpárologtatására használják. Fontos, hogy mechanikai módszerekkel (préselés) minimálisra csökkentsék a párologtatással eltávolítandó víz mennyiségét.
- A környezetbe távozó hőveszteség pótlása. A papírgépi szárítószakaszról kiszívott nedves levegővel távozó hő (veszteség) nagy részét a bevezetett száraz levegővel pótolják, amit újra fel kell melegíteni.
- Átalakítás elektromos energiává. Egyre több papírgyár helyez üzembe együttes hő- és energiatermelésű erőműveket.

Az elektromos energiát a papíriparban főként a különféle meghajtó motorok működtetéséhez és az anyagelőkészítőben az őrléshez használják.
Az őrlésnél az elektromos energiát elsősorban az őrlő forgórészének meghajtásához használják. Az energiafelhasználás termékenként változó, a legkevesebb energiát a szűrő- és itatóspapírok igénylik, a legtöbb energia bevitelre a pauzpapíroknál van szükség. A tipikus energiafogyasztásokat a 2.29. táblázat mutatja be.

Papír típusa	**Nettó őrlési energia[1], kWh/t**	**Összes energia[2], kWh/t**
Tissue	nincs adat	100 fölött
Író- nyomópapír	60 – 100	90 – 300
Önátíró papír	150 – 200	250 – 500
Pergamin és zsírálló	450 – 600	600 – 1000
Pauzpapír	800 1200	1600 – 3000

Megjegyzés:
[1] A nettó energiát az összes energiából a terheletlen[3] vagy a szabad futási energiának levonásával számítják
[2] Összes energia a felhasznált összes el. energia, beleértve a veszteségeket is
[3] A terheletlen energia a gépek mechanikai veszteségeiből és a turbulens erőkből származnak, ezek nem fordítódnak a rostok kezelésére

2.29. táblázat: Az őrlés tipikus energia felhasználása termékenként
[DG XVII, 1992]

Sok esetben elég nagy lehetőség van az energia megtakarításra. Például sok őrlő helytelenül van méretezve, vagy nincs jól karbantartva, és ez nagyobb terhelés nélküli energiafelvételt eredményez, ami csökkenti az őrlő hatékonyságát. A helytelen őrlő betétek (kések) használata miatt egy adott tulajdonság eléréséhez nagyobb energia felhasználás kell.
Az új, javított hatékonyságú őrlőkkel is takarítható meg energia, mert az ilyen típusú őrlőknél nagyon kicsi a terhelés nélküli energiafelvétel.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Szennyvíz kibocsátás
A papírgyárakban különböző helyeken történik szennyvíz kibocsátás (lásd a 2.15. ábrát).

Az anyagtisztítás rosszanyaga (reject)
A papírgép előtt a rostanyagot tisztítják a szennyeződések eltávolítása céljából. A tisztítóberendezésekből (klínerekből) származó rosszanyag (reject) tartalmazza a szennyeződéseket (pl. szilánkok és homok) és valamennyi értékes rostot is, vízben szuszpendálva. Ezeket a rejecteket általában kiengedik a szennyvíz-kezelésre, de engedhetik közvetlenül az iszap víztelenítéshez is.

Fölös szitavíz
A gyártási víz nagy része az alkalmazott vegyi adalékokkal együtt lefolyik a papírgép szitaszakaszán, a többit pedig a présszakaszon és a szárítószakaszon távolítják el a papírból.
A szitavíz tartalmazza a sziták és filcek tisztítására felhasznált fecskendők vizét is.
A szitavíz nagy részét újra felhasználják a papírgépen hígítóvízként és fecskendővízként.

Ideiglenes és véletlen vízkibocsátások
Ezek a kibocsátások nem kapcsolatosak közvetlenül a gyártási folyamattal és időnként fordulnak elő. Példa ilyen kibocsátásra a szitavíz túlfolyása, vagy esetleg még a rostanyagé is, a tartályokból vagy egyéb berendezésekből, amelyeken rossz a szintszabályozás. Idesorolható a berendezés takarításából eredő mosóvíz, a padlók lemosására használt víz, stb.

Hűtő- és tömítővizek
A vákuumrendszerből és a szivattyúkból származó használt hűtővizek és tömítővizek általában nem tartalmaznak lebegőanyagot. Ezeknek a vizeknek bizonyos részét gyakran újra felhasználják. A tiszta hűtővizeket el kell különíteni a többi elfolyó használt vízétől, hogy minimalizáljuk a vízkezelő telepek terhelését, és fenntartsuk a hatékonyságukat.

A papírgyárakból kibocsátott végső szennyvizek jellemzésére használt legáltalánosabb minőségi paraméterek közé tartozik a lebegőanyag, (SS - suspended solids); a biológiai oxigénigény azaz BOI (5 vagy 7); a kémiai oxigénigény (KOI); az összes N és összes P; AOX; és néha egyes fémek. Újabban a teljes minta toxikusságát használják az egyes papírgyárak vizeinek jellemzésére (pl. Németországban), vagy a papírgyári szennyvízkibocsátásokra vonatkozó rendelet paramétereként (pl. Ausztriában), ugyanis a kibocsátott szennyvizek komplexek, vegyületek széles körét tartalmazzák.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Papírtípus	Szárazanyag, kg/t		KOI, kg/t		BOI_5, kg/t	
	kezelés előtt	kezelés után	kezelés előtt	kezelés után	kezelés előtt	kezelés után
Famentes író-nyomó	12-25	0,3-2	7-15	1,5-4	4-8	0,4-0,8
Karton és lemez	2-8	0,3-1	5-15	1,2-3	3-7	0,3-0,6
Tissue	2-30	0,3-3[2]	8-15	1,2-6[2]	5-7	0,3-2[2]
Különleges papír[1]	20-100	0,1-6[1]	nincs adat	1,5-8[1]	nincs adat	0,3-2[1]

Megjegyzés:
[1] A különleges papírok értékei a 4713-2, 1997 SEPA-Reportból származnak, és az EU gyáraiban vízbe történő kibocsátást képviselhetik. A kezelés utáni érték az elsődleges kezelés utáni.
[2] Az emissziós tartomány felső határa a tissuera a Német Papírgyártók Szövetségétől származik

2.30. táblázat: tipikus szennyvíz kibocsátások a papírgyárakból kezelés nélkül és biológiai szennyvíz-kezelést követően [ADEME, 1996]

A különleges papíroknál a „kezelés után" csak az elsődleges kezelés utáni vizet jelenti. Az értékek vélhetően az éves átlagoknak felelnek meg (de ez nincs feltüntetve).

Az értékek tartományai tükrözik a különbségeket a rendszerek zártságában, a gyárak állapotában (méret, a berendezések kora), a vízhasználat optimalizálására alkalmazott belső intézkedéseket, valamint a külső szennyvíz-kezelő telepek eltérő hatékonyságát és folyamatszabályozását.

Az integrált papírgyárakban (pl. a begyűjtött használt papírt feldolgozó gyárakban) a papírgép szitavizét integrálják az anyag-előkészítés gyártási vízével. Ezért néha szinte lehetetlen megkülönböztetni az anyagelőkészítésből és a papírgépről eredő kibocsátásokat a visszanyert rostot feldolgozó papírgyárakban.

A kibocsátott szerves anyagok fő forrásai:

- A rostanyaggal átkerülő, vagy a rostanyagban lévő szerves anyagok. Ezek mennyisége általában az integrált papírgyárak esetén fontosabb.
- A papírgép előtt végzett őrlési lépcső során a rostanyagból kioldódó szerves anyagok. Az ilyen módon kioldódó szerves anyagok mennyisége általában nagyobb a mechanikai rostanyagoknál, mint a kémiai rostanyagnál (cellulóznál). Ez a mennyiség, amit általában „a papírgyárban keletkezett" kifejezéssel jelölnek, a papír tonnájára számítva kb. 2-10 kg KOI-nak felel meg. A nem-integrált papírgyárakban ez a szerves anyag adja a kibocsátott KOI (és BOI) túlnyomó részét.
- A papírgyártásnál alkalmazott vegyi adalékok, vagy segédanyagok, amelyek nem maradnak vissza a papírban. Általában a keményítők és azok származékai járulnak hozzá jelentősen a szervesanyag-terheléshez. Viszont ezek a vegyületek biológiailag könnyen lebonthatók.

A papírgyárakból származó AOX-kibocsátás csökkent az utóbbi években, mivel a klóros fehérítéssel mára gyakorlatilag felhagytak, és ezek az AOX-kibocsátások általában nagyságrendekkel kisebbek, mint az ECF (elemiklór-mentes) cellulózgyárakból kibocsátott mennyiségek.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ezért manapság az abszorbeálható szerves halogén vegyületek forrásai főként egyes adalékok (pl. nedvesszilárdító vegyszerek és az olyan szennyezőanyagok, mint pl. az epiklórhidrin), és kisebb mértékben a klórtartalmú fertőtlenítőszerekkel kezelt technológiai víz.

Szilárd hulladékok keletkezése
A papírgyárakban különféle típusú hulladékok keletkeznek az alábbi, különböző forrásokból:

Az anyag-előkészítésnél eltávolított nemkívánatos anyagok (reject)
A reject a rostszuszpenzió papírgép előtt végzett tisztítása közben keletkezik. Ez különböző szennyeződéseket tartalmaz, például szilánkokat, homokot, stb. és valamennyi rostot. A reject szárazanyag-tartalma általában 1-25% körül van.

A vízkezeléskor keletkező iszap
A nyersvíz és a szennyvíz kezeléséből származó iszapok képviselik sok papírgyárban a potenciális hulladékok fő csoportját. Különféle iszaptípusok különböztethetők meg:

- A technológiai víz előállításakor a felszíni vizek kémiai kicsapatással/flokkulálással végzett vegyi előkezeléséből keletkező iszap.
- Az elsődleges derítésből származó iszap. Ez minden gyárban keletkezik. Ez elsősorban rostokból és finomanyagból áll, valamint szervetlen anyagokból a töltőanyagot is használó gyárakban.
- A biológiai kezelés fölös iszapja. Ez nagy arányban tartalmaz szerves anyagot. Az anaerob kezelésnél mérsékelt az iszapkeletkezés (kb. 1/7 az aerob kezeléshez képest).
- A vegyi flokkulálásból eredő iszap azokban a gyárakban keletkezik, amelyek harmadlagos (tercier) szennyvíz-kezelést is végeznek. Ez a kezelés jelentős mennyiségű iszapot termel. A szerves/szervetlen anyagok mennyisége az iszapban gyárról gyárra változik, az alkalmazott flokkulálószerek típusától és adagolásától függően.

A 2.31. táblázat bemutat néhány példát a gyártott papír egy tonnájára számítva keletkező rejectek, iszapok és egyéb hulladék frakciók mennyiségeire és típusaira.
A papírgyárakban keletkező szilárd hulladékok mennyisége függ a gyártott papír típusától, a használt nyersanyagoktól és az alkalmazott technikáktól.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	Famentes papír és karton	**Tissue vásárolt cellulózból**	**Különleges papírok**
Éves termelés (1994)	904509	24540	965962
Gyárak száma	6	1	20
Szilárd hulladék, összes	29761	211	161945
Kéreg	0	0	407
Osztályozási maradékok	0	0	639
Iszapok, összes	27972	50	76506
- kémiai-mechanikai iszap	8852	0	46259
- biológiai iszap	120	0	159
- szennyvíz-kezelési vegyes iszap	19000	50	30088
Égetési maradékok, összes	1	0	26842
- hamuk/salakok	1	0	26671
- maradékok a légtérbe bocsátás előtti leválasztásból	0	0	171
Egyéb, összes	1788	161	57551
- papírhulladékok	1709	90	46817
- egyéb	79	71	10734
Speciális hulladékok, kg/t termék	**33**	**9**	**168**

2.31. táblázat: A szilárd hulladék mennyisége [t/év] néhány papírfajtánál
(A számok nedves hulladékra vonatkoznak, amelynek a szárazanyag-tartalma a további hasznosításhoz vagy lerakáshoz szükséges mértékű és a teljes hulladék mennyiséget mutatják, függetlenül attól, hogy hasznosítják-e azt vagy nem). [Szilárd hulladék kézikönyv, 1996]

A biológiai és vegyi iszapok rossz víztelenedési tulajdonságokkal rendelkeznek. Az iszapot általában besűrítik, mielőtt víztelenítenék szalagprésen, szűrőprésen, csigaprésen vagy vákuumszűrőn. Általában víztelenítés előtt ezeket az iszapokat összekeverik elsődleges iszappal (vagy kéreggel, ha van).
Szervetlen és/vagy szerves vegyszereket használnak az iszap víztelenedésének javításához, amelyek nagyobb pelyheket alakítanak ki. A kevert iszapot 25-35% szárazanyag-tartalmúra lehet víztelenítení szalagpréssel, 35-40%-ra szűrőpréssel és 40-60%-ra csigapréssel, gőzt használva az előkezelési lépcsőben. Az elérhető vízeltávolítási fok függ bizonyos mértékben a primer iszaphoz kevert biológiai iszap mennyiségétől, a hamutartalomtól és a rosttartalomtól. Egyes papírgyárakban az iszapot víztelenítés után ki is szárítják.

Egyéb hulladék frakciók
A fentieken kívül egyéb hulladéktípusok is keletkeznek kisebb mennyiségben, de még ezeknek az elhelyezése is okozhat problémákat.
A következő típusok különböztethetők meg, de nehéz megadni, hogy ezekből mennyi keletkezik a papír tonnájára számítva:
- vashulladék és egyéb fémek
- műanyagok
- vegyszerek, beleértve a mázolási maradékokat is
- kifröccsent olaj
- üveg
- csomagolóanyag (pl. a vegyszerek tartályai, raklapok, stb.)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

– építési hulladékok, mint például fa, beton, tégla, stb.
– laboratóriumi hulladék
– háztartási hulladék
– olyan papírhulladék, ami nem hasznosítható a gyárban
– sziták és nemezek.

Ezen anyagok többsége hasznosítható, ha az egyes hulladék frakciókat külön gyűjtik és tárolják.

Légkörbe történő kibocsátások

Kibocsátások a levegőbe az energiatermelésből
A papír- és kartongyárakból a levegőbe kibocsátott anyagok főként az energiatermeléshez kapcsolódnak, vagyis a különböző típusú erőművekhez és nem magához a papírkészítési folyamathoz. Mivel a légköri kibocsátási szintek a papírgyárakban közvetlen kapcsolatban vannak az energiafogyasztással, az energiamegtakarítás a levegőbe történő kibocsátások csökkenéséhez vezet. Például a kombinált hő- és elektromos energiatermelés kevesebb energiát fogyaszt, mint az elektromos energia és a hő hagyományos elkülönített előállítása, mivel a kombinált erőművekben (CHP) jóval nagyobb hatékonyságú a felhasznált fűtőanyag konverziója.
A teljes felhasznált elsődleges energiamennyiség és az ahhoz kapcsolódó kibocsátások szempontjából nagy jelentőségű, hogy a papírgyár a közhálózatból vásárolt elektromos energiát fogyaszt-e, vagy pedig a helyszínen, CHP-ben termelik az elektromos energiát.
Ezen felül a kibocsátási szintek függnek a használt fűtőanyagok típusától (szén, olaj, gáz) és a kibocsátás-szabályozó technológiák alkalmazásától, amelyekkel csökkenthető az SO_2 és NO_x, a szilárd részecskék és az el nem égett szerves gázhalmazállapotú vegyületek mennyisége.

Kibocsátások a papírgyárból a levegőbe
Az energiatermeléshez nem kapcsolódó levegőbe történő kibocsátások főleg illékony szerves anyagokat (VOC) tartalmaznak. Ezek a kibocsátások általában kisebb fontosságúak, és az általánosan elfogadott határértékeken belül vannak (pl. az ezekre a vegyületekre vonatkozó nemzeti határértékek alatt).
Néhány, korlátozott számú különböző típusú papírgyárban előfordulnak olyan helyzetek, amikor szabályozni kell az illékony szerves vegyületek kibocsátását. Azoknak a papírgyáraknak a légköri kibocsátásában, ahol illékony szerves adalékokat használnak a gyártáshoz, kis koncentrációban mérhetők ezek a vegyületek.

Megállapítható, hogy a papírgyárakból távozó levegőben a szerves vegyületek koncentrációja olyan alacsony, hogy nincs szükség csökkentési módszerekre a levegőbe történő kibocsátásoknál.
Az összes szerves szén (TOC) mért koncentrációja széles határok között van, 2 és 135 mg/Nm^3 közötti értékeket mérnek. Hét vizsgált papírgyárnál a távozó levegőben mért összes szerves szén terhelés 0,05 és 0,5 kg között volt a gyártott papír tonnájára számítva. [PTS-FB 09/97].

Az atmoszférába kibocsátott illékony szerves vegyületek példái a következők:
– alkoholok,
– a nedvesszilárdító adalékként használt karbamid- vagy melamin-formaldehid (UF/MF) gyantákból származó formaldehid,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

– aceton és egyéb ketonok,
– fenolok (csak speciális esetekben),
– a gépi sziták/szövetek tisztítására használt oldószerek (általában ezeket csak kis mennyiségben alkalmazzák),
– szerves savak, és a polimerek monomer maradványai.

Egyes speciális esetekben a kiszerelési műveletekből származó szilárd részecskék érdemelhetnek figyelmet.

Az elpárolgó anyagokból és a szennyvíz-kezelő-telepekről eredő szagok (helyi jelleggel)
A papírgyárakban előfordulhatnak szagok. Ezeket előfordulhatnak a gyártási víz túl hosszú tartózkodási ideje miatt a vízrendszerben (csövekben, kádakban, stb.), az iszaplerakódások, valamint az illékony szerves savak (illékony zsírsavak, elsősorban ecet- és propionsav) jelenléte miatt is. Ezek a vegyületek keletkezhetnek a szerves vegyületeken (keményítőkön) anaerob körülmények között végbemenő mikrobiális tevékenységből, és a nedves szakaszon, a papír szárítása és a szennyvíz-kezelés folyamán szabadulhatnak fel.

Papírgépi zajok (helyi jelleggel)
A papírgyárakban fellépő zajoknak csak helyi hatása van, de a munkahelyi környezet és a szomszédság számára ezek jelenthetik a legkomolyabb környezeti problémákat, amit a papírgyár okozhat.
A papírgépekről köztudott, hogy zajos berendezések. A 2.32. táblázat bemutatja a papírgép legzajosabb részeit, ilyen a szitaszakasz, a présszakasz, a mázoló, a feltekercselő, és a szellőző berendezés.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Szitaszakasz	**Présszakasz**	**Szárítószakasz**	**Mázoló**	**Áttekercselő**	**Szellőztetés**
Szívóhengerek	Beépített szerelvények	Gőz- és kondenz rendszer	Levegős szárító	Szennyeződés ellenőrző rendszer	Rendszer légvezetékei
Vákuumrendszer	Szívóhengerek	Lefedés	IR szárító (hűtő levegő)	Meghajtás	Gépterem légvezetékei
Fecskendők	Hidraulikus rendszer	Rendszer szellőztetése	Gépállvány szerkezeti zajai	Vágási hulladék eltávolítás	Levegő szárítók
Hajtási rendszer	Fecskendők	El. motorok	Késes mázoló	Papírszalag	légfúvókák
Elszívás	Gőzszekrények	Szerelvények	Meghajtás	Szerelvények	Szellőztetők meghajtásai és motorjai
El. motorok	Szerkezeti zajok a gépvázból (szerelvények, vezető hengerek)	Hulladék kihúzó	Papírszalag	Hidraulikus rendszer	Levegő kivezető nyílások
Centrifugális osztályozók	Meghajtás	Papírszalag	Levegős szárító szellőzése	Kések	
Nagynyomású szivattyúk	Vákuum rendszer	Szárítás végi pulper		Vezetőhengerek	
Gaucs pulper	Prés pulper			Hulladék pulper	

2.32. táblázat: A papír- és a kartongépek fő zajforrásai

A papírgépen kívül vannak egyéb zajforrások is, amelyek hozzájárulhatnak a zajszinthez. Ilyenek például az őrlők és a vákuumszivattyúk. Egy gyorsjáratú papírgép (pl. 1700 m/perc) nedves szakaszán a zajszint 95-105 dB(A).

A külső zajszabályozási intézkedésekre példa az abszorpciós zajcsökkentők és/vagy csőrezonátorok felszerelése a levegőszívó ventillátorok és vákuumszivattyúk zajszintjének csökkentésére, vagy zajcsökkentők és hangszigetelő búrák az épület tetején lévő ventillátorokhoz, stb. (lásd a 5.A részt).

Az, hogy milyen intézkedéseket alkalmaznak, nagymértékben függ az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött céloktól.

Általában az intézkedések sokkal szigorúbbak, amikor a gyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A CELLULÓZGYÁRTÁSBAN

A 3.1. táblázatban a cellulóz-gyártás során történő kibocsátások csökkentésére alkalmas technikákról adunk áttekintést.
A sorokban az egyszerű elérhető technikákat hasonlítottuk össze. Ugyanabban a táblázatban megpróbáltuk az egyes technikák környezeti elemek közötti kölcsönhatásait is megadni. Arra a következtetésre jutottunk, hogy nem könnyű a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat úgy megadni, hogy azok ne okozzanak valamilyen vitát. Számos „szürke terület" található a környezeti elemek közötti kölcsönhatások megítélésekor.
Az egyes országokban a különböző technikáknak a kibocsátásra gyakorolt hatása tanulmányozására, a nyersanyag felhasználás és az üzem működésének értékelésére minőségi jelzést használnak felfelé és lefelé mutató nyilakkal. A lefelé mutató nyíl „↓" a nyersanyag energia megtakarítást és a kibocsátások csökkentését jelenti a különböző közegekbe: a vízbe, levegőbe és a talajba. A felfelé mutató nyíl „↑" a kibocsátás növekedését, a gyártási folyamatokban a felhasználások növekedését mutatja. A szennyezés meghatározása és ellenőrzése érdekében tett bizonyos intézkedések egy azon időben nem csak egy környezeti közegre (víz, levegő, vagy talaj) vannak hatással.
A táblázatban felsorolt technikákat a táblázatot követő szakaszban részletesen tárgyaljuk.

Ebben a fejezetben a környezeti és gazdasági szempontból a legmegfelelőbb technikai lehetőségeket tárgyaljuk. Megpróbáltuk egységes szerkezetben tárgyalni az egyedi megközelítéseket annak érdekében, hogy a BAT meghatározása szempontjából valamennyi technikát hasonló módon mutassuk be.
Ezen a technológiai felsoroláson kívüli megfelelő csoportosítás biztosítja az üzemek számára egyidejűleg a jó környezetvédelmi és gazdaságossági megoldásokat. Az azonban az üzemre tartozik, hogy melyik lehetséges technikát alkalmazza a következő fejezetben leírtak közül az „Elérhető Legjobb Technika" (BAT) elérését biztosító fogyasztási, illetve kibocsátási értékek vonatkozásában.
A 3.1. táblázatban felsorolt technikák közül azonban csak azok tárgyalására térünk ki részletesen, amelyek az egynyári növények feltárása szempontjából relevánsak, figyelembe véve a gazdaságossági szempontokat is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.1. táblázat: Az elérhető legjobb technikák a lúgos cellulózgyártásában, és ezek környezeti hatása, valamint az üzem működésére gyakorolt hatása

A BAT előírásainak megfelelő technikák	**Hatás a felhasználási és kibocsátási szintekre (környezeti elemek közötti kölcsönhatások)**					**Hatás a termelési folyamatokra**
	Vegyszer felhasználás	Energia felhasználás	Kibocsátás vízbe	Kibocsátás levegőbe	Szilárd hulladék	Energiamérleg, hozam, gyári teljesítmény, stb.
1. Száraz kéregtelenítés	n.h.	↑ kéregtelenítés	↓ KOI ↓ ö. száraza. ↓ elfolyás	n.h.	n.h.	↑ energiaterm. a kéreg kazánban
2. Nyújtott módosított főzés kis kappáig Folyamatos (c) vagy szakaszos (b)	↑ a főzésnél ↑ mész igény ↓ fehérítésnél	(↑) főzésnél (c) ↓ főzésnél (b) (↑) bepárlásnál (↑) mészégető	↓ KOI ↓AOX	↑ szag	n.h.	↑en. termelés (↑/↓) végső rosthozam
3. Zárt osztályozás	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.	n.h.
4. Oxigénes ligninmentesítés	↑ O_2 lépcsőben ↓ fehérítésnél	↑ O_2 lépcsőben ↑ fehérlúg oxidációnál ↑ kausztifikálás, mészégetés	↓	n.h.	(↑)	(↑ energiaterm.)
5. Ózonos fehérítés	↑ O_3 lépcsőben ↓ fehérítésnél	↑ O_3 lépcsőben ↑ O_3 fejlesztés ↓ fehérítésnél	↓	n.h.	n.h.	n.h.
6. ECF fehérítés (TCF-fel szemben, azonos kis végső kappára)[1]	(↑/↓)	(↑/↓)	↑ AOX ↑ ClO_2	↑ Cl_2	n.h.	n.h.
7. TCF fehérítés (ECF-fel szemben, azonos kis végső kappára)[1]	(↑/↓)	(↑/↓)	(↓ KOI) ↓ AOX ↓ N (kelát)	n.h.	n.h.	n.h.
8. Fehérítő üzem részleges zárása + növelt bepárlás	↑ fehérítésnél	↑ bepárlás	↓	(↑)	(↑)	(↓ víz felhasználás)
9. Elfolyások minél tökéletesebb összegyűjtése	n.h.	↑ bepárlás	↓	n.h.	n.h.	n.h.
10. Hatékony mosás és folyamat ellenőrzés	↓ fehérítésnél ↓ főzésnél	↑ mosás (elektr.)	↓	n.h.	n.h.	
11. Kondenzátumok összegyűjtése és újbóli felhasználása	↓ fehérítésnél	↑ gőz	↓ KOI, N	↓ szag	n.h.	n.h.
12. Puffer tartályok az összegyűjtött folyadékoknak	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.	n.h.
13. Biológiai szennyvíz-kezelés	↑	↑	↓	(↑ szag)	↑	Iszap égetés (lehetséges megoldás)
14. Harmadlagos kezelés (lecsapatás)	↑	↑	↓	n.h.	↑	Iszap égetés (lehetséges megoldás)
15. Feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése	n.h.	↑ bepárlás	n.h.	↓ SO_2 (↑ NO_x)	n.h.	↑ szüks. besűrítő kapacitás ↑ en. termelés a reg. kazánban ↑ term. kapacitás
16. Mosó felszerelése a regeneráló kazánhoz	n.h.	(↑)	n.h.	↓	n.h.	(↑/↓) energiamérleg
17. Regeneráló kazánban a szagos gázok elégetése	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓	n.h.	↑ en. termelés (égetés hővisszanyeréssel)
18. Mészégetőben a szagos gázok elégetése	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓	n.h.	(↑ en. termelés)
19. Szagos gázok elégetése különálló kazánban + mosás	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓ (↑ NO_x)	n.h.	↑ en. termelés (égetés hővisszanyeréssel)
20. Kis NO_x kibocsátású kazánok Kis NO_xtermelő mészégető	n.h.	n.h.	n.h.	↓ NO_x	n.h.	n.h.
21. SNCR a kéreg égetőben	↑ karbamid/NH_3	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓ NO_x (↑ NH_3)	n.h.	n.h.
22. Kis NO_x kibocsátású regeneráló kazán ltüztér feletti levegővel (OFA)	n.h.	n.h.	n.h.	↓ NO_x	n.h.	n.h.
23. Mészíszap mosásának növelése	n.h.	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.
24. ESP a kéreg kazánra és a mészégetőre	n.h.	↑ el. áram	n.h.	↓ por	n.h.	n.h.
Jelmagyarázat: ↑=növekedés, ↓=csökkenés, n.h.=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (↑/↓)=lehet vagy nem lehet hatás/befolyás a körülményektől függően,[1] hatékony szennyvíz tisztítással; ECF=elemiklór-mentes, TCF=teljesen klórmentes						

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Nyújtott, módosított feltárás (szakaszos és folyamatos) alacsony Kappa-szám elérése érdekében

A technika leírása: A fehérítő üzem előtti ligninmentesítést a főzőberendezésben végzik, és számos üzemben oxigénes ligninmentesítést is végeznek.
A fehérítőüzembe kerülő cellulóz lignintartalmának csökkentése érdekében (a Kappa-szám csökkentésére) a költséges fehérítő vegyszerek mennyiségének csökkentésére az 1970-es évek végén, az 1980-as évek elején nyújtott ligninmentesítés (vagy módosított szulfátos feltárás) került bevezetésre.

Folyamatos feltárás
A folyamatos rendszerben a módosított folyamatos feltárás (MCC) a nyújtott módosított folyamatos feltárás (EMMC) és az izotermikus feltárás (ITC) jelenti a három változatot. Az MCC eljárásban a főzőben a feltáró zóna két részre van bontva, a kezdeti egyenáramú zónára és az azt követő ellenáramú zónára.
A feltárási technológiában a legújabb fejlesztés az izotermikus feltárás (ITC), ami az MCC továbbfejlesztett változata. Az ITC eljárásban a teljes főzőedényt használják a ligninmentesítésre, amely enyhébb feltételeket (alacsonyabb feltárási hőmérséklet) tesz lehetővé, és így a cellulóz szilárdsága is megmarad.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: A folyamat integrált technika. Az intézkedés az új szulfátcellulóz-gyárakban és korlátozott mértékben a meglévő gyárakban is alkalmazható.
Számos folyamatos főzőt állítottak át az ITC technikára a termék minőségének feláldozása nélkül. Ezt a lehetőséget azonban minden egyes egyedi esetben meg kell vizsgálni (ezt a nyomástartó edény mérete és kapacitása szempontjából kell mérlegelni). Más folyamatos főzőket MCC-re lehet átalakítani.

A környezetvédelmi beavatkozás fő eredményei: Az alacsonyabb lignintartalom a fehérítőüzemből nem csak kevesebb szervesanyag kibocsátást, de kevesebb tápanyag kibocsátást is eredményez. Egy egységnyi Kappa-szám durván 0,15 % lignintartalmat jelent a cellulózban. Ha a Kappa-számot a feltárás, vagy az oxigénes delignifikáció során egy egységgel csökkenti tudjuk, ez a fehérítési lépcsőkben kb. 2 kg/t KOI csökkenést eredményez. (a TCF üzemben ez az érték 3 kg KOI/Kappa szám lehet.

Zárt osztályozó rendszer

A technika leírása: A barnaanyag-mosóvonal teljesen zárttá tehető, ahogy ez a legtöbb európai üzemben már megvalósult. A korszerű fakezeléssel és feltárással a feltárás után a cellulóz rostanyag 0,5%-nál jóval kevesebb csomót és durva anyagot tartalmaz.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: A folyamat integrált technika. Az intézkedés mind a meglévő, mind az új üzemben alkalmazható. A mosás és osztályozás zárása a jelenleg használatos berendezések kiegészítését, vagy cseréjét igényelheti, hogy elérhető legyen a kisebb vízfogyasztás, vagy a korróziónak jobban ellenálló anyagot lehessen alkalmazni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A környezetvédelmi beavatkozás fő eredményei: A zárás jelentős mértékben járul hozzá az elfolyóvíz szervesanyag-tartalmának csökkenéséhez.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások: Az energia felhasználás a bepárlási szükséglet növekedése miatt növekszik.

Üzemeltetési tapasztalatok: Az intézkedést az 1980-as évek óta jó hatásfokkal alkalmazzák. Például Finnországban a barnaanyag mosás és osztályozás zárása a legtöbb üzemben megvalósult.

Gazdaságosság: A beruházási költségek az osztályozó rendszer zárására: új üzem esetében 4-6 M euro, meglévő üzem esetében 6-8 M euro. A működtetési költségek napi 1500 t termelés esetén 0,3-0,5 M euro/év.

A technika bevezetésének hajtóereje: A vízbe való kibocsátások csökkentése a fő indoka a fenti technikák bevezetésének.

Referencia üzemek: számos üzem Európában.

ECF fehérítési technika

A technika leírása: Az ECF (elemi klór nélküli) fehérítés elemi klór (klórgáz, Cl_2) alkalmazása nélküli technika. Az ECF eljárásában a fő fehérítő anyag a klór-dioxid.
A lignineltávolítás a fehérítés segítségével több lépcsőben játszódik le, az első két lépcsőben a lignin kiszabadítása és extrakciója, a további lépcsőkben a ligninmaradékok eltávolítása és a termék készre fehérítése megy végbe. A fehérítőüzem különálló fehérítési lépcsőkből áll, melyekben különböző vegyszereket, vagy azok kombinációját adagolják.
Az első fehérítési lépcsőben az elemi klór klór-dioxiddal helyettesíthető, mivel egységnyi klórtartalomra számított klór-dioxid ötször nagyobb oxidáló képességgel bír a klórhoz képest, és gyakorlatilag ugyanolyan szelektíven távolítja el a lignint, mint a klór. A lúgos extrakciós lépcső megerősítése oxigénnel vagy hidrogén-peroxiddal növeli az oxidációs fehérítő hatást, ami csökkenti a maradék lignin mennyiségét a végső klór-dioxidos lépcsők előtt.
A klór klór-dioxiddal történő növekvő mértékű helyettesítése a fehérítési folyamat általános módosítását, tehát a működő klór-dioxid előállító üzemek kapacitásának növelését igényli. Számos technikai megoldást vizsgáltak, melyek közül néhány a nagyüzemi alkalmazás szempontjából is megfelelőnek bizonyult
A 3.2. táblázat a nagyszámú lehetséges variáció közül mutat be néhányat. A tiszta ECF fehérítési sorrend példái a következők: (DZ) (EOP)D, (DQ) (PO), D(EOP) D (DP). Ezek mind a lombosfa-cellulóz, mind pedig a tűlevelű fa-cellulóz fehérítésére alkalmasak a célul kitűzött fehérségi foktól függően.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Elemiklór-mentes/tűlevelű fa	Elemiklór-mentes/lombosfa
D(EP)D	D(EOP)D(EP)D
DPDP	D(EO)D(EP)D
D(EOP)DD	D(EOP)DD
D(EO)DD	D(EO)DD
D(EO)D(EP)D	QDPZP
DQ(PO)	
D(EOP)DED	
D(EO)D(OP)	
D(EOP)D(OP)	
(OP)DQ(PO)	

Magyarázat:
D = klór-dioxidos fehérítési lépcső, vizes ClO_2 oldat alkalmazásával, E = lúgos extrakciós lépcső NaOH alkalmazásával, EO = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, EP = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő H_2O_2 alkalmazásával, P = lúgos lépcső H_2O_2 alkalmazásával, EOP = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz és H_2O_2 alkalmazásával, Q = savas lépcső, ahol EDTA vagy DTPA kelátképzőt adagolnak a fémek eltávolítására, Z = ózonos fehérítés O_3 gáz alkalmazásával, PO = nyomás alatti peroxidos fehérítés

3.2. táblázat: ECF fehérítési sorrendek a tűlevelű fa (SW) és a lombosfa (HW) szulfátos feltárási folyamatában

A klór-dioxidnak a legnagyobb a szelektivitása a technikai fehérítőszerek között. Az első lépcsőben csak klór-dioxid használata esetén az összes effektív klór adagot fel kell emelni, és az extrakciós lépcsőkben nagyobb mennyiségű oxigént és hidrogén-peroxidot kell adagolni, összehasonlítva a hagyományos C vagy C/D lépcsővel.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzői:
Az intézkedés a meglévő és az újonnan létesítendő üzemekben is alkalmazható. A meglévő üzem ECF üzemmé alakítása lehetséges, de gyakran a rostvonal és a klór-dioxid előállítás jelentős módosítását igényli.

A környezeti megfelelőség fő eredményei: A 2,3,7,8-TCDD és a 2,3,7,8-TCDF vegyületek koncentrációja a kimutathatósági határ alá csökkenthető. Azonban a dioxinok teljes eliminálása az ECF fehérítés szennyvizeiben a Kappa-szám és a ClO_2 tisztaságának függvénye.

Gazdaságosság: Egy napi 1500 t ECF fehérítési rendszer beruházási költsége 8-10 M euro új üzem esetén, és 3-5 M euro meglévő üzem esetén. A működési költség 10-12 M euro/év.

A technika alkalmazásának hajtóereje: A vízbe történő AOX kibocsátás csökkentése (szennyvíz-kezelő üzem és a befogadó) a módszer alkalmazásának fő oka.

Referencia üzemek: Néhány üzem Európában Észak-Amerikában és Dél-Afrikában.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

TCF fehérítési technika

A technika leírása: A teljesen klórmentes (TCF) fehérítésben semleges klórtartalmú vegyszert sem használnak. A TCF fehérítés gyorsan fejlődött annak ellenére, hogy alkalmazása néhány módosítást igényelt a feltárási folyamatban.
A TCF fehérítésben a hidrogén-peroxid az ózonnal (Z) és a perecetsavval (PA) együtt a leggyakrabban használt vegyi anyagok.
A hidrogén-peroxid mennyiség csökkentésének egyik lehetséges módja egy ózonos lépcső beiktatása a peroxidos lépcső elé (ZQP). Az ózon nagyon hatásosan csökkenti a nagyon nagy fehérség eléréséhez szükséges peroxid mennyiségét.
A peroxidok jelenleg kereskedelmi forgalomban vannak, például perecetsav (PA) formájában. Ez a fehérítő vegyszer értékes helyettesítő lehet a hidrogén-peroxidot megelőző lépcsőben, ahol az ózont helyettesítheti. Teljes fehérség érhető el még akkor is, ha a fehérítetlen cellulóz Kappa-száma valamivel nagyobb, mint a lehető legalacsonyabb. A TCF fehérítési sorokra példákat mutat be a 3.3. táblázat.

Teljesen klórmentes/tűlevelű fa	**Teljesen klórmentes/lombosfa**
Q(EP)(EP)(EP)	QPZP
Q(OP)(ZQ)(PO)	Q(OP)(ZQ)(PO)
Q(EOP)Q(PO)	Q(EOP)Q(PO)
Q(OP)ZQ(PO)	Q(OP)ZQ(PO)
Magyarázat: Q = savas lépcső, ahol EDTA vagy DTPA kelátképzőt adagolnak a fémek eltávolítására, EP = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő H_2O_2 alkalmazásával, EOP = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz és H_2O_2 alkalmazásával, EO = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, EO = lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, P = lúgos lépcső H_2O_2 alkalmazásával, Z = ózonos fehérítés O_3 gáz alkalmazásával, PO = nyomás alatti peroxidos fehérítés.	

3.3. táblázat. TCF fehérítési sor tűlevelű (SW) és lombosfa (HW) feltárásakor

A fő környezetvédelmi eredmény: A TCF fehérítésben az AOX képződés nulla.

Gazdaságosság: Egy 1500 t/nap kapacitású új üzemben a peroxidos fehérítés beruházási költsége 7-8 M euro, meglévő üzem esetén 2-5 M euro, a meglévő fehérítő-berendezések anyagától függően.
Ha a fehérítő berendezés anyaga megfelelő, a költség 2-3 M euro. Az üzemeltetési költségek a peroxidos fehérítéskor meglehetősen magasak, 18-21 M Euro/év, mivel a vegyianyagok költsége magasabb, mint az ECF fehérítéskor.

A technika bevezetésének hajtóereje: Csökken az AOX kibocsátás a vízbe és a klórorganikus vegyületek képződése a TCF fehérítéskor nem fordul elő.

Referencia üzemek: Számos üzem Európában és néhány üzem máshol a világon.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A fehérítőüzem részleges zárása

A technika leírása: Korlátozott szennyezőanyag-kibocsátás a vizekbe a fehérítési lépcső előtt. Ha a fehérítési lépcső teljesen, vagy részben zárttá tehető, ez jelentősen csökkentheti a szerves anyagok, tápanyagok és fémek vízbe való kibocsátását. A fehérítőüzemben a vízrendszer zárásának elsődleges feltétele az, hogy csökkenteni kell a fehérítő üzemeken átfolyó víz mennyiségét, ami itt azt jelenti, hogy vegyszer-regeneráláshoz vissza kell vezessék a szűrleteket. Elkerülhetetlen, hogy az oldott szerves anyagok a peroxidos lépcsőben keringő szűrletben feldúsuljanak. Az oldott anyagok feldúsulása jelentős mértékben növeli a fehérítő vegyszerek fogyását is. Ez a teljes fehérség elérését is megakadályozhatja.
Feltételezik, hogy a cellulózrost kalciumot is tartalmaz és az oxidációs fehérítési lépcsőben jelentős mennyiségű oxálsav keletkezik. Amikor a savas lépcsőből kijövő rosthoz mosóvízként a lúgos vagy a savas szűrletet adják hozzá, amiben a kalcium feloldódott, ezek összekeverednek, fenn áll annak a veszélye, hogy szilárd kalcium-oxalát csapadék keletkezik. A kalcium-oxalát képződés annál valószínűbb, minél nagyobb a kalcium és az oxalát koncentrációja. Más szóval minél zártabb a rendszer és minél több szűrletet keringtetnek vissza, annál nagyobb a veszélye a csapadék kiválásnak és a vízkő képződésének.
Végezetül a klorid-tartalom növelése korróziót okozhat a berendezésekben, ha a fehérítési szennyvizek zárt rendszerben cirkulálnak. Ezért elsősorban a TCF üzemek, vagy a kevés klórdioxidot használó ECF üzemek próbálkoznak a fehérítő üzemek vízrendszerének zárásával.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzői: Általában, a fehérítő üzemek frissvíz felhasználásának csökkentése mind a már meglévő, mind az újonnan létesítendő üzemekben megvalósítható. De a működő üzemekben a retúrvíz tároló tartályok, a csőrendszer és a vízkezelési rendszer ellenőrző berendezésének beszerzési költségei meglehetősen magasak.

Az elért fő környezetvédelmi eredmények: Ez a szennyezés megelőzési intézkedés csökkenti a KOI terhelést, mind koncentrációban, mindaz abszolút mennyiségben. A fehérítési üzem tipikus szennyvízkibocsátása 20-40 m^3 víz/t termék. A modern szűrőkkel ellátott fehérítőkben elegendő a 20-25 m^3/t termék.
Adatok vannak arra, hogy a részleges vízzárással elérhető a 10 m^3/t szennyvíz, ami 6 kg KOI/t terméknek felel meg.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások: A P és D fehérítési lépcső, valamint a lúgos extrakciós lépcső számára kedvező a vízrendszer magasabb hőmérséklete. A fehérítő üzem elfolyó vízében lévő oldott szerves anyagok a bepárló üzemen keresztül a regeneráló kazánba jutnak.

Működési tapasztalatok: Egy svéd szulfátcellulóz-gyárban a nyírfa vonalon a vízrendszer zárását már 1993-ban megpróbálták. A berendezés teljes mértékű üzemeltetése a fehérítői szennyvizek használata nélkül néhány hónapig folytatódott. Vízkő lerakódási és dugulási problémák miatt (kalcium-oxalát lerakódás miatt) a vízrendszert részben újra nyitották az első savas lépcsőben, hogy eltávolítsák a legnagyobb kalcium koncentrációjú szűrletet.

Gazdaságosság: Jelentős beruházást kell végrehajtani a vízelvezető rendszer teljes átépítésére a fehérítő üzemben, valamint a belső vizek tárolására külön tároló kapacitás kiépítése szükséges.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A technika bevezetésének hajtóereje: A KOI és BOI kibocsátás csökkentése. A külső biológiai tisztítók nélkül üzemelő gyárak voltak az elsők, amelye csökkentették a fehérítői szennyvizek mennyiségét a folyamaton belüli intézkedések megtételével.

Referencia üzemek: Néhány üzem Svédországban, Finnországban és Észak-Amerikában.

Majdnem minden elfolyás összegyűjtése

A technika leírása: A kémiai cellulóz üzemben intézkedéseket kell hozni a folyamatban keletkező elfolyások kibocsátásának minimalizálására. A külső elfolyások kezelését, különösen biológiai kezelés alkalmazásakor, erősen megzavarhatják a kémiai feltárásból származó véletlenszerű kibocsátások.
A feltáró folyadék elfolyásából származó veszteségek a barnavonal-mosóban lévő tömítések hibáiból, a folyadék ellátó szelepek és szivattyúk, a csomótlanítók és osztályozók, a szennyvíz bepárló egységek és egyéb, a karbantartás, indítás és leállás esetén előforduló hibákból következhetnek be. Folyadék veszteség a folyamatban bekövetkező üzemzavar, tartály túlfolyás, mechanikai törés, kezelői hiba és konstrukciós hiba miatt fordulhat még elő.
A hatékony visszanyerés általános elve azt igényli, hogy a szennyezett elfolyások tartályait úgy helyezzék el, hogy az összes szivárgást, a szennyezett tömítő vizet, a főzőüzem, a mosó, az osztályozó, a folyadéktárolók, a bepárlóüzem és a főzőfolyadék előkészítő üzem padlómosó vizeit zsompokban össze lehessen gyűjteni és onnan közvetlenül vagy egy közbenső tartályon keresztül a folyadéktároló tartályba át lehessen szivattyúzni. Az ilyen visszanyerés szükségességének gazdasági oka van, és arra a területre korlátozódik, ahol a kevert szivárgások szárazanyag tartalma legalább 2-3 %. A padlómosó és a tömítővíz ezeken a gyűjtőhelyeken felhígítja a visszanyert folyadékot, ezért intézkedni kell, hogy a hígulás ne legyen túl nagy.

Az elért fő környezetvédelmi eredmény: Ez a központi szennyezés elleni intézkedés kapcsolatban van ezen útmutató „A folyamatokban keletkező koncentrált, vagy forró folyadékok tárolására szolgáló, elegendő nagyságú kiegyenlítő tartályok használata” bekezdésével. Az elérhető környezetvédelmi eredmény mindkét BAT kombinációját igényli.
Az általános elemzés azt mutatja, hogy jó folyamatirányítással, megfelelően megtervezett szivárgáskezeléssel és visszanyeréssel és a bepárlásra legalább 5-10%-os többlet kapacitással az elfolyó KOI terhelése 3-8 kg/t értékkel csökkenthető, összehasonlítva azon üzemekkel, ahol a szivárgás visszanyerése nem elég hatékony, és a folyamat stabilitása nem kezelhető. Az összes szivárgás kisebb kell legyen, mint 2 kg KOI/t cellulóz rost.

Gazdaságosság: Az elszivárgó folyadék kezelésére kialakított rendszer beruházási költsége egy 1500 t/nap kapacitású szulfátcellulóz-üzemben 0,8-1,5 M euro. Ha a bepárló üzemet 0,8 m^3/t-val ki kell bővíteni, ennek járulékos költsége 4-6 M euro.

Hatékony mosás és folyamatellenőrzés

A technika leírása: A barna pép mosásának célja a rostok lehető legtökéletesebb elválasztása az oldott szerves és szervetlen anyagoktól, még mielőtt a cellulózrost elhagyná a feltáró üzemet, és hogy a lehető legnagyobb mértékben vissza lehessen nyerni a feltáró vegyszereket és az oldott szerves anyagokat.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A mosási fázis egymást követő hígítás és besűrítés, vagy kiszorítás kombinációjából áll. A gyakorlatban a mosóberendezések kombinációja e módszereket különböző mértékben alkalmazza.
Mivel a mosás hatékonysága sohasem 100%-os, a vegyianyagok és szennyeződések bizonyos hányada a rosttal együtt átkerül a fehérítőüzembe, ahol fehérítő vegyszert fogyaszt, majd a csatornába kerül. A zárt vízrendszer növeli az eseti elszivárgások összegyűjtésének fontosságát. A kijövő mosófolyadék szerves és szervetlen anyagokat egyaránt tartalmaz. A mosóvizeket kivonják a folyamatból, és egy külső kezelés után kerülnek visszatáplálásra.

A fő környezetvédelmi eredmények: A mosási veszteségek a hagyományos mosódobos rendszer alkalmazása esetén 5-8 kg KOI/t, összehasonlítva a 2-4 kg KOI/t értékkel, amelyet a modern nyomószűrőkkel lehet elérni. A maradék anyagokat a rostok adszorbeálják, vagy magukba zárják.
Ha az oxigénes ligninmentesítési lépcső előtt hatékony volt a mosás, ez a tény csökkenteni fogja az oxigénfogyasztást. Ha hatékony mosási rendszert tudunk biztosítani az első fehérítési lépcső előtt, csökkenni fog a szerves anyagok átjutása a fehérítésbe, ami csökkenti az AOX, a BOI_5 és a KOI terhelést az üzemi csatornában.

Gazdaságosság: A beruházási költség új üzem esetén 4-6 M euro, és kb. 2-4 M euro a meglévő üzemeknél. Egyéb többlet működési költségre nincs szükség.

A koncentrált szennyezett kondenzátumok kivonása, és a kondenzátumok nagy részének újbóli felhasználása a folyamatban

A technika leírása: A szennyezett koncentrált kondenzátumok visszanyerésének célja az üzem frissvíz fogyasztásának csökkentése, a szennyvíz-kezelő üzem szervesanyag-terhelésének csökkentése, és a TRS kibocsátás csökkentése.

A kondenzátumok a következőképpen osztályozhatók:

- primer kondenzátumok – éles gőz kondenzátumok általában elég tiszták ahhoz, hogy kazán tápvízként felhasználhatók legyenek (tisztítás után),
- szekunder koncentrátumok – szennyezett gőz kondenzátumok, amelyek a feketelúgból, a rostszuszpenzióból, stb. származnak.

A kondenzátumok a főzőberendezés és a bepárló-üzem gőzeiből keletkeznek. Összességében kb. 8-10 m^3/t cellulóz keletkezik, amelynek KOI terhelése 20-30 kg/t, BOI_5 terhelése 7-10 kg/t. Általában 1 m^3/t kondenzátum erősen szennyezett, 4 m^3/t közepesen szennyezett, míg 4 m^3 /t kissé szennyezett.
Kb. 1 m^3 kondenzátum/tonna cellulóz 10-20 kg KOI/m^3 KOI koncentrációjú. A lombosfából gyártott cellulóz esetében a szennyezettség szintje nagyobb, mint a tűlevelű fák esetében. Ezeket az erősen szennyezett kondenzátumokat általában elnyelető stripperben kezelik, ahol a legtöbb vegyület eltávolításának hatásfoka 90 % fölötti, a pH-tól függően.
Kb. 7-9 m^3 gyengébben szennyezett kondenzátum (közepes és alacsony szennyezettséggel) keletkezik, amiben a KOI 0,5-2 kg KOI/m^3, vagyis cellulózra vonatkoztatva 8-12 kg KOI/t cellulóz.
Alternatívaként a közepesen szennyezett kondenzátum elnyelethető a bepárló üzemhez kapcsolt rendszeren keresztül anélkül, hogy jelentősebb többlet energiát kellene felhasználni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Ezen az úton bármilyen újbóli felhasználás előtt az összes KOI 5 kg/t értékre csökkenthető, ez a csökkenés 50%-os, összehasonlítva azzal, ha csak a legszennyezettebb kondenzátumot kezelnék.

Az elért környezetvédelmi eredmény: A zártrendszerű osztályozóval üzemelő gyárban a kondenzátumok újbóli felhasználásának legjobb helye a mosóban van, függetlenül attól, hogy azt az első vagy az utolsó mosási lépcsőben teszik. A tipikus mosóvíz igény 10-13 m^3/t késztermék. A bepárló területén, illetve a főző területén rendelkezésre álló újrahasználható kondenzátum 6-9 m^3/t, ami tulajdonképpen a megtakarítható vízmennyiséget jelenti.

A folyamatokban keletkező koncentrált, vagy forró folyadékok tárolására szolgáló, elegendő nagyságú kiegyenlítő tartályok használata

A technika leírása: A kémiai cellulózt előállító üzemben gondosan kivitelezett intézkedések megtétele szükséges ahhoz, hogy a koncentrált, vagy forró folyadékoknak a szennyvízbe kerülését minimalizáljuk. Elsősorban a külső szennyvíz-kezelés, különösen ha az biológiai szennyvíz-kezelést is végeznek, jelentős mértékben megzavarható, ha a kémiai feltárás során véletlenszerű kibocsátás következik be. Másodlagos szempont, hogy bizonyos folyadék áramok gazdaságilag fontosak, mivel fűtőértékük van, vagy a vegyszertartalmuk jelentős.
A kis és nagy koncentrációjú (gyenge és erős) folyadékok mennyiségét különösen az indulásnál, leállásnál, vagy a normálistól eltérő körülmények esetén kell ellenőrizni. A tárolókapacitás nagyságát a szárazanyag-tartalomban mért folyadékkoncentráció határozza meg. Például egy öreg szulfátcellulóz-gyárban a gyenge folyadék 8%-os, az erős folyadék 60%-os koncentrációjú, míg a modern gyárakban a gyenge folyadék 16%-os, az erős folyadék 75%-os lehet.
Az oxigénes ligninmentesítés bevezetését fontolgató meglévő üzemek át kell hogy értékeljék a gyenge és erős lúg tárolását és bepárlását végző üzemek kapacitását, mivel ez a lépcső megnöveli a bepárló üzem által elpárologtatandó víz mennyiségét.
A regeneráló kazán utáni folyadékok, és az ezt követő lépcsőben a friss főzőfolyadékká alakítás során megszabadulnak a szerves anyagoktól, de igen magas pH értéket vesz fel. Ezek a folyadéktárolók a rövid idejű csúcs áramoknak, valamint a folyadékszűrők leállításával kapcsolatos lökéseknek megfelelő puffer kapacitással kell rendelkezzenek. Ezek a folyadékok, ha a szennyvíz-kezelő üzembe kerülnek, pH sokkot okozhatnak, ami rossz ellenőrzés esetén felboríthatja a biológiai szennyvíz-tisztító működését.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Másodlagos, vagy biológiai szennyvíz-kezelés – aerob módszer

A technika leírása:
A szekunder vagy biológiai kezelést a szerves anyagok eltávolítására végzik, ami a szerves anyagok biológiai lebontásával érhető el. A szekunder kezelés előtt általában egy primer kezelést végeznek, mely a szilárdanyag eltávolításból, semlegesítésből, hűtésből és kiegyenlítésből áll.

Eleveniszapos folyamat
Az eleveniszappal működő egység két részből tevődik össze, a levegőztető medencéből és a másodlagos tisztítóból (ülepítő medence). Az első lépcsőben a levegőztető medencében a szennyvizet mikroorganizmus-kultúrával (eleveniszap) kezelik, ami nagy koncentrációban van jelen. A szulfátcellulóz-gyárakban lévő eleveniszapos üzemekben a szennyvíz tartózkodási ideje 15-48 óra, a nagyobb érték az újabb berendezésekre vonatkozik.
Az iszapot a víztől az ülepítőben választják el. Az iszap nagyobb részét a levegőztető medencébe vezetik vissza, ami az iszap nagy koncentrációjának biztosítására szükséges.
Az iszap kisebbik része, mely a nettó növekedésnek felel meg, fölös iszapként a rendszerből eltávolításra kerül. Az oxigén bevitel és a keverés a levegőztető medencében mechanikai levegőztető berendezés segítségével valósul meg.
Különböző típusú levegőztetők vannak használatban, mint például a felületi levegőztető, az alámerülő turbinás levegőztetés, finom buborékos levegőztetők és az injektoros levegőztetés. Az utóbbi három fajta levegőztető sűrített levegőt igényel.
A módszer a meglévő és az újonnan létesítendő üzemben is alkalmazható. A meglévő üzemekben bizonyos vízfogyasztást csökkentő intézkedéseket kell foganatosítani, hogy a beruházási költségeket csökkenteni lehessen. Az eleveniszapos módszert gyakran alkalmazzák, ha nagy vagy nagyon nagy tisztítási hatásfok szükséges. Az utóbbi esetben azonban a kétlépcsős biológiai kezelés az optimális választás.
Az eleveniszapos üzemeket széles körben használják a cellulóz- és papíriparban. Durva becslés alapján a működő biológiai szennyvíz-kezelő üzemek 60-75%-a eleveniszapos eljárással üzemel. Ez a leggyakrabban alkalmazott eljárás az újabban létesített üzemekben is.

Az elérhető környezetvédelmi eredmény:
A kezelés hatásfoka változó, és függ a szennyvíz típusától, az üzem elrendezésétől és az üzemeltetési körülményektől. A tipikus értékek a következők: 85-98 % BOI_5, 60-89% KOI, 40-65% AOX csökkentés, a foszfor eltávolítás 40-85%, nitrogén eltávolítás 20-50%. A TSS eltávolítás össz-hatékonysága a primer és szekunder kezelés során kb. 85-90%.
Az eleveniszapos kezelés utáni tipikus koncentráció értékeket a 3.4. táblázat mutatja. Jól tervezett és működtetett üzemben a könnyen lebontható szerves-anyagok értéke, amelyeket BOI_5-ként mérnek, kb. 20-40 mg/l-re csökkenthető és az összes lebegőanyag (TSS – total suspended solids) ugyanerre az értékre csökkenthető. A foszfor és a nitrogén koncentrációja, amely nagy mértékben függ a TSS összetételétől, nagy mértékben csökkenthető, míg az ezeket tápláló oldott tápanyagok koncentrációja megfelelő üzemeltetéssel igen alacsony szintre csökkenthető. A KOI értéket tekintve – ami a teljes szervesanyag-terhelést méri – a kezelés utáni koncentráció függ a nehezen lebontható anyagok mennyiségétől.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Paraméter	BOI_5	KOI	Összes szá-razanyag	Össz P	Össz N
Koncentráció	20-40	300-500	20-40	0,2-0,4	2-4

3.4. táblázat: A szulfátcellulóz-gyári szennyvíz jellemző koncentrációi mg/l (eleveniszapos üzem), feltételezve a jó tervezést és jó üzemeltetést

Üzemeltetési tapasztalatok
Egy napi 1500 t kapacitású szulfátos cellulózüzem teljesen új eleveniszapos szennyvíz tisztítójának beruházási költsége 19-24 M euro, a kisebb érték a fehérítetlen cellulóz előállítására vonatkozik. A költségekben benne van a szükséges primer kezelés és az iszap víztelenítésének költsége is. A megfelelő üzemeltetési költségek 2,0-2,6 M euro.

A szennyvíz tercier kezelése kémiai kicsapatással

A technika leírása:
Néhány esetben a szennyvíz-kezelést ki kell bővíteni egy tercier kezeléssel is. A legtöbb esetben a tercier kezelés egyszerűen egy kémiai kicsapatásból áll. Az oldott szerves anyagokat kicsapatással és megfelelő szűréssel, vagy ülepítéssel különítik el.
A lecsapatáshoz használt vegyi-anyagok általában a következők:

- alumínium sók – $Al_2(SO_4)_3$, vagy $Al_n\ (OH)_m\ Cl_{3n-m}$
- ferri-sók (Fe(III)) – $FeCl_3$ és $FE_2(SO_4)_3$
- ferro-sók (Fe(II)) – $FeSO_4$
- mész.

A flokkuláció optimalizálására a keverési fázisban polielektrolitokat adagolnak.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése:
Alkalmas mind a meglévő, mind az újonnan létesítendő üzemekben.

A fő környezetvédelmi eredmény:
A tercier kezelést kémiai lecsapatással a tápanyagok, elsősorban a foszfor mennyiségének csökkentésére alkalmazzák. Egy svéd kísérleti üzemben, ahol a biológiai kezelést kémiai lecsapatással kombinálták, az alábbi eredményeket kapták a csökkenés mértékére: foszfor 80-90%, nitrogén 30-60%, KOI 80-90%, AOX 80-90 % (PARCOM, 1994).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése

A technika leírása:
A regeneráló kazánokban a szervetlen anyagok redukálódnak és az ömledékbe kerülve (főleg Na_2S és Na_2CO_3 alakjában) a kazán aljáról eltávolíthatók, míg a szerves anyagok oxidálódnak és hőt termelnek.

A regeneráló kazán kibocsátásai: szilárd részecskék, nitrogén-oxidok és kén-dioxid. A kibocsátási értékeket a lehető legalacsonyabb szinten kell tartani, az égetési paraméterek – mint a hőmérséklet, a levegő betáplálás, a feketelúg szilárdanyag-tartalma és a kémiai egyensúly – helyes megválasztásával.
A bepárlás fokozásával törekednek a lehető legnagyobb szárazanyag-tartalmat (DS) elérni az erős feketelúgban. A hagyományos bepárlás után a DS tartalom az erős feketelúgban kb. 65%. Egy szuperkoncentrátor beszerelésével a DS tartalom 80%-ra növelhető.

Gazdaságosság:
A meglévő üzemekben a javított bepárlás költsége és az erős feketelúg koncentrációja a megcélzott koncentráció függvénye. Egy napi 1500 t/nap kapacitású szulfátcellulóz-üzemben a feketelúg koncentrációjának 63%-ról való további növelésének költségei az alábbiak:
A koncentráció növelése 63%-ról 70%-ra 1,7-2,0 M euro,
a koncentráció növelése 63%-ról 75%-ra 3,5-4,0 M euro,
a koncentráció növelése 63%-ról 80%-ra 8,0-9,0 M euro.

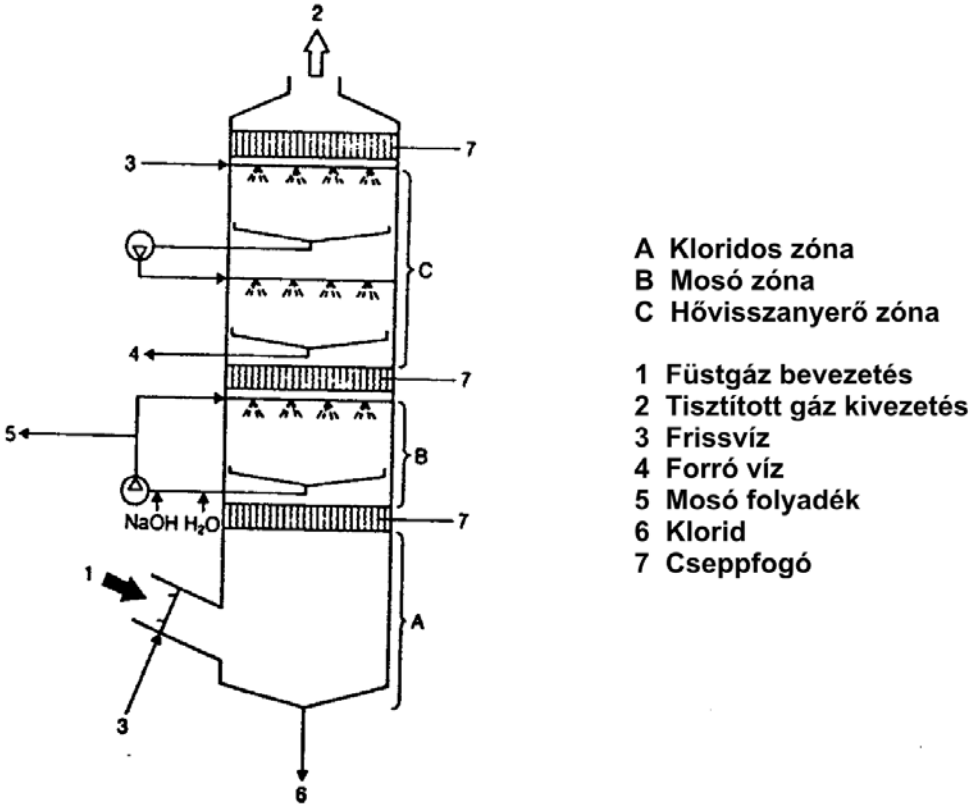
Irodalom: [Finn BAT jelentés, 1997]

Gázmosók (scrubber) beállítása a regeneráló kazánhoz

Ez az intézkedés a híg gázok kezeléséről leírtak alternatívájaként alkalmazható.

A technika leírása:
A kéndioxid kibocsátás csökkentése érdekében a regeneráló kazán füstgáz-mosóval szerelhető fel. A szulfátcellulóz-gyári regeneráló kazán nedves gázmosója három folyamatszakaszt tartalmazhat (lentről fentig, lásd: 3.1. ábra)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



3.1. ábra: Füstgázmosó a regeneráló kazánhoz
[SEPA jelentés 4008, 1992]

A kloridot a füstgáz-bevezető nyíláshoz adagolt hideg víz nyeli el. A klorid eltávolítás hatásfoka általában 60-70%. A mosózónában az SO_2 és a szilárd részecskék távolítódnak el. A gázmosás pH-ja 6-7 között van. A pH-t nátrium-hidroxiddal, gyenge lúggal, vagy oxidált fehérlúggal szabályozzák. A SO_2 reagál a mosó folyadékkal és Na_2SO_3, valamint egy kevés Na_2SO_4 keletkezik. A TRS H_2S formájában az SO_2-vel együtt távozik.

A fő környezetvédelmi eredmény: Az SO_2 eltávolítás mértéke általában több mint 90%. A regeneráló kazánon elhelyezett gázmosó a kén kibocsátását 0,5-2,0 kg/t-ról 0,1-0,3 kg/t-ra, vagy a koncentrációt 50-200 mg/Nm^3-ról 10-50 mg/Nm^3-re tudja lecsökkenteni.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A híg gázok összegyűjtése a regeneráló kazánban való elégetéséhez

A technika leírása:
A TRS kibocsátás ellenőrzése két részre bontható: a koncentrált, nem kondenzálódó bűzös gázok kezelésére, ami kb. 4 kg TRS/t (S-ban mérve), valamint a hígított vagy elszivárgott gázok kezelésére, amelyek 0,5 TRS/t (kénben mérve) koncentrációjúak. A koncentrált gázok kezelése a főző- és bepárló üzemben keletkező gázok összegyűjtéséből és azok elégetéséből áll. Több fajta megoldás létezik.

A fő környezetvédelmi eredmény:
A TRS kibocsátást a nagy térfogatban keletkező híg (gyenge) gázok esetében ezek majdnem teljes mennyiségének összegyűjtésével és elégetésével lehet csökkenteni.

Gazdaságosság:
Egy napi 1500 t kapacitású szulfátcellulóz-gyárban a gyenge bűzös gázok összegyűjtése és elszállítása a regeneráló kazánhoz 3,6-4,5 M eurós beruházást igényel.

Égéstér feletti levegő-bevezetési technika (OFA) a regeneráló kazánnál

A technika leírása:
A regeneráló kazán a kazán alján redukáló atmoszféra kialakításával üzemel. Az NO_x képződés szempontjából a regeneráló kazán más kazánoknál kedvezőbb üzemű. Azonban a levegő beadagoló rendszer módosításával az NO_x képződés még tovább csökkenthető.
A levegőben lévő nitrogén termikus hatásra NO_x-vé alakulása csökkenthető, ha az égéstérbe kevesebb levegőt juttatunk. Erre a célra a levegő befúvó rendszer fúvókáit négy részre osztották. Az NO_x képződés csökkenthető, ha a regeneráló kazánban a levegő betápláló rendszert úgy alakítják ki, hogy a negyedik fúvókát a kazán felső részén helyezik el. Az NO_x képződés csökkenése a fenti technika alkalmazásakor változó eredményű, függ a regeneráló kazán típusától, elrendezésétől és az OFA módszer alkalmazásától, és általában 10-25%-ot tesz ki.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése:
Alkalmazható mind a meglévő, mind az újonnan építendő üzemekben.

A fő környezetvédelmi eredmény:
Az elérhető NO_x csökkenés mértéke regeneráló kazánonként változik. Néhány svéd szulfátcellulóz-gyárban a következő eredményeket kapták:

- az OFA technikát a meglévő regeneráló kazánon alkalmazzák 1990 óta, az NO_x csökkenés 30%.
- a meglévő kazánon alkalmazták az OFA technikát. Az új levegő betápláló rendszert nem alkalmazzák már, mivel a túlhevítő hőmérséklete megemelkedett.
- a meglévő kazánra OFA technikát adaptáltak 1995-ben. 1997 óta használják és 20%-os NO_x csökkentést értek el.
- 1996-ban építettek egy regeneráló kazánt OFA technikával az NO_x kibocsátás csökkenését a következő táblázat mutatja:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Égési levegő felhasználás a regeneráló kazánban	**Normál mű-ködés**	**Tűztér fölötti levegő (OFA) alkalmazás** Kísérleti üzemelés 1998. májusában	
Primer levegő, %	45	35	40
Szekunder levegő, %	45	45	40
Tercier levegő, %	10	10	5-15
Kvaterner levegő, % => OFA	0	10	5-15
Megfigyelt hatás:			
NO_x, mg/m^3	135	80	90
SO_2, mg/m^3	20	35	<20

3.5. táblázat: A NO_x kibocsátás csökkenése az új vegyszer regeneráló kazánnál az OFA technika alkalmazásakor

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A SZULFÁT-CELLULÓZ-GYÁRAK RÉSZÉRE

Bevezetés

A cellulóz előállítása nem egy egyedi folyamat, hanem folyamategységek sorozata, melyek gyakran össze vannak kapcsolva, és függenek egymástól. Így a technikák legjobb kombinációja az, ami kielégíti a BAT előírásait mind a lúgos közegű cellulóz-gyártás, mind a papírgyártás esetére. A technikák kiválasztása és az elsődlegesség szempontjai, vagy a technikák kombinációja függ a helyi körülményektől.

Az alább leírt elérhető legjobb technikák, ha másképp nem közlik, alkalmasak mind az új, mind a már meglévő üzemekben való bevezetésre. A cellulózgyárban és a papírgyárban a technika alkalmazhatósága kevésbé függ attól, hogy az üzem új, vagy már meglévő.

A BAT meghatározásakor speciális esetekben megfontolandó feltétel az, hogy a fajlagos költségek a kisebb üzemek esetében viszonylag magasabbak (a mérettől függő gazdaságosság esete).

Más megfontolandó tényezők a helyhiány, ami néhány öregebb üzem esetében fennáll, vagy az öreg berendezés állapota, illetve szerkezeti anyaga alkalmatlan a nagyobb mértékű vízkör zárásra. Több vízkörrel rendelkező rendszerek zárása általában összefügg a rendszer nagyobb fokú bonyolultságával, amit meg kell figyelni, ellenőrizni, és teljes egészében kell áttekinteni.

Az alábbiakban az integrált és a nem integrált szulfátos cellulózgyárak részére, mint BAT-ként javasolható technikát vagy technikai kombinációkat ismertetjük. Az alábbi BAT lista nem teljes, és számos más technika, vagy technikai kombináció rendelkezik hasonló (vagy jobb) teljesítménnyel, ezek a technikák fejlesztés alatt lehetnek, vagy felbukkanhatnak, vagy már készen állnak, csak nincsenek ebben a dokumentumban leírva.

Általános intézkedések

- A személyzet és kezelők tréningje, oktatása és motiválása.

A cellulóz- és papírgyárakat emberek működtetik. Ezért a személyzet tréningje nagyon költség-hatékony út a veszélyes anyagok kibocsátásának csökkentésére.

- A folyamat ellenőrzés optimalizálása.

A különböző szennyezőanyagok csökkentése és a kibocsátások alacsony szinten való tartása javított folyamat ellenőrzést igényel.

- A cellulózgyár műszaki egységeinél, és a hozzá kapcsolódó környezetterhelést csökkentő technikáknál a hatékonyság fenntartása érdekében színvonalas, hatékony karbantartást kell biztosítani.
- Olyan környezetvédelmi irányító rendszer kell, ami világosan meghatározza az üzemben a környezetvédelmi felelősségi szinteket.

Intézkedések a vízbe történő kibocsátások csökkentése érdekében:

- A nyersanyag száraz tisztítása.
- Módosított feltárás akár szakaszos, akár folyamatos rendszerben.
- Nagy teljesítményű barna mosóvonal és a barnaanyag zártrendszerű osztályozása.
- Oxigénes ligninmentesítés.
- ECF vagy TCF végfehérítés, és bizonyos mérvű, főleg lúgos gyártási víz visszavezetés a fehérítő üzembe.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- A kondenzátumok tisztítása és újrahasznosítása.
- Hatékony szivárgás-ellenőrzés, visszatartás és visszanyerő rendszer.
- Megfelelő kapacitású feketelúg bepárló és regeneráló kazán, ami megbirkózik a szivárgások összegyűjtéséből, a fehérítő üzemi szennyeződésekből, stb. származó szilárdanyag terheléssel és a többlet szennylúg kezelésével.
- A tiszta hűtővizek összegyűjtése és ismételt használata.
- Megfelelően nagy kiegyenlítő tartályok biztosítása az elfolyó főzőlúg és használt lúg, valamint a piszkos kondenzátumok tárolására, hogy elkerülhető legyen a külső szennyvíz-kezelő telep működésének véletlenszerű megzavarása, és biztosítható legyen a véletlenszerű túlterhelések megakadályozása.
- A szennyvíz primer kezelése.
- Külső biológiai szennyvíz-tisztító.

Valamennyi intézkedés hatásfoka jelentős mértékben változik a különböző üzemek gyakorlatától és elrendezésétől függően. Ahhoz, hogy BAT intézkedés legyen, azt jól kell megtervezni és működtetni. Az 1-től 10-ig terjedő vízkezelési technikák kombinációi, beleértve az általános intézkedéseket is, a 3.6. táblázatban közölt kibocsátási tartományokat eredményezik. A cellulóz előállítására használt fa fajtájától, a speciális folyamat-integrált intézkedések alkalmazásától, valamint az üzem műszaki jellegétől függően a BAT használatával kapcsolatosan a következő vízbe való kibocsátások érhetők el általában, a biológiai szennyvíz-kezelés előtt.

Paraméter	Egység	Fehérített szulfát-cellulóz[1]	Integrált fehérítetlen szulfát[3]
KOI	kg/absz. száraz t	30[2]-45	15-20
BOI	kg/absz. száraz t	13[2]-19	6-9
összes szárazanyag	kg/absz. száraz t	2-4	2-4
AOX	kg/absz. száraz t	(-)-0,4	*
Összes P	kg/absz. száraz t	0,04-0,06[4]	0,01-0,02
Összes N	kg/absz. száraz t	0,3-0,4	0,1-0,2
Gyártási szennyvíz	m^3/absz. száraz t	30-50	15-25

Megjegyzések:
* ez a paraméter nem jellemző
1 emissziós értékek nem integrált és integrált fehérített szulfátcellulóz gyárakra, t cellulózra
2 az alacsonyabb értékek csak akkor teljesíthetők, ha csak keményfát dolgoznak fel
3 a fehérítetlen cellulózgyárak mind integráltak. Ezek kraftlinert, fehérítetlen kartonokat, zsákpapírokat és más kraftpapírokat gyártanak. Ezek közül sok gyár használ visszadolgozott rostokat és vásárolt fehérített cellulózt is. A nagyobb kibocsátási értékek ott jelentkeznek, ahol több a visszadolgozott anyag. Az adatok t papírra vonatkoznak.
4 az eukaliptusz nagyobb foszfortartalmának megfelelően, az értékek nem érvényesek az eukaliptusz cellulóz gyárakra. Ezeknél a P kibocsátási tartomány 0,037-0,23 kg P/t száraz rost, átlagérték 0,11 kg P/t.

3.6. táblázat: Az elérhető legjobb technikák megfelelő kombinációjával elérhető kibocsátási értékek a primer szennyvíz-kezelés után

Az értékek a fehérített és fehérítetlen szulfátcellulóz-gyárakra vonatkoznak.

Külső biológiai szennyvíz-tisztítás

A folyamat-integrált intézkedések és primer kezelések mellett a cellulóz-üzemben a biológiai szennyvíz-tisztítás is BAT-nak számít. Az eleveniszapos szennyvíztisztító-üzem egy egalizáló medencéből, a levegőztető medencéből, a másodlagos ülepítőből és iszapkezelésből áll, és kiváló eredményt ad a cellulózgyári szennyvizek kezelésekor. Az alacsony iszapterhelésű üzem, ahol az

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

iszapterhelés 0,15 kg BOI alatt van, az iszap tipikus tartózkodási ideje a levegőztető medencében kb. egy nap (maximum 2 nap), BAT-nak megfelelő üzemnek nevezhető. Ez jó hatásfokkal távolítja el a szennyeződést, és stabil kezelési rendszernek mondható.
Megfelelő elrendezést és kapacitást feltételezve a szennyvíz-kezelő üzemben, és tapasztalt kezelőkkel történő működtetést és ellenőrzést biztosítva, a biológiai tisztító után az alábbi kibocsátási értékek érhetők el. A BAT-tal kapcsolatos kibocsátási értékek az integrált és nem integrált szulfátcellulóz-gyár esetében nem nagyon különböznek egymástól.

Paraméter	**Egység**	**Fehérített szulfát-cellulóz[1]**	**Fehérítetlen szulfát + kraftliner vagy zsák[2]**
KOI	kg/absz. száraz t	8-23	5,0-10
BOI	kg/absz. száraz t	0,3-1,5	0,2-0,7
összes szárazanyag	kg/absz. száraz t	0,6-1,5	0,3-1,0
AOX	kg/absz. száraz t	(-)-0,25	-
Összes P	kg/absz. száraz t	0,01-0,03[3]	0,01-0,02
Összes N	kg/absz. száraz t	0,1-0,25[4]	0,1-0,2
Gyártási szennyvíz[5]	m^3/absz. száraz t	30-50	15-25

Megjegyzések:
[1] emissziós értékek nem integrált és integrált fehérített szulfátcellulóz gyárakra, t cellulózra
[2] emissziós értékek integrált fehérítetlen cellulóz- és papír/liner gyárakra
[3] az eukaliptusz nagyobb foszfortartalmának következtében sok eukaliptusz bázisú cellulózgyár nem képes ezt a szintet teljesíteni, ha szükségszerűen P-t adagol a biológiai tisztításnál. A kibocsátást a fa P tartalma határozza meg, a szennyvíz-tisztításhoz nem szükséges P adagolása.
[4] bizonyos N terhelés a komplexképző szerekből adódik, amit hozzá kell számítani az összes N mennyiséghez
[5] hűtővíz és más tiszta vizek elkülönítetten keringenek, így nem kerültek beszámításra

3.7. táblázat: Az elérhető legjobb technika megfelelő kombinálásával kapcsolatos kibocsátási értékek a biológiai kezelés után
Az adatok a fehérített és fehérítetlen szulfátcellulóz-üzemekre vonatkoznak.

A 3.7. táblázat adatait az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell szemlélni:
- Kémiai oxigén igény (KOI): A KOI csökkentés mértéke függ a kezelendő szennyvíz típusától és mennyiségétől (például a kondenzátum könnyebben lebontható mint a szivárgások), a kezelő üzem konstrukciójától és hidraulikájától, és a működési paraméterek megfelelő beállításától. A jól tervezett és ellenőrzött alacsony terhelésű üzemben a KOI eltávolítás mértéke 65-75%. Azonban a hosszú tartózkodási idő nagy levegőztető medencét, valamint több szivattyúzási és levegőztetési energiát igényel. Ahhoz, hogy az üzemet jól működőnek tekinthessük, a KOI csökkentés mértékének 55% felettinek kell lennie. Ennek megfelelően a fehérített szulfátcellulóz-üzemben 8-23 kg KOI/t cellulóz értékű kibocsátási szint érhető el. A szennyvízben mért koncentráció az ilyen üzemekben 250-400 mg KOI/l.
- Biológiai oxigén igény (BOI_5 vagy $_7$): Egy jól tervezett kezelő üzemben a BOI majdnem teljes mértékben (95% + eltávolítás) eltávolítható a cellulózgyári szennyvízből, amennyiben a C:P:N arány és az oxigén ellátás megfelelő mértékű és jól ellenőrzött.
Ha valamilyen zavar támad, vagy a működési paraméterek a célértéktől eltérnek, a BOI koncentráció a szennyvízben növekedni kezd. A BAT szerint a kezelt szennyvíz BOI koncentrációja 10 és 35 mg/l között lehet.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

– **Az összes lebegő anyag (TSS):** Normál üzemeltetési feltételek mellett a szekunder ülepítőből kijövő víz majdnem tiszta és a lebegőanyag-tartalom 20-30 mg/l között van.
– **Adszorbeálódó szerves halogének (AOX):** A klórozott szerves anyag kibocsátás általában 0-0,3 kg/t között van a biológiai kezelés előtt, mivel a legtöbb európai cellulózgyárban ECF, vagy TCF fehérítési technológiára álltak át. Az eleveniszapos szennyvíz-kezeléskor az AOX csökkenés 40-60% között van. Az ECF üzemben elérhető a < 0,25 kg/t AOX érték. A TCF üzemekben nincs klórozott szervesanyag-kibocsátás (nem keletkeznek a fehérítés során.)
– **Foszfor és nitrogén (összes P és összes N):** Ásványi tápanyagokat a biológiai szennyvízkezelő üzemben a C:P:N arány betartása érdekében adagolnak, ami előfeltétele az aktív biomassza növekedésének. Ezért a nitrogén és foszfor bejövő koncentrációjának vagy a csökkenés mértékének figyelésével nem érhető el a kívánt cél.
Hogy biztosítani lehessen a szennyvíz-kezelő üzem folyamatos működését, a biomassza védelme érdekében a forró és toxikus koncentrált folyadékok tárolására egy medencét kell biztosítani és egy elegyítő medence kell a terhelések és a folyások egalizálására.

Intézkedések a levegőszennyezés csökkentésére

- A rostvonal, a főzőüzem, a bepárló-üzem, a kondenzmosó koncentrált közös gázainak összegyűjtése és elégetése, valamint a keletkező SO_2 ellenőrzése.
- A rostvonalban, a különböző tartályokban, aprítékhalmokban, ömledékoldóban keletkező higított bűzös gázok összegyűjtése és elégetése.
- A regeneráló kazánból kibocsátott TRS csökkentése a számítógépes égés ellenőrzés és CO mérés segítségével.
- A regeneráló kazánból kibocsátott SO_2 ellenőrzése a nagy koncentrációjú szilárd anyagot tartalmazó feketelúg elégetésével az SO_2 csökkentés érdekében vagy füstgázmosó alkalmazásával.
- Az NO_x kibocsátás ellenőrzése a regeneráláskor.
- Az NO_x kibocsátás ellenőrzése a segédkazánoknál.
- Az SO_2 kibocsátás ellenőrzése a segédkazánoknál.
- A regeneráló kazánok tisztítása.

A különböző gázalakú kibocsátások (SO_2, TRS, NO_x) és a regenerálási folyamat közötti egyensúlyt figyelembe kell venni és alaposan értékelni a kibocsátási tartományok meghatározásakor. A specifikus folyamat-integrált intézkedésekkel, valamint az üzem műszaki jellegétől függően a BAT alkalmazásával az alábbi levegőbe való kibocsátás érhető el általánosságban. Az adatok fehérített és fehérítetlen szulfátcellulóz-üzemekre vonatkoznak.

Paraméter	**Egység**	**Fehérített és fehérítetlen szulfátcellulóz-gyár**
Szil. részecskék (gázban)	kg/absz. száraz t	0,2-0,5
SO_2, mint S	kg/absz. száraz t	0,2-0,4
NO_x, mint N	kg/absz. száraz t	1,0-1,5
Össz. redukáló kén, S-ben	kg/absz. száraz t	0,1-0,2

3.8. táblázat: Az elérhető legjobb technikát alkalmazó cellulózgyártási folyamattal kapcsolatos kibocsátási értékek (a segédkazánok kibocsátásnak figyelembevétele nélkül)

A gyártási folyamattal kapcsolatos kibocsátásokhoz tartoznak a regeneráló kazán(ok), mészégető kazánok kibocsátása a rövid időtartalmú kibocsátások és folyamattal kapcsolatban lévő

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

külön kazánok (pl. a TRS elégetése). A fehérített és a fehérítetlen szulfátcellulóz-gyártás során keletkező kibocsátások merítése között nem tesznek különbséget, mivel nincs lényeges műszaki különbség a folyamatok között, ami ezt indokolná.

Porkibocsátás: A szulfátcellulóz-gyárakban a porkibocsátást az elektrosztatikus porleválasztók és néha az SO_2 gázmosók szabályozzák. A regeneráló kazánok TPS kibocsátása 30-50 mg/Nm^3 vagy 0,2-0,5 kg TPS/t (7000-9000 m^3/t gázáramot számítva) lehet a BAT szerint.
SO_2 kibocsátás: Amennyiben a fűtőolaj, vagy a működési feltételek cseréje nem elég az SO_2 kibocsátás csökkentésére, a kén-dioxid eltávolítását a bűzlő gázokból, azok lúgos oldatban való elnyeletését írja elő a BAT. Az SO_2 eltávolítás hatásfoka általában jóval 90% felett van.

- A gáz mosásával (elnyeletővel) ellátott regeneráló kazán esetében az elérhető SO_2 kibocsátás 10-51 mg S/Nm^3 , vagy másképpen 0,1-0,4 kg/t cellulóz. A nagy szárazanyag-tartalmú feketelúggal működtetett regeneráló kazánok esetében a SO_2 kibocsátás általában 0,1 kg S/t alatt, vagy másképpen 5-10 mg S/Nm^3 között van.

NO_x kibocsátás: A nitrogén-oxidok kibocsátása az égető kialakításával (alacsony NO_x égetők), vagy az égetési feltételek módosításával (elsődleges megoldások) szabályozható.

- A regeneráló kazán kialakítása (lépcsős levegő ellátó rendszer) aránylag alacsony NO_x koncentrációt kell, hogy eredményezzen. A regeneráló kazán felelős az NO_x kibocsátás nagyobb részéért, mivel nagy mennyiségű feketelúg elégetését végzi. A feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése az NO_x kibocsátás kismértékű emelkedését vonja maga után.

Az elérhető NO_x kibocsátási érték 80-120 mg NO_x/Nm^3 (40-60 mg NO_x/MJ) vagy 0,7-1,1 kg NO_x/t cellulóz. A gőztermelés kb. 13 és 18 GJ/t cellulóz között van.
Másodlagos módszereket, mint pl. a szelektív nem-katalitikus redukció (SNCR) nem alkalmaznak.
TRS kibocsátás (kellemetlen szagú gázok): A cellulózüzemben keletkező rossz szagú gázokat különböző módon gyűjtik össze, és kezelik a gáz mennyiségétől és koncentrációjától függően. A kellemetlen szagú gázáram két részre osztható, erős gázok és gyenge gázok. A koncentrált gázok kezelésére kiépített rendszer tartalmaz egy visszatápláló egységet, amelyik akkor lép működésbe, ha a normál rendszerben zavarok, karbantartás, vagy egyéb leállás fordul elő. A bűzös gázok kezelésének módja az égetés, és az alkalikus gázmosóban való elnyeletés.
Szilárd hulladék:

- A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása a hulladék visszavezetése, újrahasznosítása, ahol az lehetséges.
- A hulladék frakciók külön gyűjtése, és ha szükséges, közbenső tárolása annak biztosítására, hogy a visszamaradó hulladékot megfelelő módon lehessen kezelni.
- A nem veszélyes szerves anyagok (kéreg, fahulladék, szennyvíz-iszapok stb.) elégetése speciálisan a nedves, alacsony fűtőértékű anyagok égetésére tervezett saját kazánokban (pl. lebegőágyas kazánok).
- A maradékok/hulladékok külső hasznosítása, mint helyettesítő anyag az erdészetben, mezőgazdaságban, vagy egyéb ipari területen, ha lehetséges.

Meg kell jegyezni, hogy valamivel bővebb információ is áll rendelkezésre a felhasználható szilárd hulladékok mennyisége vonatkozásában. Ez az Európában használatos statisztikai adatoknak és a különböző hulladék frakciók elnevezésének köszönhető. Néhány ország csak azt a szilárd hulladék mennyiséget közli (elsődleges szervetlen hulladék), ami a továbbiakban nem használható újra, csak mint helyi feltöltő anyag használható. Ezért nehéz értékelhető adatokat megadni a nem veszélyes szilárd hulladék mennyiségére vonatkozóan.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A BAT technikát alkalmazó szulfátcellulóz-gyárban várható szilárd hulladék mennyiségére vonatkozó anyagok jellemzésére a 3.9. táblázatban a talaj feltöltésre használt szilárd hulladékok fő típusait adjuk meg.

Példák	**Szennyező típusa**	**Mennyiség kgsz.a./absz. száraz t**	**Összes kgsz.a./absz. száraz t**
Fehérített szulfát árucellulóz-gyár (A példa)	- hamu - üledékek - kéreg, fahulladék, stb. - osztályozási maradék	2,0 10,0 3,4 0,3	15
Fehérített szulfát árucellulóz-gyár (B példa)	- mészíszap - zöldlúg üledék - bio- és elsődleges iszap - fakezelési maradék - fa hamu - egyéb	9,7 8,1 8,7 2,1 3,9 10,5	45
Integrált fehérítetlen szulfátcellulóz-gyár (C példa)	nem meghatározott	nem meghatározható	30-50 (3 példa tartománya)

3.9. táblázat: A talaj feltöltésére kerülő szilárd hulladék mennyisége néhány szulfátcellulóz-gyár adatai alapján (az adatok a gyárakból és környezetvédelmi jelentésekből származnak)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

4.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A HULLADÉKPAPÍR FELDOLGOZÁSBAN

Ebben a fejezetben megadjuk az összes, kereskedelmi forgalomban elérhető **lényeges** technikát, amelyek rendelkezésre állnak a kibocsátások/hulladék megelőzésére vagy csökkentésére, valamint az energia- és nyersanyag-fogyasztás csökkentésére, mind az újonnan épülő és a már meglévő papírhulladékot feldolgozó gyárakra. „A BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák" azokat a lényeges (releváns) műszaki alternatívákat jelenti, amelyek a legjobb környezeti és gazdasági teljesítményt nyújtják, vagy a legjobb javítási lehetőségeket az integrált szennyezés-megelőzés és szabályozás eléréséhez.

A 4.1. táblázat áttekintést ad a papírhulladék-feldolgozásból származó kibocsátások csökkentéséről. Megpróbáltuk mindegyik technikánál ugyanabban a táblázatban megadni a lehetséges több környezeti elemre irányuló (kölcsön-) hatásokat is. Megállapítható, hogy nem egyszerű feladat a több környezeti elemre irányuló (kölcsön-) hatásokat úgy megadni, hogy az ne váltson ki vitát. Ezen túlmenően ezek függhetnek más technikáktól is, amelyek egy adott intézkedéshez kapcsolódhatnak, amelyre való hivatkozásokkal egy technikát összehasonlítunk, és figyelembe vesszük a rendszerhatárokat is.

A 4.1. táblázat első oszlopa a rendelkezésre álló technikákat sorolja fel. Az oszlopokban a különböző technikák által eredményezett hatások tendenciái, például a nyersanyag fogyasztás és a kibocsátások alakulásait a felfelé („↑") és lefelé („↓") mutató nyilak kvalitatív módon jelezik.
A lefelé mutató nyilak „↓" a nyersanyag, vagy az energia megtakarítást, továbbá a különböző közegekbe (víz, levegő és talaj) való kibocsátások csökkentését jelzik. A felfelé irányuló nyilak „↑" a kibocsátási és fogyasztási szintek, és a gyártási folyamatra kifejtett hatások növekedését jelzik. Az ebben a fejezetben bemutatott szennyezés-megelőzési és szabályozási intézkedések közül néhány egyidejűleg több környezeti közeggel is kapcsolatos (víz, levegő vagy talaj). Lehetnek olyan technikák is, amelyek pozitív és/vagy negatív hatást fejtenek ki más környezeti közegekre, vagy a nyersanyag- és energiafogyasztásra (közegeken átirányuló hatások). Az adott hatásokat a nyilak irányai jelölik. Ha a nyíl zárójelben szerepel „(↑)", az azt jelöli, hogy csak kicsi — gyakran elhanyagolható — az energiafogyasztás és a nyersanyag-felhasználás, vagy a környezetbe való kibocsátás változása, amikor egy bizonyos intézkedést megvalósítanak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BAT-nak megfelelő technikák	Hatás a felhasználási és kibocsátási értékekre (környezeti elemek közötti kölcsönhatások)					
	Vegyszer igény	Energia(E) és vízigény(V)	Kibocsátás a vízbe	Kibocsátás a levegőbe	Szilárd hulladék	Alkalmazhatóság
1. A gyengén szennyezett vizek elválasztása a szennyezettől, és visszaforgatása	(↓)	↓	(↓)	0	0	minden minőség
2. Optimális vízgazdálkodás (vízkörök kialakítása) és tisztítás	(↓?)	↓	↓	0	(↓)	minden minőség
3. Frissvíz bevitel csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával	0	↓	(↓)	0	0	minden minőség
4. Zárt vízkör belső biológiai tisztítással	0	(↓)	↓	0	(↓)	„barna termékek”
5. Anaerob kezelés a biológiai tisztítás első lépcsőjeként	0	↓E	↓	(↓)	↓	„barna termékek”
6. Aerob biológiai szennyvíztisztítás	(↑)	↑E	↓	0	↑	minden minőség
7. A rostelőkészítő fejlesztése kisebb energiaigény és kibocsátás irányába	0	(↓↑) zártságtól függően	0	0	(↓↑)	„barna termékek”
8. Tisztított víz alkalmazása a festéktelenítésnél	(↑)	(↑)	(↓)	0	(↑)	festéktelenített termékek
3.9. Hő és áram együttes termelése	0	↓	0	0	0	minden minőség
10. A rosszanyag és iszap helyi kezelése (víztelenítés)	↑	(↑)	0	0	0	minden minőség
11. A gyártási hulladékok környezetkímélő kezelése és elhelyezése	0	↓	(↓)	(↑)	↓	minden minőség
1. példa:	↑	(↓)	0	(↑)	↓	főleg „barna termékek”
2. példa:	0	↓	0	(↑)	↓	főleg „barna termékek”
3. példa: Az áru-rostanyag üzemi maradékok (osztályozás és iszap) égetése áram és gőz előállításra	0	↓	0	0	↓	főleg „fehér termékek”
Jelmagyarázat: ↑=növekedés, ↓csökkenés, 0=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (↑) vagy (↓)=körülményektől függő kis hatás						

4.1. táblázat: A papírhulladékot feldolgozó gyárak BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák áttekintése; a környezeti elemek közötti kölcsönhatások és az alkalmazhatóság figyelembevételével

A kevésbé szennyezett vizek elválasztása a szennyezettektől, és ezek visszavezetése a gyártási vízhez

A technika leírása:
Ez az intézkedés a papírgyárakban az optimális vízgazdálkodás része. A papírgyárak vízgazdálkodása összetett feladat, amelynek sok aspektusa van. Az áttekintés céljából az alábbiakban röviden összegezzük azokat a főbb intézkedéseket, amelyekkel csökkentik a frissvíz-fogyasztást és a szennyvíz-kibocsátást a papírhulladékot feldolgozó gyárakban. Mindegyik esetben hivatkozunk a dokumentum azon szakaszaira, ahol részletesebb információ található.

- Alkalmas technikák használata a kevésbé szennyezett víz elválasztására a szennyezett gyártási víztől. A megfontolandó intézkedések: a hűtővíz, valamint a vákuumrendszerekben használt kevésbé szennyezett tömítő és gyártási vizek elválasztása és újbóli felhasználása.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

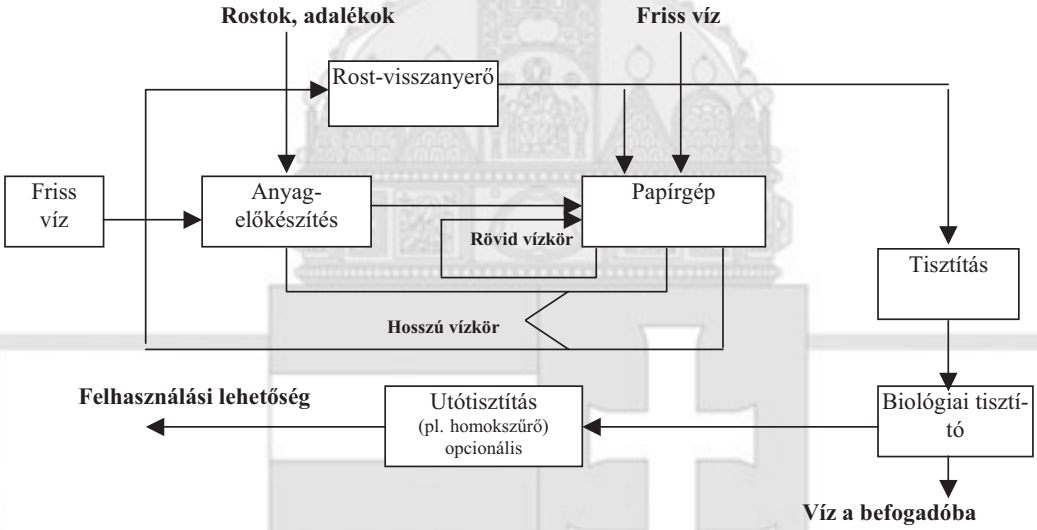
- A frissvíz-fogyasztás csökkentése a szitavíz különböző helyekre való visszaforgatásával az igényelt vízminőségektől függően. Különösen érdekesek a frissvíz-fogyasztás csökkentése szempontjából az olyan felhasználási helyek, mint a nyersanyagok és töltőanyagok hígítása, a gyártási és termék segédanyagok hígítása, a fecskendővízrendszer, a vákuumrendszer és a szivattyúk és keverők tömítővize.
- A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt.
- Derített víz előállítása a szitavízből a frissvíz helyettesítésére, amit általában a rostvisszanyerő egységben végeznek ívsziták, polydisc (soktárcsás) szűrők vagy oldott levegős flotáció alkalmazásával.
- Intézkedések a megnövelt gyártási víz visszaforgatás lehetséges negatív hatásainak kezelésére.
- Egyes esetekben alkalmazzák a derített szitavíz további tisztítását. Ez a tisztított víz viszonylag magas követelményeknek is megfelel.

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Az intézkedés jelentős hatással van a frissvíz-igény és a szennyvíz-kibocsátás csökkentésére. A már meglévő gyárakban a légszáraz papír tonnájára számítva 10-15 m^3-es frissvíz-felhasználás csökkenést lehet elérni a hűtővizeknél. A használt hűtővíz elválasztása a szennyezett papírgépi elfolyó vizektől csökkentheti a külső szennyvíz-kezelésre jutó hidraulikus terhelést.
Megfelelő tömítővíz visszacirkuláltatással a folyadékgyűrűs szivattyúk frissvíz-fogyasztását termékre számítva 1 m^3/t alá lehet csökkenteni. Ugyanakkor lehetőség van a hőenergia egy részének visszanyerésére is, ha hőcserélőket használnak.

Optimális vízgazdálkodás (vízkör-elrendezés) és a víz tisztítása

A technika leírása:
A papírgyártásnál a vízköröket általában egy minimalizált frissvíz-fogyasztáshoz alakítják ki. A mai vízkör-rendszerekben a gyártási vizet többször is újra felhasználják, amint ez a 4.1. ábrán látható.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



4.1. ábra: A papírgyári vízkörök vázlatos elrendezése
[ISP, 1998, módosítva az EIPPCB által]

A gyártási víz újrafelhasználásának fő alapelve az, hogy a vizet visszafelé áramoltatják, a rostárammal ellentétes irányban. Minden papírgyár a papírgépről jövő kezeletlen, rostban gazdag szitavizet használja az anyag hígításához a papírgép előtti keverőkádban (kis vízkör, vagy primer kör), vagy az anyag-előkészítőben (nagy vízkör vagy szekunder kör).
A szitavíz egy részét rostvisszanyerőkben derítik szűrést (soktárcsás szűrők, dobszűrők), flotálást (oldott levegős flotáció = DAF), vagy ülepítést (ülepítő tölcsérek, laminált szeparátorok) alkalmazva. A derített vizet azután újra felhasználják a frissvíz helyettesítésére, pl. a papírgépi öltözékek (sziták, nemezek) tisztítására használt fecskendőkben. A fölös derített gyártási vizet átvevetik a szennyvíz-kezelő telepre. Egyes esetekben a tisztított szennyvizet részlegesen újra felhasználják gyártási vízként, pl. a szekunderrost alapú hullám-középréteg (wellenstoff) és testliner, valamint kisebb arányban a szekunderrost alapú újságpapír gyártásánál.
A wellenstoff és testliner gyártásánál elérhető minimális frissvíz-fogyasztás a 4-7 m^3/t tartományban van.

Azonban a papírgyári vízrendszer zárása az előnyök mellett hátrányokkal is jár. A nagyobb fokú vízrendszer-zárás jelentősen terheli a gyártási vizet kolloid és oldott szerves és szervetlen vegyületekkel, amelyek komoly problémákat okozhatnak a gyártási folyamatban, ha nem valósítanak meg szabályozási intézkedéseket a lehetséges hátrányok elkerülésére. A vízkörzárás néhány előnyét és hátrányát a 4.2. táblázat összegzi.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Előnyök	Hátrányok
- kisebb vízigény - kisebb talajvízbe szivárgás - kevesebb frissvíz előkezelés - kisebb szennyvíz kibocsátás - a termelés növekedés független a végtisztítótól - csökkentett rost- és töltőanyag veszteség - nagyobb gyártási hőmérséklet -a papír a szitán jobban víztelenedik - csökkentett energiafelhasználás	- szuszpendált szárazanyag növekedése - szerves és szervetlen anyagok felszaporodása - folyamatok bonyolultsága nő - korróziós nehézségek - segédanyag alkalmazás nő - berendezések dugulása - termék minőségével kapcsolatos problémák - vízkő és nyálka képződés -gyártási víz hőmérsékletének emelkedése (ez előnyös is lehet)

4.2. táblázat: A vízkör zárás néhány előnye és hátránya a papírgyárakban
(Holland megjegyzések a BAT-hoz, 1996)

A teljesen zárt vízrendszerekben (csak a wellenstoff és testliner gyártására alkalmazható) további komoly problémák fordulhatnak elő, amelyeket kezelni kell:

- A gyártási víz oxigéntartalmának jelentős csökkenése, amely elérheti az anaerob körülményeket is, ehhez kapcsolódik a kén mikrobiológiailag indukált redukciója kénhidrogénné és kis molekulatömegű kellemetlen szagú zsírsavak képződése.
- A mikroorganizmusok fokozott szaporodása.
- Agresszív korrózió, amit a magas hőmérséklet és a kloridok, szulfátok valamint a szerves savak nagy koncentrációja okoz.
- Szagos szerves vegyületek jelentős kibocsátása a papírgép szárítószakaszából a papírgyár környezetébe.
- A gyártott papír csökkent minősége, amit a szagos vegyületek okoznak.
- Több nyálkaölő szerre van szükség.

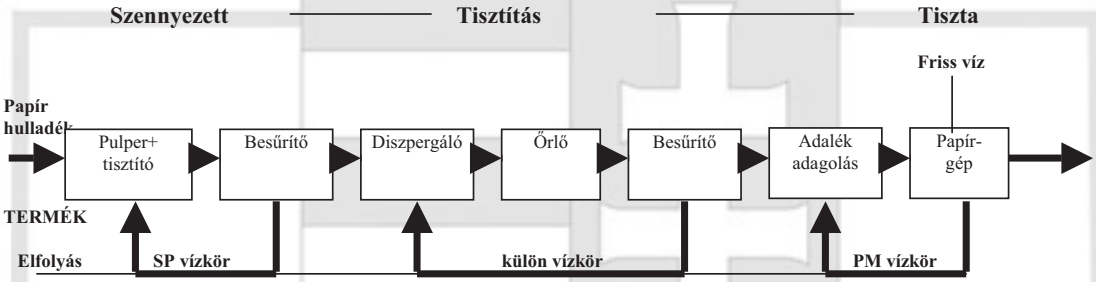
Ezeknek a problémáknak a többsége a gyártott papír tonnájára számított 4-7 m^3/t alatti frissvíz-fogyasztásnál fordul elő. Annak érdekében, hogy kezelni tudják ezeket a komoly problémákat, néhány „barna papírt" előállító gyár újra kinyitotta a már zárt vízkörét, és most kis mennyiségű szennyvíz kibocsátása mellett – 2,5-5,0 m^3/t tartományban – végzik a gyártást.

Alkalmazhatóság és jellemzés:
A gyártási folyamatba integrált technika. A „barna" csomagolópapíroknál a gyártott papír tonnájára számítva 4-7 m^3/t szintre csökkenthető a frissvíz-fogyasztás mind a már meglévő, mind az újonnan épülő papírgyárakban. Azonban úgy tűnik, hogy ez a szint kis ráfordítással csak az elég új, vagy a nem régen feljavított gyárakban érhető el. A régebbi gyárakban, amelyekben még mindig elég nagy a frissvíz-fogyasztás, a csökkentés korrózió problémákat okozhat, a gépekhez és csövekhez használt anyag minőségétől függően. Ezen kívül optimalizálni kell a meglévő szennyvíz-kezelő telepeket is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt (vízkörök zárása)

A vízkörök szétválasztását besűrítőkkel, például víztelenítő csigákkal és szitaprésekkel, vagy egy mosási lépcsővel, vagyis egy besűrítési lépéssel végzik. A 4.2. ábra azt az elrendezést mutatja be, amelyet egy holland gyárnak javasoltak, amelyik mostanában vizsgálta a vízkörzárási lehetőségeket. A plusz besűrítővel jobban szétválasztható a „koszos" anyag-előkészítő és a tiszta papírgép, és így jelentősen csökken a papírgépi vízkörbe kerülő szerves anyagok mennyisége.



4.2. ábra: A vízkörök kialakítása egy papírgyárban a vízkörök szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt
SP = anyag-előkészítő; PM = papírgép [RIZA, 1997a];
Ebben a példában kiszámították, hogy az anyag-előkészítőben keletkezett KOI mennyisége, ami a papírgépi körbe kerül, 1/2-1/4 részére csökkenthető.

A gyártási vizek visszacirkuláltatásával és a tárolókapacitások növelésével a szennyvizek mennyisége csökkenthető, de nem ugyanolyan mértékben, mint a tiszta meleg hűtővizek összegyűjtésével és elválasztásával.
A kisebb frissvíz-fogyasztás és a vízkör zárás előnyei az alábbiak:

- Kisebb vízmennyiség kerül külső szennyvíz-kezelésre, tehát kisebb hidraulikus kapacitású kezelő telepet lehet építeni, kisebb beruházási költséggel. A telepre kerülő szennyvíz nagyobb koncentrációban tartalmazza a szennyezőanyagokat, ami gyakran nagyobb eltávolítási hatékonyságot eredményez
- Kisebb nyersvíz-költségek
- Kisebb rost- és töltőanyag-veszteségek
- Kisebb energiafogyasztás
- A gyártási víz nagyobb hőmérséklete gyorsabb víztelenedést eredményez a papírgépi szitán

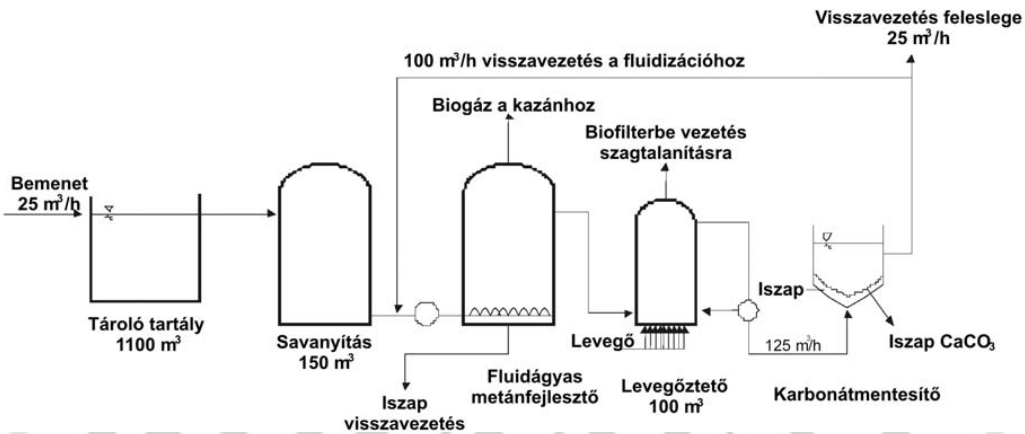
Egy modern papírhulladék-előkészítő üzemben a frissvíz-igényt tonnánként kb. 1 m^3-re lehet csökkenteni. Következésképpen egy újrahasznosított rostokra alapozott modern integrált újságpapír-gyárban a teljes frissvíz-fogyasztásnak csupán 10%-át (0,10 m^3/t) használják fel a visszanyert papírt feldolgozó üzemben.
Egy tissue-papírgyárban azonban néha sok frissvízre van szükség a papírgépi filc hatékony mosásához. A deinkinget (festéktelenítést) nem alkalmazó újrahasznosított rostokra alapozott gyárakban nincs szükség frissvízre az anyag-előkészítőben.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Zárt vízkörök in-line biológiai vízkezeléssel
Ezt a technikát jelenleg csak a visszanyert papírból „barna papírt" előállító gyárak BAT-jának meghatározásánál kell figyelembe venni. Azonban az alapelv, a teljes folyamat egy részáramának kezelése kombinált fizikai és biológiai rendszer használatával, érdekes lehet sok más papírgyár számára is. A gyártási vizet kezelő üzemek "vesékként" foghatók fel a teljesen zárt vízkörökben.

A technika leírása:
Néhány wellenstoffot és testlinert előállító gyár Európában és Észak-Amerikában sikeresen eljutott oda, hogy egyáltalán nem bocsát ki szennyvizet, és úgynevezett zárt vízrendszert üzemeltet. Azonban az oldott és kolloid szerves anyagok feldúsulása, ami elkerülhetetlen a zárt vízrendszerekben, súlyos problémákat okoz, mint a korrózió, kellemetlen szagok a gyártott papírban és a papírgépektől elszívott levegőben.
Jelenleg különböző technikai megoldásokat alkalmaznak. Ezek közül kettőt részletesen leírunk az alábbiakban:

- 1. változat: Anaerob kezelés, amit egy újralevegőztető lépcső és egy szénmentesítő telep követ. Miután a visszanyerhető rostokat fizikai kezeléssel eltávolítják, a teljes gyártási vízáram egy részét egy kezelő telepen tisztítják, és újra felhasználják gyártási vízként. A szennyvíz koncentrációját csökkentő kezelési kör egy lebegőágyas reaktorban végzett anaerob kezelésből áll, egy újralevegőztető lépcsővel a szulfidok szulfátokká való átalakításához, és egy szénmentesítő teleppel, amellyel megelőzik a kalcium-karbonát lerakódásokat az anaerob reaktorban és a vízrendszer egyéb részeiben.



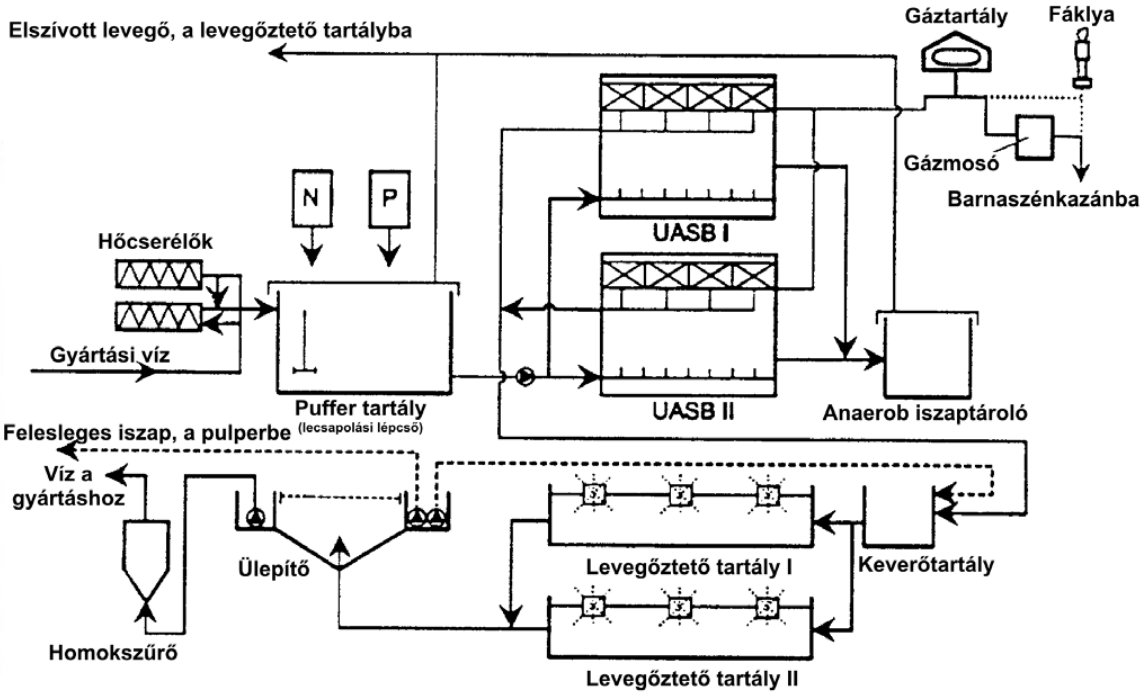
4.3. ábra: Példa ipari in-line kezelésre egy zéró szennyvíz-kibocsátású hullám-középréteget előállító papírgyárban [Niovelon, 1997]

- 2. változat: Anaerob kezelés, amit eleveniszapos rendszerrel és homokszűrővel kombinálnak. A gyártási víz egy részáramát hűtik, hogy a víz hőmérsékletét 55-ről 35°C-ra csökkentsék.
  Kiegyenlítő tartályt / elősavasító reaktort használnak a víz tápanyagokkal való előkondicionálásához, mielőtt bevezetik az UASB reaktorba. Ezt a reaktort aerob kezelés követi két párhuzamos levegőztető tartályban. Egy ülepítő tartályon való áthaladás után a kezelt

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

vizet homokszűrőkre vezetik, hogy csökkentsék a szilárd vegyületek koncentrációját. Az anaerob reaktorban termelt biogázt átmossák, hogy eltávolítsák a H_2S-t, azután gőz előállításához használják.

A gyártási víz kezelésének egyszerűsített sémája a 4.4. ábrán látható.



4.4. ábra: Példa zárt vízkörök in-line kezelésére, a Zülpich Papier GmbH gyártásivíz-kezelő rendszere [Recyled Paper Europe, Diedrich, 1997]

Az in-line kezeléssel el lehet érni a vízkörökben a kívánt KOI-szintet, a kezelt vízáram és az üzem méretétől függően. A zéró szennyvíz-kibocsátáshoz nem tartozik hozzá a szabályoknak megfelelő nagyhatékonyságú szennyezettség-csökkentés, hanem csak olyan elfogadható koncentrációszintek elérése, amelyek jó jellemzőket adnak a papírtermékeknek. Amikor a KOI-szintet zárt vízrendszerben 7000-8000 mg/l körül tartják, a gyártási víz minősége hasonló azon gyárakéhoz, amelyeknél jelenleg az átlagos szennyvíz-kibocsátás kb. 3-4 m^3/t termék.

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Az in-line kezeléssel ellátott zárt vízrendszer eredményeként egyáltalán nem történik kibocsátás a vízbe.
Azon a papírgyárak esetében, amelyek már szennyvíz-kibocsátástól mentes gyártási vízrendszert működtetnek, az in-line kezelés hatékony intézkedés lehet a gyártott papír szennyeződésének és a papírgéptől elszívott nedves levegőben lévő szagos vegyületek mennyiségének csökkentésére.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Üzemelési tapasztalatok:
Egy német papírgyárban, amelyik megvalósította a 2. változatot, az in-line gyártásivíz kezelését 1995 szeptemberében kezdték el. A biológiai kezeléstől elvárt hatékonyságot néhány héten belül elérték. Ettől az időtől kezdve a szennyvíz-kezelő telep teljesen problémamentesen működik. Azonban a jövőben meg kell oldani azokat a problémákat, amelyeket a kalcium-karbonát kicsapódása okoz a csövekben és a levegőztető medencében. A kalcium-karbonát kicsapódását csökkentő intézkedések kifejlesztése még folyamatban van.
A vízkör-zárás hidraulikai megbízhatósága azt is feltételezi, hogy folyamatosan csak a szárítószakaszon elpárologtatott vízmennyiség 50%-át (kb. 1 m^3/t) vezetik be, azaz el kell végezni a vízkörök belső módosítását is a vízfogyasztás csökkentése érdekében.

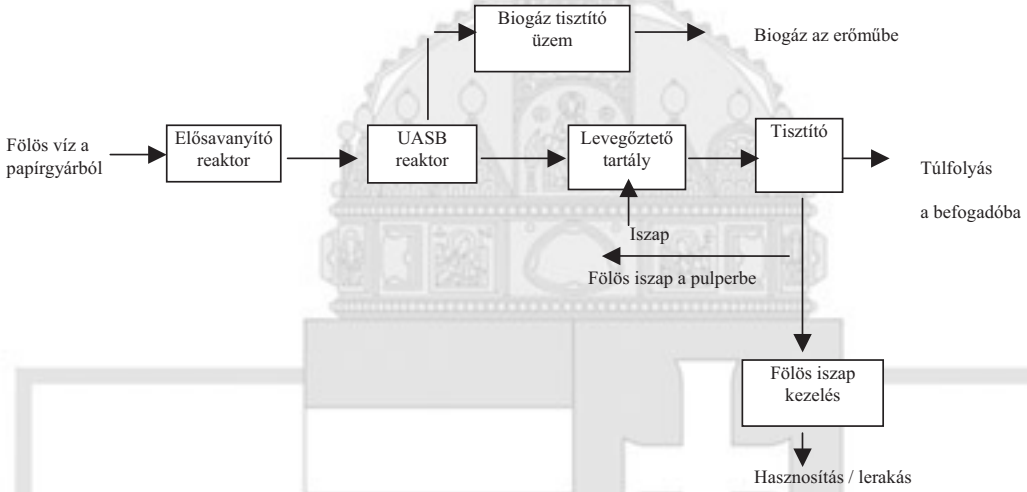
A szénmentesítéssel ellátott francia in-line vízkezelő üzem (1. változat) 1997 márciusa előtt nem érte el a javasolt üzemelési körülményeit. A gyártási vízrendszer teljesen zárt. A papírgép futtathatóságát és a gyártott papír minőségét a jelentések szerint ez nem befolyásolta hátrányosan.

Gazdaságosság:
Az anaerob vízkezeléshez kisebb és olcsóbb berendezésekre van szükség, mint az aerob kezeléshez, kisebbek az üzemeltetési költségek, és energia takarítható meg a metán előállítása révén. Az 1. változat esetén 15 millió FRF beruházási költségről számoltak be (beleértve a tároló tartályt, a savasító tartályt, az anaerob reaktort, és az újralevegőztető egységet a biológiai szűrővel). A szénmentesítés további 3 millió FRF beruházását igényelte [1].
A német in-line kezelő üzem esetében, ahol a 2. változatot valósították meg, 6 millió eurós beruházási költségről számoltak be (ebből 1 millió támogatás volt). Az éves üzemelési költség, amit a vegyszerekre, a kiválasztott kén elhelyezésére, a személyzetre és a karbantartásra fordítanak, 156 000 eurót tesz ki. Ebbe beletartozik az évi 13000 euró nettó energiamegtakarítás. Feltételezve, hogy az éves papírtermelés 360000 tonna, és a kezelt gyártási víz mennyisége 1 000 000 m^3, kiszámítható, hogy a fajlagos üzemelési költség a papírra 0,5 euró/t, a gyártási vízre 0,2 euró/m^3. A fajlagos összköltség, ami tartalmazza a beruházási és az üzemelési költségeket is, a papírra 1,8 euró/t, a gyártási vízre pedig 0,7 euró/m^3 [2].

Anaerob technika, mint a biológiai szennyvíz-kezelés első lépcsője
Ezt a technikát főként a "barna papírok" esetében kell figyelembe venni a BAT meghatározásakor.

A technika leírása:
A vízrendszer fokozott zárása a papírhulladékot feldolgozó papírgyárakban nagyon megnöveli az oldott szerves vegyületek koncentrációját a gyártási vízben. Ezért a befogadó vizekbe való kiengedés előtt a gyártási vizeket biológiai kezeléssel meg kell tisztítani. Az anaerob és aerob biológiai kezelés kombinációjával jelentősen csökkenthető a szennyvíz szerves terhelése.
A 4.5. ábra bemutatja egy kombinált anaerob/aerob szennyvíz-kezelő üzem egyszerűsített sémáját.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



4.5. ábra: Egy kombinált anaerob / aerob szennyvíz-kezelő üzem egyszerűsített sémája [IFP, 1998]

A következő rendszerek használhatók anaerob reaktorként:

- Kontakt reaktor
- UASB reaktor (UASB = felfelé áramló anaerob iszappaplan)
- Fixágyas reaktor
- Lebegőágyas reaktor

A különböző reaktortípusok fő célja az, hogy nagy biomassza koncentrációt biztosítsanak a reaktorokon belül. Ezt vagy úgy érik el, hogy visszaforgatják a kimosott biomasszát egy külső leválasztóban való ülepítés után (kontakt reaktor rendszer), vagy úgy hogy a biomasszát egy tartóközeghez kapcsolják a reaktor belsejében (fixágyas reaktor, lebegőágyas reaktor, UASB reaktor). A reaktorok üzemeltethetők egyedülálló egységként, vagy modulrendszerű egységekként. A biomassza-tartó közegekkel üzemeltetett reaktor rendszerek különösen a nagy KOI-terhelések esetén alkalmasak.
Az anaerob technikáknak a biológiai szennyvíz-kezelés első lépcsőjeként való gazdaságos alkalmazásához a gyártási víz KOI-terhelése legalább 2000 mg/l kell legyen. A kis frissvíz-fogyasztás mellett „barna papírfajtákat” előállító gyárak könnyen elérik ezt a szintet. Az anaerob lebontási folyamatot zavarhatja az oldott szulfát, amikor a koncentráció meghaladja az 1000 mg/l-t, mivel az anaerob folyamat során a szulfát kén-hidrogénné (H_2S) alakul át, ami mérgező az anaerob mikroorganizmusok számára. Általában a toxikus szintet nem éri el.

A kombinált anaerob/aerob szennyvíz-kezelő üzemeket elsősorban „csővégi” azaz végtisztító technikáknak kell tekinteni. Azonban ha figyelembe vesszük azokat az erőfeszítéseket, amiket a papírgyártási vegyi adalékok (pl. tisztítószerek, habzásgátlók, nyálkaölők) alkalmazásának szabályozása érdekében tesznek, hogy védjék az érzékeny anaerob mikroorganizmusokat a kezelőtelepen, a biológiai kezelést tekinthetjük (részben) a gyártási folyamatba integrált környezetvédelmi intézkedésnek is.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Egyes papírgyárak azzal kísérleteznek, hogy a biológiailag kezelt gyártási víz egy részét visszaforgassák a vízkörbe. A fő problémát a gyártási vízben a kloridok, szulfátok és a kalcium korróziót okozó feldúsulása, valamint a kalcium-karbonát kicsapódása és lerakódása a csöveken, szitákon és filceken. Ezt még meg kell oldaniuk A kalcium-karbonát kicsapódása komplex probléma, ami további kutatási munkát igényel a jövőben.

Egy 100% újrahasznosított rostot (festéktelenítés nélkül) használó német papírgyár arról számolt be, hogy javult a kezelési hatékonyság a kombinált anaerob/aerob szennyvíz-kezelés használatával a kétlépcsős aerob kezeléshez képest. Éves átlagban a következő értékeket érték el:

Paraméter	Egység	2 lépcsős aerob kezelés	Anaerob/aerob kezelés
KOI koncentráció	mg/l	290	190
BOI koncentráció	mg/l	21	12
KOI terhelés	kg/t	0,93	0,68

4.3. táblázat: A kezelt szennyvíz éves átlagértékei egy 100% újrahasznosított rostot (festéktelenítés nélkül) használó német papír- és kartongyárban

A kombinált anaerob / aerob szennyvíz-kezelő üzemekben 1 tonna eltávolított KOI-ra az energia-felhasználás (amit főként a szivattyúzáshoz és a levegőztetéshez használnak) kb. 200-300 kWh, míg az egyedül álló és jól megtervezett aerob üzemekben 1 tonna eltávolított KOI-ra az energiaigény 500-600 kWh.

Üzemelési adatok:
Kombinált anaerob/aerob szennyvíz-kezelő üzemeket 1990/91 óta üzemeltetnek. Az egyedül álló aerob üzemekkel összehasonlítva bebizonyosodott, hogy ezek stabilabb rendszerek a változó KOI-terhelések és a gyártási vízben lévő mérgező vagy gátló vegyületek szempontjából. Az üzemek közel 100%-os hatásfokúak.

Gazdaságosság:
A kombinált anaerob/aerob szennyvíz-kezelő üzemek beruházási költségei széles határok között változnak, a fajlagos KOI-terheléstől és a szennyvíz mennyiségétől függően. Feltételezve, hogy a KOI-terhelés 20-35 t/nap, ami évi 200 000-350 000 tonnás wellenstoff és testliner termelésnek felel meg, a beruházási költségek 7 és 12 millió euró között vannak.

Aerob biológiai kezelés

A technika leírása:
A papírhulladékot feldolgozó gyárakból származó szennyvizekhez több mint 20 éve alkalmazzák az aerob biológiai kezelést, hogy eltávolítsák az oxigénfogyasztó szerves vegyületeket. Ezeket a vegyületeket a biológiai kezelési rendszer különböző változataival átalakítják biomasszává, szén-dioxiddá és vízzé.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Az elérhető eltávolítási hatékonyság a BOI_5-re 95-99%, a KOI-ra 75-90%. A kis terhelésű eleveniszapos kezelésről rendelkezésre álló kibocsátási adatokat a 4.4. táblázat összegzi.

Paraméter	Elérendő koncentrációk és terhelések festéktelenített visszanyert rost üzemekre		Jellemző eltávolítási hatásfok (%)
	mg/l	kg/t	
BOI_5 kezelés után	<20 (5 alatt)	0,21	95 – 99
KOI kezelés után	<230	2,3	80 – 85
Össz. szárazanyag	<30	0,2	99
Fajlagos mennyiség	11 m^3/t		

4.4. táblázat: Kis terhelésű eleveniszapos kezelés teljesítmény adatai újrahasznosított rostból papírt és kartont előállító gyárban
[Holland megjegyzések a BAT-hoz, 1996, és mért kibocsátási értékek újrahasznosított rostot felhasználó, festéktelenítést alkalmazó német papírgyárakban]

A kombinált anaerob/aerob biológiai kezeléseknél az eltávolítási hatékonyság általában kissé nagyobb. A teljes kezelési hatékonyság 99% fölötti eltávolítás a BOI_5-re, és 95% fölötti a KOI-eltávolítás.

Az 1 kg BOI_5 lebontásához/eltávolításához szükséges fajlagos energia-felhasználás 0,6-3 kWh/kg BOI_5. Ha a rendszer jól van megtervezve, <1 kWh/kg BOI_5 érhető el [Möbius, 1997]. Ez az érték arra is használható, hogy összehasonlítsák különböző szennyvíz-kezelő rendszerek üzemelési költségeit.
Különösen a nyári időszakban, az újrahasznosított rostot használó papírgyárak szennyvíz-kezelő üzemei kellemetlen szagokat bocsáthatnak ki. Ha a szennyvíz kezelését jól megtervezik és szabályozzák, a kellemetlen szagok elkerülhetők.

Az anyag-előkészítő üzemek modernizálása az elektromos energia-felhasználás és a kibocsátások csökkentése érdekében

A következő leírás főként az újrahasznosított rostot festéktelenítés nélkül felhasználó papírgyárakra vonatkozik, pl. a hullám-alappapírokat (testliner, wellenstoff) előállító gyárakra.

A technika leírása:
Az anyag-előkészítő üzemek modernizálási terveinek különböző céljai lehetnek. Ezek attól függnek, hogy milyen prioritásokat állít fel egy adott vállalat, pl. a kisebb méretű idegenanyagok és szennyeződések jobb eltávolítása a termék minőségének és a papírgép hatékonyságának javítása céljából, jobb rostvisszanyerés a kiosztályozott anyagból (reject) a rostveszteség csökkentése érdekében, vagy energia-megtakarítás. Egy másik cél lehet az anyag-előkészítő rendszer egyszerűsítése, ami kisebb energiafogyasztást, kisebb anyagveszteséget eredményez, és kevesebb helyre van szükség.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A hulladékpapír feldolgozásánál elsősorban az a cél, hogy eltávolítsák az összes nem rostos összetevőt (pl. műanyagok, fém, fa, homok) és a káros anyagokat, mint a ragacsos szennyeződéseket (stickies), viaszokat, vagy a kis nedvesszilárd papírdarabokat (csomókat), amelyeket nem sikerült foszlatni. A rostanyag-feldolgozás második célja maguknak a rostoknak a kezelése, hogy így szabályozzák a gyártott papír minőségét. Ennek a célnak az eléréséhez a rostokat szét lehet választani frakcionálással rövid- és hosszúrostú frakciókra, és ezeket tovább kezelni.

Az újrahasznosított rostanyag mindegyik speciális kezeléséhez speciális gépeket használnak különböző módokon. Így például az osztályozási és tisztítási eljárásokat 2-4 lépcsőben kell végezni, hogy a rostveszteségeket mindegyik eljárás végső lépcsőjében csökkenthessék. A papírgép megfelelő futtathatóságának biztosításához az is lényeges, hogy további tisztítókat és osztályozókat működtessenek a közelítőrendszerben. Ezzel elkerülik, hogy a kádak falairól vagy a csövekről leváló lerakódások bekerüljenek a felfutószekrénybe és a papírgép nedves szakaszára. Ezek a lerakódások papírszakadásokhoz vezetnének, és kieső időt okoznának a papírgépen.

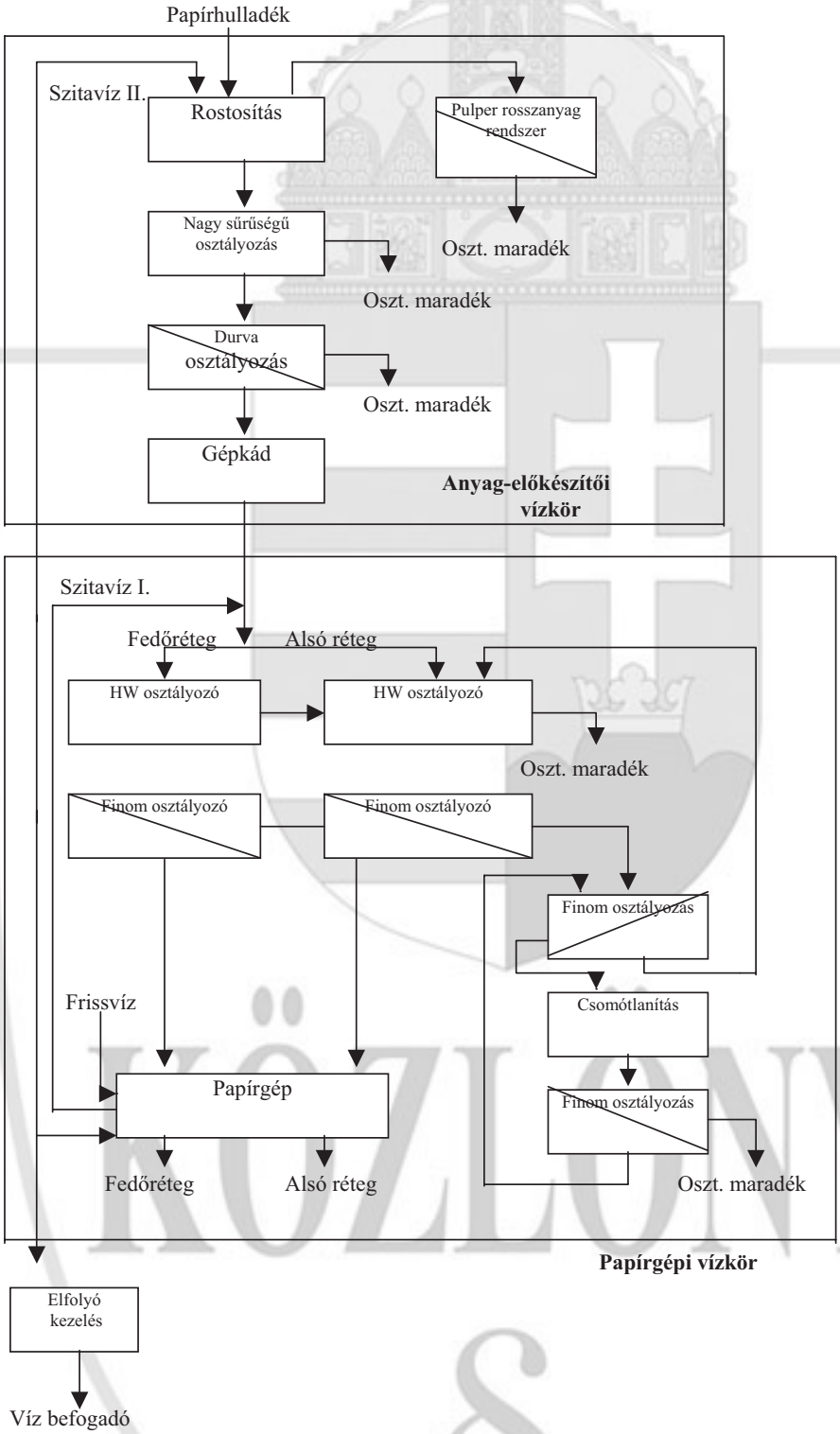
A 4.6. ábra 4 példát mutat be 2-rétegű testliner gyártásához a papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzem kialakítására. Ezt a papírfajtát azért használjuk példának, mivel az európai papír- és kartongyárak számára a gyártott mennyisége miatt nagyon fontos, és mert ezek az adatok könnyen hozzáférhetők voltak. A 4.5. táblázat összegzi ennek a négy koncepciónak a fő jellemzőit, összegzi az elektromos energiaigényt, és néhány magyarázatot ad az anyag-előkészítő üzem elrendezéséről.

A négy különböző rendszer elektromos energiaigényére vonatkozó számok az egyes berendezések fajlagos energiaigényének értékeiből származnak, amelyeket az 4.6. táblázat ad meg. Ezeket reális közelítésként kell venni. A valódi gyárak értékei kissé nagyobbak vagy kisebbek lehetnek.

Következő 4 oldalon:

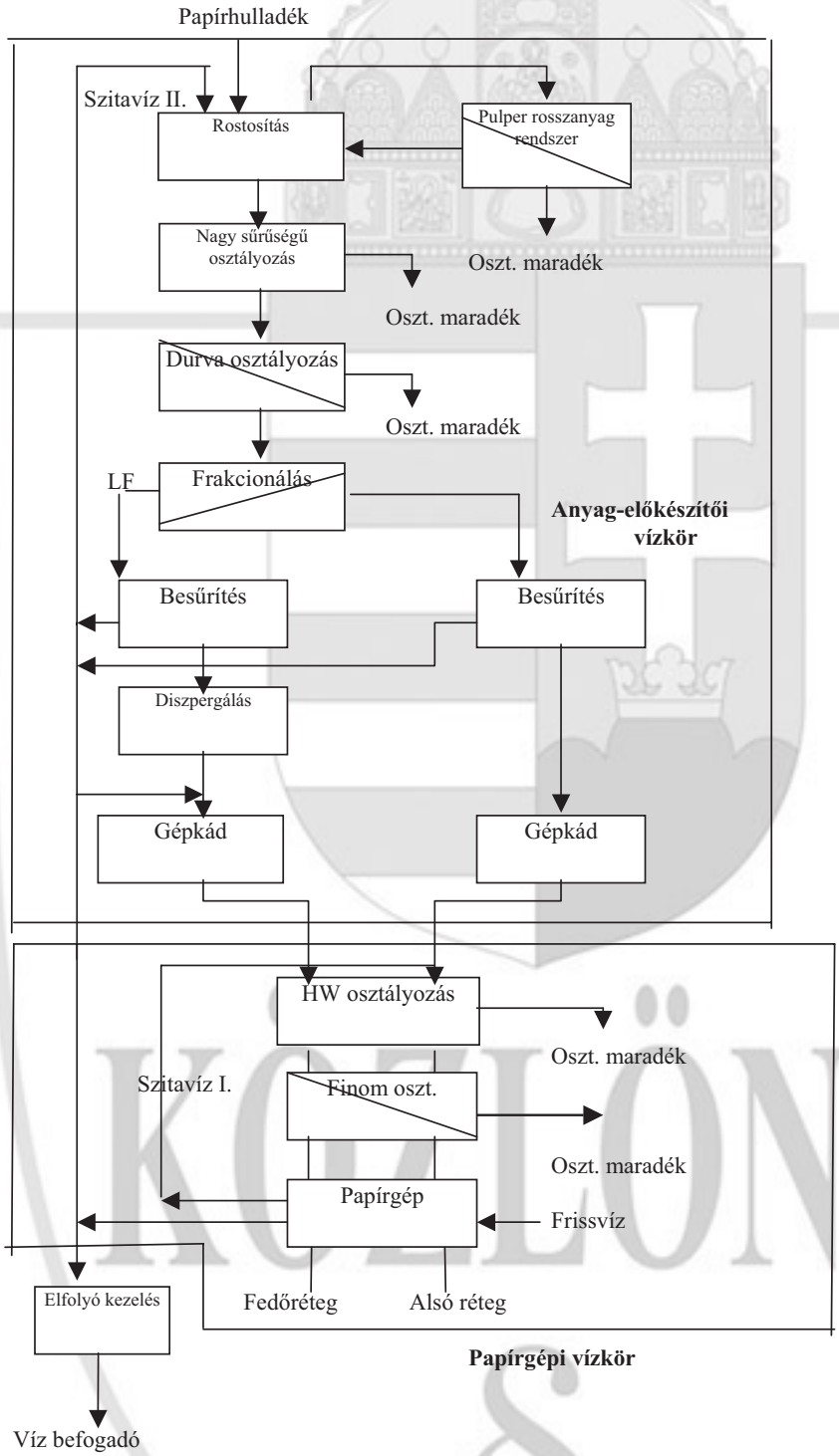
4.6. ábra: Négy példa 2-rétegű testliner gyártásához papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzem kialakítására [IFP, 1998].

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



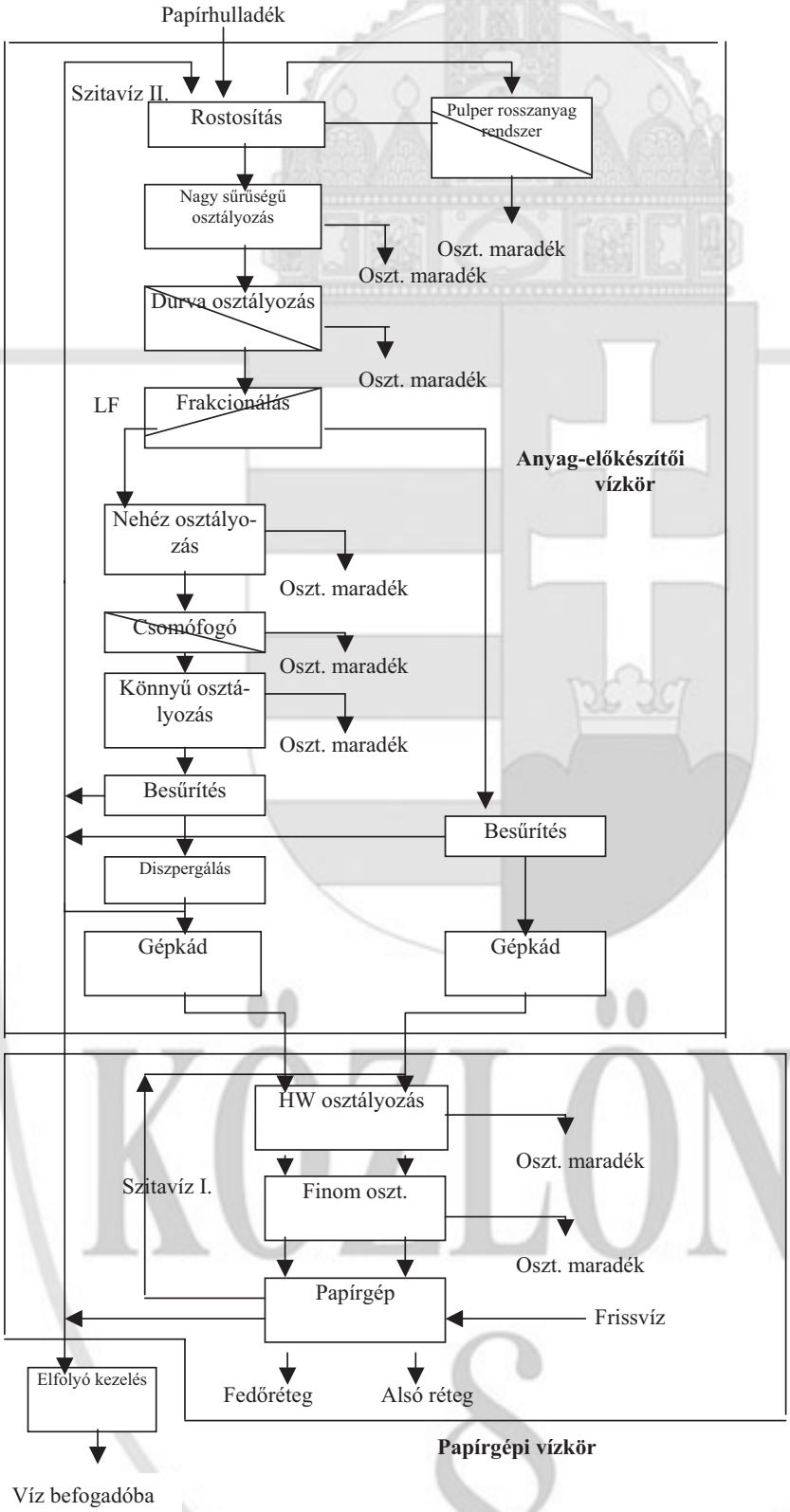
4.6. ábra: 1. példa

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



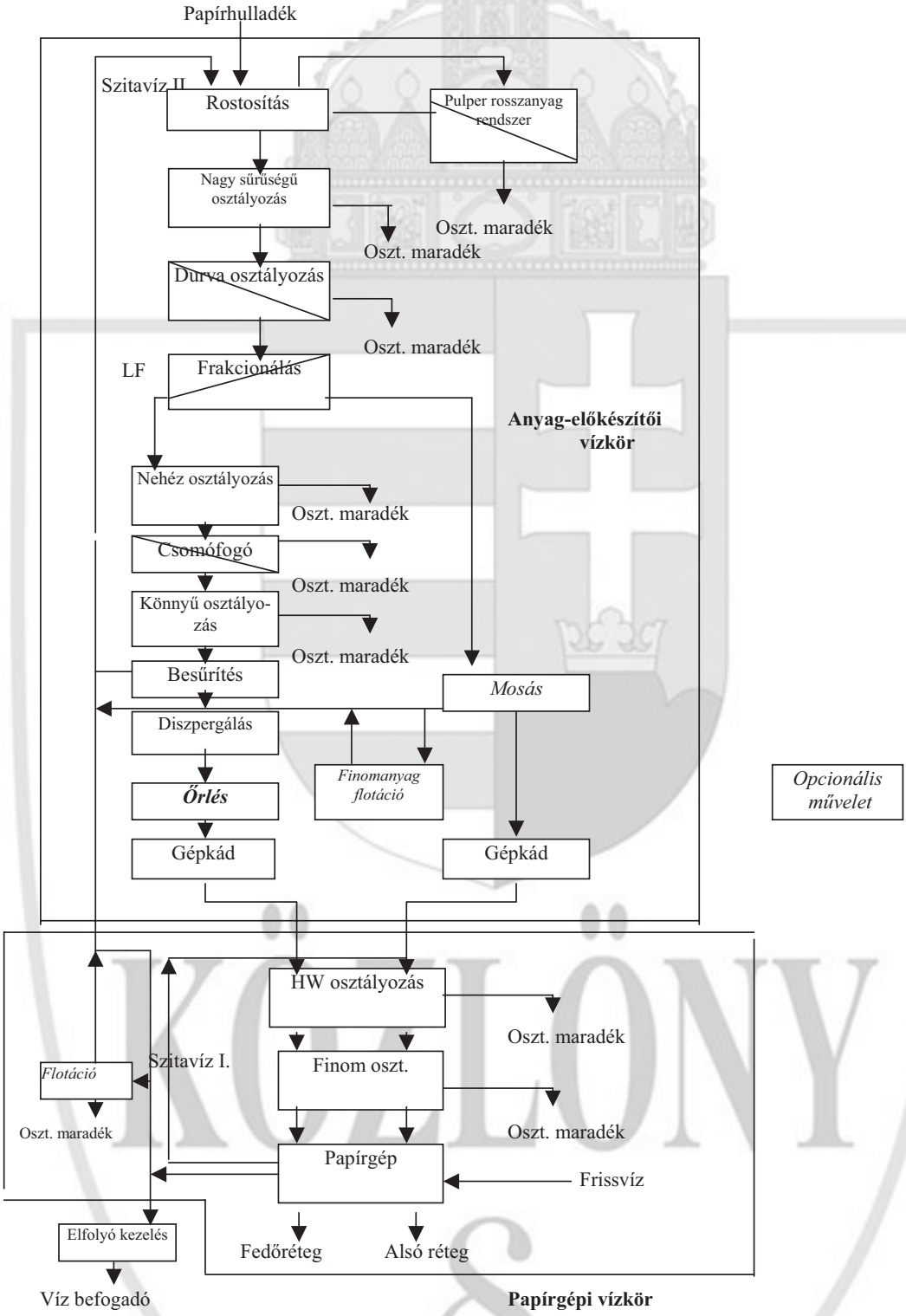
4.6. ábra: 2. példa

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



4.6.ábra:3.példa

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



4.6. ábra: 4. példa

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	A különböző rostelőkészítő rendszerek főbb jellemzői	**Áram szükséglet tartománya (átlag)**	**Magyarázó megjegyzések**
1. példa	A rostelőkészítő üzemben a tisztítás és osztályozás minimalizálása frakcionálás és további rostkezelés nélkül, mint pl. diszpergálás és további osztályozás. Az anyagáram közelítő rendszerét a megfelelő tisztaságú rostanyag érdekében osztályozókkal és tisztítókkal egészítik ki.	45 – 95 (70) kWh/t	A rostot frakcionálás nélkül két külön vonalra táplálják be osztályozás és tisztítás céljából, amelyek különböző réseléssel vannak ellátva. A fedőréteg rejectjét az alsó rétegbe vezetik át, további kezelés céljából. Az alsó rétegnél egy külön csomómentesítő fokozat van a csomók egyedi rostokká bontására, a végső osztályozás hatékonyságának növelésére és a reject mennyiségének csökkentésére.
2. példa	Frakcionálást, diszpergálást és azt követő osztályozást, foglal magában a hosszú-rostú frakció könnyű és nehéz szennyezéseinek kiválasztása nélkül. Kompromisszum a kevés alkalmazott berendezés általi minimális energia-igény és a termék minősége között.	65 – 175 (11) kWh/t	A frakcionálást a következő energiaigényes diszpergálásnál energia megtakarítás érdekében végzik, a rostoknak csak egy részét kezelik (hosszúrostú fr.). A hosszú-rostú frakció osztályozásának, könnyű- és nehéz szennyezőktől való megtisztításának elhagyása energiát takarít meg.
3. példa	A 2. példában leírtakhoz a frakcionálás után a hosszú rostú frakció osztályozása valamint a könnyű- és a nehéz szennyezők eltávolítása járul.	75 – 175 (120) kWh/t	A diszpergálást nagy sűrűségű szuszpenzióban kell végezni (22 – 32 %). Ezt megelőzően vízteleníteni kell tárcsás szűrővel, szalagpréssel, vagy csigás préssel.
4. példa	A frakcionálást kiegészítik további osztályozással és tisztítással (könnyű- és nehéz szennyezések), a hosszú rostú frakció őrlésével, a rövid frakció mosásával és a víz visszavezetésekor 2 oldott levegős (DAF)* flotálóval.	11 – 270 (190) kWh/t	A mosás és a DAF a finomanyag és a töltőanyag egy részének kivonásával csökkenti a gyártott papír finomanyag- és töltőanyag-tartalmát, javítja a minőséget.
Magyarázó megjegyzés: * A mosó szűrlet és a szitavíz II. rész-áramban DAF-technikával való tisztítása elősegíti a szilárd anyagok és bizonyos mértékig a kolloidok eltávolítását (finom- és töltőanyag). A kolloid anyagok eltávolítása csökkenti a körvíz szervesanyag-terhelését KOI és BOI). A finomanyag és a töltőanyag kivonásának legfontosabb eredménye a gyártott papír szilárdsági jellemzőinek javulása. Mindkét intézkedés javítja a papír minőségét és a papírgépi futtathatóságot.			

4.5. táblázat: 2-rétegű testliner gyártásához papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzemi koncepciók főbb jellemzői és elektromos energiaigénye
[Adatok az IFP-től, 1998]

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Az anyag-előkészítő és közelítő rendszer elektromos energiaigénye a festéktelenítés nélküli, papírhulladékot feldolgozó papírgyár teljes energiaigényének 20 és 40%-a között van. Ezért az elektromos energia megtakarítása szempontjából érdemes megfontolni az anyag-előkészítő

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

üzem modernizálását. A kisebb elektromos energiafogyasztás eredményeként kisebb az energiatermelésből a levegőbe történő kibocsátás, amit befolyásol még a használt ásványi fűtőanyag típusa is.

A fenti 4.5. táblázatban megadott elektromos energiaigények az egyes részfolyamatok fajlagos energiaigényeinek értékeiből származnak, amelyeket az alábbi 4.6. táblázat ad meg. Amint látható, jelentősek a különbségek a négy koncepció elektromos energiaigénye között: a 4. példáé (az összes opcióval) 110 és 270 kWh/t között van, míg a 2. példában 65 és 160 kWh/t közötti a fogyasztás.

Gyártás részfolyamata	Fajl. energiaigény kWh/t	Anyagsűrűség (%)
Pulperozás	10-20	3-6
Csomótlanítás	20-60	3-6
Osztályozás	5-20	0,5-4,0
Utóosztályozás	20-40	1-4
Centrifugál osztályozás	4-8	<0,5-4,5 (<6,0)
Frakcionálás	5-20	3-4
Besűrítés	1-10	0,5-5 (10)
Víztelenítés (csigaprés)	10-15	2-5-15-50
Víztelenítés (kettősszitás prés)	2-4	2-5-15-50
Diszpergálás	30-80	22-32
Kis sűrűségű őrlés	5-25 (°SR* egységenként)	3,0-5,5
Nagy sűrűségű őrlés	10-60(°SR* egységenként)	25-35
Mosás	5-20	0,7-1,4-5-12
Oldott levegős flotáció (DAF)	10-20	<0,3-0,01
Tárolás	0,02-0,1	3,0-5,5 (12)
Keverés	0,2-0,5	3,5-4,5
Megjegyzések: * = sűrűségtartomány változása a berendezésbe bemenet és kijövet között °SR = Schopper-Riegler őrlésfok		

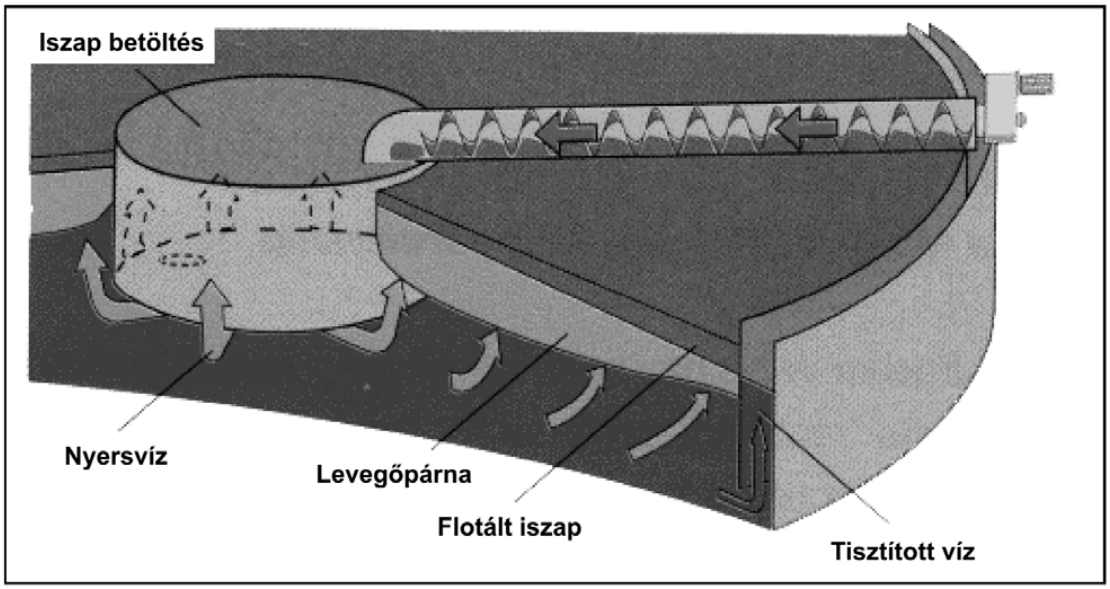
4.6. táblázat: A fajlagos energiaigény és üzemi anyagsűrűség a wellenstoff és testliner gyártás részfolyamataiban [IFP-től, 1998; az adatok a gépszállítóknak megfelelően; az adatok 100%-os hatékonyságra vonatkoznak]

Példa üzemek:
Európában több papírgyár is el van látva a 2. példához hasonló anyag-előkészítő rendszerrel, ami tartalmazza a frakcionálást és a diszpergálást is. Azonban a felállított berendezések, és az eljárási lépcsők száma eltérő, és úgy tűnik, hogy nem léteznek pontosan azonos rendszerek. Egyes gyárak bevezették az oldott levegős flotálást is a gyártási víz kezeléséhez. A 4. példában bemutatott mosással való kombinálást mindezidáig nem valósították meg testliner gyártásánál.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Derített víz előállítása festéktelenítést alkalmazó papírhulladék-feldolgozó üzemben

A technika leírása:
Csak akkor van lehetőség nagy mennyiségű szitavíz visszaforgatására a festéktelenítést alkalmazó papírhulladék-feldolgozó üzemekben, ha rendelkeznek szitavíz-derítő rendszerrel. A papíriparban a víz derítésére a szinte kizárólagosan használt rendszerek ülepítésen, szűrésen (tárcsás szűrő) és flotáláson alapszanak. Az elérhető legjobb technika jelenleg az oldott levegős flotálás. Az anionos szennyeződéseket és a finomanyagot adalékok használatával alakítják fizikailag kezelhető pelyhekké. Nagy molekulatömegű, vízben oldódó polimereket vagy szervetlen elektrolitokat használnak flokkuláltató szerként. A keletkező agglomerátumokat (pelyheket) ezután a derítő medencében flotálják. Az oldott levegős flotálás (DAF) esetén a lebegő szilárd anyagok a levegőbuborékokhoz kapcsolódnak. Ezek a buborékok felviszik a lebegő anyagot a kerek vagy négyszögletes medence felszínére, ahonnan lekotorják, és visszavezetik az anyag-előkészítőbe. A derített szitavizet a medence alján veszik ki (lásd a lenti 4.7. ábrát).



4.7. ábra: Az oldott levegős flotálás (DAF) működési elve [M. Schwarz, 1995]

A kerek medencés flotációs rendszerben a levegőbuborékokat úgy hozzák létre, hogy nagy nyomáson levegőt kevernek a cirkulációs vízbe. Amikor csökken a nyomás a medence bemeneténél, mikroszkópikus méretű levegőbuborékok keletkeznek. A buborékok mérete döntő fontosságú. A flokkuláltató szereket általában a flotálás előtt adagolják a szitavízhez, hogy javítsák a leválasztást.
A flotálás előnye az, hogy a kisméretű kolloid anyagokat is el lehet távolítani. Ez nagy előny a festéktelenítést alkalmazó papírhulladék-feldolgozó üzemekben, ahol a gyártási vízben található szilárd anyagok jelentős része kolloid. A deinking rendszerekben ma a flotálás az egyetlen módja a visszaforgatott gyártási víz tisztításának. A deinking üzemekben a leválasztott anyagot az iszap víztelenítőhöz vezetik, és nem forgatják vissza, mint a primerrostot használó papírgyárakban. A flotációs rendszerek általában nagyon tiszta vizet adnak, de a hatékonyság számtalan tényezőtől függ, amelyeket figyelni és szabályozni kell, ilyen pl. a pH,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

az áramlási mennyiség, a levegőbuborékok mérete és a koncentráció. Optimális körülmények esetén a hatékonyság nagyon jó.

Az osztályozási hulladék és az iszap helyszíni kezelése és feldolgozása (víztelenítése)

A hulladékrostra alapozott papírgyárakban a szilárd hulladékok fő forrásai az anyag-előkészítő, a gyártási víz derítése és a szennyvíz-kezelés. Az eljárásoknak két fő típusát kell megkülönböztetni:
A papírhulladékot festéktelenítés nélkül feldolgozó papírgyárakban (pl. testliner, wellenstoff, karton gyártása) a fő hulladékfrakciók a pulperből eltávolított durva szennyeződések, az anyag-előkészítés különböző osztályozási és tisztítási lépcsőiből származó hulladékok, és a szennyvíz-kezelés iszapja. Az anyag-előkészítőben keletkező hulladékok (reject) mennyisége kb. a bevitt nyersanyag 4-10%-a. A deinking nélküli barna csomagolópapír-gyártás anyag-előkészítő üzemében keletkező rejectek csak korlátozottan alkalmasak anyagában való újra-hasznosításra, mivel a hulladékpapírból eltávolított nem papírjellegű összetevők meghatározatlan keverékéből állnak. Ezeket a rejecteket általában hulladéklerakóba viszik. Azonban nagy a fűtőértékük, a szárazanyag 1 kilogrammjára számítva 22-24 MJ, mivel nagy arányban tartalmaznak műanyagokat, ezért a rejectek alkalmasak energia visszanyerésére, ásványi fűtő-anyagokat helyettesíthetnek (lásd lentebb).

A papírhulladékot festéktelenítéssel (deinking) feldolgozó papírgyárakban keletkezik még deinking iszap is, és keletkezhet iszap a gyártási víz derítésénél. A keletkező rejectek és az iszapok a bevitt nyersanyagnak kb. 15-40%-át teszik ki. A DIP (festéktelenített rostanyagot előállító) üzemekben főként rövidrostokat, mázanyag összetevőket, töltőanyagokat és festék-részecskéket tartalmazó deinking iszap a kezelendő hulladékfrakció.
Az iszap nagy része általában még mindig hulladéklerakóba kerül. Néhány országban alkal-mazzák az iszap mezőgazdasági területeken való szétterítését vagy komposztálását, míg más országokban ezt a lehetőséget nem ösztönzik, vagy éppen tiltják. A nagyobb DIP-üzemekben a deinking iszap a szennyvíz-kezelés iszapjával együtt elégethető. Különböző lehetőségek léteznek a szerves anyagokat (műanyagokat, rostokat és finomanyagokat) tartalmazó rejectek és iszapok energetikai hasznosítására:

- Gyáron belüli égetőműben való elégetés (Lásd lentebb az 1. és 3. példát. Az 1. példa a testlinerre és wellenstoffra vonatkozik, míg a 3. példa a DIP-üzemekből származó rejectek és a deinking iszap égetését írja le.)
- Együtt égetés gyáron belüli széntüzelésű erőműben (Lásd lentebb a 2. példát)
- Együtt égetés a cementiparban (Ezt nem írjuk itt le részletesen, mivel ezt az eljárást a cementégetők engedélyezése keretében szabályozzák. Csak néhány aspektust világí-tunk meg a továbbiakban.). A rejecteket fel lehet használni a cementiparban a fosszilis fűtőanyagok helyettesítésére. A főégetőn keresztül betáplált hulladékok az elsődleges égési zónában bomlanak le, 2000 °C-ot elérő hőmérsékleten. A szervetlen összetevők beépülnek a cementklinkerbe. A másodlagos égetőbe, előfűtőbe vagy előkalcinálóba betáplált hulladékok alacsonyabb hőmérsékleten égnek el, ami nem mindig elégséges a szerves anyagok teljes oxidálódásához. A rejecteket rendszerint a másodlagos égetési lépcsőbe táplálják be a forgókemence bemeneténél. A papírgyári rejectek és iszap másodlagos égetőbe való betáplálásánál bizonyos mértékig fennáll az a veszély, hogy nem kívánatos szénhidrogén-kibocsátás (VOC azaz illékony szerves vegyületek, dioxinok) történik.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Egyelőre a fent említett reject-hasznosítási lehetőségek egyike sem tekinthető általánosságban BAT-nak. A reject-hasznosítási technikák papírgyárról papírgyárra változnak, főként a helyi körülmények függvényében.

Az energia- és gőztermeléssel együtt végzett égetést környezetbarát megoldásnak tekintik. Különböző műszaki megoldásokat valósítottak meg az európai papírgyárakban a termelési maradékok energia-visszanyerési célú égetésére. Ezek közül az alábbiakban három kerül ismertetésre, megvitatva fő előnyeiket és hátrányaikat.

A festéktelenítés nélkül papírhulladékot feldolgozó gyárakban a rejectek gyáron belüli égetőműben való elégetése (1. példa) főként a gyár méretétől és az elégetni kívánt rejectek mennyiségétől függ. A rejectek gyáron belüli széntüzelésű erőműben való együtt égetése (2. példa) egy egészen új technika, és alkalmazhatósága a hőtermeléshez használt fűtőanyag típusától függ. Ebből a szempontból ez speciális esetnek tekinthető és szintén nem vehető általánosságban BAT-nak. Ezzel szemben a rejectek és az iszap égetését a DIP-üzemekben elterjedtebben használják az európai papírgyárakban, és ezt BAT-nak tekintik, ott, ahol megvalósítható.

1. példa: A rejectek energetikai hasznosítása a papírhulladékot festéktelenítés nélkül feldolgozó gyárakban reject-égető műben

Ennek a technikának a leírása a papírhulladékból „barna csomagolópapírokat" előállító gyárakra vonatkozik, azonban hasonló rendszerek alkalmazhatók más papírhulladék-feldolgozó gyárakra is (lásd a 3. példát).

A technika leírása:
A legtöbb esetben a wellenstoffot és testlinert előállító papírgyárakban a papírhulladék-feldolgozásból származó maradékokat (reject) hulladéklerakóban helyezik el. Feltételezve, hogy a rejectek mennyisége a bevitt papírhulladék 4-10%-a, a kiválasztott rejectek mennyisége sok papírgyárban nem elegendő egy reject-égetőmű gazdaságos üzemeltetéséhez. Ezért az iszapégetéstől (3. példa) eltérően, csak néhány modern nagyméretű papírgyárban állítanak fel különálló égetőművet a papírhulladék-feldolgozásból származó maradékok elégetésére.
A 90-es évek elejétől tökéletesített égetési technikát üzemeltetnek egy német papírgyárban. Az égetőmű többkemencés égetést alkalmaz, amit a gyár erőművébe integráltak. Évi 10000 tonna rejectre tervezték. A rejectek víztartalma 45-50% körül van. Az aprítás és a vashulladékok mágnessel való kiválasztása után a rejectet a felső kemencébe táplálják be, ahol a fölfelé áramló forró füstgázok kiszárítják. A rejectet keverők segítségével továbbítják a soron következő kemencékbe. Ezek végigviszik a rejectet az összes égetési zónán, a felsőtől az alsóig.
Az égetőmű tetejéről a füstgázt visszavezetik a kemencékbe, és ott újra felfűtik. 800-900 °C-on a füstgázok a kemencékben teljesen elégnek. Így nincs szükség külön égetőkamrára, és a rejectek gazdaságosan égethetők el.
A füstgáz-tisztító egység kétlépcsős gázmosóval van felszerelve a savas szennyezőanyagok, főként a kén-dioxid és a hidrogén-klorid eltávolítására. A gázmosóban nyert folyadékot semlegesítik, majd kicsapató és flokkuláló szerekkel kezelik a nehézfémek eltávolítása céljából. A nehézfém-tartalmú iszapot hulladéklerakóban helyezik el. A dioxin kibocsátás minimalizálása céljából aktív szén és zeolit keverékét fecskendezik be a visszaforgatott füstgáz-áramba. Az elhasznált adszorbenseket hulladéklerakóba viszik. Az NO_x kibocsátást szelektív nem-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

katalitikus redukcióval (SNCR) csökkentik, ammóniát használva, amit az égetőkamrába fecskendeznek be.
A kibocsátott szilárd részecskék mennyiségét elektrosztatikus leválasztóval csökkentik.

2. példa: A rejectek széntüzelésű erőműben való együtt égetése festéktelenítés nélkül papírhulladékot feldolgozó gyárakban, füstgáz-kezeléssel

Ez a technika szigorúan véve csak a hullám-középréteget előállító szekunderrostra alapozott papírgyárakra vonatkozik. Azonban érdemes lehet esetről esetre megvizsgálni, hogy alkalmazható-e hasonló rendszer más papírhulladék-feldolgozó gyárakban is.

A technika leírása:
A festéktelenítés nélküli papírhulladékot feldolgozó papírgyárak rejectjeit inhomogén összetételük miatt általában hulladéklerakóban helyezik el. Azonban a rejecteknek nagy a fűtőértékük, a szárazanyag 1 kilogrammjára számítva 22-24 MJ, mivel nagy arányban tartalmaznak műanyagokat, ezért alkalmasak energia-visszanyerésre, ásványi fűtőanyagokat helyettesíthetnek (lásd az 1. példát is).
A 4.7. táblázat bemutatja a rejectek összetételét, az eredmények wellenstoffot és testlinert előállító különböző német papírgyárakban végzett 18 elemzés átlagai.

Összetevő	Egység	Érték
Műanyag	súly %	26,0
Rost	súly %	27,0
Üveg és kő	súly %	0,1
Fémek	súly %	0,9
Egyéb szerves anyagok	súly %	1,0
Víz	súly %	45,0
Fűtőérték (100% szárazanyag)	MJ/kg	23,8
Fűtőérték (55% szárazanyag)	MJ/kg	12,0
Klórtartalom a műanyag részben Klórtartalom a hulladék részben	súly % súly %	5,5 1,4

4.7. táblázat: Wellenstoff és testliner gyártásából származó rejectek összetétele [IFP, 1998]

Azokban a papírgyárakban, amelyekben szilárd tüzelőanyagot, pl. barnaszenet vagy kőszenet használnak az erőművekben, megvalósítható a rejectek együttes égetése. Ehhez az erőmű égetőkamrájához csatlakozó szárító és gázosító kamra beépítésére van szükség. A szárító és gázosító kamrában a rejecteket elgázosítják a széntartalmú anyagok levegővel végzett oxidációjával. A gázosítással termelt gázok utóégetését az erőmű égetőkamrájában végzik. A VOC (= illékony szerves vegyületek) és a korom problémájának elkerüléséhez biztosítani kell a megfelelő égési körülményeket (>850°C, és az oxigénszint >6 %). Ellenőrzési paraméterként figyelni lehet a CO koncentrációját (<50 mg/Nm^3).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3. példa: A DIP-üzemekből származó maradékok (rejectek és iszapok) égetése energia- és gőztermeléssel kombinálva

Az 1. és 2. példától eltérően ez a példa a DIP-üzemekre vonatkozik, vagy azokra, amelyek festéktelenített rost (DIP) és mechanikai rostanyag keverékét használják.

A technika leírása:
A különböző fajta iszapok és rejectek —rejectek, deinking iszap, szennyvíz-kezelési iszap, stb.— égetését elterjedten használják a cellulóz- és papírgyárakban. Az alábbi két lehetőség áll rendelkezésre a rejectek és az iszapok égetésére:

- Kéreggel való együttes égetés a kéregégető kazánban
- Az iszap külön égetése

Ahhoz, hogy alkalmas legyen a kazánban való égetésre, a papírhulladék-feldolgozásból származó iszapot először víztelenítení kell. A víztelenítési szűrletet kezelni kell a gyár szennyvízkezelő telepén. Jelenleg néhány gyárban az iszap víztelenítési szűrletet mikroflotálás után újra felhasználják a rostelőállítási folyamatban.
A flotációs cellákból származó deinking iszapot víztelenítés után kezelés nélkül el lehet égetni. A biológiai szennyvíz-kezelés víztelenített fölös iszapját is hozzá lehet adni, de ez csak kis része a teljes iszapmennyiségnek (kb. 5%-a). A magas hőmérséklet (>850 °C) biztosítására általában gázt vagy kérget is égetnek a szilárd tüzelésű kazánban (lebegőágyas kazán). Vannak gyárak, amelyek magában égetik el az iszapot, míg mások elégetik az összes maradékot beleértve a rejecteket vagy a kérget is. Abban az esetben, ha a DIP rejectjeit is elégetik, azokat először kezelni kell, hogy alkalmasak legyenek a lebegőágyas kazánban való égetésre (lásd a 2. példát is, 4.7. táblázat). A festékmentesítő üzemi rejectek előkezelésének fő célja az, hogy leválasszák a nem éghető részeket, és megfelelő méretűre aprítsák a fűtőanyagnak alkalmas részecskéket, azért hogy nagy felületet, és jó égési viselkedést érjenek el. Az elsődleges aprítás és osztályozás után az éghető anyagokat a kazán tüzelőanyag-tartályába kell vinni.
A rejectek kiosztályozott részét szét kell választani vashulladékra és egyéb nem éghető hulladékokra.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

4.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A PAPÍRHULLADÉK FELHASZNÁLÁSA SORÁN

Bevezetés

Ennek a fejezetnek a megértéséhez visszairányítjuk az olvasó figyelmét ennek a dokumentumnak az előszavához, annak is az ötödik szakaszához: „Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot". Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szinteket vagy szintek tartományait egy iterációs folyamaton keresztül értékeltük, amely a következő lépésekből állt:

- Az ágazat számára kulcsfontosságú környezeti témák beazonosítása; a nem-integrált papírgyáraknál a vízhasználat, a szennyvíz-kibocsátás (KOI, BOI, lebegőanyagok, N és P, AOX), az energiaigény, (gőz és elektromos áram), a szilárd hulladékok, mint a kiosztályozott anyagok (reject), iszap és hamu, a levegőbe való kibocsátások az energiatermelésből (SO_2, NO_x, CO_2, por), a zaj és a vízbe kerülő hulladékhő a legfontosabbak; az utóbbi három a helyi hatásokra vonatkozik;
- Ezen kulcsfontosságú témák kezelésre szolgáló leglényegesebb technikák vizsgálata;
- A legjobb környezeti teljesítményszintek beazonosítása az Európai Unióban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján;
- Azoknak a körülményeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítményeket elérték, mint például a költségek, a közegeken átirányuló hatások, az ezen technikák bevezetésében szerepet játszó fő hajtóerők;
- Az elérhető legjobb technikák (BAT), és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek kiválasztása ehhez az ágazathoz általános értelemben, a 2(11) cikkelynek és az Irányelv IV. mellékletének megfelelően.

Az Európai IPPC Iroda szakértői ítélete és az illetékes Műszaki munkacsoport (TWG) kulcsfontosságú szerepet játszottak ezen lépcsők mindegyikében, és abban, ahogyan itt az információt bemutatjuk.

Erre az értékelésre alapozva ebben a fejezetben bemutatjuk azokat a technikákat és, amennyire lehetséges, a BAT használatához kapcsolódó kibocsátási és fogyasztási szinteket is, amelyeket alkalmasnak ítélünk az ágazat egészére, és amelyek sok esetben az ágazaton belül néhány helyen már működő berendezések jelenlegi teljesítményét tükrözik. Ahol bemutatjuk „az elérhető legjobb technikákhoz kapcsolódó" kibocsátási vagy fogyasztási szinteket, ezeket úgy kell érteni, hogy azokat a környezeti teljesítményszinteket reprezentálják, amelyek várhatók a leírt technikáknak az ágazatban való alkalmazásától, szem előtt tartva a BAT meghatározásának szerves részét képező költség-haszon egyensúlyt.

BAT a papírhulladékot feldolgozó üzemek részére

A papírhulladékot feldolgozó papírgyárak számára a következő technikák tekinthetők BAT-nak. Az itt következő BAT lista nem vehető kimerítőnek, és egyéb technikák vagy technikák kombinációi, amelyekkel ugyanolyan (vagy jobb) teljesítményt érnek el, szintén megfontolhatók; ilyen technikák lehetnek fejlesztés alattiak, kibontakozóban lévők vagy már rendelkezésre állók, de ebben a dokumentumban nincsenek leírva. Az integrált papírhulladék-feldolgozó gyárakra a 2.B szakasz is vonatkozik, ahol további részletek vannak a papírgyártásról. Ha az másként nincs megadva, az adatok az éves átlagos értékekre vonatkoznak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Általános intézkedések

- A személyzet és a gépkezelők oktatása, képzése és ösztönzése. A papírgyárakat emberek üzemeltetik. Ezért a személyzet oktatása nagyon költség hatékony módja lehet a vízfogyasztás és a károsanyag-kibocsátás csökkentésének, így érhető el például a vegyszerek véletlenszerű kiengedésének megakadályozása.
- A folyamatszabályozás optimalizálása. Ahhoz, hogy képesek legyünk egyidejűleg a különböző szennyezőanyagok mennyiségének csökkentésére, és az alacsonyszintű kibocsátások fenntartására, javított folyamatszabályozásra és ennek rendszeres ellenőrzésére van szükség.
- Ahhoz, hogy magas szinten tartsuk a papírgyárak műszaki berendezéseinek, és az azokhoz kapcsolódó mérséklési technikáknak a hatékonyságát, biztosítani kell az elégséges karbantartást.
- Szükség van környezetirányítási rendszerre, amelyik világosan meghatározza a környezeti szempontból lényeges aspektusokért való felelősséget a gyárban. Ez növeli a tudatosságot, és megadja a célokat és intézkedéseket, a gyártási és munkaköri utasításokat, az ellenőrző listákat és egyéb lényeges dokumentumokat.

Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére

- A kevésbé szennyezett víz elválasztása a szennyezettől, a technológiai víz újrahasznosítása. A frissvíz-fogyasztás csökkentésének módja a tiszta hűtővíz különválasztása és újbóli felhasználása, valamint a vákuumrendszerekben használt tömítő és gyártási vizek visszaforgatása.
- Optimális vízgazdálkodás (vízkör elrendezés), ülepítéses vízderítés, flotációs, vagy szűréses technikák, és a technológiai víz újrahasznosítása különböző célokra.
- A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú elválasztásával, és a technológiai víz ellenáramú vezetésével.
- Derített víz előállítása a festéktelenítő üzemeknél (flotálás). A víz szennyezettségének mérséklése erőteljesen összefügg a frissvíz-fogyasztás csökkentése érdekében végzett gyártási víz visszanyeréssel és visszaforgatással. A gyártási vízrendszer fokozódó zárása egyre kisebb és koncentráltabb szennyvízkibocsátást eredményez, amit általában hatékonyabban lehet kezelni. A gyártási víz mennyiségének csökkenése növeli a haladó technikák alkalmazhatóságát is. Így a gyárba bevitt frissvíz mennyiségének csökkenése a felszíni vizekbe történő kibocsátás csökkenését eredményezi. A frissvíz bevitelt elsősorban a termékkel szembeni követelmények, a papírtípusok, és a papírgyár vízrendszerének kialakítása (a gyár állapota) határozza meg.
- Kiegyenlítő medence és elsődleges kezelő beépítése. Ezeket az intézkedéseket szinte az összes papírgyárban alkalmazzák, és elég jó gyakorlatnak tekinthetők. Ezek az előfeltételei egy jól és stabilan teljesítő biológiai szennyvíz-kezelő üzemnek. A szekunderrostot feldolgozó papírgyárakban önmagában alkalmazott technikaként ezek nem tekinthetők BAT-nak.
- Aerob biológiai vízkezelés. A festéktelenített minőségekre, valamint a feltételektől függően a nem-festéktelenített minőségekre is, ez az előnyben részesített megoldás. Sok különböző kezelési lehetőség áll rendelkezésre, amelyekkel eredményesen csökkenthető a befogadókba kerülő szerves terhelés. A kezelési lehetőség kiválasztását főként a kiindulási koncentráció, a szennyvíz jellemzői és az elérni kívánt eltávolítási hatékonyság határozzák meg.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- Kombinált anaerob és aerob biológiai kezelés. A nem festékmentesített típusoknál ez, bizonyos esetekben a flotáció is, és a kémiai kicsapatás az előnyben részesített választási lehetőség. Ezeknek a papírgyáraknak rendszerint jóval erősebben szennyezett szennyvizet kell kezelniük, a vízkörök magasabb fokú zártsága és/vagy az anyagelőkészítésnél kioldódó nagyobb mennyiségű szerves anyag miatt.
- A kezelt víz részleges újrahasznosítása a biológiai kezelést követően. A víz újrahasznosításának lehetséges foka függ a gyártott papír sajátos minőségétől. A nem festéktelenített hulladékpapír alapú papírfajtákra ezt az intézkedést tekintik az elérhető legjobb technikának, azaz BAT-nak. Ide olyan technikák tartoznak, amelyeket akkor kell megfontolni, amikor ki kell cserélni egy berendezést, vagy olyan területeken, ahol szigorúbb környezeti követelményeknek kell megfelelni. Általában a teljes vízmennyiségnek csak egyes részáramait kezelik, ahol speciális vegyületek vannak, amelyeket csökkenteni kell. Bár a gyártási víz in-line biológiai kezelésével ellátott zárt vízrendszernek több ipari méretű alkalmazása is van Európában, a nem-festéktelenített papírfajtákra ezt még nem tekintik BAT-nak. Nehéz megbízható számokat közölni a biológiai kezelés előtti szennyvíz terhelésekről, mivel elég ritka, hogy ezekről a kibocsátásokról átláthatóan beszámolnak. Például gyakran nem világos, milyen folyamatba integrált technikákat alkalmaznak a csak elsődleges kezeléssel elért kibocsátási szintekhez.

  A kezelés előtti vízbe való kibocsátások nagy mértékben függnek a használt nyersanyagok minőségétől (újrahasznosított papír, vegyi adalékok), és a folyamat kialakításától (anyagsűrűség, hőmérséklet, lúgos kezelés és a vízkör kialakítása).

Paraméter	Egység	Festéktelenítés nélkül[4]	Festéktelenítéssel[1]	Hulladék alapú tissue
BOI_5	kg/t papír	<0,005-0,15[5]	<0,005-0,2[5]	<0,005-0,5[5]
KOI	kg/t papír	0,5-1,5	2,0-4,0	2,0-4,0
Össz szárazanyag	kg/t papír	0,05-0,15	0,1-0,3	0,1-0,4
AOX	kg/t papír	<0,005	<0,005	<0,005
Összes P	kg/t papír	0,002-0,005[2]	0,005-0,01[2]	0,005-0,015[2]
Összes N	kg/t papír	0,02-0,05[2]	0,05-0,1[2]	0,05-0,25[2]
Szennyvíz mennyiség	m^3/t papír	<7	8-15	8-25[3]

Magyarázat:

1 Más rostok keveréke (mint facsiszolat, TMP, CTMP) az összetételben 0 – 30% részarányban alkalmazható

2 A N és P kibocsátás a biológiai tisztítóban az optimális tápanyag adagolásra vonatkozik. Az érték az adagolás finom szabályozásával állítható.

3 A tissue termelésnél több tényező növelheti a fajlagos vízfelhasználást: kisebb felülettömeg (12 g/m^2 alatt), a termék nagyobb tisztasága, a minőség vagy a szín jelentős változása, kisebb gépsebesség, olyan folyamat, ami nagyobb présmosást igényel. Így a BAT 8-25 m^3 vízigényt fogad el.

4 Mázolt karton gyártása több vizet igényel, mint a testliner, hullám alap vagy a mázolatlan karton termelés (7-15 m^3/t). Így a BAT szerint a kibocsátás felső határa a mázolt kartonra vonatkozik.

5 A BAT szerinti alsó kibocsátási határérték a biológiailag lebontható szerves anyagok szinte teljes eltávolítását jelenti. Érthetően ez nem egy pontos érték.

4.8. táblázat: A BAT használatához kapcsolódó évi átlagos kibocsátási és fogyasztási szintek újrahasznosított rostanyagot (az újrahasznosított rost aránya >50%) festéktelenítéssel (pl. újságpapír, másolópapír, néhány esetben dobozkarton) illetve festéktelenítés nélkül (pl. fehér felsőrétegű liner / testliner / Wellenstoff / fluting) feldolgozó papírgyárakban

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A kibocsátási adatok újrahasznosított rostanyagot feldolgozó integrált papírgyárakra vonatkoznak. Azonban Európában egyre több olyan gyár van, amelyek különböző fajtájú rostbehordást használnak. A behordás egy része állhat újrahasznosított rostokból, egy részét adhatja a helyszíni mechanikai rostanyag-gyártás, vagy másik része állhat vásárolt cellulózból. Az ilyen típusú gyárakra vonatkozó BAT kibocsátási szintek az 5.A szakaszban találhatók. A vízbe való kibocsátásokat csak három különböző csoportra mutatjuk be: festéktelenítés nélküli papírfajták, festékmentesített papírfajták és újrahasznosított rostanyagra alapozott tissuegyárak. Ami a vízbe való kibocsátást illeti, a különböző papírtípusok közötti különbségek nem túl jelentősek. Például az író-nyomópapírt gyártó újrahasznosított rostanyagot feldolgozó gyárak hasonló kibocsátási szinteket tudnak elérni, mint az újrahasznosított rostra alapozott újságpapírgyárak.

Számos tissuepapírgyár is visszanyert rostokat használ fő nyersanyagként. Ezek visszanyert rostok és primer rostok különböző keverékeit használhatják. Ha főként festéktelenített rostanyagot (DIP) használnak, akkor gyakran jobb minőségű papírhulladékokat használnak nyersanyagként. Amint a fenti táblázatból látható, a vízbe való kibocsátásaik más festéktelenített fajtákéval összemérhetők. Azonban a tissue termelésnél létezik számos tényező is, amelyek valamelyest nagyobb fajlagos vízfogyasztáshoz vezethetnek.

A fenti táblázatot az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell olvasni:

BOI: A jól megtervezett kezelő telepeken a BOI szinte teljesen eltávolítható (95% fölötti eltávolítás) az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárak szennyvizéből, amikor a szénfoszfor-nitrogén arányt és az oxigén-ellátást megfelelő értéken tartják, és jól szabályozzák. A BOI_5 szintje általában jóval 25 mg/l alatt van, és lemehet akár 5 mg/l értékre is, azaz szinte teljes az eltávolítás.

KOI: A festéktelenítéssel való feldolgozás nagyobb KOI kibocsátásokat eredményez, mint a festéktelenítés nélküli feldolgozás. Olyan tényezők, mint a használt nyersanyagok, a gyártott papírfajták, az alkalmazott folyamatba integrált vagy külső intézkedések és az egy tonna termékre eső vízmennyiség hatással vannak a végső szennyezőanyag-terhelésre. Amikor BAT-ot alkalmaznak, 100-200 mg/l közötti KOI érhető el (festéktelenítés nélkül), illetve 200-300 mg/l közötti KOI (festéktelenítéssel).

TSS (lebegőanyag): Normális üzemelési körülmények között a másodlagos derítőből származó víz elég tiszta. A lebegőanyag-tartalma 10 és 30 mg/l között van. Ez tonnánként 0,1-0,3 kg TSS kibocsátásnak felel meg. Az értékek függnek a másodlagos derítő felületi terhelésétől, és a biomassza jellemzőitől.

AOX: Manapság a klórozott szerves vegyületek kibocsátása nagyon kicsi, mivel az eredeti papírokban, melyek újrahasznosításra kerülnek, a klórtartalom az évek során lecsökkent. A primer rostokat használó papírgyárakban általában ECF vagy TCF fehérített cellulózt használnak, ami tükröződik az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakból kibocsátott vizek kisebb AOX-tartalmában is.

N és P: A biológiai kezelőtelepen általában adagolnak ásványi tápanyagokat, hogy fenntartsák a C:P:N egyensúlyt, ami kritikus fontosságú az eleven biomassza növekedésénél. Ahhoz,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

hogy megtalálják és megtartsák az egyensúlyt a biológiailag lebontható szén-, nitrogén- és foszforvegyületek között, az adagolt ásványi tápanyagok finombeállítása szükséges.

Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére
Az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakban a levegőbe történő kibocsátások főként a hő termelésére és az elektromos energia előállítására felállított erőművekhez kapcsolódnak. Ezért a hő- és elektromos energia-megtakarítás megfelel a levegőbe való kibocsátások csökkentésének. Az erőművek általában szabványos kazánok, és ezeket úgy kell kezelni, mint bármely más erőművet. Ezért az általánosan elismert BAT technikákat csak röviden említjük meg ebben a részben. A levegőbe való kibocsátások csökkentéséhez az alábbi intézkedések álnak rendelkezésre:

- A hő és az elektromos energia együttes (kombinált) előállítása
- A meglévő gőzkazánok feljavítása kis NO_x kibocsátású technológiák bevezetésével, kis kéntartalmú fűtőanyag használatával, vagy az SO_2 kibocsátások szabályozásával
- Megújuló források, mint fa vagy fahulladék használata a fosszilis CO_2 kibocsátások csökkentése érdekében (csak azokban az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakban alkalmazható, amelyek primer rostanyagot előállító gyártósort is üzemeltetnek).

Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére
A hulladéklerakóba kerülő szilárd hulladék mennyiségének csökkentése szempontjából a következő intézkedéseket tekintik BAT-nak:

- A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása, és amennyire csak lehetséges, az újrahasznosítható anyagok visszanyerése, újrafelhasználása és újrahasznosítása.
- A hulladékfrakciók elkülönített gyűjtése keletkezési forrásuknál, és ha szükséges, a maradékok/hulladékok átmeneti tárolása, hogy lehetővé tegye nagyobb részarány újrafelhasználását, vagy visszaforgatását a hulladéklerakóban való elhelyezés helyett.
- A rostvisszanyerés optimalizálása az anyag-előkészítő üzemek tökéletesítésével.
- A tisztítási lépcsők mennyiségének optimalizálása az anyag-előkészítőben.
- Oldott levegős flotálás (DAF) a rostok visszanyerésére és a gyártási víz derítésére. Az anyag-előkészítő üzem koncepciójának megtervezésénél (ahogyan azt korábban említettük) meg kell találni az egyensúlyt az anyag tisztasága, a rostveszteségek, a termékminőség, az energiakövetelmények és a költségek között.
- A szennyvíz anaerob előkezelése. Az egyedül álló aerob szennyvíz-kezeléshez képest a kombinált aerob/anaerob kezelés jelentősen kevesebb fölös iszapot eredményez.
- A reject (osztályozási és tisztítási maradék) és az iszapok hatékony helyszíni kezelése (víztelenítése) a szárazanyag-tartalom növelése és az égetési tulajdonságok javítása céljából.
- A lerakásra kerülő hulladék mennyiségének csökkentése. A visszanyerési lehetőségek beazonosítása, és – ha az megvalósítható, – a hulladék anyag hasznosítása anyagvisszanyerésre, vagy a reject és az iszap elégetése energia-visszanyeréssel.

A gyártáshoz használt papírhulladékok minőségétől és az elérendő terméktulajdonságoktól függően változik a szilárd hulladék mennyisége. Mind a gyengébb minőségű papírhulladékok feldolgozása, mind a jobb minőségű papírok gyártása hasonló nyersanyagokból a reject mennyiségének növekedését eredményezi. Általánosságban, a nem festéktelenített papírfajták gyártása kevesebb szilárd hulladékot termel, mint a festéktelenített fajtáké.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Energiatakarékossági intézkedések
Általánosságban ebben az ágazatban BAT-nak az energia-hatékony technológiák használatát tekintik. A gyártási folyamaton belül sok részfolyamatnál számos lehetőség áll rendelkezésre az energia megtakarítására. Általában ezek az intézkedések a gyártási berendezések cseréjére, átépítésére vagy feljavítására irányuló beruházásokhoz kapcsolódnak.

Az energiafogyasztás csökkentésére számos intézkedés áll rendelkezésre:

- Monitoring rendszer kiépítése az energiafogyasztás és a teljesítmény nyomon követésére. Az energiahatékonyságra vonatkozó megbízható információk alapján meg lehet tenni a megfelelő intézkedéseket.
- A berendezések tökéletesítése. Amikor lecserélik a berendezéseket, kevesebb energiát fogyasztó berendezéseket kell felállítani, automatizált folyamatszabályozás lehetőségével a hagyományos kézi rendszerek helyett.
- Anaerob szennyvíz-kezelés alkalmazása. Az energiafogyasztás tizede az aerob kezelésének, és a keletkező metánt fűtőanyagként lehet használni. Az anaerob kezelés nem alkalmazható mindig. A szennyvíznek meg kell felelnie bizonyos minimális követelményeknek, amelyekről a 4.A szakaszban van szó.

Sok európai országban nem, vagy csak alig áll rendelkezésre publikus információ a papírgyárak energiamérlegeiről. Különböző sémákat használnak (ha egyáltalán használnak) az energiafogyasztási jelentésekben. Az energiaigény függ a termékminőségtől is (különösen a tissue gyárakban) és részben a helyi körülményektől.

Gyár típusa	Gyártási hőigény (nettó) GJ/t[1]	Elektromos energia igény (nettó) MWh/t[1]
Hulladék alapú testliner és hullám alap gyártás festéktelenítés nélkül	6,0-6,5	0,7-0,8
Hulladék alapú kartongyártás festéktelenítés nélkül	8,0-9,0	0,9-1,0
Hulladék alapú újságnyomó gyártás festéktelenítéssel	4,0-6,5	1,0-1,5
Hulladék alapú tissue gyártás festéktelenítéssel	7,0-12,0[2]	1,2-1,4

Magyarázat:
Az egységek MWh-ról GJ-ra átszámíthatók: 1 MWh=3,6 GJ, 1 GJ=0,277 MWh
[1] Az összes adat eredete: J. Pöyry, 1988.
[2] A tissue gyárakban az energia felhasználás főleg a szárítórendszertől függ. A levegő átfújásos szárítás és az újbóli kreppelés jelentős energiatöbbletet igényel. A tissue gyárak gőzfűtés helyett primer fűtőanyagot alkalmaznak (leggyakrabban a szárítókat közvetlenül gázzal fűtik.)

4.9. táblázat: A BAT használatához kapcsolódó gőz és elektromos energiafogyasztás különböző típusú újrahasznosított papírok gyártásánál egy tonna termékre számítva

Zajcsillapítás
BAT a papírgyárak környezetében hallható zajszintek csökkentésére. Az alkalmazott intézkedések nagymértékben függnek az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött célértékektől. Általában ezek sokkal szigorúbbak, amikor a gyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Vegyszerhasználat
Általánosságban a vegyszerhasználatnál az alábbiakat tekintjük BAT-nak:

- Rendelkezni kell egy adatbázissal, amelyik mindegyik használt vegyszert és adalékot felölel, és információt nyújt a vegyületek kémiai összetételéről, lebonthatóságáról, az emberekre és a környezetre való toxikusságáról, továbbá a biológiai felhalmozódási potenciáljáról.
- A helyettesítés elvének alkalmazása, azaz kevésbé veszélyes vegyületek használata, amikor ilyenek rendelkezésre állnak.
- Intézkedések, hogy elkerüljék a talajra és vízbe való véletlen kibocsátásokat a vegyszerek kezelésekor és tárolásakor. A létesítményeket úgy kell kialakítani és üzemeltetni, hogy veszélyes vegyületek ne szabadulhassanak ki.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

5.A A BAT MEGHATÁROZÁS SZEMPONTJÁBÓL FIGYELEMBE VEENDŐ TECHNIKÁK A PAPÍRGYÁRTÁSBAN

Ebben a fejezetben megadjuk az összes, kereskedelmi forgalomban elérhető **lényeges** technikát, amelyek rendelkezésre állnak a kibocsátások/hulladék megelőzésére vagy csökkentésére, valamint az energia- és nyersanyag-fogyasztás csökkentésére, mind az újonnan épülő és a már meglévő papírgyárakra. Ebben a dokumentumban ezeket a környezetvédelemhez és energiamegtakarításhoz használt fő technikai lehetőségeket "a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák"-nak nevezzük, ami azt jelenti, hogy ezek lényeges (releváns) műszaki alternatívák, vagy javítási lehetőségek a legjobb környezeti és gazdasági teljesítménnyel. Ezek közé tartoznak a gyártási folyamon belüli és a "csővégi" technológiák egyaránt. Körvonalazzuk az egyes technikák megvalósításának előnyeit és hátrányait. A rendelkezésre álló technikák listája nem teljes, és kiegészíthető e dokumentum felülvizsgálatakor.

Áttekintést adunk a papírgyártásból és a vele kapcsolatos tevékenységekből származó kibocsátások csökkentésére alkalmazott technikákból. Megpróbáltuk mindegyik, a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikánál megadni a lehetséges környezeti elemek közti (cross-media) kölcsönhatásokat is.

Az 5.1. táblázat azt is jelzi, melyik környezeti közegre (víz, levegő, hulladék és energia) irányul egy adott intézkedés. Az egyes módszerek részletes megvitatása után következő megfelelő paragrafusok további magyarázattal szolgálnak.

A sorok elején található a rendelkezésre álló technikák felsorolása. Az oszlopokban a különböző technikák által eredményezett hatások tendenciái, például a nyersanyag fogyasztás és a kibocsátások alakulása vannak jelezve kvalitatív módon, felfelé („↑") és lefelé („↓") mutató nyilakkal.
A lefelé mutató nyilak „↓" a nyersanyag vagy energia megtakarítást jelzik és a különböző közegekbe (víz, levegő és talaj) való kibocsátások csökkentését. A felfelé irányuló nyilak „↑" a kibocsátási és fogyasztási szintek növekedését jelzik.
Az ebben a fejezetben bemutatott szennyezés-megelőzési és szabályozási intézkedések közül néhány egyidejűleg több környezeti közeggel is kapcsolatos (víz, levegő vagy talaj). Lehetnek olyan technikák is, amelyek pozitív és/vagy negatív hatást fejtenek ki más környezeti közegekre, vagy a nyersanyag és energiafogyasztásra (közegeken átirányuló hatások). Az adott hatások a nyilak használatával vannak jelölve. Ha a nyíl zárójelben van megadva „(↑)", ez azt jelöli, hogy csak kicsi, gyakran elhanyagolható az energiafogyasztás és a nyersanyagfelhasználás, vagy a környezetbe történő kibocsátás növekedése, amikor egy bizonyos intézkedést megvalósítanak. A gazdasági szempontokat (beruházási, üzemelési költségek) a táblázat nem tartalmaz, de a szövegben szerepelnek. Alapjában véve, a gazdasági adatok csak egy közelítő képet adnak és közelítő költségszinteket jelentenek. Ezek változnak a teljes üzem kialakításától függően, és többek között függnek a gyár méretétől, és attól, hogyan illeszkedik egy adott intézkedés a gyár többi berendezéséhez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

BAT-nak megfelelő technikák	Hatás a felhasználási és kibocsátási értékekre (környezeti elemek közötti kölcsönhatások)					
	Vegyszer igény	Energia (E), vízigény (V)	Kibocsátás a vízbe	Kibocsátás a levegőbe	Szilárd hulladék	Alkalmazhatóság
1. Vízgazdálkodás, a gyártás során a víz felhasználás minimalizálása	(0)	(↓)E,(↓)V	↓	0	0	minden minőség
2. Az egész vízrendszerben a potenciális zárási és csökkentési lehetőségek ellenőrzése	↑	0	(↓)	0	0	minden minőség
3. A szitavíz körön belüli kezelése membrán szűréssel	0	(↑)E,(↓)V	(↓)	0	0	minden minőség
4. A rost és töltőanyag veszteségek csökkentése	↑	↓	↓	0	(↓)	minden minőség
5. A mázanyag tartalmú vizek összegyűjtése és felhasználása	(↓)	0	↓	0	↓	minden minőség
6. A mázolói szennyvíz elkülönített előtisztítása	(↑)	0	↓	0	(↑)	minden mázolt minőség
7. A véletlenszerű vételezések mérése a mennyiség és hatásának csökkentése érdekében	0	0	(↓)	0	0	minden mázolt minőség
8. Mérés és automatizálás	(↓)	↓	↓	0	0	minden minőség
9. A tartályszintek és a primer szennyvíz-kezelés kiegyenlítése	0	0	↓	0	0	minden minőség
10. Aerob biológiai kezelés	(↑)	↑E	↓	0	↑	legtöbb minőség
11. Kémiai kicsapatás	↑	(↑)E	↓	0	↑	minden minőség
12. A potenciálisan ártalmas anyagok helyettesítése	0	0	?	0	(↓) Ártalom	minden minőség
13. Az iszapok előkezelése	(↑)	(↑)E	0	0	↓ térfogat	minden minőség
14. Változatok a hulladékok kezelésére	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	minden minőség
15. Az égető kazánoknál kis NO_x kibocsátású technológia bevezetése	0	0	0	↓	0	minden minőség
16. Kombinált hőenergia és elektromos energia termelés	0	↓E	0	↓	0	minden minőség
17. A papírgép présszakaszában a víztelenítés optimálása	0	↓E	0	0	0	minden minőség
18. Energiatakarékosság energiahatékony technológiával	0	↓E	0	0	0	minden minőség
19. Mérések a külső zaj ellenőrzésére	0	0	0	↓	0	minden minőség
Jelmagyarázat: ^=növekedés, ˇ=csökkenés, 0=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (^) vagy (ˇ)=körülményektől függő kis hatás						

5.1. táblázat: a papírgyárak BAT meghatározásánál figyelembe veendő rendelkezésre álló technikák áttekintése

Vízgazdálkodás és a vízfelhasználás minimalizálása különböző papírfajtáknál

Ezeket az intézkedéseket együtt kell elolvasni azzal a fejezettel, amelyik a vízkörök zárásával kapcsolatos potenciális problémák szabályozásáról szól.

A módszer leírása: A papír és kartongépek vízfogyasztásának csökkentésére irányuló intézkedések kérdése komplex téma és nagy mértékben függ a megcélzott zártsági foktól.
Bár sok olyan műszaki alternatíva létezik, amelyek gyáranként valamelyest különbözhetnek, létezik néhány alapvető általános vízfogyasztás csökkentési megoldás, ezek közé tartozik:

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- A hűtővizek és a technológiai víz hatékony elkülönítése, és az előbbiek újrafelhasználása hűtőtornyok segítségével. Az újra felhasznált hűtővízhez pótlásként 10-15 % frissvízre van szükség. A berendezések védelme érdekében mikroszűrőket, vagy más tisztító eszközöket lehet használni a szilárd anyagok eltávolításához. Azokon a helyeken, ahol a hűtővíz áramokat a csatornába engedik, nem vezetik be a szennyezett technológiai víz csatornákba.
- Az integrált papírgyárakban a papírgép víz körforgását elkülönítik a rostanyagot előállító üzemrészekétől, és a papírgép fölös szitavizét ellenáramú módszerrel bevezetik a rostanyag-gyártó részlegbe.
- A papírgépi rendszerben általában a fecskendővíz rendszer a legnagyobb frissvíz fogyasztó. A gyártott papír tonnájára számítva 20-30 m^3/t teljes vízfogyasztás esetén a fecskendővíz fogyasztása általában 4-15 m^3/t között van. A frissvíz felhasználás ésszerű szintre való csökkentése érdekében a frissvíz nagy részét derített szitavízzel kell helyettesíteni.
- Visszaforgatási kör kialakítása a vákuumszivattyúk tömítővízének egy részéhez, hűtéssel és a szilárd anyagok eltávolításával.
- A papírgyáron áthaladó összes nyersanyag áram egymással kölcsönhatásban lévő rostokból, vegyszerekből és vízből álló egységként való kezelése.
- A csőrendszer és a kádak olyan módon való kialakítása és karbantartása, hogy a fölös vízmennyiségeket a vízminőség romlása nélkül lehessen tárolni.
- Kulcsfontosságú a személyzet oktatása és ösztönzése a kis vízfogyasztás elérése és fenntartása érdekében.

A kiindulási ponttól, a gyár jellemzőitől és a termék minőségétől függően ezekkel az intézkedésekkel egy mázolatlan papírt vagy kartont gyártó gép frissvíz fogyasztását 5-12 m^3/t-ra lehet csökkenteni (légszáraz papírra számítva), egy mázolt nyomópapírt gyártó gépét pedig 7-15 m^3/t értékre.

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Az elért eredmények főként a gyár korábbi helyzetétől függnek. A már működő papírgyárakban a frissvíz fogyasztás csökkentésekor a hűtővíznél 10-15 m^3/t, a technológiai víznél 5-8 m^3/t csökkentés általában elérhető gyáron belüli különleges kezelés bevezetése nélkül is, de a vízrendszer zártsági foka nagyban függ a terméktől. A kis fehérségű kartonoknál könnyebb elérni a kisebb szennyvíz-kibocsátást, mint a folyadékcsomagoló kartonnál, vagy az írónyomópapíroknál.

A papírgyár kiindulási állapotától függően az elérhető frissvíz-fogyasztási értékek néhány különböző papírfajtánál az alábbi határok között vannak:

- újságnyomó papír: 8-13 m^3/t
- mázolatlan finompapír: 5-12 m^3/t
- mázolt finompapír: 5-15 m^3/t
- LWC papír: 10-15 m^3/t
- SC papír: 10-15 m^3/t
- többrétegű dobozkarton: 8-15 m^3/t (primer rostok)
- flutingpapír: 4-10 m^3/t (primer rostok)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- tissuepapír: 10-15 m^3/t (primer rostok; nagy laptömegű termékek, vagy gyengébb minőségű papírfajták)
  15-25 m^3/t (primer rostok; kis laptömegű termékek vagy kiváló minőségű papírfajták).

A frissvíz-fogyasztás főként a papírfajtától, a fecskendők mennyiségétől, a papírgépi fecskendőkhöz használt rosttartalmú vizek mennyiségétől, a gyári körülményektől, valamint a vízfelhasználási információk összegyűjtésétől függ. A kis laptömegű termékek általában több vizet igényelnek a végtermék egy tonnájára számítva.

A vízrendszer zárásából adódó potenciális hátrányok ellenőrzése

A módszer leírása:
A gyártási víz fokozott visszaforgatása a papír és kartongyártó gépeken a kolloid és az oldott szerves és szervetlen anyagok koncentrációjának növekedését okozza ezekben a vízáramokban.
A vízfogyasztás csökkentésének lehetséges előnyeit és hátrányait a 5.2. táblázat mutatja be. A vízkörök zárása által okozott lehetséges hátrányok szabályozást igényelnek, amit a későbbiekben vitatunk meg.

Lehetséges előnyök	Lehetséges hátrányok
Az oldott anyagok fokozott megkötése a papírban	A vízkörben az oldott és kolloidális anyagok koncentrációja nagyobb
Csökkentett energiaigény a fűtésnél és a szivattyúzásnál	Nyálkaképződési veszély, ami lerakódásokat és szakadásokat okoz
Jobb víztelenítés a szitán, ami energia megtakarítást tesz lehetővé a szárításkor	Termék minőségi romlásának veszélye, mint a csökkenő fehérség, szilárdság, lágyság és porozitás
Kisebb beruházási költség a kisebb berendezésekre	Növekvő segédanyag szükséglet
Anyagmegtakarítás a veszteségek csökkentésével	Korrózió veszély (nagyobb klorid-koncentráció)
Nagyobb hatásfok a szennyvíz-tisztításnál	Csövek, fecskendők, sziták és nemezek eltömődési veszélye nő
A vízbe való kibocsátás csökkentése	Tissuenál, élelmiszer csomagolónál és az egészségügyi alkalmazásoknál a higiéniai alkalmasság romolhat

5.2. táblázat: A papírgyári vízkörök fokozott zárásának lehetséges előnyei és hátrányai.

A zárt vízkörök működésekor az alábbi körülmények érvényesülnek:

- A papír- vagy kartongépi szitavíz-rendszerek nem kapnak vizet az integrált rostanyaggyártó részlegekből vagy a párhuzamos gépekről.
- A visszaforgatott hűtő vagy tömítő vizet és a gépi fecskendőkbe beadott tiszta szitavizet megfelelő szűrővel kell kezelni, hogy megvédjék a papírgépi berendezéseket az eldugulástól vagy elhasználódástól.
- A visszaforgatott tömítővizeket a hőcserélő berendezéssel megfelelő mértékben le kell hűteni, vagy a tiszta pótvizet alkalmazni. Különösen a vákuumszivattyúk teljesítményét korlátozza a magas hőmérsékletű tömítővíz.
- Egy adott felhasználási helyre betáplált visszaforgatott vizek összetétele (pld: kolloid vegyületek jelenléte), keménysége, pH-értéke és hőmérséklete feleljen meg az ottani berendezéseknek, vagy a technológiai anyagáramoknak. Jó, ha meghatározzák azt a vízminőséget, amire valóban szükség van.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- A papírgyárba való betáplálás előtt a rostanyagokat hatékonyan át kell mosni, hogy csökkentsék a kolloid és az oldott anyagok mennyiségét. Az integrált gyárakban az is hasznos lenne, ha a rostanyagot a tipikus 2-4% helyett 30% feletti rostkoncentrációval adnák át a papírgyárba, hogy csökkentsék az oldott anyagok átvitelét.
- A papírgyári vegyszerek és a gyártási segédanyagok kiválasztását át kell értékelni, amikor vízkör-zárási elveket alkalmaznak, mivel egyes vegyszerek másként viselkednek a megváltozott kémiai környezetben.
- A visszaforgatott vízáramokat nyomon kell követni on-line mérőeszközökkel, és laboratóriumi elemzés is hasznos lehet a minőségi célértékek túllépésének elkerülésére.

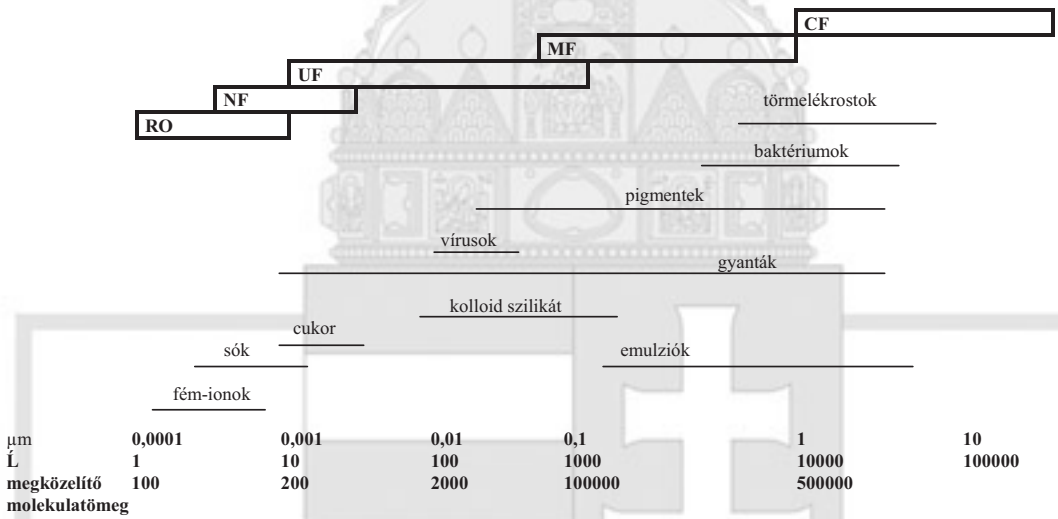
Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése:
Gyártási folyamatba integrált technikák. Ezek az intézkedések alkalmazhatók mind már működő, mind új gyáraknál. Azonban a működő gyárakban általában több évre van szükség ezeknek a javító intézkedéseknek a megvalósításához.
A fokozott gyártási víz visszaforgatás miatt megnövekedő oldott vagy kolloid anyag koncentrációk miatt több ilyen anyag maradhat vissza a végtermékben. Ennek a termék minősége és a papírgyártási vegyszerek elfogadható fogyasztása szab határt.
A tömítő- és hűtővizek alkalmazásánál pedig a vízáram hőmérséklete, valamint az oldott anyagok és szilárd részecskék koncentrációja állít korlátokat, és ezek kezelésére tisztító berendezést és/vagy elégséges kifolyatást kell alkalmazni.
A tömítések esetében a mai technológiában már rendelkezésre állnak olyan mechanikai tömítések is, amelyeknél nincs szükség vízre.

A szitavíz gyártási folyamaton belüli kezelése membránszűrés segítségével, és a kezelt víz visszaforgatásával

Ez a technika alkalmazható a szekunderrostra alapozott gyárakban is. Azonban mindezidáig a papírhulladékot feldolgozó gyárakban még nem alkalmaztak teljes körű membránszűrést.
A gyártósoron belüli (in-line) biológiai kezelés lehet egy alternatíva a szekunderrostokból gyártott "barna papírok" esetében.

A technika leírása:
A hagyományos szűrés nem tudja jól eltávolítani az 1µm részecskeméret alatti szilárd és kolloid anyagokat. Így a kis baktériumok és a kolloid anyagok átjutnak a szűrő közegen. Ez azonban csak a nem flokkulált szilárd és kolloid anyagokra igaz. Ezek flokkuláltatással könnyen átalakíthatók 100-1000 µm méretű pelyhekké, és könnyen kiszűrhetők. De a flokkulálószerek adagolásának az a hátránya, hogy nemkívánatos sók kerülhetnek be a vízrendszerbe (a modern szerves/szintetikus flokkulálószerek nem okoznak jelentős sóterhelést).

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



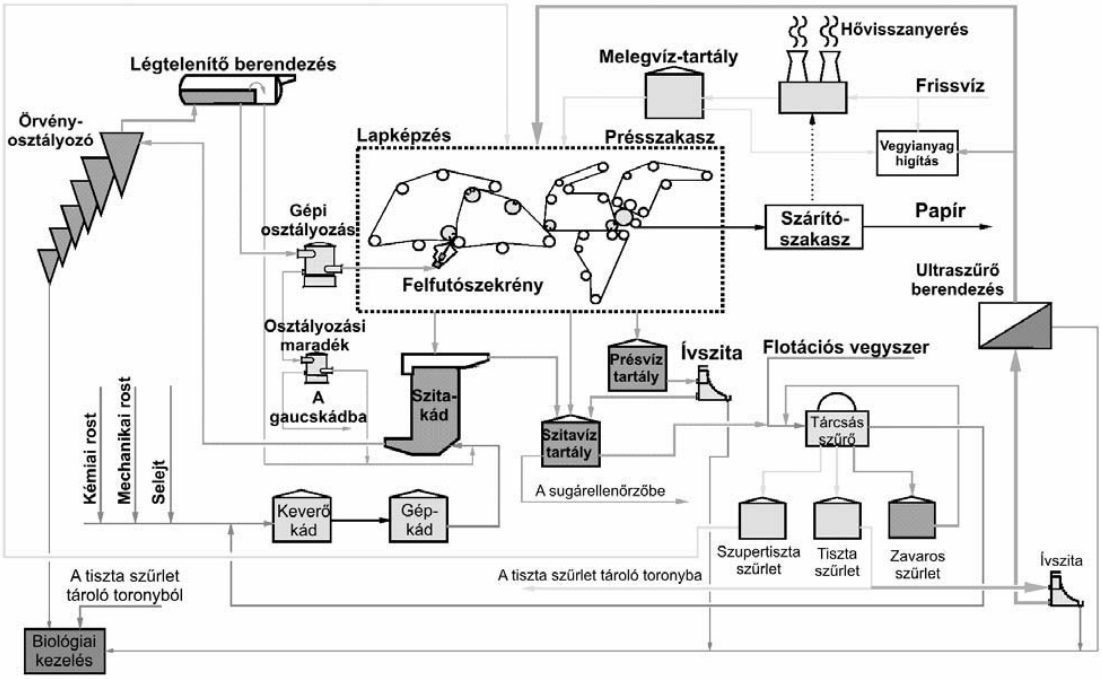
5.1. ábra: Különböző szűrési technológiák szűrési tartományai

Az eltérő pórusméreteknek megfelelően különböző membrán eljárásokat lehet megkülönböztetni:

- Mikroszűrés, ami 1 bar-nál kisebb nyomáson üzemel, és 0,1-0,2 µm pórusméretű membránokat alkalmaz. Ott alkalmazható, ahol a kezelés utáni elfogadható finom szilárdanyag tartalom 1-5 mg/l.
  Jelenleg egy teljes méretű alkalmazás van Európa papírgyáraiban.
- Az ultraszűrés (UF) 1-2 bar nyomáskülönbséggel üzemel, és ezt lehetséges megoldásnak tartják a maradék szilárd és kolloid anyagok, valamint a nagy molekulatömegű szerves anyagok 100%-os eltávolítására a cellulóz- és papírgyárak víz- és szennyvízáramaiból. Európában létezik néhány teljes üzemi méretű alkalmazása a szitavíz UF (ultraszűrési) technológiával való kezelésének.
- Nanoszűrés (NF) vagy fordított ozmózis (RO) 15-25 bar-t elérő nyomásokat alkalmaz, de mindezidáig ezeket a módszereket nem vették komolyan megfontolandónak az európai cellulóz- és papírgyárakban az üzemi méretű alkalmazásra (létezik egy üzemi méretű alkalmazás Új-Mexikó északnyugati részén, a sivatagban).

Az ultraszűrést „veseszerűen” lehet alkalmazni a szitavizekből a zavaró anyagok kiválasztására, a vízrendszer további zárása érdekében.
A gyártási folyamaton belüli szitavíz kezeléshez ezek a „vesék” tárcsás szűrőből, ívszitákból és az UF rendszerből állhatnak. Az előszűrt szitavizet csövön átvezetik az UF-rendszer táptartályába, és szivattyúval nyomják be az UF egységbe. Az üzemeltetett egységek száma szabályozza a tiszta UF-szűrlet kapacitást. A nyomáskülönbséget a lehető legkisebb értéken tartják, például 0,7-0,8 bar körül.
Az UF-szűrlet minősége megfelel például fecskendővízként való alkalmazáshoz, tömítővíznek és a papírgépi vegyszerek feloldásához. A szűrők koncentrátuma átvezethető a fő szennyvíz áram kezeléshez. Az 5.2. ábra egy olyan papírgyár lehetséges kialakítását mutatja be, ahol ultraszűrést alkalmaznak a szitavíz tisztításához.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



5.2. ábra: Egy lehetséges egyszerűsített elrendezés szitavíz tisztításához ultraszűrést alkalmazó papírgyárban.

A szitavíz kezeléséhez az ultraszűrést (UF) általában úgy alkalmazzák, hogy a tárcsás szűrő tiszta szűrletét és/vagy a zavaros szűrlet egy részét kezelik. Az UF-membránok gyakorlatilag eltávolítják a TSS (lebegőanyagok) 100%-át, a baktériumok 99%-át, a zavarosság (turbiditás) 100%-át (az összes kolloid anyagot) és az anionok 45-70%-át. Az oldott KOI kb. 10-20%-kal csökken. Ez azt jelenti, hogy az UF membránokon még mindig át tud jutni a szerves vegyületek egy része (pl. a kis molekulatömegű szerves anyagok) és az oldható szervetlen anyagok. A szitavíz ultraszűrése jobb minőségű visszaforgatott vizet eredményez, ami felhasználható kis- és nagynyomású fecskendővízként a szitaszakaszon, a vegyszerek feloldásához, síkosító vízként a présszakaszon vagy egyéb mosási és tisztítási célokra. Arról még nem rendelkeznek tapasztalattal, hogy a szűrlet alkalmas-e a filcek tisztítására.

A rost- és töltőanyag-veszteségek csökkentése

Ez a tissue kivételével mindegyik papírfajtára vonatkozik. A tissue esetében a töltőanyagok vagy finomanyagok visszanyerése nem lényeges, mivel ezeket a tissuepapírhoz nem lehet felhasználni, ezért az anyag-előkészítőben eltávolítják.

A technika leírása:

A papír és kartongyártásnál fontos a hulladékgazdálkodás a rostvisszanyerés szempontjából, mivel a primerrost feldolgozásnál általában a papír- és kartongép anyag-előkészítőjén átmenő rostanyag több mint 98%-a elfogadható a végtermékhez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A papír- és kartongépeknél a hulladékgazdálkodás főként az alábbiakkal kapcsolatos:

- osztályozás az anyag előkészítőben,
- rostvisszanyerő berendezések a nedves-szakaszon,
- a nedves és száraz szakadási selejt kezelése.

Részben összefüggnek a rostgazdálkodással azok az intézkedések is, amelyeket a vízfogyasztás csökkentése és a vízkörök zárása érdekében hajtanak végre. A vízkörök zártságának javításával a legtöbb esetben azt is elérik, hogy csökken a szerves anyagok gyárból való kibocsátása. A rost- és töltőanyag-visszanyerés a papír- és kartongépeken a lebegőanyagok mennyiségének csökkentése miatt is fontos.

Amikor a rostanyag a felfutószekrényből a szitára kerül, és elkezdődik a papírlap képzése, a rostok és töltőanyagok bizonyos része elsőre nem marad vissza, hanem a gép alatti gyűjtőkádakba kerül. A kis vízkör vízét kezelés nélkül forgatják vissza. A többi vizet rostvisszanyerő egységen vezetik át, általában dob- vagy tárcsás szűrőn, illetve egy oldott levegős flotációs egységen, hogy kiválasszák a vízből a szilárd anyagokat. Ezeket a szilárdanyagokat azután egy kádban összegyűjtik, és visszavezetik a papírgépre menő anyaghoz. A derített vizet, amit szitavíznek neveznek, általában tiszta és zavaros vízfrakcióként gyűjtik össze, és újrahasznosítják a papírgép megfelelő helyein a rostanyag hígításához a gép anyag-előkészítőjében, a selejt hígításához, a papírgépi fecskendőkben. Az integrált gyárakban a szitavizet legjobb a rostanyag előállításánál felhasználni, vagy, ha ez alkalmazható, a párhuzamos papír vagy kartongépeken, a nem-integrált gyárakban viszont a csatornába vezetik.

A tárcsás szűrő lehetővé teszi a szitavíz hatékony szétválasztását tiszta és zavaros részekre, a zárt vízkörű gyárakban még egy szuper-tiszta frakció is leválasztható speciális felhasználási célokra. A tárcsás szűrő szuper-tiszta szűrletében 10-20 mg/l lebegőanyag lehet, a tiszta szűrletben 20-50 mg/l, viszont a hagyományos szűrők esetében ez jóval 50 g/ml fölött van.
A tiszta szűrlet sok papírgépen felhasználható a nedves szakasz fecskendőiben és csökkentheti a frissvíz-fogyasztást.

A papírgépen, sőt még előtte is, rendelkezésre állnak egyéb módszerek is a rost- és töltőanyag veszteségek csökkentésére:

- A rostanyag őrlésének és osztályozásának beállítása közvetlenül a papírgépre való betáplálás előtt, hogy megfelelő egyensúlyt tartsanak fenn a rostanyag különböző típusú rostjai között.
- A papírgépi felfutószekrény hatékony szabályozása, hogy egyenletes papírpálya legyen képezhető a gép teljes szélességében.
- A papíradalékok (vegyszerek) és a különböző papírgépi, vagy segédanyagok megfelelő mennyiségben való használata modern szabályozó rendszer segítségével, hogy jobb rostretenciót érjenek el a szitán és jó legyen a lapképzés. Azonban a túladagolást kerülni kell.

A szakadási selejt és szitavíz-tároló kapacitás szintén hatással van a szilárdanyag gazdálkodásra és a víztakarékosságra. A kádak méreteinek lehetővé kell tenni, hogy legalább a papírgép 2-3 órai termelési mennyiségének megfelelő anyagot tároljanak a selejtkádakban, és újrahasznosítsák ezeket a nagy rosttartalmú frakciókat.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az elért fő környezeti teljesítmény:
Egy papírgép teljes szilárdanyag vesztesége, a papírgépi anyag-előkészítés rosszanyagai (reject), a csatornába kerülő fölös szitavíz, a papírgépi présszakaszok és rostanyag-tartályok túlfolyásai a 10-100 kg/t tartományban vannak (légszáraz papírra számítva). A jobb teljesítményű papírgyárak sok papírfajtánál 10-20 kg/t (azaz 1-2% veszteség) mennyiséget érnek el. Egyes már meglévő liner és fluting vagy különleges papírt előállító gépsorokon a veszteség 50 kg/t-nál is nagyobb.

Amikor ezeket az intézkedéseket végrehajtják egy már működő, napi 1000 t (légszáraz) nyomópapírt előállító papírgyárban, 10-20 kg/t szilárdanyag visszanyerése azt jelenti, hogy ez a szilárdanyag terhelés nem kerül tovább a primer szennyvíz-kezeléshez, és a szennyvíz-iszap elhelyezéshez.

Intézkedések a véletlenszerű kibocsátások gyakoriságának és hatásainak csökkentésére

A módszer leírása:
A papír- és kartongépeken az a cél, hogy a papírpálya folyamatosan, megszakítás nélkül képződjön a gépen a végtermék előállítása céljából. Véletlenszerű kibocsátások rendszerint a következők miatt keletkeznek:

- fennakadások a papírgép üzemelésében,
- beütemezett karbantartási leállások és újraindulások,
- nem megfelelő irányítás a szitavíz tartályoknál vagy a papírgépi szakadási selejtkádaknál a nedves szakaszon, a szárítószakasz szakadási selejtkádjainál, vagy a gépen kívüli mázolásnál.

A szennyvíz-kezelő üzem és egyidejűleg a környezet védelme érdekében megfontolható egy kiegyenlítő medence (retenciós medence) beépítése. Véletlenszerű kifröccsenések esetén a szennyvizet ebbe a medencébe lehet vezetni. Innen szabályozott/ellenőrzött módon lehet a vizet a szennyvíz-kezelő üzembe továbbítani.

A vegyszerek kezelésénél és tárolásánál a véletlenszerű kibocsátások elkerülésére a következő intézkedések alkalmazhatók:

- A berendezéseket olyan módon kell kialakítani és üzemeltetni, hogy a veszélyes vegyületek ne szabadulhassanak ki.
- A berendezések veszélyes vegyületekkel érintkező részein gyorsan és megbízhatóan kell észlelni az elfolyást.
- Ki kell alakítani, és be kell tartani az üzemeltetési utasításokat, beleértve a megfigyelési (monitoring), karbantartási és riasztási terveket.
- A véletlenszerű kibocsátásoknál a szennyvíz-kezelés a legkritikusabb pont.

Mérés és automatizálás

A módszer leírása:
A papírgyártás hatékonysága szempontjából fontos, hogy a folyamat stabil, a minőség egyenletes legyen.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- **Rostvisszanyerés:** a lebegőanyag vagy zavarosság mérések fontos csúcs indikátorok, amikor a cél az, hogy a szűrletből a lehető legtöbbet használják fel a fecskendők táplálására. Így a szükségtelen rostveszteségek elkerülhetők, és nem terhelik meg a szennyvíz-kezelőt. A bemenő sűrűség mérése és szabályozása megkönnyíti a rostvisszanyerő üzemeltetését.
- **Keverés:** a sűrű rostanyag komponenseinek összekeverésénél, az arányok kialakításánál az anyagsűrűség eltéréseket és a rosttulajdonságokat (pl. őrlésfok, rosthosszúság, hamutartalom) stabilizálják azért, hogy elkerüljék a minőségingadozásokat a papírgépen.
- **Őrlés:** Az őrlés szabályozási stratégiájának kialakításánál minimális követelmény az áramlási mennyiségek és anyagsűrűségek pontos mérése. Az optimális őrlésszabályozási eredmények eléréséhez szükségesek a rostminőség mérések is, mint például az őrlésfok/víztelenedés és a rosthosszúság mérése.
- **A nedves-szakasz irányítása:** a felfutószekrény anyagának és a szitavíznek a teljes szilárdanyag és töltőanyag tartalmára/koncentrációjára vonatkozó információk idejekorán jelzik a nedves-szakasz kémiájának potenciális problémáit. Az automatikus retenciósszer szabályozás, amelynél a cél az, hogy egyenletes mennyiségben tartsák vissza a papírlapban a finomanyagokat és a töltőanyagokat, a kis vízköri rost- és töltőanyag koncentrációk on-line mérésein alapszik.

Gazdaságosság:
Gazdaságossági szempontból a cél az, hogy javítsuk a papírgyártás nyereségességét. Hetente egy 7 perces szakadás miatti leállás kiküszöbölése azt jelenti, hogy a papírgép időkihasználása 0,5%-kal nő, ami egy napi 300 tonna papírt előállító gyárban napi 1,5 tonnával több termelést eredményez. Ha a kieső termelés költsége 500 USD/t, a jobb stabilitásnak köszönhető megtakarítások több, mint évi 260 000 tonnát tesznek ki.

Kiegyenlítő medencék kialakítása, és elsődleges szennyvíz-kezelés megvalósítása

A módszer leírása:
A legtöbb papírgyárnál ezt az intézkedést nem önálló technikaként veszik figyelembe, hanem előkezelésként. Általában a biológiai kezelés előtt végzik, azért hogy megkönnyítsék és javítsák azt. Egyes speciális esetekben, amikor a szervesanyag-terhelés nem elegendő a hatékony biológiai kezeléshez, előfordul hogy ez az egyetlen szennyvíz-kezelés.

A következő módszerek a legfontosabbak:
- Durva osztályozást végeznek, hogy eltávolítsák a darabos szennyeződéseket és a homokot, amelyek károsíthatnák a soron következő berendezéseket.
- Szükséges lehet a kiegyenlítés és a kifröccsenések összegyűjtése azoknál az elfolyó szennyvizeknél, amelyeknél nagyon ingadozó az áramlási mennyiség és a szennyezőanyag-tartalom.
- Elsődleges, vagy mechanikai kezelést végeznek gravitációs erők révén a lebegő anyagok (suspended solids - SS), mint például a rostok, kéregrészecskék, és szervetlen részecskék (töltőanyagok, mészrészecskék, stb.) eltávolítására.

Az elsődleges derítő aljára leülepedő részecskék iszapot képeznek, amelyet el kell távolítani. Ezt szivattyúzással érik el, a kerek derítőkben fenék kotrással kombinálva. Az iszap száraz-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

anyag-tartalma általában kicsi, kb. 1-2%, és a végső elhelyezés előtt az iszapot vízteleníteni kell.

Alkalmazhatóság, és az intézkedés jellemzése:
Végkezelési (csővégi) technika. Az eljárás alkalmazható mind meglévő, mind új papírgyárakban.

A fő elért környezeti teljesítmény:
Az elsődleges kezelés eredménye függ a szennyvíz tulajdonságaitól, de a rostanyag- vagy a papírgyár belső rostvisszanyerési fokától is. A lebegőanyagokra (TSS) az eltávolítási arány 60-90% között lehet. Az ülepedő szilárdanyagokra az eltávolítási arány általában magasabb, kb. 90-95%.
Az elsődleges ülepítést követően a TSS érték a 30-200 mg/m^3 tartományban lehet.

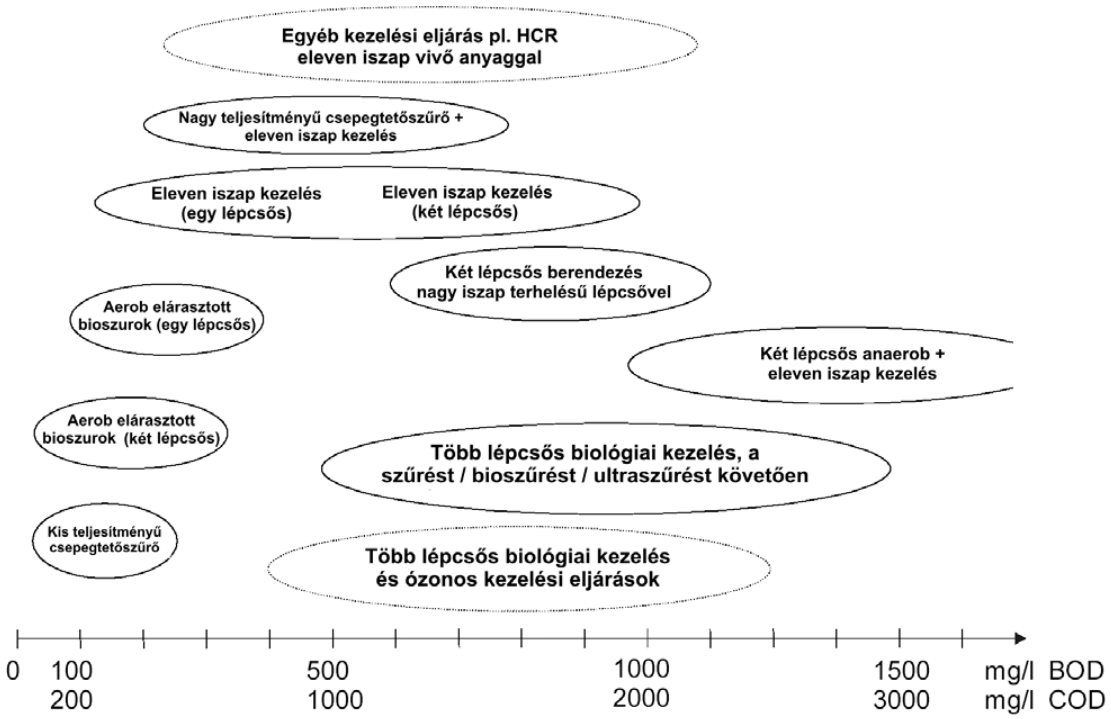
Szekunder vagy biológiai kezelés – aerob módszerek

A módszer leírása: A másodlagos kezelésnél két alapvető alternatíva között lehet választani: aerob, vagy anaerob/aerob biológiai rendszerek használata. Azonban az anaerob módszer azokra a szennyvizekre korlátozódik, amelyekben nagy a biológiailag lebontható szerves vegyületek mennyisége (általában KOI ≥ 2000 mg/l), ami lehetővé teszi a metánképződést.

A papírgyári szennyvizek biológiai kezelésének sokféle kialakítása létezik. Eleveniszapos rendszerek, aerob süllyesztett szűrők, csepegtetős szűrők egy- vagy kétlépcsős alkalmazásként, vagy egymással kombinálva, sorba kapcsolt szakaszos reaktorok, forgó biológiai kontaktorok vannak használatban.

A papírgyári szennyvizek külső biológiai kezelésének fő technológiáit és a megfelelő alkalmazások koncentráció tartományait a 5.3. ábra mutatja be.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



5.3. ábra: A papírgyári szennyvizek külső biológiai kezelésének fő folyamatai, és a megfelelő alkalmazások tartományai (BOD = BOI_5, COD = KOI)

A koncentráció értékek a bemenő koncentrációkra vonatkoznak [Demel szerint, PTS, 1998]; a pontozott területek az újabb kezelési technikákat jelzik, amelyeknek még kevesebb alkalmazásuk létezik Európában. Az ózonos kezelést még mindig újonnan kialakuló technikának tekintik. Egy kétlépcsős aktív iszapos rendszer két különálló levegőztető medencéből áll, két külön iszap-visszaforgató rendszerrel.

Az 5.3. táblázat áttekintést ad a legfontosabb biológiai kezelési rendszerekről, azok alkalmazási tartományairól, egyes előnyeikről és hátrányaikról.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Folyamat	Alkalmazás (bejövő BOI koncentráció)	Előny	Hátrány	Megjegyzés
Aerob merített biofilter (1. lépcső)	20-100 mg/l	Biztonságos eljárás, rögzített biomassza, kis szárazanyag-tartalom az elfolyóban	Érzékeny a nagyobb szárazanyag-tartalomra	
Aerob merített biofilter (2. lépcső)	100-300 mg/l (vagy több)			
Kis kapacitású csörgedeztető szűrő	<100 mg/l	Egyszerű felépítés, kis energia igény, hűti a szennyvizet	Esetenként eltömődhet, lehántáskor bűzös lehet	
Nagy kapacitású csörgedeztető szűrő +eleveniszap	200-800 mg/l			
Eleveniszap (egyedüli lépcső)	100-1000 mg/l	Szokásos folyamat, számos változatban, sok példával	Energiaigényes, iszap fölösleg, problémák az iszap flotációja vagy felhabzása miatt	
Eleveniszap (2 lépcső)				Döntő a leválasztás az iszapkörben
Eleveniszap (2 lépcső nagy iszaptöltési különbséggel)	600-1200 mg/l	Eleveniszapos eljárás továbbfejlesztése	Energiaigényes, iszap fölösleg	
Mozgó ágyas biofilmreaktor (rögzített biomassza mozgó hordozón)	300-1500 mg/l	Rögzített biomassza, kisebb reaktortérfogat, nincs iszap visszavezetés, kevésbé érzékeny a csúcsterhelésekre	Iszap fölösleg	Pl. Kaldness folyamat, ami nagy térfogati terhelhetőségű
Forgó biológiai kontaktor (RBCs): rögzített biofilm rdsz/biocidok	fő tömeg eltávolításra, vagy további kezelésre alkalmazzák	Kis gyáraknál költséghatékony, kis energiaigény (<0,3 kWh/kg BOI eltávolítás)	Sok európai országban hiányzik a gyakorlat	Az USA-ban és Olaszországban sikeresen alkalmazzák
Eleveniszap mint osztott szakaszos reaktor (SBR)	100-1000 mg/l	Folyamat flexibilisebb üzemelésű	Nagyobb folyamatszabályozási igény, szakaszos folyamat	

5.3. táblázat: A papírgyári szennyvizek biológiai kezelése; áttekintés
[a PTS szerint, 1998, változtatások az EIPPCB által]

A biológiai kezelés kombinálható olyan tökéletesített kezelésekkel is mint az ózonos kezelés vagy a membránszűrés, ha szigorúbb követelményeknek kell megfelelni.

A papírgyári szennyvizek a kezelés után 50-150 mg KOI/l értéket érhetnek el. Az általában elérhető BOI_5 szint 25 mg BOI_5/l alatt van, de akár 5 mg/l érték is elérhető. A szűrt papírgyári szennyvíz minták KOI/BOI aránya a biológiai kezelést követően általában 4 és 7 vagy 8 között van (10-ig).

A kibocsátások figyelése (monitoring): általában a KOI, BOI_5, TSS, N, P és AOX értékeket szabályozzák. További mérések is ajánlottak a biológiai rendszer szabályozásához, például az O_2-tartalom, iszap térfogat mutató, vízáramlás, és időnként az eleveniszap mikroszkópos vizsgálata. Ez utóbbi egyre nagyobb fontosságra tesz szert.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A beruházási költségek az alábbiak szerint összegezhetők:
Eleveniszapos kezelés: 300-600 euro/kg KOI∗nap; bioszűrés: 500 euro/kg KOI∗nap.
A beruházási költségek mértéke mindenek előtt a naponta kezelendő szennyezőanyag terhelés mennyiségétől függ.

A papírgyári szennyvizek kémiai kicsapatása

A módszer leírása:
Egyes esetekben a kémiai kicsapatás, mint a papírgyárak kezeletlen szennyvizének komplett másodlagos kezelése, alkalmas lehet a vízbe való kibocsátások csökkentésére. A kémiai kicsapatásnál vegyszereket adnak a szennyvízhez, hogy megváltoztassák az oldott és lebegő anyagok fizikai állapotát, és megkönnyítsék azok eltávolítását ülepítéssel vagy flotálással. Különféle vegyületeket használnak kicsapató szerként. A legáltalánosabbak az alumínium sók [$Al_2(SO_4)_3$, $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$], vas-klorid ($FeCl_3$), vas III-szulfát ($Fe_2(SO_4)_3$), vas II-szulfát ($FeSO_4$), vagy mész ($Ca(OH)_2$). A flokkuláció optimalizálása érdekében a keverési szakaszban polielektrolitokat is használnak.
A lebegő és kolloid anyagokat kicsapatással és az azt követő szűréssel vagy derítéssel választják le, a nitrogént és a foszfort is eltávolítva. A kémiai kicsapatással tiszta elfolyóvíz nyerhető, amely gyakorlatilag mentes a lebegő vagy kolloid állapotú anyagoktól.
A nyers szennyvízhez (a kezeletlen, vagyis az elsődleges derítő előtti vízhez) viszonyítva az elérhető eltávolítási arány a TSS-re 97-99%, a KOI-ra 70%. A KOI csökkenése főleg a TSS csökkenésének köszönhető.

A KOI (és a BOI) oldható részét ez a kezelés csak kissé csökkenti (kb. 10%-kal). A KOI és a BOI oldott részének csökkentése biológiai kezeléssel érhető el.

A potenciálisan veszélyes anyagok helyettesítése alternatív, kevésbé veszélyes anyagokkal

A módszer leírása:
A papíriparban a víz az a közeg, ahol a legtöbb kibocsátott vegyület végezheti, mivel általában az adalékokat a vizes rost-töltőanyag szuszpenzióhoz adják, és ezek azután vagy benne maradnak a papírban, vagy a szitavízbe kerülnek. A levegő kevésbé fontos, a talaj érintett lehet a hulladék elhelyezése révén (komposztálás, a papíriszap felhasználása a mezőgazdaságban, hulladéklerakás).
Az adalékok vízbe való várható kibocsátása közvetlenül összefügg a vegyszereknek a papírtermékben való retenciójával, a vegyületek lebonthatóságával, és a szennyvíz-kezelő telepen való visszatartásukkal. Minél nagyobb a visszatartás, annál kisebb az elfolyóvízbe való kibocsátás, és annál kisebb az alkalmazott adalékok potenciális környezeti hatása. A papíripari segédanyagok esetében maximális retenciós fok kívánatos gazdaságossági (adalék-veszteség) és ökológiai szempontból.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Egyes vízügyi hatóságok használják mind a visszatartási tényezőket, mind a vegyületek biológiai lebonthatóságát ahhoz, hogy értékelják és minimalizálják az adalékok hozzájárulását a a kezelés utáni KOI terheléshez.

Túl azon az általános megközelítésen, hogy csökkentsük a vegyi adalékok kibocsátását a vízbe, lehetnek olyan anyagok, amelyek környezeti szempontból alkalmasak a helyettesítésre/kiváltásra. Ez különösen akkor lehet lényeges, amikor veszélyesnek számító vegyszereket használnak, amelyek helyett ugyanarra a célra rendelkezésre állnak kevésbé veszélyes helyettesítők. Ahol csak lehetséges, előnyben kell részesíteni a biológiailag lebontható, nem mérgező és biológiailag nem felhalmozódó vegyszereket.

Az iszap előkezelése (víztelenítése) a végleges lerakás vagy égetés előtt

A módszer leírása:
A szennyvíz kezelésénél nagy mennyiségű iszap keletkezik az elsődleges kezelésnél, a biológiai eleveniszapos kezelésnél és a vegyszeres flokkuláló telepeken, beleértve a mázolóüzemi elfolyások kezelését is. A levegőztető medencék, valamint az anaerob telepek rendszerint kevesebb iszapot termelnek.
Az iszapkezelés a következő fő lépcsőkből áll:

- Az elsődleges kezelésből származó rostos iszap újrafelhasználása. Sok esetben ez a gyakorlat.
- A rostos/biológiai/(vegyi) iszap besűrítése és víztelenítése.
- A víztelenített iszap végső elhelyezése.

A rostos iszap újrafelhasználása azokban az esetekben gyakorlat, ahol ez alkalmazható a termék követelmények stb. szempontjából. A belső rostvisszanyerés azonban gyakran kis mennyiségű rostkibocsátáshoz és rossz iszaptulajdonságokhoz vezet, ezekben az esetekben az iszap újrafelhasználása nem valósítható meg.

A biológiai és a vegyi iszapokat általában be kell sűríteni a víztelenítés előtt. Ez azt jelenti, hogy a szárazanyag-tartalmat kb. 1-2%-ról 3-4%-ra vagy többre kell növelni. A besűrítést általában egy gravitációs besűrítőben végzik, ami alapjában egy ülepítő medence, kis terheléssel.
A víztelenítés előtt az iszapot általában vegyszerekkel kell kezelni. Rendszerint elegendő a polielektrolit. Ez különösen a kevert iszapokra vonatkozik, amelyekben biológiai és/vagy vegyi iszap is van.
A víztelenítő berendezések a következő típusúak lehetnek:

- szalagprések (ikerszitás prések)
- csigaprések
- dekantáló centrifugák
- kamrás szűrőprések.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

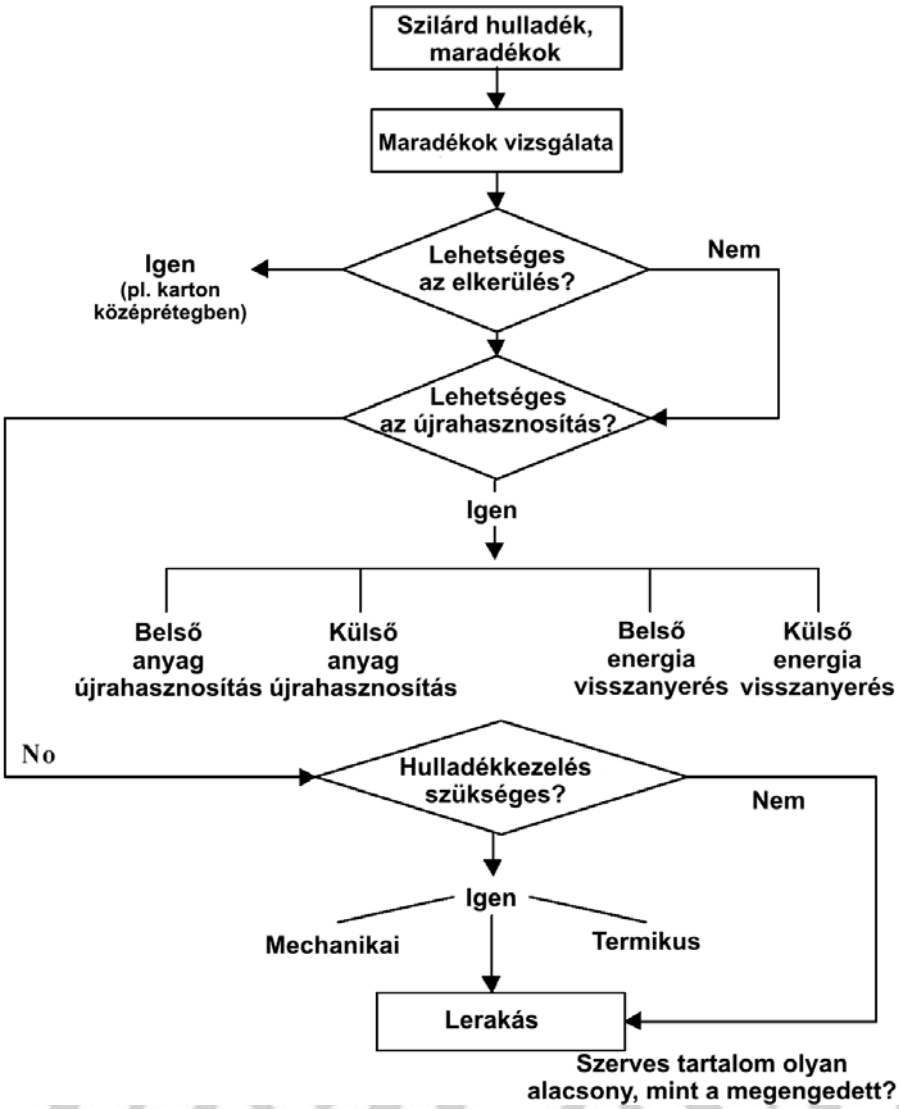
Hulladékkezelési lehetőségek

A papír és karton gyártása maradékok és hulladékok keletkezésével jár. Az európai hulladék katalógus (94/3/ECC) szándéka az, hogy közös terminológiát alakítson ki a közösségi tagállamokra. Azonban Európában még mindig különböző terminológiák vannak használatban a papírgyárakban keletkező különféle hulladék frakciókra. Az európai hulladék katalógus a következő hulladék frakciókat említi a papírgyáraknál:

- Rost és papíriszap
- Az újrahasznosított rostokat használó gyárakban: a papír és karton újrahasznosításból származó osztályozási hulladékok (reject), és a papír újrahasznosításból származó festéktelenítési (deinking) iszap – lásd a 2.B fejezetet, amelyik bizonyos átfedésben van ezzel a szakasszal.
- A primer rostanyag-gyártással integrált papírgyárakban: kéreg, üledékek és zöldlúg-iszap (a feketelúg kezelésből), lásd a 2.A fejezetet. Ezekkel itt nem foglalkozunk.
- Hulladékok az ipari felhasználásra való víz előkészítésből
- Iszapok a szennyvíz-kezelő üzemekből
- Máshol meg nem nevezett hulladékok.

A hulladék frakciókat különféle módokon szétválasztják, illetve egyesítik, attól függően, hogy milyen lehetőségek vannak az újrafelhasználásra/visszaforgatásra, és a további kezelésre és elhelyezésre. Az egyes hulladék frakciókra vonatkozó adatok alig hozzáférhetők. Gyakran csak az iszap és az osztályozási hulladék (reject) adatokat, vagy néha csak az iszap adatokat adják meg. Ezért a továbbiakban a papírgyári maradékokat egyetlen anyagáramként tárgyaljuk. A legfontosabb maradékfajták az anyag-előkészítőből származó osztályozási hulladékok (reject), a rost- és papíriszap valamint a szennyvíz-kezelésből származó iszap.
A hulladékgazdálkodás a hulladék keletkezésének megelőzéséből, az újrafelhasználásból, az anyagában történő újrahasznosításból, komposztálásból, energia visszanyerésből és végső lerakásból áll. Az alábbi döntéshozási séma vázlatos áttekintést ad a főbb hulladékgazdálkodási lehetőségekről, és megvilágít néhány fontos szempontot. A papírgyárakban a hulladékok kezelésére nem létezik szabványos megoldás.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!



5.4. ábra: Egy lehetséges döntési séma a papírgyári hulladékgazdálkodásra [Hamm szerint, 1996]

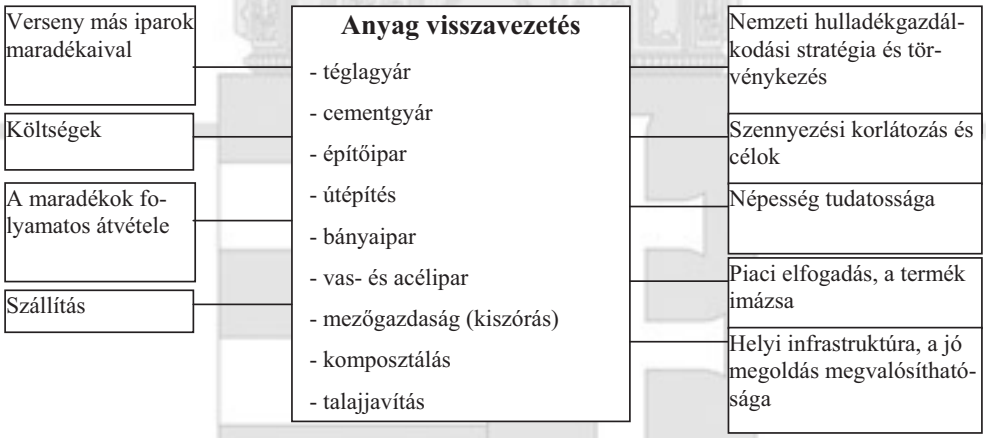
A papírgyárak maradékaira – az erőművek vagy kazánházak és a helyszíni égetőművek hamuját kivéve – jellemző a viszonylag nagy szervesanyag-tartalom.
Ennek ellenére a hulladéklerakókban való elhelyezést még mindig elterjedten használják sok európai országban (pl. Egyesült Királyság, Spanyolország). Ugyanakkor a sok tagállamban a nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok hulladéklerakóban való elhelyezését a kormányzatok nehezítik, és a közeljövőben valószínűleg megtiltják. A hulladéklerakásra vonatkozó EU Irányelv támogatja ezt a tendenciát, célértékeket tűzve ki a hulladéklerakóba küldhető biológiailag lebontható (kommunális) hulladékok mennyiségének csökkentésére. Következésképpen a jövőben fontos szerepet fognak játszani az alternatív visszanyerési műveletek, mint az anyagában való újrahasznosítás, és az energia-visszanyeréssel párosuló égetés. Ezeket a keze-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

lési lehetőségeket tárgyaljuk a továbbiakban mint a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikákat.

Anyagában való újrahasznosítás

Az 5.4. ábra áttekintést ad az anyagában való újrahasznosítás főbb szabályozási lehetőségeiről, és a kezelési lehetőségek megválasztását vezérlő tényezőkről.



5.5. ábra: A papírgyári maradékok anyagában való újrahasznosításának lehetőségei és a kezelési lehetőségek megválasztását vezérlő tényezők
[Hamm, 1996; változtatások az EIPPCB által]

Az 5.5. ábrából látható, hogy számos tényező vezérli egy adott papírgyár által alkalmazható lehetőségek megválasztását. A főbb tényezők a helyi infrastruktúra, a költségek és az egyéb iparágakból származó maradékok konkurenciája lehetnek. Ez utóbbi különösen lényeges a papíriszap cement- és téglaiparban való hasznosítása esetén.

Egyes országokban a papíriszap komposztálása vagy a mezőgazdasági területeken való szétterítése a gyakorlat. Ennél az alternatívánál különösen fontos a potenciális szennyezőanyagok ellenőrzése. Azonban a papírgyárakból származó iszap rendszerint nem tartalmaz több szennyezőanyagot, mint a kommunális vízkezelő művekből származó iszap, és a korlátozott mértékű alkalmazás pozitív hatással lehet a talajra (a $CaCO_3$ mint semlegesítő szer a savas talajoknál, a rostok és finomanyagok nedvesség-visszatartása a száraz talajoknál, alacsony nitrogéntartalom).

A talajon való szétterítés megvalósíthatósága erősen függ attól, hogy a tagállamokban menynyire elfogadott az iszap mezőgazdasági területeken való alkalmazása. Egyes tagállamokban ezt a gyakorlatot ösztönzik, mint gazdaságilag előnyös elhelyezési módszert, más tagállamokban aggódnak a papíriszap talajon való szétterítése miatt.
A komposztálásnál a legfontosabb a komposzttal szemben támasztott minőségi követelményeknek való megfelelés, hogy értékesíthető terméket nyerjenek. A különböző mennyiségű papírhulladékkal és papíripari maradékokkal kevert szerves hulladékokból készített komposzt megfelel az olyan követelményeknek, mint például az érettségi fok, vagy a növénynevelésre való alkalmasság.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Egy másik lehetőség a papírgyárakból származó iszap kezelésére a cement- és téglaiparban (a porozitás javítására) vagy egyéb építőanyagok gyártásánál való hasznosítás. A cementiparban a papíripari maradékoknak mind az anyag-, mind az energiatartalmát vissza lehet nyerni.

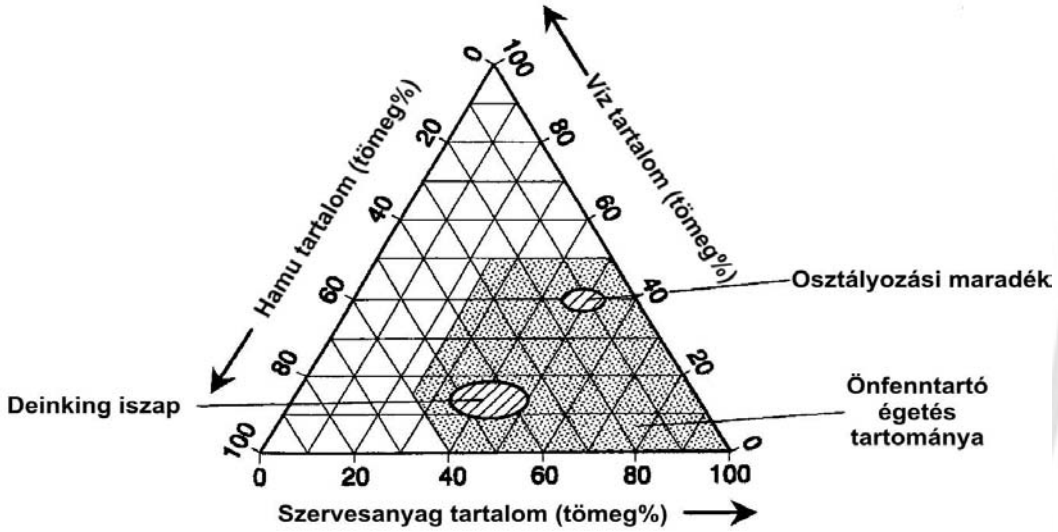
Energia visszanyerés

A maradékok és az iszapok szerves vegyületeket tartalmaznak, amelyek a helyszínen vagy máshol energia visszanyeréssel elégethetők az erre a célra kialakított égetőművekben (a helyszíni égetésnél a nem-integrált gyárakban általában nem elegendő az elégetésre szánt iszap mennyisége). Az energia visszanyeréssel működő égetőművek mono-égetőművekre és kombinált égetőművekre oszthatók.

A mono-égetőművekben – általában fluidágyas, több tűzterű kemencék vagy kazánok a 850-950 °C hőmérséklet-tartományban – kizárólag papíripari hulladékot égetnek. Ezek a berendezések, ha a levegőbe való kibocsátást csökkentő megoldásokat is alkalmaznak, megfelelnek a törvényi előírásoknak, és BAT-nak tekinthetők. Az égetőművekben keletkező hamu hulladéklerakóban helyezhető el, vagy felhasználható az építőiparban.

A papíripari maradékok más anyagokkal kombinált égetése gyakorlat a cementégető kemencékben, a széntüzelésű erőművekben, a kommunális hulladékégetőkben, a nagyolvasztókban (vas- és acélipar), és az öntödék kemencéiben. Ebben az esetben különösen a nagy fűtőértékű maradékok alkalmasak az ásványi tüzelőanyagok (pl. szén, fűtőolaj) helyettesítésére.

A papírgyártási maradékok, mint a festéktelenítési (deinking) iszap, tisztítási és osztályozási maradékok, vagy a szennyvíz-kezelésből származó iszap égési viselkedését az 5.6. ábra mutatja be.



5.6. ábra: Tüzelőanyag háromszög a papírgyártási maradékokra
(rendelkezésre bocsátotta az IFP)

Az a terület, ahol a víztelenített festéktelenítési iszap, és a víztelenített mechanikai tisztításból és osztályozásból származó maradékok helyezkednek el, vonalkázással van jelölve. Látható, hogy mind az osztályozási maradékok, amelyeknek viszonylag nagy a fűtőértéke, mind a viszonylag nagy hamutartalmú deinking iszap az önfenntartó égés tartományában helyezkedik el. Az iszap-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

égetésnél a nettó energiatermelés nulla körüli vagy negatív, ha az iszap szárazanyag-tartalma 40% alatt van, vagy ha az iszap nagyon sok szervetlen anyagot tartalmaz.

A papírgyártási maradékok és az iszap kombinált égetésének a levegőbe történő kibocsátásokra gyakorolt hatása függ az égetett anyag összetételétől. A rost- és a papíriszap együttes égetése – különösen a nagy lúgtartalmúak esetében – szén- vagy lignittüzelésű erőművekben vagy egyáltalán nincs hatással a levegőbe történő kibocsátásokra, vagy a szennyezőanyagok mennyiségének enyhe csökkenéséhez vezet. Az SO_2, HCl és HF kibocsátás csökken a nagy lúgtartalmú iszap (deinking iszap, mázpigmenteket és töltőanyagokat tartalmazó rostos iszap) kombinált égetésekor.

A víztelenítés optimalizálása a papírgépek présszakaszában (széles hengerközű prés)

A módszer leírása:
A papírgépi munka lényegében egy hatalmas víztelenítési folyamatot alkot. Alapjában három fő részből áll:

- a szitaszakasz a lapképzéshez és a gravitációval valamint vákuummal végzett első víztelenítéshez
- a prés-szakasz a nedves papírszalag mechanikai erőkkel végzett további víztelenítéséhez
- a szárítószakasz a papírszalag végső szárazanyag-tartalmúra való szárításához gőzfűtésű hengereken végzett párologtatással.

A prés-szakasz után (lásd az 5.2. ábrát is) a papírszalag szárazanyag-tartalma általában 45-50%, vagyis 1 kg rostanyaggal kb. 1 kg víz jut. Az „utolsó cseppek” elpárologtatásához sok párologtatási energiára és hosszú szárítószakaszra van szükség.
A papírgépen a papír szárítása igényli a legtöbb energiát (572 kWh/t gőz). Elektromos energia szükséges a hengerek meghajtásához (100 kWh/t) és a vákuum létrehozásához (67 kWh/t). Minél nagyobb a papír szárazanyag-tartalma a prés-szakasz után, annál kevesebb hőenergiára van szükség a végső papírszárításhoz. A szárítószakaszba belépő papírszalag szárazanyag-tartalmának 1%-os növelésével kb. 4% hőenergiát lehet megtakarítani (kisnyomású, kb. 2 báros gőzben kifejezve). Ezért a papírgépen meg kell tenni az intézkedéseket a szárazanyag-tartalom maximálására nedves préseléskor.
A hagyományos hengeres présközben a préselési nyomás már elérte a felső határt és nem növelhető tovább a prés-szakaszon való víztelenítés javításához. A hagyományos rövid hengerközű prést széles hengerközű préssel (présekkel), úgynevezett papucsos préssel helyettesítve nagyobb préselési impulzust lehet elérni, mint a hagyományos préssel, ennek eredményeként intenzívebb a nedves papírszalag víztelenítése, és nagyobb a papírszalag szárazanyag-tartalma a présszakasz után.

Alkalmazhatóság és jellemzés:
Folyamatba integrált technika. A papucsos prés alkalmazható mind új, mind már meglévő papírgépeken a legtöbb papírtípusnál (a tissue kivételével), feltéve, hogy elegendő hely áll rendelkezésre a prés-szakaszban, és az építési konstrukció megengedi a nagyobb súlyú papucsos prést. Az alapozásnak alkalmasnak kell lennie a papucsos préses kialakítású berendezés nagyobb súlyához.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A laza szerkezetű (voluminőz) kényesebb papírtípusoknál – főként famentes fajtáknál – a kis terhelés (600 kN/m) és hosszú papucs (250 mm) az előnyös. A fatartalmú típusoknál nagyobb terhelést (800 kN/m), és rövidebb papucsot (180 mm) lehet használni.

Még a nagysebességű (ma ez 2000 m/perc értéket elérő sebesség) gépekhez is fejlesztettek már ki papucsos prést.

Az elért fő környezeti teljesítmény:
A környezetre gyakorolt hatások a papírszárításra fordított hőenergia megtakarításával kapcsolatosak. Már meglévő, csomagoló papírt és kartont előállító papírgépekbe beépített papucsos préssel 5 és 15%-pont közötti szárazanyag-tartalom növekedésről számoltak be [IFP, 1998].

A papucsos hengerközű présekben a prés-szakasz hossza, az alkotórészek és a préssziták száma, valamint a sziták élettartama megnövekedett termelés esetén is állandó marad. A papucsos hengerköz lágy hengerköz. Itt kevesebb a kiszolgálási igény, kevesebb a szitafelhasználás és az ebből eredő hulladék, kisebb a rezgés és a zaj. Ez azt jelenti, hogy a papír tonnájára számított kibocsátások kisebbek.
A papucsos prés révén növelhető gépsebesség, miközben fenntartható a jó futtathatóság.

A papucsos préselés utáni nagyobb szárazanyag-tartalom eredményeként nő a véglegesen kiszárított papír fajlagos sűrűsége és belső kötési szilárdsága. Az összefüggés majdnem lineáris. A papírszalag nagyobb szilárdsága általában javítja a papírgépi futtathatóságot, mivel kevesebb a papírszakadás. Ennek eredményeként jobb a papírgép hatékonysága. Például, ha a papucsos prés beépítése után a nem-tervezett papírpálya szakadások számát napi kettővel csökkentik (mindegyik 20 percig tart) a napi papírgépi termelési kapacitás majdnem 3%-kal nő.

Gazdaságosság:
Egy 5 m vágatlan szélességű papírgépen a papucsos prés beruházási költsége összesen kb. 10 millió euró (beleértve a teljes felállítási költséget is). Az üzemelési költségek, beleértve a nemezeket, hengerborításokat, hengercsiszolást, és a papucsos prés meghajtási energiáját, nagyjából akkorák, mint a hagyományos prés költségei. A papír szárításához használt gőz a 10-15 euró/tonna tartományban van, a fajlagos gőzmegtakarítás kb. 2 tonna gőz a papír tonnájára számítva, így a megtakarítás tonnánként 20 és 30 euró között van.

Energiamegtakarítás energia-hatékony technológiák alkalmazásával

A gyártási folyamaton belül sok lehetőség van energia megtakarítására. Általában ezek az intézkedések beruházásokat igényelnek a gyártási berendezések cseréjéhez, átépítéséhez vagy feljavításához. Ugyanakkor ezeket az intézkedéseket nem csupán az energia megtakarítása céljából alkalmazzák. Ezek azért érdemelnek különös figyelmet, mert egyidejűleg növelik a termelési hatékonyságot, javítják a termék minőségét, és csökkentik az összköltséget. Ezért lényeges, hogy az energia-megtakarítási intézkedések beépüljenek a papírgyártás minden aspektusába és szintjébe. Az energia-hatékony technikák tárgyalásakor mindig szem előtt kell tartani az energetika és az eljárások közötti kapcsolatot (szinergikus hatások). Ezen technikák legtöbbje eljárási előnyökhöz és jobb termelékenységhez vezethet.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Összegezve az energiamegtakarítási lehetőségeket: a közvetlen megtakarításra lehetőséget adó területek: az őrlés, a préselés és a szárítás. Azonban miután elvégezték a „jó gazdálkodási" változtatásokat, a szárítás módosítása a leginkább beruházás-igényes eljárás. Kisebb megtakarításokat adó, de szinergikus előnyökkel is járó intézkedésekre van lehetőség a foszlatásnál, lapképzésnél és az enyvezőpréseknél.

Példa: Energia-megtakarítások hő-visszanyerő rendszerek révén

A módszer leírása:
A hő-visszanyerő rendszer célja az, hogy csökkentsék a gyár elsődleges energia-felhasználását a folyamatból származó hulladékhő gazdaságos módon való hasznosításával. A papírgyárban felhasznált hőenergia szinte teljes mennyiségét a papír szárításához használják, így a papírgépen a szárítószakasz a legnagyobb energia-felhasználó. A szárítószakasz által igényelt energia közel 80%-át elsődleges gőzként viszik be a szárítóhengerekbe, a többi a szárító és kiáramló levegővel, valamint a papírszalaggal jön.
A szárítószakaszt elhagyó szinte összes energia a kiszívott levegővel távozik. Ennek az energiának kb. 50%-a, vagyis a papír tonnájára számítva 620 kWh körüli energia visszanyerhető egy hatékony hő-visszanyerő rendszerrel (téli körülmények között).

Intézkedések a zajcsökkentésre

A módszer leírása:
Az ipari zajforrások belső és külső zajforrásokra oszthatók. A papírgyártó gépsoron a belső zajforrások száma nagy. A belső zajszabályozáshoz egy lehetséges intézkedés például új zárt, nagyobb hangszigetelésű búrák felszerelése a papírgépre. Ezt azonban nem tárgyaljuk tovább, mert ez kívül esik a jelen dokumentum témakörén (munkakörnyezet). A külső zajszabályozási intézkedésekre példa lehet hangelnyelő zajcsökkentők és/vagy csőrezonátorok felszerelése a levegőt kiszívó ventillátorokból és vákuumszivattyúkból eredő zajszint csökkentésére, és hangszigetelő búrák felszerelése az épület tetején lévő ventillátorokra.

A zajcsökkentési intézkedéseknek lehetőleg a fő forrásokra kell koncentrálniuk, különösen az összes nyílásra a tetőkön és a falakon. A papírgyár fő külső zajforrásai a gyártási folyamat légtechnikai rendszere (folyamatos), a gépterem szellőzése (folyamatos), a vákuumszivattyúk kifúvása (folyamatos) és a gőz-kifúvás (csak alkalmanként).
A zaj megszüntetése az esetek többségében viszonylag drága. Ezért a berendezések kialakítása és a zajcsökkentő intézkedések nagyon fontosak már a projektek korai szakaszában. Amikor már meglévő zajforrásokat kell csillapítani, a zajcsökkentők és a hangszigetelő betétek költségei igen magasak lehetnek.

1. példa: Abszorpciós zajcsökkentők felszerelése (egy francia papírgyárban)
Ebben az esetben az egyenértékű A-súlyozott hangnyomás-szint célértékek a falu papírgyárral határos részeiben nappal 65 dB(A), éjszaka 55 dB(A). A zajforrások mérései azt mutatták, hogy a zárt búra alóli levegőt elszívó ventillátorok a legnagyobb zajforrások között voltak. A számítások kimutatták, hogy ezek 15 dB(A)-val való csillapítása elegendő ahhoz, hogy a hivatkozási pontokon elérjék az 55 dB(A) éjszakai célértéket.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2. példa: Reaktív csöndesítők felszerelése (egy német papírgyárban)
Ebben az esetben a papírgép vákuumszivattyúiból eredő zajkibocsátás túl nagy zajt okozott a gyárterületen kívüli hivatkozási pontokon. A zajnyomás szintek mérése a vákuumszivattyúk kimenetétől 1 m távolságban feltárta, hogy 160 Hz frekvenciánál zajcsúcs van. Ez a csúcs 10 dB(A)-val magasabb volt, mint bármely más frekvencián. A reaktív csöndesítők (pl. cső-rezonátorok) hatásosak kisebb frekvenciákon (500 Hz alatt), és ilyeneket szereltek fel ebben az esetben. A csöndesítők felszerelése utáni mérések azt mutatták, hogy az intézkedés hatásos volt, a csúcs zajszint kb. 28 dB(A)-val csökkent, és a kibocsátási ponton elérték a 26,9 dB(A) célértéket.

KÖZLÖNY §

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

5.B ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) A PAPÍRGYÁRTÁSBAN

Bevezetés

Ennek a fejezetnek a megértéséhez visszairányítjuk az olvasó figyelmét ennek a dokumentumnak az előszavához, annak is az ötödik szakaszához: "Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot". Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szinteket vagy szintek tartományait egy iterációs folyamaton keresztül értékeltük, amely a következő lépésekből állt:

- Az ágazat számára kulcsfontosságú a környezeti témák beazonosítása: a nem-integrált papírgyáraknál a vízhasználat, a szennyvízkibocsátás (KOI, BOI, lebegőanyagok, N és P, AOX), az energiaigény, (gőz és elektromos áram), a szilárd hulladékok, mint a kiosztályozott anyagok (reject), iszap és hamu, a levegőbe való kibocsátások az energiatermelésből (SO_2, NO_x, CO_2, por), a zaj és a vízbe kerülő hulladékhő a legfontosabbak; az utóbbi három a helyi hatásokra vonatkozik;
- Az ezekkel a kulcsfontosságú témákkal való foglalkozáshoz leglényegesebb technikák vizsgálata;
- A legjobb környezeti teljesítmény szintek beazonosítása, az Európai Unióban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján;
- Azoknak a körülményeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítményeket elérték, mint például a költségek, a közegeken átirányuló hatások, az ezen technikák bevezetésében szerepet játszó fő hajtóerők;
- Az elérhető legjobb technikák (BAT) és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek kiválasztása ehhez az ágazathoz általános értelemben, a 2(11) cikkelynek és az Irányelv IV. mellékletének megfelelően.

A továbbiakban megadott elérhető legjobb technikák, ha más kitétel nincs, alkalmazhatók mind az új, mind a már meglévő üzemekben. A papírgyárakban egy technika alkalmazhatóságát kevésbé vezérli az a tény, hogy a gyár új, vagy már meglévő. A papírgyárakra jellemző, hogy a gépezetet inkább átépítik, semmint teljes mértékben kicserélik. Az üzemek modulrendszerű újjáépítése és fejlesztése azt jelenti, hogy minden egyes gyár a saját elhelyezkedésének és történelmének egyedi terméke. Másrészt a papírgyártás egységműveletek sorozata, amelyek közösek minden országra és minden papírfajtára.

A BAT meghatározásánál figyelembe veendő kritériumok az egyes speciális esetekben inkább abban állnak, hogy a fajlagos költségek a kisebb gyárakban viszonylag nagyobbak (lépték gazdaságosság).

BAT a papírgyárak részére

A papírgyárak számára az itt következő technikák tekinthetők BAT-nak. Az itt következő BAT lista nem vehető kimerítőnek, és egyéb technikák vagy technikák kombinációi, amelyekkel ugyanolyan (vagy jobb) teljesítményt érnek el, szintén megfontolhatók; ilyen technikák fejlesztés alatt lehetnek, vagy kialakulóban lévők, vagy már rendelkezésre állók, de ebben a dokumentumban nincsenek leírva.

Ha az másként nincs megadva, az adatok az éves átlagos értékekre vonatkoznak.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Általános intézkedések

- a személyzet és a gépkezelők oktatása, képzése és ösztönzése. A papírgyárakat emberek üzemeltetik. Ezért a személyzet oktatása nagyon költség hatékony módja lehet a vízfogyasztás és a káros anyag kibocsátás csökkentésének, mint például a vegyszerek véletlenszerű kiengedése.
- A folyamatszabályozás optimalizálása. Ahhoz, hogy képesek legyünk egyidejűleg különböző szennyezőanyagok csökkentésére, és az alacsonyszintű kibocsátások fenntartására, javított folyamatszabályozásra és mérésre van szükség.
- Ahhoz, hogy magas szinten tartsuk a papírgyárak műszaki berendezéseinek, és az azokhoz kapcsolódó mérséklési technikáknak a hatékonyságát, biztosítani kell az elégséges karbantartást.
- Szükség van környezetirányítási rendszerre, amelyik világosan meghatározza a környezeti szempontból lényeges aspektusokért való felelősséget a gyárban. Ez növeli a tudatosságot, és megadja a célokat és intézkedéseket, a gyártási és munkaköri utasításokat, az ellenőrző listákat és egyéb lényeges dokumentumokat.

Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére

A különböző papírtípusokhoz használt víz mennyiségének minimalizálása a gyártási vizek fokozott visszaforgatásával és vízgazdálkodással.

A jó vízgazdálkodás alapját a különböző felhasználási helyeken fogyasztott víz pontos mennyiségének és minőségének ismerete képezi. Azokban a papírgyárakban, amelyekben megvalósították a BAT-ot, a frissvizet főként fecskendővízként és a vegyszerek feloldásához vezetik be a folyamatba. A hatékonyabb rost- és töltőanyag-visszanyerési technikák lehetővé tették a tisztított víz felhasználását a papírgép kevésbé kritikus fecskendőiben, és ezáltal a vízvisszaforgatás növelését. Az oldott szervetlen és szerves, valamint kolloid anyagok (DisCo) azonban korlátozzák ezeknek a vizeknek a használhatóságát a szitaszakaszon. Az igényelt frissvíz mennyiségét részben a gyártási vízben lévő szennyezőanyagok koncentrációja alapján határozzák meg.

- A vízrendszerek zárásával kapcsolatos potenciális hátrányok kezelése. A vízrendszer zárása tudatosságot, ismereteket, és megfelelő intézkedéseket igényel a vízrendszer szabályozásához. A mikrobiális szabályozás, a csővezetékek és az anyagtároló rendszerek megfelelő kialakítása, és a szerkezeti anyagok megválasztása segít a felületek tisztán tartásában és csökkenti a mosási igényt.
- Kiegyensúlyozott szitavíz, (tiszta) szűrlet, és selejt tárolási rendszer kiépítése, és csökkentett vízfogyasztású konstrukciók, kialakítások és gépezetek használata mindenütt, ahol az gyakorlatilag megvalósítható. Ez általában akkor valósítható meg, amikor a gépezeteket, vagy azok részeit kicserélik, vagy átépítik.
- Intézkedések a véletlenszerű kibocsátások gyakoriságának és hatásainak csökkentésére. Ebbe tartozik a személyzet betanítása arra az esetre, ha véletlenül vegyszereket bocsátanak ki a kezelő telepre, és megfelelő elővigyázatossági intézkedések a balesetek kiküszöbölésére.
- A potenciálisan veszélyes vegyületek helyettesítése kevésbé veszélyes anyagokkal.
- A kibocsátott szennyvíz kezelése kiegyenlítő medence és elsődleges kezelés kiépítésével.
- A szennyvíz másodlagos vagy biológiai kezelése, és/vagy egyes esetekben a szennyvíz másodlagos kémiai kicsapatása vagy flokkulálása.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Sokféle, különböző kezelési lehetőség áll rendelkezésre, amelyekkel jó eredmények érhetők el a befogadókba kerülő víz szervesanyag-terhelésének csökkentésére. A kiindulási koncentráció és a választott kezelési rendszer függvényében a BAT-hoz kapcsolódó szennyezőanyag-terhelés eltávolítási hatékonysága az alábbiakban megadott szennyezőanyag típusokra a következő:

Kezdeti koncentráció tartomány	Kezelés	KOI eltávolítás	BOI eltávolítás	AOX eltávolítás	Össz szárazanyag a kezelés után	Tápanyag
BOI>500 mg/l	Csepegtető szűrő + eleveniszap	80-90%	95+%	30-50%	Konc. 30 mg/l alatt	wwtp-ben adagolva
BOI>500 mg/l	Csepegtető szűrő (előkezelés)	50-60%	60-70%	30-50%	Konc. nagy, 100 mg/l körül	wwtp-ben adagolva
BOI>100 mg/l	Eleveniszap[1, 2]	75-90%	90-95+%	30-50%	Konc. 30 mg/l alatt	wwtp-ben adagolva
BOI<150 mg/l	Bioszűrés	40-60%	60-80%	30-50%	Konc. 10 - 30 mg/l	wwtp-ben adagolva

Megjegyzések: wwtp = szennyvíz-kezelő üzem
[1] Ez a hatás a kis terhelésű eleveniszapos rendszerre érvényes, 0,1 és 0,2 kg BOI/kg szárazanyag aránynál
[2] néhány alkalmazásnál nagy terhelésnél is jó eltávolítási hatásfok érhető el

5.4. táblázat: Példák papírgyári szennyvizek tisztítására alkalmas biológiai kezelő rendszerek eltávolítási hatékonyságára

BAT-nak tekinthető a papírgyárból, vagy papírgyárak konzorciumából származó szennyvizek kommunális biológiai szennyvíz-kezelő telepen végzett közös kezelése is, amennyiben hasonló eltávolítási hatékonyságokat érnek el ezzel a közös kezeléssel.

A 5.5. táblázat néhány jó teljesítményűnek tartott nem-integrált európai papírgyárban elért kibocsátási szintet mutat be.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Papírgyári példák	Elért emissziós értékek a biológiai tisztítás után						Kezelés módja
	KOI mg/t	BOI_5 kg/t	AOX kg/t	Össz sz.a. kg/t	Elfolyás mł/t	Termelés, t/év (1997)	normál/ kis terhelés
1. gyár: mázolatlan finompapír, S	0,63	0,3	nincs adat	0,2	2,6	150000 ('98)	csepegtető szűrő +mozgóágyas reaktor
2. gyár: mázolatlan finompapír,NL	1,5	0,4	nincs adat	0,3	14	nincs adat	nincs adat
3.gyár: mázolt/mázolatlan finompapír, D	0,44	0,1	0,0007	nincs adat	4,5	1000020	csepegtető +eleveniszap
4. mázolt finompapír, NL	0,93	0,17	<0,01	0,23	13,8	nincs adat	nincs adat
5. mázolt papír, S	0,95	0,17	0,0025	0,26	9,35	180000	mozgóágyas reaktor +kémiai lecsapás
6. mázolt finompapír, F	0,4	0,1	nincs adat	0,2	14	125000	Eleveniszap
7. mázolt finompapír, F	0,8	0,3	nincs adat	0,2	14	125000	Csepegtetés +eleveniszap
8. mázolt finompapír, F	0,4	0,2	nincs adat	0,4	11,5	160000	Eleveniszap
9. tissuepapír (primer rost), F	1,5	0,4	nincs adat	0,2	20	nincs adat	Eleveniszap
10. tissuepapír (primer rost), D	0,67	0,11	0,005	nincs adat	11,5	97000	Eleveniszap

5.5. táblázat: Példák néhány jó teljesítményű európai papírgyárban a biológiai kezelés után elért évi átlagos vízbe történő kibocsátásra (hivatkozási év: 1997)

A lista azokat a gyárakat tartalmazza, ahol rendelkezésre álltak az adatok, illetve megadták azokat, ezért nem tekinthető teljesnek. Az adatok személyes megkeresésekből származnak. Az alkalmazott mérési módszer az, amelyet az adott országban használnak. Svédországban a BOI adatok mint BOI_7 vannak megadva.

Feltételezve, hogy a szennyvíz-kezelő üzem kialakítása és kapacitása megfelelő, és képzett gépkezelők által megfelelően van üzemeltetve és szabályozva, a BAT technikák kombinációjához kapcsolódó kibocsátási szinteknek azokat tekintik, amelyeket a 5.6. táblázat tartalmaz. A szennyvíz-terhelésbe nincs beszámítva a rostanyag-gyártás hozzájárulása.

Annak ellenére, hogy milyen nagy számú különböző papírterméket gyártanak, megállapítható, hogy azokban a papírgyárakban, amelyek megvalósították a BAT-ot, viszonylag hasonlók a vízbe történő kibocsátások. Az alkalmas szennyvíz-kezelés utáni kibocsátások szerint tekintve a különböző papírgyártási kategóriákat, nem állapítottak meg további lényeges különbségeket a papírfajták között.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Paraméter	Egység	Mázolatlan finompapír[1]	Mázolt finompapír[2]	Tissue[3]
BOI_5	kg/t	0,15-0,25	0,15-0,25	0,15-0,4
KOI	kg/t	0,5-2	0,5-1,5	0,4-1,5
Össz. szárazanyag	kg/t	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
AOX	kg/t	<0,005	<0,005	<0,001[4]
Össz. P	kg/t	0,003-0,01	0,003-0,01	0,003-0,015
Össz. N	kg/t	0,05-0,2[5]	0,05-0,2	0,05-0,25
Szennyvíz mennyiség	mł/t	10-15[6]	10-15	10-25[7]

Megjegyzések:
[1] Az összetétel lehet pl. 100% feh. szulfátcell. + töltőanyag (15-30%) + enyvezőanyag. A felső KOI és BOI értékek az anyagában enyvezett papírra vonatkoznak.
[2] Az összetétel lehet pl. 100% feh. szulfátcell. + töltőanyag + mázanyag 20-40%. A papír mindkét oldalon felületileg enyvezett és mázolt.
[3] A rostösszetétel 100% cellulóz. Tissue gyártáshoz használhatók primer és szekunder rostkeverékek is
[4] A nagyobb AOX értéket olyan nedvesszilárdító okozhatja, ami klórtartalmú szerves vegyület
[5] A színes termékek N tartalma nagyobb lehet, ha azo-színezéket használnak
[6] Azok a gyárak, amelyek színes és erős színű papírokat gyártanak, a frissvíz-felhasználás általában nem szorítható 17 m^3/t alá.
[7] A felülettömeg és a gépsebesség változtatása jelentős hatással van a fajlagos vízfogyasztásra (SWC). Kis felülettömeg (egész 12 g/m^2-ig) és kisebb gépsebesség nagyobb SWC-vel jár.

5.6. táblázat: A BAT használatához kapcsolódó évi átlagos kibocsátási és fogyasztási szintek nem-integrált finompapír, mázolt finompapír és tissue gyárakban

A 5.6. táblázatot az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell szemlélni:

BOI: A jól megtervezett kezelő telepeken a BOI szinte teljesen eltávolítható (95% fölötti eltávolítás) a papírgyári szennyvizekből, amikor a szén-foszfor-nitrogén arányt és az oxigén-ellátást megfelelő értéken tartják, és jól szabályozzák. Zavarok esetén, vagy ha az üzemelési paraméterek valamelyike kezd eltérni a célértéktől, az elfolyóvíz BOI koncentrációja nőni kezd.

KOI: Attól függően, hogy milyen papírfajtát gyártanak, milyen technikákat alkalmaznak a kibocsátások megelőzésére és szabályozására, és mekkora az egy tonna termékre számított vízmennyiség, a papírgyárakból származó szennyvíz a kezelés után 50–150 mg KOI-t tartalmaz literenként.

TSS (lebegőanyag): Normális üzemelési körülmények között a másodlagos derítőből származó víz elég tiszta, és a lebegőanyag tartalma 20 és 30 mg/l között van. Ez tonnánként 0,2-0,4 kg TSS kibocsátásnak felel meg.

AOX: Manapság a klórozott szerves vegyületek kibocsátása nagyon kicsi, mivel a nem-integrált papírgyárakban használt vásárolt cellulóz általában vagy ECF vagy TCF fehérített cellulóz.

N és P: A biológiai kezelő telepen általában adagolnak ásványi tápanyagokat, hogy fenntartsák a C:P:N egyensúlyt, amely kritikus fontosságú az eleven biomassza növekedéséhez. Ahhoz hogy megtalálják és megtartsák az egyensúlyt a biológiailag lebontható

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

szén-, nitrogén- és foszforvegyületek között, szükség van az adagolt ásványi tápanyagok bizonyos finombeállítására.

Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére
A nem-integrált papírgyárakban a levegőbe történő kibocsátások főként a gőzkazánokhoz és az erőművekhez kapcsolódnak.
Ezért az általánosan elismert BAT technikákat csak röviden említjük meg ebben a részben.

- Kis NO_x kibocsátású technológiák bevezetése a segédkazánokban
- A gőzkazánokból származó SO_2 kibocsátások csökkentése kis kéntartalmú olaj és szén használatával, vagy az SO_2 kibocsátások szabályozásával
- Kombinált gőz- és elektromos energia-termelés alkalmazása
- Megújítható források, mint fa vagy fahulladék használata a fosszilis CO_2 kibocsátások csökkentése érdekében (csak akkor alkalmazható, ha a papírgyártás integrálva van a primer rostanyag előállításához).

Megjegyzendő, hogy a cellulóz- és papíriparban a segédkazánok mérete nagyon változó (10-től egészen 200 MW-ig). A kisebbek esetében csak a kis kéntartalmú tüzelőanyagok használata, és az égetési technikák alkalmazhatók ésszerű költséggel, míg a nagyobbaknál a szabályozási intézkedések is.

A papír tonnájára számított fajlagos légkörbe történő kibocsátási terhelések hely-specifikusak. A termék tonnájára számított kibocsátások közötti különbségeket két fő szempont okozza: az energiaellátás fajtája, beleértve a használt tüzelőanyagot, és a levegőbe való kibocsátás mérséklését, valamint a termék egy tonnájához felhasznált gőz vagy elektromos áram mennyiségét.

Az első szempont, a gáz, fűtőolaj vagy szén, fa vagy elektromos áram közötti választás nagyban függ a fennálló gazdasági körülményektől, és kívül esik ezen dokumentum hatókörén annak meghatározása, hogy ezen tüzelőanyagok közül melyik képviseli a BAT-ot. Mindazonáltal, ahol elérhető a földgáz ellátás, és ahol a gazdasági körülmények lehetővé teszik annak használatát, a földgáz használata BAT-ot képviselő technikának tekinthető.
Ahol fűtőolajat használnak, ott 1%, vagy annál kisebb kéntartalom tekinthető BAT-nak.

Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére

- A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása, és amennyire csak lehetséges, az újrahasznosítható anyagok visszanyerése, újrafelhasználása és újrahasznosítása.
- A hulladékfrakciók elkülönített gyűjtése keletkezési forrásuknál, és ha szükséges, a maradékok/hulladékok átmeneti tárolása, hogy lehetővé tegye nagyobb részarány újrafelhasználását, vagy visszaforgatását a hulladéklerakóban való elhelyezés helyett.
- A rost- és töltőanyag-veszteségek csökkentése.
- A mázolási szennyvizek visszanyerése és visszaforgatása.
- Az iszap előkezelése (víztelenítés) a további hasznosítás vagy hulladéklerakás előtt. Számos technika áll rendelkezésre a maradékok és az iszap víztelenítéséhez.
- A hulladéklerakóba kerülő hulladékok mennyiségének csökkentése. A visszanyerési lehetőségek beazonosítása, és – ha megvalósítható – a hulladékok hasznosítása anyagában való visszaforgatással, vagy energia-visszanyeréssel párosuló égetéssel.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A hulladéklerakóba kerülő hulladékok mennyisége főként a hasznosítási foktól és a választott kezelési lehetőségektől függ. A kezelési lehetőségek megválasztását befolyásolják olyan tényezők, mint a helyi infrastruktúra, a költségek és az egyéb iparágakból származó hulladékok konkurenciája. Megjegyzendő, hogy kevés részletes és megbízható információ áll rendelkezésre a szilárd hulladékok mennyiségéről.

Energia-megtakarítási intézkedések

Általánosságban ebben az ágazatban BAT-nak tekintik az energia-hatékony technológiákat. A gyártási folyamaton belül sok részfolyamatnál számos lehetőség áll rendelkezésre az energia megtakarítására. Általában ezek az intézkedések a gyártási berendezések cseréjére, átépítésére vagy feljavítására irányuló beruházásokhoz kapcsolódnak. A léptékgazdaságosság miatt a kisebb gyárak kevésbé képesek befektetni az új energia-hatékony technológiákba.

A gőz- és elektromos energiafogyasztás csökkentésére számos intézkedés áll rendelkezésre:

- Monitoring rendszer kiépítése az energiafogyasztás és a teljesítmény nyomon követésére.
- A papírszalag hatékonyabb víztelenítése a papírgép prés-szakaszán széles hengerközű (papucsos) préselési technológia használatával (ez nem vonatkozik a tissue gyárakra).
- Energia-hatékony technológiák használata, pl. nagysűrűségű foszlatás, a legjobb gyakorlat szerint végzett őrlés, állítható sebességű meghajtások a ventillátorokhoz és szivattyúkhoz, nagy hatékonyságú elektromos motorok, az elektromos motorok jó méretezése, a gőzkondenzátum visszanyerése, a szárazanyag-tartalom növelése az enyvezőpresben, vagy az elszívott levegőből a hőt visszanyerő rendszerek.
- A közvetlen gőzfelhasználás csökkentése körültekintő folyamatintegrálással, „pinch” elemzés használatával.

Zaj csillapítása

BAT a papírgyárak környezetében hallható zajszintek csökkentése. Az alkalmazott intézkedések nagymértékben függnek az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött célértékektől. Általában ezek sokkal szigorúbbak, amikor a gyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

6. KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK

A legjobb környezeti teljesítményt a létesítmények rendszerint a legjobb technológiának a leghatékonyabb módon történő üzemeltetésével érhetik el. Ezt felismerve szól a BAT definíciójában a „technika" fogalmának meghatározása a következőképpen: *„a technika fogalmába beleértendő az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik és működését megszüntetik, a környezet helyreállítását végzik"*.

Az IPPC létesítmények esetében a környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR) egy olyan eszköz, amit az üzemeltetők szisztematikusan és demonstrálható módon alkalmazhatnak a tervezés, szerkesztés, karbantartás, üzemeltetés és a tevékenység felhagyása során. Egy KVR magában foglalja a szervezeti felépítést, a felelősségeket, a gyakorlati megoldásokat, eljárásokat és műveleteket, valamint erőforrásokat a környezeti politika kifejlesztése, bevezetése, karbantartása, áttekintése és monitorozása folyamán. A környezetvédelmi vezetési rendszerek akkor működnek a leghatásosabban és legcélszerűbben, ha az üzemeltetés és az átfogó irányítás elválaszthatatlan részét képezik.

Miközben mind a szabványosított rendszerek (EN ISO 14001:2004[‡] és EMAS[§]), mind a nem-szabványosított („vevőre alkalmazott") rendszerek elvben a *szervezet*et tekintik egységnek, addig az IPPC esetében megengedett a szűkebb értelmezést használni, melybe nem tartozik bele a szervezet összes tevékenysége, amiatt, hogy a szabályozott egység a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet értelmében a *létesítmény*.

Egy KVR lehet szabványosított vagy nem-szabványosított rendszer. A bevezetés és valamely, nemzetközileg is elfogadott szabványosított rendszerhez, mint például az EN ISO 14001:2004 számú szabványhoz való ragaszkodás hitelesebbé képes tenni az KVR-t, különösen, ha azt egy megfelelő külső tanúsítás is alátámasztja.
Az EMAS tovább növeli a megbízhatóságot. Ezt elősegíti a környezeti jogszabályok betartását elősegítő mechanizmus, valamint a környezeti nyilatkozat révén a nyilvánosság bevonása.
A nem-szabványosított rendszerek elvben ugyanilyen hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelőképpen tervezték meg őket és alkalmas módon történt a bevezetésük.

Egy KVR bevezetése és az iránta való elkötelezettség az üzemeltető figyelmét a létesítmény környezeti teljesítményére irányítja. Különösen a normális és a normálistól eltérő helyzetekre kialakított egyértelmű üzemeltetési eljárások karbantartása és végrehajtása, továbbá a hozzárendelt felelősségek biztosítják, hogy a létesítmény engedélyében szereplő feltételeket betartsák és más környezeti célok és feladatok teljesítése minden időben megtörténjen.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek általában biztosítják a létesítmény környezeti teljesítményének folyamatos javítását, tökéletesítését. Minél kedvezőtlenebb a kiindulási helyzet, annál nagyobb rövid távú javulást lehet elvárni. Ha a létesítmény jó környezeti teljesítménynyel rendelkezik, akkor a rendszer segít az üzemeltetőnek a magas teljesítményszint megőrzésében, fenntartásában.

[‡] Környezetközpontú irányítási rendszerek.
[§] Közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszer.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A környezetmenedzsment-technikákat úgy tervezik meg, hogy a környezeti hatást általában veszik figyelembe, ami összhangban áll az IPPC integrált megközelítésével.

Az alábbiakban leírt komponensek minden IPPC létesítményre alkalmazhatók. A KVR tárgya (pl. a részletessége) és természete (pl. szabványosított vagy nem-szabványosított) általában véve a létesítmény jellegével, méretével és komplexitásával, valamint a környezetre gyakorolt hatásával függ össze.

A KVR bevezetésének és működtetésének költségei magasak, de nem ésszerűtlen mértékben azok, mivel:

- A KVR magasabb fokú koordinációt és integrációt valósít meg más menedzsment-rendszerekkel, ami a költségek csökkentésének egyik lehetséges útjaként értékelhető.
- Az összes környezeti cél elérésére és a feladatok megoldására felhasznált ráfordítások kb. fele egy éven belül megtérül a költségmegtakarítások és/vagy növekvő bevétel következtében.
- A legnagyobb költségmegtakarítást az energiára, a hulladék-kezelésekre és a nyersanyagokra fordított csökkenő kiadások révén lehetett elérni.
- A legtöbb cég úgy gondolja, hogy a piacon elfoglalt helyüket erősíti a KVR. A cégek egyharmada arról számolt be, hogy a KVR következtében növekedtek bevételei.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek számos előnyt nyújthatnak, például:

- átláthatóbbá teszi a cég környezetvédelmi helyzetét,
- megalapozottabb a döntéshozatal,
- a dolgozók jobban motiválhatók,
- további lehetőségek nyílnak az üzemeltetési költségek csökkentésére és a termék minőségének javítására,
- javul a környezeti teljesítmény,
- javul a cégről kialakult kép, az imázs,
- csökkennek a felelősségi, biztosítási és a meg nem feleléssel kapcsolatos költségek,
- nagyobb a vonzóerő a munkavállalók, az ügyfelek és a befektetők részéről,
- növekszik az ellenőrző szervek bizalma, ami csökkenő számú ellenőrző felülvizsgálatokhoz, áttekintésekhez vezethet,
- javul a kapcsolat a nyilvánossággal és a környezetvédelmi szervezetekkel.

ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK

Számos környezetvédelmi vezetési technika számít BAT-nak. A környezetvédelmi vezetési rendszerek terén az elérhető legjobb technika (BAT) egy olyan környezetvédelmi vezetési rendszer bevezetése és az annak megfelelő működés, ami az egyedi körülményekre alkalmazva a következő jellegzetességeket foglalja magában:

(a) Környezeti politika meghatározása a létesítményre a felső vezetés döntése alapján, ami magában foglalja a felső vezetés elkötelezettségét arra, hogy
- kielégít minden fontosabb vonatkozó környezeti jogszabályt és más rendelkezést,
- eleget tesz minden más olyan követelménynek, amelyet a cég elfogad és aláír,
- keretet nyújt a környezeti célok és feladatok megállapításához és áttekintéséhez,
- dokumentált és azt minden munkavállalónak tudomására hozták,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

- a nyilvánosság és minden érintett fél rendelkezésére áll, mivel az a felső vezetés elkötelezettsége a sikeres alkalmazás előfeltétele a környezetvédelmi vezetési rendszerek más tulajdonságaival együtt.

(b) A szükséges eljárások megtervezése és kialakítása annak érdekében, hogy
- a létesítmény környezeti vonatkozásait azonosítani lehessen,
- meg lehessen állapítani azokat a tevékenységeket, amelyek jelentős hatást gyakorolnak, vagy gyakorolhatnak a környezetre, és ezt az információt naprakész állapotban tartani,
- egy környezetmenedzsment-program kialakítása és rendszeres felfrissítése, korszerűsítése, beleértve a felelősségek átruházását is a kitűzött célok és feladatok elérése érdekében minden lényeges funkciónál és minden fontos szinten, valamint
- meghatározni azokat az eszközöket és azt az időkeretet, amelynek révén a megvalósításnak meg kell történni.

(c) Az eljárások bevezetése, különös figyelemmel az alábbiakra:
- szerkezet és felelősség,
- betanítás, elvárás és kompetencia,
- kommunikáció,
- a munkavállalók bevonása,
- dokumentálás (naprakész információk kialakítása és karbantartása, papír-alapú vagy elektronikus formában, a menedzsment-rendszer legfontosabb elemeinek és kölcsönhatásaiknak leírása, és útmutatás nyújtása a vonatkozó dokumentációk eléréséhez),
- hatékony folyamat-szabályozás (a folyamatok megfelelő szabályozása minden üzemelési mód mellett, azaz az előkészítésben, az indítás során, a rutinszerű üzemeltetés alatt, a leálláskor és a normálistól eltérő körülmények között),
- karbantartási programok,
- felkészülés a vészhelyzetekre és a megfelelő válaszok kialakítása,
- a környezeti jogi szabályozás kielégítésének biztosítása.

(d) A teljesítmény ellenőrzése és megfelelő korrekciós-kiigazító cselekmények megtétele, különös tekintettel a következőkre:
- monitorozás és mérés (a monitorozásra és a mérésre vonatkozó dokumentált eljárások kialakítása és rendszeresen végzett karbantartásuk, a műveletek és tevékenységek azon kulcsfontosságú jellegzetességei vonatkozásában, melyek lényeges hatást gyakorolhatnak a környezetre, beleértve a teljesítmény nyomon követéséről szóló információk feljegyzését, a lényeges üzemelési tevékenységek kontrollját és a berendezés környezeti céljainak és feladatainak való megfelelőségét),
- korrekciós és megelőző cselekmények, tevékenységek,
- a feljegyzések karbantartása,
- ahol lehet, ott független belső auditálás annak érdekében, hogy meghatározzák, a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e vagy nem felel meg a tervezett tevékenységeknek és értékeknek, és megfelelő volt-e a bevezetés és a karbantartás.
- A felső vezetés részéről az áttekintés, figyelemmel kísérés.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Az alábbi három támogató intézkedés megléte nem kötelező az elérhető legjobb technikának való megfeleléshez:

- Akkreditált tanúsító testület vagy egy külső tanúsító szerv által megvizsgált, ellenőrzött és érvényesített menedzsment-rendszer és auditálási eljárás.
- Egy szabályos környezeti nyilatkozat elkészítése és közzététele (és lehetőleg külső érvényesítése), amely a létesítmény valamennyi lényeges környezeti vonatkozását leírja, és ami lehetővé teszi az évről-évre való összehasonlítást a környezeti szempontú célkitűzések és a feladatok terén, valamint a gazdasági-ipari szektor benchmark[**]-jellegű más mutatószámaival való összehasonlítás, ha lehetséges.
- Egy nemzetközileg elfogadott rendszer bevezetése és az ennek megfelelő működés, ilyen például az EMAS és az EN ISO 14001:2004. Egy ilyen rendszer bevezetése nagyobb megbízhatóságot biztosít a KVR-nek, különösen az EMAS. Elvileg azonban a nem-szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, megfelelő tervezés és bevezetés esetén.

Egy iparág számára speciálisan lényeges a KVR következő potenciális jellegzetességeinek a figyelembe vétele:

- Figyelmet kell fordítani a tevékenység megszüntetéséből származó környezeti hatásokra is már az új üzem tervezésekor (a tevékenység megszüntetése a talaj és a felszín alatti víz szennyezése szempontjából jelent környezeti kockázatot, és nagy mennyiségű szilárd hulladék keletkezésével jár).
- A megelőző technikák a műveletektől függenek, de általában az alábbiakra kell figyelmet fordítani:
- El kell kerülni a földfelszín alatti szerkezetek alkalmazását.
- A kialakítás során figyelemmel kell lenni a könnyű szétszerelhetőségre.
- Olyan felületi kialakítást, bevonatot kell választani, amit könnyen lehet a szennyezéstől mentesíteni.
- Olyan berendezés-konfigurációt kell alkalmazni, ami minimálisra csökkenti a vegyszerek visszamaradását, és ami elősegíti a leeresztést vagy a mosást.
- Rugalmasan kezelhető, önmagában álló egységeket kell tervezni, amelyek lehetővé teszik a fázisonként történő lezárást.
- Célszerű biológiailag lebontható és visszaforgatható anyagokat használni, ha erre mód van.
- Elő kell segíteni a tisztább technológiák alkalmazását.
- Ahol célszerű, az iparágra vonatkozó benchmark-jellegű összehasonlításokat kell végezni rendszeres időközönként, aminek ki kell terjednie az energia-hatékonyságra és az energia-megtakarítási tevékenységekre is, valamint a bemenő anyagok megválasztására, a levegőbe való emissziókra, a vízbe történő kibocsátásokra, a vízfogyasztásra és a hulladékok keletkezésére.
- Az üzem/technológia telepítése során figyelemmel kell lenni arra, hogy a tevékenység zajkibocsátása lakóterületet ne zavarjon.

[**] Benchmark: viszonyítási pont (általában index)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

7. KIBOCSÁTÁSI ÉS TERHELÉSI HATÁRÉRTÉKEK

A BAT technikák alkalmazásával alacsonyabb szintű kibocsátások és így kisebb környezeti hatások érhetők el. A nyersanyag minőségének javítása, a hatékonyság növekedése, a felhasznált energia csökkenése és folyamatirányítás fejlesztése képes csökkenti a felhasznált gáz és fűtőolaj mennyiségét, a gyáron belüli vízrendszer terhelését, a frissvíz felhasználást, így hozzájárulva ahhoz, hogy a működő berendezések a BAT színvonal közelében teljesítsenek. Jelen fejezet összefoglalja a cellulóz- és papíriparban keletkező szennyezés kibocsátásra vonatkozó, Magyar-országon hatályban lévő szabályozókat (ld. alábbi táblázat).

Szennyező forrás (tevékenység)	**Kibocsátott szennyezés**	**Befogadó környezeti elem**	**A kibocsátást szabályzó jogszabály (határérték)**
A technológiához vételezett frissvízből keletkező szennyvíz + szociális szennyvíz	Jogszabályi előírások szerinti anyagokra felszíni víz befogadóba történő kibocsátására előírt határértékek szennyvíz elvezető csatornarendszerbe történő kibocsátásra előírt értékek	Élővíz, közmű	• 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról • 10/2000. (VI. 2.) KöM–EüM–FVM–KHVM együttes rendelet a felszín alattivíz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről • 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól • 25/2003.(XII.30.) KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátási határértékeiről és alkalmazásuk szabályairól szóló 9/2002. (III. 22.) KöM–KöViM rendelet módosításáról • 2003. évi LXXXIX. törvény a környezet-terhelési díjról • 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól. • 221/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a vízgyűjtő-gazdálkodás egyes szabályairól • 27/2005. (XII. 6.) KvVM rendelet a használt- és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról • 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól • 367/2004. (XII. 26.) Korm. rendelet a felszín alatti vízek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet módosításáról

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Erőtelepi, regenerálói füstgáz Mészkemence, Porleválasztó berendezések	Jogszabályi előírások szerinti anyagokra CO, CO_2 Szilárd anyag	levegő	• 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének szabályairól • 14/2001. (V. 9.) KöM–EüM–FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről • 17/2001. (VIII. 3.) KöM rendelet a légszennyezettség és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról • 21/2001. (II. 14.) Korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról • 23/2001. (XI. 13.) KöM rendelet a 140 kWth és az ennél nagyobb, de 50 MWth-nál kisebb névleges bemenő teljesítményű tüzelőberendezések légszennyező anyagainak technológiai kibocsátási határértékeiről • 25/2001. (XII. 7.) KöM–EüM–FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001. (V. 9.) KöM–EüM–FVM együttes rendelet módosításairól • 120/2001. (VI. 30.) Korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról szóló 21/2001. (II. 14.) Korm. rendelet módosításáról • 4/2002. (X. 7.) KvVM rendelet a légszennyezettségi agglomerációk és zónák kijelöléséről • 1/2003. (I. 9.) KvVM–ESZCSM–FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001. (V. 9.) KöM–EüM–FVM együttes rendelet módosításáról • 10/2003. (VII. 11.) KvVM rendelet az 50 MWth és annál nagyobb névleges bemenő teljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

			• 22/2003. (XII. 27.) KvVM rendelet a 140 kWth és az ennél nagyobb, de 50 MWth-nál kisebb névleges bemenő hőteljesítményű tüzelőberendezések légszennyező anyagainak technológiai kibocsátási határértékeiről szóló 23/2001. (XI. 13.) KöM rendelet módosításáról • 4/2004. (IV. 7.) KvVM–ESZCSM–FVM együttes rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről szóló 14/2001. (V. 9.) KöM–EüM–FVM együttes rendelet módosításáról • 17/2004. (X. 18.) KvVM rendelet az 50 MWth és annál nagyobb névleges bemenő teljesítményű tüzelőberendezések működési feltételeiről és légszennyező anyagainak kibocsátási határértékeiről szóló 10/2003. (VII. 11.) KvVM rendelet módosításáról • 36/2006. (II.20.) Korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról szóló 21/2001. (II.14.) Korm. rendelet módosításairól
Zaj és rezgés,	Környezeti és munkahelyi	Környezet munkahely	• 12/1983. MT rendelet a zaj- és rezgésvédelemről • 8/2002. KöM–EüM rendelet a zaj- és rezgésvédelmi határértékekről • 280/2004. Korm. rend. a környezeti zaj értékeléséről, kezeléséről • 24/2004. KvVM rendelet a stratégiai zajtérképekről intézkedési tervről • 96/2002. (V. 5.) Korm. rendelet a zaj- és rezgésvédelemről • 7/1991. KTM rendelet ipari termékek zajvédelmi minőségtanúsítása • 6/1990. KöHÉM rendelet a közúti járművek zajkibocsátási határértékeiről, minősítése • 29/2001. KöM–GKM együttes rendelet a kültéri berendezések zajkibocsátása, mérési módszerek

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

MELLÉKLETEK

1. melléklet – A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése

Új létesítmény esetében az engedélyezési eljárás az előzetes vizsgálati szakasszal indul. A benyújtandó előzetes vizsgálati dokumentáció tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 4. számú melléklete határozza meg.

Az előzetes vizsgálat alapján állapítja meg a felügyelőség, hogy az adott ügyben milyen engedélyezési eljárás lefolytatása szükséges. Amennyiben a tevékenység környezeti hatásvizsgálatra és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra egyaránt kötelezett, a környezethasználónak nyilatkoznia kell arról, hogy kéri-e a kormányrendelet 24. § szerinti összevont eljárás alkalmazását. Amennyiben az elérhető legjobb technikáról rendelkezésre álló információk ezt lehetővé teszik, a felügyelőség dönt a KHV és EKHE eljárás összevonhatóságáról.
Az előzetes vizsgálati eljárásban határozza meg a felügyelőség az engedélyezési eljáráshoz benyújtandó kérelem részletes tartalmi követelményeit.

Amennyiben a tevékenység csak egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra kötelezett, az engedélykérelmi dokumentációt a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet 8. számú mellékletének előírásai szerint kell összeállítani.

A felügyelőség meglévő tevékenység esetén a környezethasználót az egységes környezethasználati engedély első ízben történő megszerzése érdekében teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat elvégzésére kötelezi.
A felülvizsgálat elvégzése során a Kvt.-ben meghatározottakon túl a 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet előírásait is alkalmazni kell.

A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése

Közös számozás	A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálati dokumentáció kötelező tartalma	Az egységes környezethasználati engedélyhez szükséges tartalmi követelmények
1.	***1. Általános adatok*** ††	
1.1.	1.1. A környezetvédelmi felülvizsgálatot (a továbbiakban: vizsgálat) végző neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a jogosultságát igazoló engedély/okirat száma.	
1.2.	1.2. Az érdekelt neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a tevékenység végzésére vonatkozó engedély száma.	a) az engedélykérő azonosító adatai ***(KÜJ számmal),***

†† A szükséges többletinformációk vastag, dőlt kiemeléssel jelölve.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

1.3.	1.3. A telephely(ek) címe, helyrajzi száma, a település statisztikai azonosító száma, átnézeti és részletes helyszínrajz	c) a létesítmény által igénybe vett terület helyszínrajza ***a szennyező források bejelölésével, egységes országos vetületi rendszer (EOV) koordináták feltüntetésével***,
		b) a létesítmény, tevékenység telepítési helyének jellemzői (KTJ számmal és létesítmény azonosító számmal)
1.4.	1.4. A telephely(ek)re vonatkozó engedélyek és előírások felsorolása és bemutatása.	
1.5.	1.5. A telephely(ek)en a vizsgálat időpontjában folytatott tevékenységek felsorolása, a TEÁOR-számok megjelölésével és az alkalmazott technológiá(k) rövid leírásával.	
1.6.	1.6. A telephely(ek)en az érdekelt által korábban (a tevékenység kezdetétől, de legfeljebb 5 év) folytatott tevékenységek bemutatása különös tekintettel a környezetre veszélyt jelentő tevékenységekre, a bekövetkezett, környezetet érintő rendkívüli eseményekkel együtt.	
2.	***2. A felülvizsgált tevékenységre vonatkozó adatok***	
2.1.	2.1. A létesítmények és a tevékenység részletes ismertetése, a tevékenység megkezdésének időpontja, a felhasznált anyagok listája, az előállított termékek listája a mennyiség és az összetétel feltüntetésével.	d) a létesítmény, illetve az ott folytatott tevékenység és annak jellemző termelési kapacitása, beleértve a telephelyen lévő műszakilag kapcsolódó létesítményeket, f) a létesítményben, illetve technológiában felhasznált, valamint az ott előállított anyagok, illetve ***energia jellemzői és mennyiségi adatai,***
2.2.	2.2. A tevékenység(ekk)el kapcsolatos dokumentációk, nyilvántartások, bejelentések, hatósági ellenőrzések, engedélyek, határozatok, kötelezések ismertetése, bírságok esetében 5 évre visszamenőleg.	
2.3.	2.3. Föld alatti és felszíni vezetékek, tartályok, anyagátfejtések helyének, üzemeltetésének ismertetése.	
2.4.		***e) az alkalmazott elérhető legjobb technika ismertetése***

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.	***3. A tevékenység folytatása során bekövetkezett, illetőleg jelentkező környezetterhelés és igénybevétel bemutatása***	
3.1	3.1. Levegő A jellemző levegőhasználatok ismertetése (szellőztetés, elszívás, energiaszolgáltatási és technológiai levegőigények nagyságának, időtartamának változása). A környezeti légtérből beszívott és tisztított levegő előállítását szolgáló berendezések és technológiák leírása. A légszennyezést okozó technológia részletes ismertetése, a szennyezésre hatást gyakorló paraméterek és jellemzők bemutatása. A használt levegő (füstgáz, véggáz) tisztítására szolgáló berendezések és hatásfokuk ismertetése, valamint a tisztítóberendezésben leválasztott anyagok kezelésének és elhelyezésének leírása. A helyhez kötött pontszerű és diffúz légszennyező források jellemzőinek bemutatása, a kibocsátott füstgázok jellemzőinek és a levegőszennyező komponenseknek az ismertetése (bűz is), a megengedett és a tényleges emissziók bemutatása és összehasonlítása. A felülvizsgált tevékenységekkel kapcsolatban rendszeresen vagy időszakosan üzemeltetett mozgó légszennyező források jellemző kibocsátási adatainak leírása, a tevékenységhez kapcsolódó szállítás, illetve járműforgalom hatásai. A levegőtisztaság-védelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedések ismertetése. (Amennyiben intézkedési terve van, annak ismertetése, és a végrehajtás bemutatása.) Be kell mutatni az emisszió terjedését (hatásterületét) és a levegőminőségre gyakorolt hatását.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatásokat***,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.2.	3.2. Víz A jellemző vízhasználatok, vízi munkák és vízi létesítmények, illetve az arra jogosító engedélyek és az engedélyektől való eltérések ismertetése. A friss víz beszerzésére, felhasználására, a használt vizek elhelyezésére vonatkozó statisztikai adatszolgáltatások bemutatása. A technológiai vízigények kielégítésének, a tevékenység biztonságos végzéséhez tartozó vízigénybevételeknek (vízszintsüllyesztés, víztelenítés) és a vízforgalmi diagramnak a bemutatása. Az ivóvízbeszerzés, ivóvízellátás, a kommunális és technológiai célú felhasználás bemutatása. A vízkészlet-igénybevételi adatok ismertetése 5 évre visszamenőleg. A szennyvízkeletkezések helyének, a szennyvizek mennyiségi és minőségi adatainak bemutatása a technológiai leírások alapján. A szennyvíz összegyűjtésére, tisztítására és a tisztított (vagy tisztítatlan) szennyvíz kibocsátására, elhelyezésére vonatkozó adatok, az ipari és egyéb szennyvízcsatornák, a szennyvíztisztító telep jellemzői, továbbá az iszapkezelés, iszapminőség és -elhelyezés adatainak ismertetése. A csapadékvízrendszer bemutatása (akár egyesített, akár elválasztó rendszerű a csatornahálózat). A vízkészletekre gyakorolt hatásokat vizsgáló (hatósági határozattal előírt) monitoring rendszer adatainak és működési tapasztalatainak bemutatása, beleértve mind a vízkivételek, mind a szennyvízbevezetések hatásának vizsgálatát, hatásterületének meghatározását, értékelését. A felszíni és felszín alatti vízszennyezések bemutatása, az elhárításukra tett intézkedések és azok eredményeinek ismertetése. A vízvédelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedési tervek, a végrehajtásuk tárgyi és személyi feltételeinek ismertetése.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatásokat***,
3.3.	3.3. Hulladék A hulladékképződéssel járó technológiák és tevékenységek bemutatása, technológiai folyamatábrák készítése. A technológia és tevékenység során felhasznált anyagok megnevezése, éves felhasznált mennyiségük. Anyagmérlegek készítése a hulladék keletkezésével járó technológiákról.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	A tevékenységből keletkező összes hulladék 16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet szerinti megnevezése, mennyisége, EWC kódszáma (veszélyes hulladékok esetében azok veszélyességi jellemzőit is meg kell adni) technológiánkénti és tevékenységenkénti bontásban. A hulladékok gyűjtési módjának ismertetése. A hulladékok telephelyen belül történő kezelésének, tárolásának, az ezeket megvalósító létesítmények és technológiák részletes ismertetése, beleértve azok műszaki és környezetvédelmi jellemzőit. A telephelyről kiszállított (export is) hulladékok fajtánkénti ismertetése és mennyisége. A hulladékot szállító, átvevő szervezet azonosító adatai, a hulladékszállítás folyamatának (eszköze, módja, útvonala) ismertetése. A hulladékgazdálkodási terv, a keletkező hulladékok mennyiségének és környezeti veszélyességének csökkentésére tett intézkedések ismertetése. Más szervezettől átvett (import is) hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése. A begyűjtéssel átvett hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése.	
3.4.	3.4. Talaj A terület-igénybevétel és a területhasználat megváltozásának adatai. A talaj jellemzése a multifunkcionális tulajdonságai alapján, különös tekintettel a változásokra (vegyi anyagok, hulladékok stb.). A tevékenységből származó talajszennyezések és megszüntetési lehetőségeinek bemutatása. Prioritási intézkedési tervek készítése. Remediációs megoldások bemutatása	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3.5.	3.5. Zaj és rezgés A tevékenység hatásterületének meghatározása zaj- és rezgésvédelmi szempontból, feltüntetve és megnevezve a védendő objektumokat, védendőnek kijelölt területeket. A zaj/rezgésforrások leírása, a tényleges terhelési helyzet meghatározása, összehasonlítása a határértékekkel.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével,
3.6.	Az élővilágra vonatkozó környezetterhelés és igénybevétel bemutatása A területhasználattal érintett életközösségek (növény- és állattársulások) felmérése és annak a természetes, eredeti állapothoz, vagy környezetében lévő, a tevékenységgel nem érintett területekhez való viszonyítása. A tevékenység következtében történő igénybevétel módjának, mértékének megállapítása. A biológiailag aktív felületek meghatározása. A tevékenység káros hatásaira legérzékenyebben reagáló indikátor szervezetek megjelölése. Az eddigi károsodás mértékének meghatározása.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,
3.7.		***h) a létesítményből származó kibocsátások …….. várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan***
4.	***4. Rendkívüli események*** A rendkívüli esemény, illetve üzemzavar miatt a környezetbe került vagy kerülő szennyező anyagok, valamint hulladékok minőségének és mennyiségének meghatározása környezeti elemenként. A megelőzés és a környezetszennyezés elhárítása érdekében teendő intézkedések, haváriatervek, kárelhárítási tervek bemutatása.	l) minden olyan intézkedést, amely …., a biztonságot, ….. szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
5.	***5. Összefoglaló értékelés, javaslatok*** A környezetre gyakorolt hatás értékelése, bemutatva a környezeti kockázatot is. Környezetvédelmi engedéllyel rendelkező tevékenység esetén az engedélykérelemhez elkészített tanulmányok hatás-előrejelzéseinek összevetése a bekövetkezett hatásokkal. A felülvizsgálat és a korábbi vizsgálatok eredményei, illetve határozatok alapján meg kell határozni azokat a lehetséges intézkedéseket, amelyekkel az érdekelt a veszélyeztetés mértékét csökkentheti, illetve a környezetszennyezés megszüntetése érdekében, vagy a környezet ter-	j) a létesítményből származó kibocsátás megelőzésére, vagy amennyiben a megelőzés nem lehetséges, a kibocsátás csökkentésére szolgáló technológiai eljárások és egyéb műszaki megoldások, valamint ***ezeknek a mindenkori elérhető legjobb technikának való megfelelése,*** ***k) szükség esetén a hulladék keletkezésének megelőzésére, a keletkezett hulladék hasznosítására,*** valamint a nem hasznosítható hulladék környezetszennyezést, illetve -károsítást kizá-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	helhetőségének figyelembevételével annak elfogadható mértékűre való csökkentését érheti el. Ha az engedély nélküli tevékenységet új telepítési helyen valósították meg, akkor ismertetni kell a telepítés helyén az ökológiai viszonyokban és a tájban valószínűsíthető vagy bizonyítható változásokat, és az esetleges káros hatások ellensúlyozására bevezetett intézkedéseket. Javaslatot kell adni a szükséges beavatkozásokra, átalakításokra, ezek sürgősségére, időbeli ütemezésére.	ró módon történő ártalmatlanítására szolgáló megoldások, l) minden olyan intézkedést, amely az ***energiahatékonyságot***, a biztonságot, a szennyezések megelőzését, illetve csökkentését szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
6.	Kiemelten kell foglalkozni a környezetszennyezésre, -veszélyeztetésre utaló jelenségekkel, és szükség esetén javaslatot kell tenni az érintett terület feltárására, az észlelő, megfigyelő rendszer kialakítására.	m) a létesítményből származó kibocsátások mérésére (monitoring), folyamatos ellenőrzésére szolgáló módszerek, intézkedések.
		o) biztosítékadási és céltartalék képzéssel kapcsolatos, külön jogszabályban meghatározott adatokat.
		Azon létesítmények esetében, amelyekre nem vonatkozik az 1999. évi LXXIV. törvény, mellékelniük kell az üzembiztonságra vonatkozó és havária esetén megteendő intézkedések bemutatását.
		A 20. § (3) bekezdés esetében a külön jogszabályokban meghatározott engedélyek iránti kérelem tartalmi követelményeit.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

2. melléklet — Meghatározások és rövidítések jegyzéke

Mértékegységek és átszámítási értékek

a	év, 365 nap
d	nap, 24 óra
h	óra
1kWh	3,6 MJ
1MJ	0,2778 kWh
1 kg gőz	feltételezve 2,5 bar nyomást a csővezetékben, a gőz hőtartalma mely felhasználható, megfelel 0,7 kWh/kg vagy kb. 2,5 MJ/kg gőznek
ppm	az érték szorozva a molekulatömeggel és osztva 22,41= mg/m^3, vagy 1ppmNO_2= 2,05 mg NO_2/Nm^3, vagy 1 ppm SO_2= 2,85 mg SO_2/ Nm^3
t	metrikus tonna (1x10^6 gramm)
m^{3}n vagy Nm^3	normál (szabvány) köbméter, az atmoszférikus nyomáson (1013 mbar) és 273,15 K (= 0 °C) hőmérsékleten, a gáz által elfoglalt térfogat
I-TEQ	PCDD/F nemzetközi toxicitási ekvivalens
°C	Celsius fok
μ	mikro= 1x10^{-6}

Rövidítések

ADt	Egy tonna légszáraz rost 90%-os szárazanyag tartalmat jelent. Megjegyezendő, hogy egy tonna légszáraz papír 6%-os nedvességtartalmú papírt jelent.
AOX	A szennyvizekben az ISO 9562:1998 szabvány alapján meghatározott adszorbeálódó szerves halogén mennyisége
BAT	Az elérhető legjobb technikák, ahogy az IPPC Irányelv 2(11) cikkelyében szerepel.
BOD_5/BOD_7	Biológiai oxigénigény, ami jellemzi a szennyvízben lévő biológiailag lebontható szerves anyagok mennyiségét, 5 vagy 7 napos vizsgálattal.
BREF	Az elérhető legjobb technikák referencia dokumentuma.
C	A fehérítéskor alkalmazott klórozási lépcső, vízben oldott elemi klór felhasználásával.
COD	Kémiai oxigénigény, amely a szennyvízben lévő, kémiailag oxidálható szerves anyag mennyiségét adja meg (általában a bikromátos módszerrel mérve).
CSF	Kanadai őrlésfok – ami jellemzi az anyag azon tulajdonságát, hogy adott körülmények között a víz milyen gyorsan tud a rostból eltávozni. Minél kisebb ez az érték, annál nehezebben víztelenedik a rostanyag.
CTMP	Kémiai-mechanikai-termikus rostanyag
D	Klór-dioxidos fehérítési lépcső, mely a klórdioxid vizes

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	oldatát használja fel a rost fehérítésére.
DAF	Oldott levegős flotáció
D/C	Klór-doxidos és klórt használó fehérítési lépcső, ahol a klórdioxid dominál, a klórral szemben (melyet az aktív klór mennyisége szerint jellemezhetünk pl. D_{90}/C_{10} azt jelenti, hogy 90% klórdioxid és 10% klór).
DIP	Festéktelenítettt (deinking) rost – a visszanyert nyomópapírból pl. újságpapírból, deinking folyamat segítségével előállított rost.
DS	Szárazanyag-tartalom
DTPA	Dietil-triamin-tetra-ecetsav komplexképző anyag.
E	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid (NaOH) alkalmazásával.
ECF	Elemi klór mentes (fehérítés)
EDTA	Etilén-dimin-tetra-ecetsav komplexképző anyag.
e.g.	például (exempli gratia, latin)
E/O	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid és megfelelő mennyiségű gáznemű oxigén, mint erősítőanyag alkalmazásával.
EOP	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid, oxigén és hidrogén-peroxid oldat, mint erősítőanyag alkalmazásával.
E/P	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid és hidrogén-peroxid oldat, mint erősítőanyag alkalmazásával.
EPA	Környezetvédelmi hivatal.
EQO	Környezetminőségi tényező.
ESP	Elektrosztatikus leválasztó.
ETS	Európai Tissue Szimpózium, Tissue Gyártók Európai Egyesülete
Euro	Európai pénzegység
FAS	Formamidin-szulfénsav, redukciós fehérítőszer
FEI	Finn Környezetvédelmi Intézet
GW	Facsiszolat rost
HC	Nagy sűrűségű rost koncentráció, 30-50% közötti szárazanyag-tartalommal
H_2O_2	Hidrogén-peroxid
i.e.	vagyis (id est, latin)
IPPC	Integrált szennyezés megelőzés és ellenőrzés
ISW	Iszap térfogati index; 1 gramm eleven iszap által elfoglalt térfogat mm-ben, meghatározott idejű (általában 30 perc) és feltételű ülepedés után.
% ISO	Fehérségi egység az ISO, Nemzetközi Szabványosítási Szervezet előírásai szerint mérve.
LC	Alacsony sűrűség-rost koncentráció, 3-5% közötti szárazanyag-tartalommal
LWC	Könnyű mázolt papír
MBR	Membrán bioreaktor
MC	Közepes sűrűség – rostkoncentráció 8-15% közötti száraz-

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

	anyag-tartalommal
Meuro	millió euro, európai pénzegység
Mg	magnézium
MLSS	kevert folyadék lebegő anyag
NCG	nem kondenzálódó gázok a kémiai feltárás rossz illatú gázainak felel meg
Ndg	normál száraz gáz a szabvány körülményeknek megfelelően
Nsp	nem hegeszthető papír
NO_x	az NO nitrogén-oxid és NO_2 nitrogén-dioxid gáz összes mennyisége NO_2-ban kifejezve
NPE	nem folyamat elem, amely feldúsulhat, ha a vízköröket a cellulózgyárban zárják, ilyen például az Al, Si, Ca, Mg, Mn
NSSC	Semleges szulfitos félcellulóz, a legközönségesebb félcellulóz típus, amely kémiai és mechanikai feltárás kombinálásával állítható elő. Ebben az eljárásban a faaprítékot részben feltárják a rostok és a lignin közötti kötőerő gyengítése érdekében. Az aprítékot azután mechanikailag az őrlőkben kezelik.
O	oxigénes fehérítési lépcső
P	lúgos fehérítési lépcső, hidrogén-peroxid (H_2O_2) mint folyadék alkalmazásával
PCDD/F	poliklórozott dibenzo-p-dioxin / furán
PGW	nyomás alatti facsiszolat(feltárás)
Q	savas fehérítési lépcső, amelybe EDTA és DTPA kelátképző anyagokat adagolnak a fémek eltávolítása érdekében
RCF	reciklált rostok, amelyeket visszanyert papír kezelésével nyernek
RMP	őrlőkkel előállított mechanikai rost
S	1. kén
	2. savas fehérítési lépcső nátrium-hidroszulfit ($NaHSO_3$) alkalmazásával
SC	szuperkalanderezett papír (erősen simított)
SEPA	Svéd Környezetvédelmi Hivatal
SGW	köves facsiszolat
SNCR	szelektív nem katalitikus redukció
SO_2	kéndioxid
SS	lebegőanyag
TCF	teljesen klórmentes (fehérítés)
TMP	termo-mechanikai rost
TRS	összes redukált kén a feltárásban keletkező alábbi kellemetlen szagú kénvegyületek összessége a redukció után: kénhidrogén, metil-merkaptán, dimetil-szulfid, dimetil-diszulfid kénben kifejezve
TSS	összes lebegőanyag (a szennyvízben)
TSP	összes szilárd részecske (a füstgázban), por

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

VOC	illékony szerves anyag
WWTP	szennyvíz-kezelő üzem
Z	ózonos fehérítési lépcső, ózon gáz (O_3) alkalmazásával

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

3. melléklet – Felhasználási és kibocsátási adatok

Rostanyag-gyártást folytató egység felhasználási és kibocsátási adatai

Szennyvízzel kibocsátott szennyezés		Dunacell[‡‡]	Javasolt célérték	BAT ajánlás
KOI	kg/t	280		40-90
BOI_5	mg/l	527		4,0-8,0
AOX	kg/t	0,13		0-0,2
Összes P	mg/l	n.a.		3,0-5,0
Összes N	mg/l	n.a.		4,5-6,0

Légszennyező anyagok kibocsátása		Dunacell	Javasolt célérték	BAT ajánlás
NO_x	g/t	3240		600-1800
CO	g/t	2950		30-100
SO_2	g/t	250		200-500
CO_2	kg/t	3456		500-600
-fosszilis CO_2	kg/t	1252		500-600

Zajszint		Dunacell	Javasolt célérték	BAT ajánlás
nappal	dB	46		<50
éjjel	dB	46		<45

Energia felhasználás		Dunacell	Javasolt célérték	BAT ajánlás
Villamos energia	kWh/t	1016		760
Hőenergia	GJ/t	30,1		14,4

Frissvíz felhasználás (fajlagos)		Dunacell	Javasolt célérték	BAT ajánlás
technológiai víz	m^3/t	164		760
kommunális víz	m^3/t	0		14,4

[‡‡] Biológiai szennyvíz-tisztító előtti értékek

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Segédanyagok felhasználása		Dunacell	Javasolt célérték	BAT
Szil.növelő -anyagában	kg/t			
-felületi	kg/t			
Nedvesszil. növelő	kg/t			
Retenciós szer	kg/t			
Enyvezőa. -anyagában	kg/t			
-felületi	kg/t			
Nyálkaölőszer (biocidok)	kg/t			
Tisztítószer	kg/t			
Habzásgátló	kg/t			
Lerakódásgátló	kg/t			
Színezékek	kg/t			
Töltőanyagok	kg/t			
Egyéb vegyianyagok	kg/t	581		

Csomagolópapír gyártást folytató egység felhasználási és kibocsátási adatai

Szennyvízzel kibocsátott szennyezés		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt célérték	BAT ajánlás
KOI	kg/t	4,5	22-28	<5	1,2-24
BOI_5	mg/l	32,9	1000-1500	<25	4,7
AOX	kg/t	0,0049	0,008-0,012	<0,012	0,005
Összes P	mg/l	2,48	0,6-2,9	<2	1,5
Összes N	mg/l	4,27	0,4-4	<10	16

Légszennyező anyagok kibocsátása		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
NO_x	g/t	0	700-1080	700-1080	600-1800
CO	g/t	0	30-75	30-75	30-100
SO_2	g/t	0	3-14	60-80	200-500
CO_2	kg/t	0	500-600	500-600	500-600
-fosszilis CO_2	kg/t	0	500-600	500-600	500-600

Zajszint		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
nappal	dB	49			50
éjjel	dB	49			<50

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Energia felhasználás		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
Villamos energia	kWh/t	491	400-650		700-800
Hőenergia	GJ/t	4,72	4,4-4,8		6,0-6,5

Frissvíz felhasználás (fajlagos)		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
technológiai víz	m^3/t	7,3	8-10	8-10	<7
kommunális víz	m^3/t	0,154	0		n.a.

Segédanyagok felhasználása		Dunapack Dunaújváros	Dunapack Csepel	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
Szil.növelő -anyagában	kg/t	0	10-12		
-felületi	kg/t	14,13	20-78		
Nedvesszil. növelő	kg/t	0	50-80		
Retenciós szer	kg/t	10,135	0,3-0,7		
Enyvezőa. -anyagában	kg/t	0	2,5-3		
-felületi	kg/t	55,532	2-2,5		
Nyálkaölőszer (biocidok)	kg/t	0,098	0,12-0,15		
Tisztítószer	kg/t	0,047	1,0-1,2		
Habzásgátló	kg/t	0,535	0,2-1,4		
Lerakódásgátló	kg/t	2,168	2-5,6		
Színezékek	kg/t	0	1,5-3,5		
Töltőanyagok	kg/t	0	0		
Egyéb vegyianyagok	kg/t	0,028	0		

Író-nyomópapírok gyártását folytató egység felhasználási és kibocsátási adatai

Szennyvízzel kibocsátott szennyezés		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.[§§]	Javasolt célérték	BAT
KOI	kg/t	0,6	470 mg/l		0,5-2,0
BOI_5	mg/l	0,24kg/t	120		0,15-0,25
AOX	kg/t	0,002	19 $\mu g/m^3$		<0,005
Összes P	mg/l	0,002kg/t	0,29		0,003-0,01
Összes N	mg/l	0,02kg/t	4		0,05-0,2

[§§] Kommunális tisztítóra kibocsátott érték

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Légszennyező anyagok kibocsátása		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.	Javasolt cél-érték	BAT
NO_x	g/t	n.a.	0		600-1800
CO	g/t	n.a.	0		30-100
SO_2	g/t	n.a.	0		200-500
CO_2	kg/t	n.a.	0		500-600
-fosszilis CO_2	kg/t	n.a.	0		500-600

Zajszint		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
nappal	dB	n.a.	n.a.		<50
éjjel	dB	n.a.	n.a.		<50

Energia felhasználás		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
Villamos energia	kWh/t	600	n.a.		600-700
Hőenergia	GJ/t	7,3	n.a.		7,0-7,5

Frissvíz felhasználás (fajlagos)		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
technológiai víz	m^3/t	10	690 000 m^3/év		10-15
kommunális víz	m^3/t		4200 m^3/év		n.a.

Segédanyagok felhasználása		Mondi Szolnok	Füzfői Pgy.	Javasolt cél-érték	BAT ajánlás
Szil.növelő -anyagában		n.a.	n.a.		
-felületi	kg/t	n.a.	n.a.		
Nedvesszil. növelő	kg/t	n.a.	n.a.		
Retenciós szer	kg/t	n.a.	n.a.		
Enyvezőa. -anyagában	kg/t	n.a.	n.a.		
-felületi	kg/t	n.a.	n.a.		
Nyálkaölőszer (biocidok)	kg/t	n.a.	n.a.		
Tisztítószer	kg/t	n.a.	n.a.		
Habzásgátló	kg/t	n.a.	n.a.		
Lerakódásgátló	kg/t	n.a.	n.a.		
Színezékek	kg/t	n.a.	n.a.		
Töltőanyagok	kg/t	n.a.	n.a.		
Egyéb vegyianyagok	kg/t	n.a.	n.a.		

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Tissuepapírok gyártását folytató egység felhasználási és kibocsátási adatai

Szennyvízzel kibocsátott szennyezés		Piszkei Pgy.	Javasolt célérték	BAT ajánlás
KOI	kg/t	7		2,0-4,0
BOI_5	mg/l	50		40-50
AOX	kg/t	0,08		<0,005
Összes P	mg/l	10		10
Összes N	mg/l	50		40

Légszennyező anyagok kibocsátása		Piszkei Pgy.	Javasolt célérték	BAT ajánlás
NO_x	g/t	350 mg/m^3		600-1800
CO	g/t	100 mg/m^3		30-100
SO_2	g/t	35 mg/m^3		200-500
CO_2	kg/t			500-600
-fosszilis CO_2	kg/t	u.a.		500-600

Zajszint		Piszkei Pgy.	Javasolt célérték	BAT ajánlás
nappal	dB	55		<50
éjjel	dB	45		<45

Energia felhasználás		Piszkei Pgy.	Javasolt célérték	BAT ajánlás
Villamos energia	kWh/t	1226		1200-1400
Hőenergia	GJ/t	10,23		7,0-12,0

Frissvíz felhasználás (fajlagos)		Piszkei Pgy.	Javasolt célérték	BAT ajánlás
technológiai víz	m^3/t	68		8-25
kommunális víz	m^3/t	94 m^3/nap		n.a.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Segédanyagok felhasználása		PiszkeiPgy.	Javasolt célérték	BAT
Szil.növelő -anyagában	kg/t	0		
-felületi	kg/t	1,1		
Nedvesszil. növelő	kg/t	7,1		
Retenciós szer	kg/t	0,04		
Enyvezőa. -anyagában	kg/t	0,45		
-felületi	kg/t	0,02		
Nyálkaölőszer (biocidok)	kg/t	0		
Tisztítószer	kg/t	0,27		
Habzásgátló	kg/t	0,16		
Lerakódásgátló	kg/t	0,03		
Színezékek	kg/t	0,22		
Töltőanyagok	kg/t	0		
Egyéb vegyianyagok	kg/t	0		

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

Helyesbítés

A Magyar Közlöny 2007. évi 71. számában megjelent, a környezetvédelmi, természetvédelmi, valamint a vízügyi hatósági eljárások igazgatási szolgáltatási díjairól szóló 33/2005. (XII. 27.) KvVM rendelet módosításáról szóló 20/2007. (VI. 8.) KvVM rendelet 1. számú mellékletében a 20. főcsoport 9–11. alszámai helyesen:

„

	9.	Kúteltömedékelés vízjogi engedélyezése	**5 000**
	10.	Monitoring kút vízjogi engedélyezése	**5 000**
	11.	Vízminőség észlelésére szolgáló figyelő kút	**5 000**

”

(Kézirathiba)

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Magyar Hivatalos Közlönykiadó
megjelentette

dr. Kondorosi Ferenc

Jogalkotás a XXI. század hajnalán

című könyvét

A XXI. század nemzeti jogalkotását minden eddiginél jobban meghatározza a nemzetközi társadalmi és gazdasági környezet, amelynek hátterében az európai integráció hatása, valamint a globalizációs folyamatok húzódnak meg. Az Emberi Jogok Európai Egyezménye, az Unió Alapjogi Chartája vagy az Alkotmányos Szerződés alapelvei csak néhány olyan példája a „nemzetek felett álló jognak", amelyek a nemzeti jogalkotás tekintetében is iránymutatók lehetnek.
A megjelent kötet – a szakkönyvpiacon hiánypótló jelleggel – tudományos igényességgel, ugyanakkor a gyakorlati alkalmazhatóság szándékával mutatja be a XXI. század nemzeti jogalkotásának tendenciáit. A könyv széles körű nemzetközi kitekintést nyújt, amelyben az uniós jogfejlődés elemzésének központi szerep jut.
A kötet szerzője, a tapasztalt jogtudós és gyakorlati szakember alaptézise, hogy „a jogdogmatikai megfontolásokat figyelembe vevő, minőségi normaalkotás programszerű érvényesítése és a konzisztens, áttekinthető jogrendszer eszményképének követése kedvező irányba befolyásolhatja a normák címzettjeinek magatartását, annak érdekében, hogy a jog legfőbb, alkotmányos küldetését teljesítse".
A szerző részletesen vizsgálja a hatékony jogi szabályozás kulcskérdéseit, a hazai jog, valamint a nemzetközi és az európai uniós jog összefüggéseit, eközben mindig kellő hangsúlyt fektetve korunk demokratikus jogállami alapértékeire: az emberi jogokra és az alkotmányosságra. Az olvasó bepillantást nyerhet a jogharmonizáció „kulisszatitkaiba", a biztonság jogalkotásban érvényesülő tényezőinek problematikájába, valamint polgári jogi és büntetőjogi jogalkotásunk legújabb eredményeibe.
A XXI. század elejének kodifikációját elemző kötet egyszerre tankönyv, olvasókönyv és gyakorlati útmutató. Haszonnal forgathatják a társadalomtudományi karok hallgatói, a közigazgatásban dolgozó szakemberek, a politikusok, a média munkatársai és mindenki, aki felelősséget érez a hazai jogállam, jogrend minőségének javításáért.

A kötet 264 oldal terjedelmű, ára **2856 forint** áfával.

Példányonként megvásárolható a Közlönykiadó Jogi Könyvesboltjában (1085 Budapest, Somogyi B. u. 6., tel./fax: 318-8411), valamint a Budapest VII., Rákóczi út 30. szám (bejárat a Dohány u. és Nyár u. sarkán) alatti Közlöny Centrumban (tel.: 321-5971, fax: 321-5275, e-mail: kozlonycentrum@mhk.hu), illetve megrendelhető a kiadó ügyfélszolgálatán (fax: 318-6668, 338-4746, e-mail: kozlonybolt@mhk.hu) vagy a www.mhk.hu/kozlonybolt internetcímen.

MEGRENDELÉS

Megrendelem a

dr. Kondorosi Ferenc

Jogalkotás a XXI. század hajnalán

című, 264 oldal terjedelmű kiadványt (ára: **2856 forint** áfával) ..... példányban, és kérem, juttassák el az alábbi címemre:

A megrendelő (cég) neve: .....

Címe (város, irányítószám): .....

Utca, házszám: .....

Ügyintéző neve, telefonszáma: .....

A megrendelt példányok ellenértékét a postaköltséggel együtt, a szállítást követő számla kézhezvétele után, 8 napon belül átutaljuk a Magyar Hivatalos Közlönykiadónak a számlán feltüntetett pénzforgalmi jelzőszámára vagy postai úton a fenti címre.

Keltezés: ....
cégszerű aláírás

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Magyar Hivatalos Közlönykiadó
megjelentette

Kondorosi Ferenc–Uttó György–Visegrády Antal

A bírói etika és a tisztességes eljárás

című könyvét

A könyvhöz előszót dr. Lomnici Zoltán, a Legfelsőbb Bíróság, illetve az Országos Igazságszolgáltatási Tanács elnöke írt, melyben a következő szavakkal ajánlja a kötetet:

„Az olvasó kezébe olyan könyv (tankönyv, szakmai háttéranyag) kerül, amely tudományos igényességgel és a gyakorlati alkalmazhatóság szándékával mutatja be a bírói etika szakmai-morális alapjait. A kötet jelentős nemzetközi kitekintést nyújt, amikor más országok gyakorlatának, szabályozásának feltárását is vállalja.
A tapasztalt és a tárgykör nemzetközi összefüggéseit is jól ismerő szerzők – helyeselhető módon – abból indultak ki, hogy a bírák etikus magatartása és eljárása az eljárások részvevői – a peres felek, a vádló, a védő, a jogi képviselő, a büntetőügyekben a vádlott – számára garanciális jelentőségű, mert megteremti/megadja az eljárás minőségét is.
A szerzők a bírói etika érvényesülését is vizsgálták a peres eljárás másik minőségi követelményének, a fair eljárás igényének megvalósulásával összefüggésben.
A tisztességes eljárás napjainkban nemzetközi jogi, alkotmányos és morális követelményt is jelent, amelynek tartalma az Emberi Jogok Európai Bírósága és – egyre inkább – az Európai Bíróság esetjogából ismerhető meg. A kötet számos jogeset bemutatásával szolgálja a hazai jogi kultúra színvonalának emelését, a tiszta, demokratikus közállapotok, a bírák és a bíróságok tekintélye megóvását.
A könyv fontos tananyag a bírák, ügyészek, ügyvédek számára, de különös haszonnal forgathatják gyakorló politikusok, a tudományos élet képviselői, a média munkatársai és mindenki, aki felelősséget érez a hazai jogállam, a jogrend minőségéért.”

A kötet 184 oldal terjedelmű, ára **3381 forint** áfával.

Példányonként megvásárolható a Közlönykiadó Jogi Könyvesboltjában (1085 Budapest, Somogyi B. u. 6. Tel./fax: 318-8411), valamint a Budapest VII., Rákóczi út 30. (bejárat a Dohány u. és Nyár u. sarkán) szám alatti Közlöny Centrumban (tel.: 321-5971, fax: 321-5275, e-mail: kozlonycentrum@mhk.hu), illetve megrendelhető a kiadó ügyfélszolgálatán (fax: 318-6668, 338-4746, e-mail: kozlonybolt@mhk.hu) vagy a www.mhk.hu/kozlonybolt internetcímen.

MEGRENDELÉS

Megrendelem

Kondorosi Ferenc–Uttó György–Visegrády Antal

A bírói etika és a tisztességes eljárás

című, 184 oldal terjedelmű kiadványt (ára: **3381 forint** áfával) ..... példányban, és kérem, juttassák el alábbi címemre:

A megrendelő (cég) neve: .....
Címe (város, irányítószám): .....
Utca, házszám: .....
Ügyintéző neve, telefonszáma: .....

A megrendelt példányok ellenértékét a postaköltséggel együtt, a szállítást követő számla kézhezvétele után, 8 napon belül átutaljuk a Magyar Hivatalos Közlönykiadónak a számlán feltüntetett pénzforgalmi jelzőszámára vagy postai úton a fenti címre.

Keltezés: ....
cégszerű aláírás

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Magyar Hivatalos Közlönykiadó kiadásában
– a Kreátor Info Kft. szervezésében – megjelent a

„Helyi önkormányzati rendeletalkotás és jogalkalmazás az Alkotmánybíróság és az Európai Bíróság döntéseinek tükrében” című kiadvány

A két kötetből álló kiadvány célja, hogy az egyes részterületeket sorra véve bemutassa, hogy melyek azok a leggyakoribb hibák, amelyeket a helyi önkormányzatok a rendeleteik megalkotásánál elkövetnek, mégpedig a jelentősebb alkotmánybírósági határozatok tükrében. Mindezen túl egy önálló kötet tartalmazza az Európai Bíróság azon ítéleteit, amelyekben helyi vagy regionális önkormányzatok, illetve helyi vagy regionális hatóságok voltak érintettek, vagy ellenük folyt az eljárás. E kiadvány olyan fontos információk gyűjteménye, melyet a helyi önkormányzatok felhasználhatnak majd a helyi jogalkotás előkészítésénél.

A *„Helyi önkormányzati rendeletalkotás és jogalkalmazás az Alkotmánybíróság és az Európai Bíróság döntéseinek tükrében”* című könyvben tematikus sorrendben kerül rendszerezésre az egyes témakörök szempontjából fontos AB határozatok rövid, kivonatolt tartalma, amely minden jegyző és helyi döntéshozó számára – az önkormányzati rendeletalkotáshoz – szükséges és elengedhetetlen jogforrás.

E mellett az egyes önkormányzati rendeletalkotási tárgykörökre vonatkozóan az önkormányzati rendeletalkotásra felhatalmazást adó hatályos jogszabályok, az egyes rendeletek főbb tartalmi elemeinek és ezen elemekhez kapcsolódó AB döntések ismertetésére is sor kerül. Az AB határozatok lényegi kérdéseinek felvázolása mellett a megsemmisített rendeletek, szakaszok helyett helyes megoldásokra is utal a kiadvány a célból, hogy segítséget nyújtson a jegyző számára a helyi jogalkotási problémák megoldásához.

A kötet fő gerincét alkotják a következő önkormányzati témákban alkotott alkotmánybírósági döntések: a helyi jogalkotás általános kérdései és a jogi alapelvek érvényesülése az önkormányzati rendeletekben, a helyi adó, a hatósági ár, a szociális támogatások, gyermekvédelmi ellátások, lakás- és helyiséggazdálkodás, hulladékgazdálkodás, állattartás, közterület-használat, vásárok és piacok rendje, építésügy, önkormányzati vagyon, költségvetés, útépítési és közműépítési díj, az önkormányzat szervezete és működése.

Külön érdekessége a kiadványnak, hogy a szerzők olyan alkotmánybírósági határozatokat is bemutatnak, amelyek időközben a magyar jogszabályok módosítása, illetve a közösségi jognak való megfelelés okán nem alkalmazhatók, ezzel ugyanis elkerülhető, hogy adott esetben a jogalkotó olyan határozatra hivatkozzon a szabályozás során, amely okafogyottá vált.

Magyarország uniós csatlakozása óta kiemelt jelentősége van a közösségi előírások betartásának is mind a helyi önkormányzati rendeletek alkotása, mind pedig a helyi önkormányzatok törvényes működésének biztosítása során. Így a kiadvány az Európai Bíróság ítéleteinek rövid ismertetése mellett az adott helyzetben alkalmazandó közösségi jogszabály hivatkozását, a helyes értelmezést és a követendő magatartást is tartalmazza. Más tagállamok önkormányzatainak negatív tapasztalatai nagy segítségül szolgálhatnak a jegyzők számára a közösségi jogszabályok helyes alkalmazásához és a közösségi jogsértések elkerüléséhez.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A *„Helyi önkormányzati rendeletalkotás és jogalkalmazás az Alkotmánybíróság és az Európai Bíróság döntéseinek tükrében”* című kötet szerzői a magyar önkormányzati rendszer és az Európai Unió joganyagának kiváló ismerői:
Dr. Gyergyák Ferenc főtanácsadó (Magyar Köztársaság Alkotmánybírósága)
Dr. Orova Márta főosztályvezető-helyettes (ÖTM, Közigazgatási Hivatali, Jegyzői és Hatósági Főosztály)
Sárközyné dr. Szabó Piroska, jegyző
Dr. Zöld-Nagy Viktória közigazgatási jogász (ÖTM, Közigazgatási Hivatali, Jegyzői és Hatósági Főosztály)

A **Magyar Hivatalos Közlönykiadó** a *„Helyi önkormányzati rendeletalkotás és jogalkalmazás az Alkotmánybíróság és az Európai Bíróság döntéseinek tükrében”* című kiadványt ajánlja az ország valamennyi jegyzőjének, körjegyzőjének, főjegyzőjének, a polgármestereknek, megyei közgyűlési elnököknek, a képviselő-testületek tagjainak, valamint a helyi jogalkotás előkészítésében részt vevő hivatali munkatársaknak.

A 384 oldalterjedelmű kiadvány ára: **3948 Ft** áfával

Példányonként megvásárolható a Közlönykiadó Jogi Könyvesboltjában (1085 Budapest, Somogyi B. u. 6. Tel./fax: 318-8411), valamint a Budapest VII., Rákóczi út 30. (bejárat a Dohány u. és Nyár u. sarkán) szám alatti Közlöny Centrumban (tel.: 321-5971, fax: 321-5275, e-mail: kozlonycentrum@mhk.hu), illetve megrendelhető a kiadó ügyfélszolgálatán (fax: 318-6668, 338-4746, e-mail: kozlonybolt@mhk.hu) vagy a www.mhk.hu/kozlonybolt internetcímen.

.....

MEGRENDELŐLAP

Megrendelem a **„Helyi önkormányzati rendeletalkotás és jogalkalmazás az Alkotmánybíróság és az Európai Bíróság döntéseinek tükrében”** című kiadványt (ára: **3948 Ft** + postaköltség), ... példányban, és kérem juttassák el az alábbi címre:

A megrendelő (cég) neve: .....

Címe (város, irányítószám): .....

Utca, házszám: .....

Ügyintéző neve, telefonszáma: .....

A megrendelő (cég) bankszámlaszáma: .....

A megrendelt példányok ellenértékét a postaköltséggel együtt, a szállítást követő számla kézhezvétele után, 8 napon belül a Magyar Hivatalos Közlönykiadónak a számlán feltüntetett pénzforgalmi jelzőszámára átutalom.

Keltezés: ……

……
cégszerű aláírás

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!

A Magyar Hivatalos Közlönykiadó

megjelentette a Közlöny Könyvek sorozatának újabb köteteként

A GAZDASÁGI TÁRSASÁGOKRÓL SZÓLÓ TÖRVÉNY MAGYARÁZATA

című kiadványt.

A 2006. július 1-jétől hatályos, a gazdasági társaságokról szóló 2006. évi IV. törvény (az új Gt.) megalkotása során az Európai Unió társasági jogával való harmonizáció és az egyes tagállamok társasági joga fejlődésének közös sajátosságai mellett a magyar jogalkalmazók több mint másfél évtizedes tapasztalatait is felhasználták.

A magyar jogalkalmazók számára ma már nem számít újdonságnak a társasági jog. Az ellenérzések rég megszűntek, az első társasági törvény, az 1988. évi VI. törvény hatálybalépése óta a gazdasági élet szereplői a társasági jog intézményeit megismerték és elfogadták. Kialakult az a cégbírósági gyakorlat és jelentős szakirodalom, megerősödött az a társasági jogi kultúra, amelyre a jogalkotó támaszkodhatott.

Az új Gt. egyes kérdéseket a korábbival azonosan szabályoz, így az 1997. évi CXLIV. törvényen alapuló, a Legfelsőbb Bíróság és az ítélőtáblák közzétett döntéseiből megismerhető bírói gyakorlat részben továbbra is irányadó.

Ára: **3024 Ft** áfával.

Példányonként megvásárolható a Közlönykiadó Jogi Könyvesboltjában (1085 Budapest, Somogyi B. u. 6. Tel./fax: 318-8411), valamint a Budapest VII., Rákóczi út 30. (bejárat a Dohány u. és Nyár u. sarkán) szám alatti Közlöny Centrumban (tel.: 321-5971, fax: 321-5275, e-mail: kozlonycentrum@mhk.hu), illetve megrendelhető a kiadó ügyfélszolgálatán (fax: 318-6668, 338-4746, e-mail: kozlonybolt@mhk.hu) vagy a www.mhk.hu/kozlonybolt internetcímen.

.....

MEGRENDELŐLAP

Megrendeljük a **A gazdasági társaságokról szóló törvény magyarázata** című kiadványt
(ára: **3024 Ft** + postaköltség), ... példányban, és kérem juttassák el az alábbi címre:

A megrendelő (cég) neve: .....

Címe (város, irányítószám): .....

Utca, házszám: .....

Ügyintéző neve, telefonszáma: .....

A megrendelő (cég) bankszámlaszáma: .....

A megrendelt példányok ellenértékét a postaköltséggel együtt, a szállítást követő számla kézhezvétele után, 8 napon belül a Magyar Hivatalos Közlönykiadónak a számlán feltüntetett pénzforgalmi jelzőszámára átutalom.

Keltezés: ……

……
cégszerű aláírás

KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI ÉRTESÍTŐ
A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium hivatalos lapja
Szerkeszti a szerkesztőbizottság.
A szerkesztésért felelős: dr. Dombi Éva, 1011 Budapest, Fő utca 44–50. Telefon: 457-3311.
Kiadja a Magyar Hivatalos Közlönykiadó (1085 Budapest, Somogyi B. u. 6.), www.mhk.hu
Felelős kiadó: dr. Kodela László elnök-vezérigazgató.
Előfizetésben terjeszti a Magyar Hivatalos Közlönykiadó a Fáma Rt. közreműködésével. Telefon: 266-6567.
Előfizetésben megrendelhető a Magyar Hivatalos Közlönykiadó ügyfélszolgálatán (fax: 318-6668, 338-4746,
e-mail: kozlonybolt@mhk.hu) vagy a www.mhk.hu/kozlonybolt internetcímen,
1085 Budapest, Somogyi Béla u. 6., 1394 Budapest 62, Pf. 357.
Információ: tel./fax: 317-9999, 266-9290/245, 357 mellék.
Példányonként megvásárolható a Budapest VII., Rákóczi út 30. (bejárat a Dohány u. és Nyár u. sarkán) szám alatti
Közlöny Centrumban (tel.: 321-5971, fax: 321-5275, e-mail: kozlonycentrum@mhk.hu).
A 2007. évi éves előfizetési díj: 15 120 Ft áfával. Egy példány ára: 1344 Ft áfával.
A kiadó az előfizetési díj év közbeni emelésének jogát fenntartja.

HU ISSN 1786–2396

07.2889 – Nyomja a Magyar Hivatalos Közlönykiadó Lajosmizsei Nyomdája. Felelős vezető: Burján Norbert igazgató.

Jelen dokumentum a Magyar Hivatalos Közlönykiadó tulajdona, további üzleti célú felhasználása tilos!