



Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium



ÚTMUTATÓ AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ AZ ENERGIAHATÉKONYSÁG TERÉN

Budapest
2009. november

Ez az Útmutató a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) megbízásából készült az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás során az energiahatékonyság terén az elérhető legjobb technikák meghatározásához, 2009-ben.

Az Útmutató elkészítését az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Egységes Környezethasználati Osztálya irányította és koordinálta. Az Útmutató a „Reference Document on the Best Available Techniques for Energy Efficiency, June 2008” BREF magyar nyelven tömörített változata.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő partnerek:

Babcsány Ildikó főosztályvezető-helyettes, témavezető
OKTVF, Nemzetközi Szakmai Ügyek Főosztálya, Egységes Környezethasználati Osztály

Az útmutató alapjául szolgáló „Reference Document on the Best Available Techniques for Energy Efficiency, June 2008” kijelölt fejezeteinek magyar nyelvű fordítását **Tréfas Hajnalka** szakfordító készítette.

Az Egységes 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.

Az Egységes Környezethasználati Osztály telefonon az (1) 2249-140, 2249-167, 2249-168, faxon az (1) 2249-298 számon, e-mailen pedig az ippc@mail.kvvm.hu címen érhető el.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatóak 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.

TARTALOM

1.	ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK.....	5
1.1	Bevezetés.....	5
1.2	A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén.....	7
1.3	Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők.....	8
1.4	Az engedélykérelem.....	8
1.5	Az egységes környezethasználati engedélyezésI eljárás hatálya alá tartozó létesítmények.....	9
1.6	Energiahatékonyság Magyarországon – az ipari felhasználás szempontjából.....	9
2.	BEVEZETÉS ÉS FOGALOMMEGHATÁROZÁSOK.....	13
2.1	Bevezetés.....	13
2.1.1	Az ipari ágazat energiafelhasználása az Európai Unióban.....	13
2.1.2	Az energiafelhasználás kihatásai.....	14
2.1.3	Az energiahatékonyság hozzájárulása a globális felmelegedés kihatásainak mérsékléséhez és a fenntarthatóság javításához.....	15
2.1.4	Energiahatékonyság az IPPC irányelv tükrében.....	17
2.1.5	Energiahatékonyság az integrált szennyezés-megelőzés és -csökkentés (IPPC) vonatkozásában.....	18
2.1.6	Gazdasági kérdések és környezeti elemek közti kölcsönhatások.....	19
2.2	Energia és a termodinamika főtételei.....	21
2.2.1	Energia, hő, teljesítmény és munka.....	21
2.2.2	A termodinamika törvényei.....	24
2.3	Az energiahatékonyságra és az energiahatékonyság javítására vonatkozó indikátorok meghatározása.....	33
2.3.1	Az energiahatékonyság és annak mérése az IPPC irányelvben.....	33
2.3.2	Az energia hatékony és nem hatékony felhasználása.....	34
2.3.3	Az energiahatékonyság indikátorai.....	35
2.3.4	Bevezetés az indikátorok használatához.....	39
2.3.5	A rendszerek és rendszerhatárok fontossága.....	40
2.3.6	Egyéb fontos kapcsolódó fogalmak.....	41
2.4	Az energiahatékonyság indikátorai az iparban.....	46
2.4.1	Bevezetés: az indikátorok és egyéb paraméterek meghatározása.....	46
2.4.2	Energiahatékonyság a termelő egységekben.....	47
2.4.3	A létesítmény energiahatékonysága.....	52
2.5	Az energiahatékonysági indikátorok meg-határozásakor felmerülő egyéb kérdések.....	54
2.5.1	A rendszerhatárok megadása.....	55
2.5.2	Egyéb fontos tényezők létesítmény-szinten.....	61
3.	ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK.....	69
3.1	Bevezetés.....	69
3.2	Elérhető legjobb technikák a létesítmény-szintű energiahatékonyság elérésére.....	76
3.2.1	Energiahatékonysági menedzsment.....	76
3.2.2	Tervezés, célkitűzések és célok megállapítása.....	88
3.2.3	Energiahatékony kialakítás.....	117
3.2.4	A folyamatintegráció növelése.....	124
3.2.5	Az energiahatékonysági kezdeményezések kezdeti lendületének fenntartása.....	125
3.2.6	A szakértelem fenntartása.....	128
3.2.7	Hatékony folyamatirányítás.....	130

3.2.8	Karbantartás	134
3.2.9	Monitoring.....	135
3.3	Energiafelhasználó rendszerek, folyamatok, tevékenységek vagy berendezések energiahatékonyságát szolgáló legjobb elérhető technikák	140
3.3.1	Égetés	140
3.3.2	Gőzrendszerek.....	150
3.3.3	Hőhasznosítás.....	171
3.3.4	Kapcsolt termelés	181
3.3.5	Villamos energia ellátás	194
3.3.6	Villanymotor-meghajtású alrendszerek.....	201
3.3.7	Sűrített levegő rendszerek	222
3.3.8	Fűtő, szellőztető és klíma rendszerek.....	243
3.3.9	Világítás	254
3.3.10	Szárítási, szeparációs és koncentrációs folyamatok.....	261
	Rövidítések jegyzéke.....	276

1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1 BEVEZETÉS

Az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, 96/61/EK tanácsi irányelvet (IPPC¹ direktíva) 1999. október 30-ig kellett az Európai Unió tagállamainak nemzeti jogrendjükbe átültetniük. Az eredeti IPPC Irányelv hatályba lépése óta négy alkalommal módosult. Az első módosítás az Aarhusi Egyezménynek megfelelően megerősítette a nyilvánosság részvételét. A második tisztázta az IPPC Irányelv alapján kiadott engedélyekben foglalt előírások és az EU üvegházhatású gáz kereskedelmi rendszere kapcsolatát. Az utolsó két módosítás a komitológiai eljárásokra és az EPER-re vonatkozó változásokra vonatkozik.

2008. január 15-én megjelent az IPPC Irányelv újrakodifikált változata — az Európai Parlament és Tanács 2008/1/EK irányelve az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről. Az újrakodifikált jogszabály magában foglalja az Irányelv minden korábbi módosítását és néhány nyelvi módosítást (pl. a szövegben hivatkozott jogszabály-számok aktualizálása).

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-től 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 [a továbbiakban: 314/2005. Kr.]. 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kellett 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. §. 28. pontjában található.

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

A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikákat, 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 a legésszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technológiákat/technikákat 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 módszer. 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 megkövetelhetők.

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 követelményeihez.

A 314/2005. Kr. 9. számú 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 figyelembe vételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll. A korszerű technológiákkal/technikákkal 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, nagyszámú tényezőt kell figyelembe venni annak eldöntéséhez, hogy melyik az a leghatékonyabb technika, 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/technika 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. Kr-nek megfelelően a határidők és előírások, melyeket az egységes környezethasználati (IPPC) engedély megszerzésére kötelezett vállalatoknak 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.

2.) Már meglévő létesítmények esetén az egységes környezethasználati engedély csak a Kormányrendelet 19. (§)-ban 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 kellett megfelelniük az egységes környezethasználati engedély követelményeinek.

A 314/2005. Kr. bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben rögzített feltételeket legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint abban az esetben 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. Kr. 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. Kr. 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 energiahatékonysági vonatkozások valamennyi, egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenység esetében figyelembe veendőek.

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 széleskörűbbek lehetnek, mint az adott telephelyen folytatott tevékenység hatásai. Az Útmutató és a 314/2005. Kr. egyaránt feladatokat fogalmaznak meg a létesítményen kívüli tevékenységekre is, mint pl. a hulladékok elhelyezésére, szennyvízkezelésre.

1.6 ENERGIAHATÉKONYSÁG MAGYARORSZÁGON – AZ IPARI FELHASZNÁLÁS SZEMPONTJÁBÓL

Magyarország energiefelhasználása

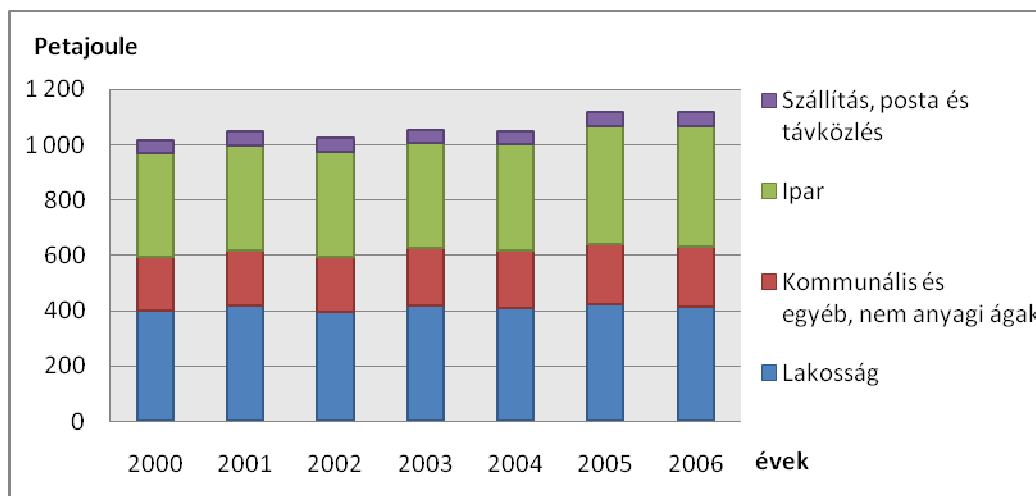
Magyarország teljes energiefelhasználásának mértéke alapján az ipari, a lakossági, illetve a kommunális szektor a releváns, mivel e három terület energiefelhasználásunk több mint 90%-át lefedi. Ezen belül a nem produktív, kommunális és a lakossági szektor 57%-ot képvisel, és folyamatosan növekszik. A hatékonysági és megtakarítási potenciál az elemzők egybehangzó véleménye szerint itt a legmagasabb, de itt a legnehezebb is realizálni a források hiányából adódóan.

Magyarország energiefogyasztását az EU-val összevetve arra a következtetésre lehet jutni, hogy az főre jutó energiefogyasztás és a CO₂ kibocsátás alacsonyabb, az energiaintenzitás sokkal magasabb, mint a 27 tagországot számláló EU-s átlag.

Habár az ország energiahatékonysága jelentősen javult az elmúlt 15 évben, még mindig elmarad a fejlett országokétól, a statisztikák elsősorban a lakosság és a közszféra energiahatékonyságában mutatnak igen szomorú képet.

A nemzetgazdaság energiefelhasználása az utóbbi években abszolút mértékben emelkedett (évente átlagosan 2 százalékkal). Az emelkedésben, illetve annak évenkénti alakulásában szerepet játszott, többek között, a gazdasági növekedés, a jelentősen megnövekedett (lakossági) gázár és az energiahatékonysági erőfeszítések hatása. A 2000-es években az egységnyi nemzeti jövedelem előállításához szükséges energia és anyag mennyisége is

csökkent, összességében pedig - 2000 és 2006 között - évente 1,8 PJ (a fogyasztás kb. 0,17%-a) megtakarítást sikerült elérni az energiahatékonysági intézkedések eredményeképpen.



1.1 ábra: Energiafogyasztás ágazatonként

Magyarország ipari energiafelhasználása

A 90-es évek elején lezajlott drasztikus gazdasági folyamatok eredményeképp a leépülő nehézipar, anyag- és energiaigényes ágazatok helyett a feldolgozóipar és a szolgáltatások indultak fejlődésnek. Az ipar egészének részesedése a bruttó hazai termék előállításából a 2000-2006-os időszakban előbb kismértékben csökkent, majd az elmúlt években az ipari termelés növekedése ismét dinamikusabbá vált (nem számítva a gazdasági válságot). Figyelemreméltó az ipari energiaigények alakulása, mely a 2000. évi 366 PJ-ről 2006-ra 421 PJ-ra emelkedett.

Az általános gazdasági hanyatlás, az ágazati és termelési szerkezet váltás, az előregedett termelési szerkezet rekonstrukciója, a korszerűtlen, nagyenergia fogyasztású ágazatok termelésének mérséklése, esetenkénti leállítása jelentősen megváltoztatta, mérsékelte az ágazat energia felhasználását is. Az ipari szektor közvetlen energiafelhasználását tekintve a 90-es évektől a vas- és acélgyártás, a vegyipar, az üveg- és kerámiagyártás illetőleg az egyéb ipari ágazatok energiaigényében is fokozatos visszaesés jelentkezett.

Ezzel egyidőben módosult az energiafelhasználás szerkezete is. Jelenleg már az igényeknek megfelelően jól szabályozható, jelentősen nagyobb energiahasznosítást lehetővé tevő földgáz fogyasztás a meghatározó az ágazat fosszilis tüzelőanyag felhasználásában.

Egyes hazai ipari ágazatok környezetvédelmi és elsősorban energiahatékonysági törekvései

Cementipar

A 90-es évektől kezdődően elsősorban a porártalom minimalizálásával az emissziós normák javításával, s ezzel egyidejűleg nagyszabású rekonstrukciós munkálatoknak köszönhetően technológiai fejlesztések révén értek el energia megtakarítási és gazdaságossági értékeket.

A cementiparban az energiatakarékosságra való törekvés több szempontból is kiemelkedő fontosságú: a fajlagos energiafelhasználás csökkentése, a hatékonyság javítása egyrészt gazdasági érdek, másrészt a cementgyártás során nagy mennyiségben keletkező szénmonoxid és széndioxid mennyisége is csökkenthető ezáltal. A hazai üzemek energiafogyasztása Európai Unió összehasonlításban is kedvezőnek mondható, akár az átlagos fajlagos tüzelőanyag-felhasználást, akár a fajlagos villamosenergia-felhasználást nézzük.

Papírgyártás

Kedvezően változott a papíripari vállalatok energiafelhasználása a privatizációt követő években. Az új tulajdonosok szinte minden vállalati erőművet felújítottak, ami által a fajlagos energiafelhasználás jelentősen mérséklődött, így a termelési költségek is csökkentek, s ugyanakkor a környezetterhelést is nagy mértékben vissza lehetett fogni.

Vaskohászat

Az egyik legkörnyezetszennyezőbb iparág. A keletkező füstgáz, a savas technológiák és a nagy mennyiségben keletkező hulladékanyagok és melléktermékek különleges kezelést igényelnek. Tekintve, hogy az ágazat az elmúlt két évtizedben mély válságba került, ezzel együtt a környezetvédelmi tennivalók finanszírozása is nagymértékben hiányzott. Ennek ellenére történtek jelentős környezetvédelmi beruházások ebben az ágazatban. A hazai kohóműnél az erőművi kazánok rekonstrukcióján keresztül az energiatermelés és – felhasználás hatékonyságát sikerült növelni. Adott technológiaváltó beruházás eredményeképpen a vízfelhasználás, a sósav emisszió, a szennyvízkibocsátás is több mint 70%-kal csökkent, ezeken keresztül pedig az energiafelhasználás tekintetében is kedvezőbb mérleg jelentkezett.

Vegyipar

A magyar vegyipar a rendszerváltás előtt az egyik legnagyobb talaj- és vízszennyező, emellett a termékeivel is sokszor súlyos károkat okozó, ám igen fejlett nemzetgazdasági iparág volt. A piacgazdasági átmenet során a hazai és nemzetközi versenyhelyzet élesedésével és a környezetvédelmi jogszabályok szigorodásával a hazai vegyipar jelentősen átalakult. Megindultak a telephely rehabilitációk, a termék-korszerűsítések, az anyag és energiatakarékos programok, a technológiaváltások.

Az utóbbi években e cégek szennyvízkibocsátása, veszélyes hulladék produkciója, és légszennyezőanyag-kibocsátása látványos csökkenésének lehettünk tanúi, a termelés volumenének erősödő felfutása mellett. Ezen eredményeiket a vállalatok szívesen propagálják is magas színvonalon előállított környezeti jelentéseikben. Minél pozitívabb előrelépés, hogy új termelőkapacitásaikat a műanyagalapanyag-gyártó vállalatok a legkorszerűbb tiszta technológiák megvásárlásával tervezik üzemeltetni.

A hagyományosan nagy környezetterheléssel járó és a kevésbé szennyező ágazatok közötti differencia összességében csökkent, mivel a legnagyobb pozitív irányú változás épp a nagy szennyezőknél történt.

Az egyes ágazatokat tekintve változó mértékű pozitív hajtóerőt képvisel a termelési hatékonyság-javítás, illetve a technológiafejlesztés (pl. a vegyianyag-politika érvényesítése, energiaintenzitás javítása révén), mely a környezeti elemekbe történő kibocsátások mérséklését is eredményezi. Az ipari energiafogyasztás dinamikus növekedése azonban előrevetíti, hogy a hazai ipar összességében – a környezeti hatékonyság további javítása mellett is – kismértékben növekvő környezeti terhelést jelenthet a jövőben (növekvő termelés + enyhén javuló hatékonyság = kismértékben növekvő kibocsátások).

Célpályák

Az Európai Parlament és Tanács 2006/32/EK irányelve (ESD) a tagállamoknak Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv elkészítését írja elő.

A Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv azokat a már folyamatban lévő, illetve tervezett energiahatékonysági intézkedéseket vázolja fel, amelyeket megfelelő hatékonysággal alkalmazva Magyarország energiafelhasználását a 2008-2016 időszak 9 évében évi 1%-kal lehet mérsékelni.

A Cselekvési Terv fontos eszköze annak, hogy Magyarország 2020-ig az uniós kötelezettségeknek megfelelően az energiafelhasználást 20%-kal mérsékelje, és ez által segítse az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentését.

Az irányelv értelmében Magyarországnak 2016-ig a végső energiafelhasználását összesen 15 955 GWh/év (57,4 PJ/ év) mértékben kell csökkentenie. Ez a cél évi 1 773 GWh (5,38 PJ) energia-megtakarításnak felel meg.

Magyarországon az energiatakarékosági tevékenység jogi alapját a 1107/1999. (X.8.) Korm. Határozat teremtette meg, amely 2010-ig 75 PJ/év elérendő energiatakarékoságot irányzott elő, meghatározva a szükséges állami támogatás mértékét és a bevezetendő intézkedéseket.

Az Energiahatékonysági Cselekvési Terv főbb beavatkozási területei közé tartoznak a lakossági és intézményi szektor épületállománya, az energiaátalakítás, a közlekedés és szállítmányozás, illetőleg azon energiafogyasztó termékcsoportok, amelyek jelentősebben befolyásolhatják az energiaigények mértékét.

Intézkedések az ipari szektor energiafelhasználásának csökkentésére a Cselekvési Tervben:

- Pályázati úton történő támogatások (Energiahatékonysági Hitel Alap, KIOP, KEOP)
- Energetikus kötelező jellegű alkalmazása a nagy energiafogyasztóknál – szakszerűbb energiagazdálkodás
- Nagyfogyasztók kötelező jellegű energiafogyasztási beszámolója
- Tájékoztatás és fenntarthatósági alapelvek előtérbe hozása

2. BEVEZETÉS ÉS FOGALOMMEGHATÁROZÁSOK

2.1 BEVEZETÉS

Az energiahatékonyságról szóló BREF dokumentum elkészítésére az Európai Éghajlatváltozási Program (ECCP) az ipari létesítmények energiahatékonyságára vonatkozó végrehajtásáról szóló Bizottsági Közlemény (COM(2001)580 végleges) kifejezett kérése adta a felhatalmazást. Az ECCP azt kérte, hogy kapjon hangsúlyt az IPPC irányelv energiahatékonysági előírásainak hatékony végrehajtása, és készüljön egy általános energiahatékony technikákról szóló horizontális BREF.

Jelen útmutató az általános energiahatékony technikákról szóló horizontális BREF dokumentum legfontosabb fejezeteinek (bevezetés és definíciók, elérhető legjobb technikák) magyar nyelvre átültetett változata.

2.1.1 Az ipari ágazat energiateljesítménye az Európai Unióban

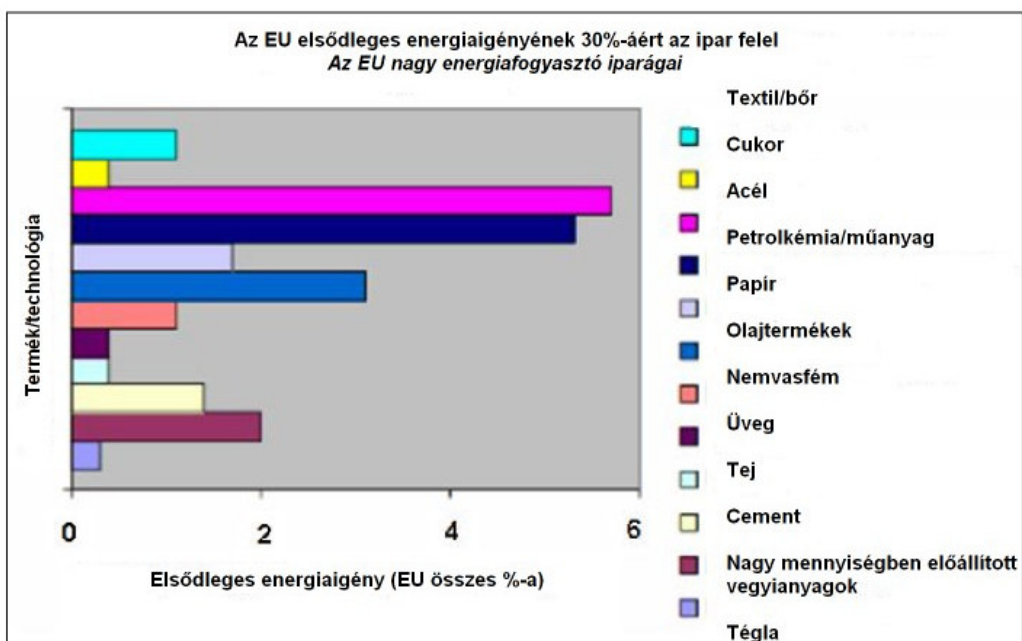
„Az éghajlatváltozás világméretű veszélyének elhárítása érdekében az energiapolitika és az éghajlatvédelem területén közösen akarunk fellépni, és együttesen kívánunk hozzájárulást nyújtani” Berlieni Nyilatkozat (2007. március 25.)

Az EU ipari energiateljesítménye 2004-ben 319 Mtoe (millió tonna olajegyenérték) 11 004 PJ volt, ez az EU végső éves energiateljesítményének 28%-át, az elsődleges energiaigénynek pedig 30%-át teszi ki.²

Az elsődleges tüzelőanyagok 27%-át (villamos energiát termelő) hőerőművekben használják fel. A második legjelentősebb energiateljesítmény-körébe a vas- és acélipar, valamint a vegyipar tartoznak, melyek az ipari energiateljesítmény 19, illetve 18 százalékáért felelősek. Ezeket a követi az üvegipar, a kerámiaipar és az építőanyag-ipar melyek összesen az energiateljesítmény 13%-át adják, 11%-ot pedig a papír- és nyomdaipar használ fel. Az ipar által felhasznált elektromos áramnak körülbelül 25%-át maga az ipar termeli meg. A jelenlegi adatok éves viszonylatban (pl. 2000 és 2004 közt) nem mutatnak számottevő változásokat. Az IPPC hatálya alá tartozó ipari ágazatok egyéb mutatóit a 2.1 ábra mutatja be.

Az EPER szerint a legjelentősebb IPPC kibocsátók felelősek az európai CO₂-kibocsátások körülbelül 40%-áért, az összes SO_x kibocsátás körülbelül 70%-áért és az összes NO_x kibocsátás körülbelül 25%-áért.

²Az elsődleges, másodlagos és végleges (teljes) energiateljesítmény magyarázatát lásd az 1.3.6.1. alfejezetben



2.1 ábra: Az EU feldolgozó iparra eső elsődleges energiaigényének százalékos megoszlása

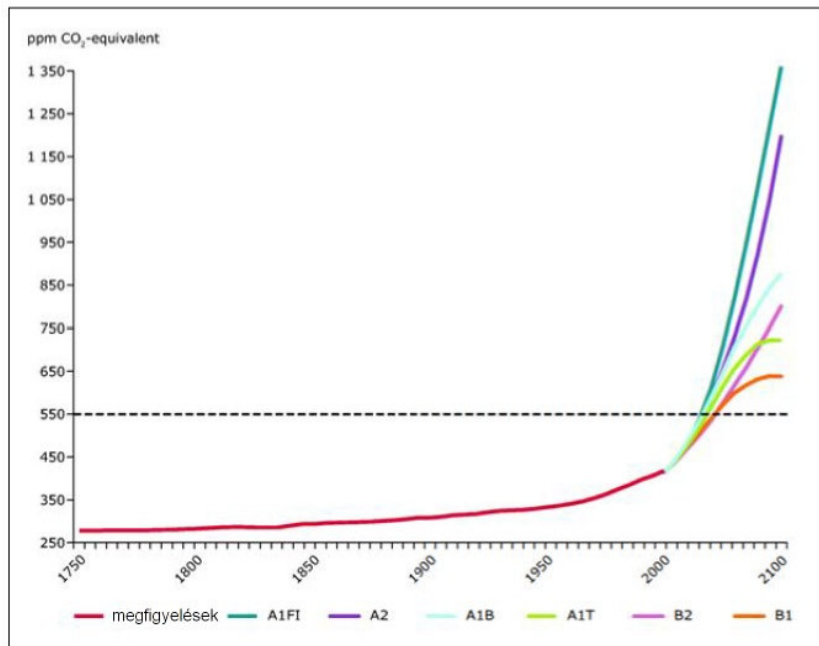
2.1.2 Az energiafelhasználás kihatásai

Globális felmelegedés

Egyes gázok a Föld felszínéről érkező sugárzást elnyelik, majd nagyobb hullámhosszú sugárzás formájában ismét kisugározzák, így járulva hozzá a légkör felmelegedéséhez. A sugárzás légkörbe illetve a Föld felszínére visszasugárzott részének a hatását, mivel az üvegházakban tapasztalható felmelegedést okoz, „üvegházhatás”-nak nevezzük. A legfontosabb üvegházhatású gázok (ÜHG-k) a vízgőz, a szén-dioxid (CO₂), a metán (CH₄), az ózon (O₃) és egyebek közt a dinitrogén-oxid (N₂O). Az üvegházhatás a természetben spontán lejátszódó folyamat, és alapvetően fontos a földi ökoszisztéma működésének fenntartásában.

A legfontosabb (emberi eredetű) üvegházhatású gáz, a légköri szén-dioxid koncentrációja azonban az emberi tevékenység nyomán az iparosodás előtti szinthez képest 34%-kal nőtt, a növekedés mértéke pedig 1950 óta gyorsul. Az emberi tevékenységeknek köszönhetően a más üvegházhatású gázok koncentrációja is növekszik. Az üvegházhatású gázok (CO₂ és nitrogén-oxidok) legfontosabb forrásai az ipari tevékenységek során (ideértve a villamos energia termelést is), illetve a háztartásokban és a közlekedésben elégetett fosszilis tüzelőanyagok. (Üvegházhatású gázok közül a CO₂ és a CH₄ fokozott kibocsátását okozzák a földhasználatban és a mezőgazdaságban bekövetkezett változások. A mesterségesen úton létrejött ÜHG-khoz kapcsolódó bizonyos folyamatok és felhasználások szintén kibocsátásokkal járnak.)

Az utóbbi 420 000 évben a légköri CO₂ koncentráció értékei, az utóbbi 1 000 évben pedig a N₂O koncentráció értékei nem haladták meg a jelenlegieket. Az IPPC (2001) baseline előrejelzése (amely arra épít, hogy a jelenlegi trendek változatlanok maradnak) szerint az üvegházhatású gázok jelenlegi kb. 400 ppmkoncentrációja a következő néhány évtizedben (2050-ig) meg fogja haladni az 550 ppm CO₂-egyenértéket (ld. a 2.2. ábrát). Egy 2006-os baseline forgatókönyv szerint 2050-ig a CO₂-kibocsátás mértéke a mostani értékekhez képest két és félszeresére fog nőni.



2.2 ábra: Üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése a légkörben ppm CO₂ egyenértékben, 1750 óta, és a lehetséges jövőbeli trendek

Az ÜHG-k koncentrációjának növekedésével járó hatások és az ennek következtében fellépő globális felmelegedés létezését ma már általánosan elfogadják (ld. pl. a különböző IPCC jelentéseket). Ami az EU-t illeti, bár részletes információk még mindig csak korlátozott arányban állnak rendelkezésre, az előre jelzett klímaváltozásnak várhatóan nagyarányú környezeti és gazdasági kihatásai lesznek. A klímaváltozás gazdaságra gyakorolt általános összehatása mindenesetre egyelőre nem megjósolható, mert a hatások erősen szórnak, a legtöbb negatív hatás a mediterrán térségben és Dél-Kelet-Európában várható.

Függés a fosszilis tüzelőanyagoktól, és az ellátás biztonsága

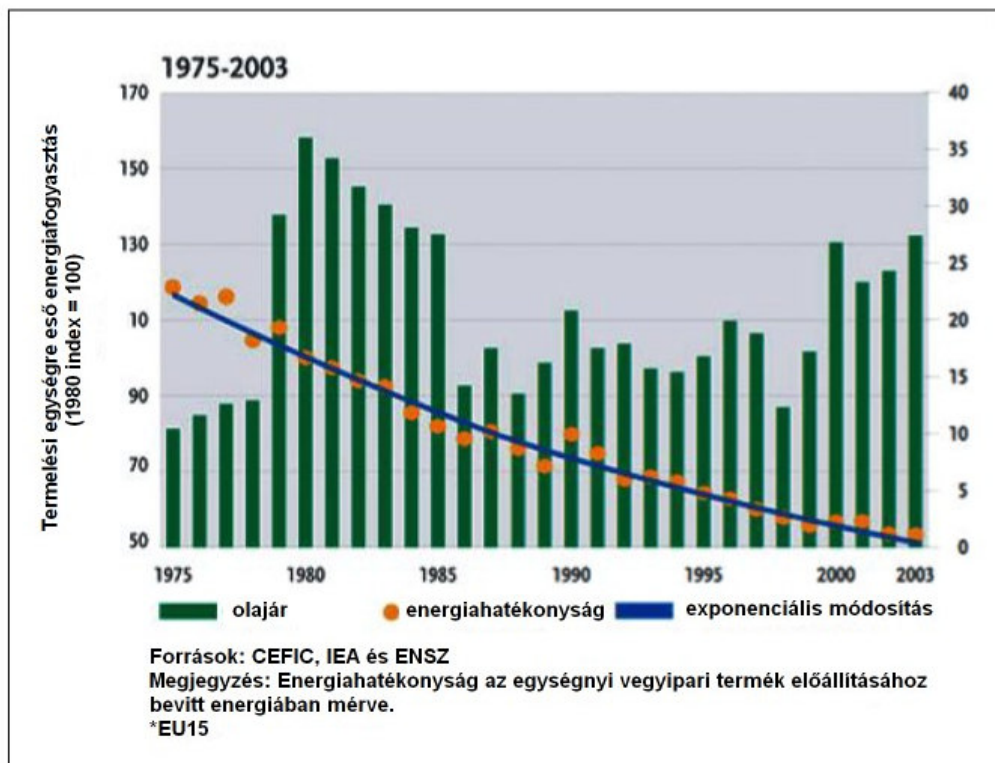
2001-ben az EU energiagazdálkodása legnagyobb részét (a belföldi fogyasztás 79%-ában) még mindig a fosszilis tüzelőanyagokra támaszkodott, melyek nagy részét az importált kőolaj és földgáz adta. Az EU saját energiafelhasználásának több, mint 50%-a importból származik, ez az érték az elkövetkező 20-30 évben várhatóan meghaladhatja a 70%-ot.

2.1.3 Az energiahatékonyság hozzájárulása a globális felmelegedés kihatásainak mérsékléséhez és a fenntarthatóság javításához

Számos 2000-ben készült tanulmány szerint az EU saját energiafelhasználásának legalább 20%-át költségkímélő módon megtakaríthatná. Ez évi 60 000 millió eurónak megfelelő energiamennyiség, illetve Németország és Finnország egyesített energiafelhasználása a 2000-es évben. A tanulmányok arra is rámutattak, hogy az energia-megtakarítás vitán felül a leggyorsabb, leghatékonyabb és leginkább költségkímélő mód az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, illetve a levegő minőségének javítására. Az energiahatékonyság ezenkívül fontos tényező a természeti erőforrásokkal (jelen esetben az energiaforrások) való gazdálkodásban és a fenntartható fejlődésben, ráadásul fontos szerepet játszik abban, hogy Európa csökkenthesse függőségét ezektől a forrásoktól. Egy energiahatékonyságot érintő kezdeményezés, bár jelentős befektetésekkel járna, nem kevesebb, mint körülbelül egymillió új munkahely megteremtésével és a versenyképesség fokozásával nagyban hozzájárulna a

Lisszaboni Célkitűzések megvalósulásához. Ennek megfelelően az EU Energiahatékonysági Akciótervet hirdetett meg, melynek keretében az Unió teljes területére számítva az energiafelhasználás 20%-os (kb. 39 Mtoe-s) csökkentésére törekszik, illetve a feldolgozóipar energiafelhasználását 2020-ig 27%-kal kívánja mérsékelni. Ez az EU közvetlen költségeit 2020-ig évi 100 000 millió euróval csökkentené, illetve megakadályozná évente mintegy 780 millió tonna CO₂ légkörbe kerülését.

Az elmúlt 20 évben több ágazatban jelentősen javult az energiahatékonyság. A legfőbb piaci hajtóerőt a termelékenység, a termékminőség és az új piacok képviselik. Az EU energiahatékonyságra vonatkozó szabályozása viszonylag új, bár egyes tagállamok már a korábbi években is szabályozták ezt a területet. Az ipar többnyire önkéntes, főleg költségcsökkentést célzó lépéseket tett az energiahatékonyság javítására, de ezek az intézkedések az EU illetve az egyes tagállamok kezdeményezéseivel is egybeestek. A feldolgozóipar ágazatai közül Európában a vegyipar számít az egyik legnagyobb földgázfelhasználónak, itt a termelési költségek közel 60 %-áért az energia felelős. Ugyanakkor 1975 és 2003 közt a vegyipar fajlagos energiafelhasználása 55%-kal csökkent (ld. 2.3 ábra).



2.3 ábra: A vegyipar energiafelhasználása, 1975-2003

Az energiahatékonyság folyamatos javítása létfontosságú. Az előrejelzések szerint pusztán a javuló energiahatékonyságra alapozva 2050-re a jelenlegi technológiák alkalmazása mellett is a 2006-os szintre csökkenthető az energiafelhasználással kapcsolatos CO₂-kibocsátások mértéke, és mérsékelhető az olajigény is (ezt elősegítheti még a villamos energia termelésben és a közlekedésben a fosszilis tüzelőanyagokról való átállás). Az energiahatékonyság révén megtakarított energia a jövő fenntartható energiagazdálkodása szempontjából elsődleges fontosságú, az energiahatékonyság ezenkívül gyakran a kibocsátások csökkentésének és a fokozódó energiaigény visszafogásának legolcsóbb, leggyorsabb és leginkább környezetbarát módja. 2006-os foratókönyvek szerint, ha feltételezzük az épületek, az ipar és a közlekedés

javuló energiahatékonyságát, az a baseline forgatókönyvhöz képest 2050-ig az energiafelhasználás 17-33%-os csökkenését eredményezi. Az energiahatékonyság javulása a baseline előrejelzésekhez képest 2050-ig a teljes CO₂-kibocsátás 45-53%-os csökkenését teszi lehetővé. Egy másik forgatókönyv szerint, ahol a globális hatékonysági nyereség a baseline előrejelzéshez képest csak 20%-os, a teljes CO₂-kibocsátás a többi forgatókönyvhöz képest több, mint 20%-kal növekszik.

2.1.4 *Energiahatékonyság az IPPC irányelv tükrében*

Mind az engedélyek kiadójának, mind az üzemeltetőnek tisztában kell lennie azzal, mit jelent, illetve hogyan valósítható meg, és miként mérhető vagy becsülhető az energia hatékony felhasználása, és mindezek hogyan jelenhetnek meg az engedélyben.

Az IPPC alá tartozó ipari tevékenységeket az IPPC irányelv 1. melléklete sorolja fel. IPPC gyártási folyamat/egység/telephely lehet pl.:

- gáztüzelésű erőmű, amely alapanyagként gázt használ fel (input) és a gyártási folyamat során elektromos áramot termel. A felhasznált energia a gázból származik. A folyamatban az elektromos áram mellett alacsony hőfokú hőenergia is termelődik, amely a hűtés során rendszerint elvész. Amennyiben ez felhasználhatóvá válik (pl. távfűtésben), javul a fajlagos energiahatékonyság.
- egy olajfinomító nyersolajat használ fel, és benzint, dízelolajat, tüzelőolajat és egyéb termékeket gyárt belőle. A szénhidrogének egy részét a finomító saját maga égeti el, hogy a feldolgozás folyamataihoz szükséges energiát fedezze. A feldolgozáshoz rendszerint elektromos áram behozatalára is szükség van, hacsak a finomítón belül nem állítanak be egy áramtermelő egységet is. Ez utóbbi esetben a finomító nettó áramtermelővé válhat.
- egy vízgőz-pirolízist (krakkolást) végző üzem folyékony és gáz halmazállapotú nyersanyagokat vesz át egy olajfinomítótól és ezeket etilénné, propilénné, illetve bizonyos melléktermékekké alakítja. A felhasznált energia egy része a folyamaton belül termelődik, ezt egészíti ki az üzembe kívülről bekerülő vízgőz, elektromos áram és tüzelőanyag.
- egy acélmű hengermalma nyersanyagként körülbelül 2 dm vastag, lapos acéllemezeket használ, melyeket néhány mm vastagságú tekercsekké sajtol. A hengermalom kemencékből, hengerelő berendezésből, hűtőberendezésből és kiegészítő rendszerekből áll.
- egy (észak-európai) hulladékégető a körzetében élő 500 ezres lakosság után, a hasznosítást és a biológiai hasznosítást követően 150 000 tonna hulladékot fogad. A hulladékégető évi 60 000 MWh elektromos áramot képes termelni, ebből 15 000 MWh/év belső felhasználásra kerül, 45 000 MWh mennyiséget pedig elvezetnek az elektromos hálózatba. Ez 60 000 lakos otthoni elektromos áram szükségletét fedezi. Ahol a megtermelt hőre is igény van, a hulladékégető kapcsolt (CHP) erőműként is üzemeltethető (vagyis egyszerre elektromos áramot és hőt is termelhet): a magas nyomású gőzzel elektromos áram termelhető, míg a maradék alacsony vagy közepes nyomású gőz a távfűtésben hasznosítható, illetve hűtésre vagy egyéb ipari célokra alkalmazható. Hő nagyobb hatékonysággal termelhető; amikor a hőt az üzemen kívül hasznosítják, kevesebb áram termelődik. Amennyiben az igények erre lehetőséget biztosítanak, az üzem úgy is kialakítható, hogy csak hőt termeljen. Az elektromos áram- és a hőtermelés, illetve ezek aránya a felhasználói igények, és egyéb szerződéses feltételek függvénye.
- 40 000 férőhelyes intenzív baromfi (broiler csirke) telepen a csirkék 5-8 hét alatt érik el a megkívánt vágósúlyt. Az üzem a takarmánykiosztó és itató rendszerek üzemeltetéséhez, a világításhoz, a trágyakihordáshoz és az almozáshoz valamint a szellőztető/hűtő/fűtő

rendszerekben energiát használ fel. A trágyát rendszerint trágyázásra használják fel, ugyanakkor a trágya kapcsolt vagy különálló biogáz termelő üzemben is hasznosítható. A biogáz az ólak fűtésében hasznosítható.

- egy kiváló minőségű magazinok és katalógusok nyomtatásával foglalkozó mélynyomó létesítmény öt, összesen 40 festék egységet tartalmazó nyomdagéppel rendelkezik. A nyomdagépek motorjának, illetve a nyomdai folyamatokban használt sűrített levegős és hidraulikus rendszereknek a működtetéséhez az üzem elektromos áramot használ fel, míg a toluol viszanyerő rendszer (ahol a hulladékkezelés során az oldószeres abszorpciójára kerül sor) szárításához földgázt, a rendszer regenerálásához pedig gőzt alkalmaz.

Minden IPPC létesítményhez tartoznak olyan kiegészítő tevékenységek és támogató rendszerek, melyek energiát használnak fel, ilyenek például a hidraulikus, kenő, sűrített levegőt alkalmazó, szellőztető, fűtő, hűtő rendszerek, illetve az ezekhez tartozó szivattyúk, ventilátorok, motorok stb. Az üzemhez ezenkívül tartozhatnak karbantartó műhelyek, személyzeti helyiségek, irodák, öltözők, raktárak stb., melyek hűtést, meleg vizet, világítást stb. igényelnek.

2.1.5 Energiahatékonyság az integrált szennyezés-megelőzés és -csökkentés (IPPC) vonatkozásában

Az energiahatékonysági technikákról szóló információk sokféle forrásból, számos nyelven beszerezhetőek. Jelen dokumentum az energiahatékonyság legfontosabb koncepcióit és technikáit tárgyalja, az egész létesítményre kiterjedő integrált szennyezés-megelőzés és -csökkentés vonatkozásában. Az információcsere során nyilvánvalóvá vált, hogy bár az egyes technikák önmagukban is alkalmazhatók, és segítségükkel energia takarítható meg, az energiahatékonyság terén jelentős javulással csak akkor számolhatunk, ha stratégiánkat az üzem egész területére, és az üzemhez tartozó összes rendszerre alapozzuk. Egy sűrített levegővel működő rendszerben például 2%-kal csökkenthető a felhasznált energia mennyisége, ha a villanymotorokat lecseréljük, míg a rendszer teljes átalakítása akár 37%-os energia-megtakarítást is eredményezhet (ld. a 24. BAT pontot). A technikák alkotóelemek (komponensek) szintjén történő vizsgálata túlságosan előíró jellegűvé válhat. Ez egyes esetekben akadályozhatja vagy késleltetheti a nagyobb környezeti haszonnal járó döntések meghozatalát, amikor az anyagi és egyéb erőforrásokat olyan beruházások során használják fel, melyeket az energiahatékonyság szempontjából nem optimalizáltak.

Egyes esetekben ugyanakkor az is előfordulhat, hogy az energiahatékonyságot fokozó technikák komponens- vagy rendszerszintű alkalmazása fenntartja, sőt növeli a környezeti elemek közti kölcsönhatásokat (azaz környezetvédelmi problémákat okoz). Egy olyan üzemet hozhatunk fel erre példának, ahol szerves oldószerrel felületkezelést végeznek (bevonatok felvitele előtt). Az egyes komponensek (pl. motorok) hatékonyabbakra cserélhetők, sőt, az oldószer kinyerést végző rendszer és a véggáz-kezelő rendszer is optimalizálható a minimális energiafelhasználás szempontjából, a legnagyobb környezeti hasznot mégis az olyan átalakítások jelentenék (amennyiben ezek technikailag megoldhatók), melyeknek eredményeképp a folyamat egészében vagy egyes részeiben az oldószer-használat csökken, illetve az oldószeres alkalmazása más technológiával kiváltható. Ebben az esetben maga a folyamat —a szárítás és az egyéb kezelések során— több energiát fogyaszthat, mint az eredeti rendszer, nincs szükség viszont többé oldószer kinyerésre és véggáz kezelésre, ami jelentős energia-megtakarítást eredményezhet. Csökken ezenkívül a létesítmény összes oldószer kibocsátása is. (ld. a 2. BAT pontot és az Oldószeres Felületkezelés BREF dokumentumot).

A jelen fejezetben, illetve a más fejezetekben szereplő magyarázatok és fogalmak a téma bevezetőjeként szolgálnak, és az IPPC hatálya alá tartozó, valamint az egyéb iparágakat általában úgy közelítik meg, hogy az energia ágazatban kevésbé járatosak is értelmezni tudják a leírtakat. Az érdeklődők a részletes tudományos információkat és magyarázatokat (valamint a matematikai képleteket és levezetéseket) az eredeti BREF 7.1 mellékletében, illetve a termodinamikával foglalkozó szakirodalomban és egyéb kiadványokban találhatják meg.

2.1.6 Gazdasági kérdések és környezeti elemek közti kölcsönhatások

Az energia ugyanolyan, mint az adott gazdasági tevékenységhez szükséges többi értékes nyersanyag forrás – nem csupán egy állandó költség és a fenntartási költségek egyik eleme. Az energiafelhasználáshoz kapcsolódó költségeket és környezeti hatásokat úgy kell kezelni, hogy a gazdasági tevékenység jövedelmezősége és versenyképessége növekedjen, illetve a hatások súlyossága enyhíthető legyen.

Az energiahatékonyság kiemelt helyen áll az EU politikájában (olyan nyilatkozatokban, mint például a Berlini Nyilatkozat, mely utóbbi például csak ezt a környezetvédelemmel kapcsolatos elemet tartalmazza). Mikor adott létesítményben a BAT alkalmazásának gazdasági, illetve környezeti elemek kölcsönhatásaira vonatkozó hatásait vizsgálják, a 9. cikk 4. pontjának való megfelelés megállapításánál figyelembe kell venni az energiahatékonyság fontosságát is, azaz az engedélyben szereplő kibocsátási határértékeket és az azzal egyenértékű paramétereket.

A Bizottság szerint a folyamat-integrált intézkedéseknek pozitív, vagy többé kevésbé semleges hatása lesz a vállalkozások jövedelmezőségére³. Egyes BAT-ok esetében elkerülhetetlen, hogy a technika bevezetése nem fizetődik ki, ugyanakkor a társadalmi haszon, a „szennyező fizet” elvvel összhangban ellensúlyozza a felmerülő költségeket.

A BAT meghatározása magában foglalja a technika bevezetésével járó becsült összes költség felmérését, az elért környezeti haszon ellenében. Egy másik gazdaságossági elemzést is el kell végezni, melynek segítségével eldönthető, hogy az érintett szektorban gazdaságos módon bevezethető-e egyáltalán a technika. A megengedhetőség (affordability) vizsgálat törvényesen csak európai ágazati szinten alkalmazható⁴.

Az energiahatékonysági intézkedéseknek az az előnye, hogy a környezeti hatások csökkentése rendszerint anyagilag is kifizetődő. Ahol rendelkezésre állnak az erre vonatkozó adatok, az

³COM(2003) 354 végső változat kijelenti: a „csővégi” megoldások gyakran rövid távú negatív kihatásokkal járnak a jövedelmezőségre. Az energiahatékonyság növelésére viszont nem léteznek ilyen módszerek, a legjobban hasonlító megközelítés a könnyen beilleszthető elemek, pl. a motorok cseréje, ezek viszont nem feltétlenül számítanak a legkedvezőbb megoldásnak, környezetvédelmi illetve megtérülési szempontból.

⁴Az „ágazat” viszonylag magas bontási szintként értendő, pl. a teljes vegyiparon, mint nagyobb kategórián belül elkülöníthető a klórt és nátrium-hidroxidot gyártó ágazat.

egyres technikákkal kapcsolatban a következő fejezetekben (illetve vonatkozó ágazati BREF-ekben) a költségeket is megadjuk. A költségmegtérülés témája gyakran felvetődik az energiahatékonysággal kapcsolatban. Tetszőleges technika gazdasági hatékonyságának alapján a költség-megtérülés arány megbecsülhető. Meglévő létesítmények esetében figyelembe kell venni a modernizálás gazdasági és technikai megoldhatóságát. Még akkor is, ha egyetlen célunk a környezet egészének magas szintű védelme, gyakran kompromisszumokra kényszerülünk a különböző környezeti hatások tekintetében, döntéseinket ezekben az esetekben többnyire a helyi megfontolások is befolyásolják. Egyes esetekben például az energiafogyasztást növelheti az egyéb környezeti kihatások csökkentése érdekében bevezetett IPPC (pl. a füstgázkezelés, melyet a levegőbe jutó kibocsátások csökkentésére alkalmaznak).

A gazdasági hatásokat és a környezeti elemek közti kölcsönhatásokat a Gazdasági és környezeti elemek közti kölcsönhatások BREF részletezi, mely bemutatja a környezeti elemek közti kölcsönhatások felmérésének és a költség-megtérülés számítások módszereit is. Az alábbi, remélhetőleg hasznos gyakorlati példákat a beérkező információk feldolgozása során választottuk ki:

- számos tagállamban a megtérülés szempontjából megvalósíthatónak ítélik meg azokat a technikákat, ahol a befektetés megtérülése (ROI) 5-7 évet vesz igénybe, illetve a ROI 15% körül van (az egyes tagállamok illetve régiók más-más számokat használnak)
- az energiahatékonyság vonatkozásában számos technika gazdasági megtérülése a technika teljes élettartamára eső költségek alapján ítélt meg. Villanymotorok esetében például a beszerzési költség 2,5%-ot, a karbantartási költség 1,5%-ot az energiaköltségek pedig 96%-ot tesznek ki
- az egyik tagállam által kiadott, nemzetközileg elismert jelentés a klímaváltozás mérséklésének gazdasági fontosságával foglalkozik. A klímaváltozás okozta károkkal kapcsolatos lehetséges költségek felméréséhez a tagállam az alábbiakkal számolt: 70 GBP/t (100 euró/t) szén 2000-ben, és évente 1 GBP /t/év (1,436 euró/t/év) infláció, illetve 19 GBP/t (27.28 euró/t) CO₂, és évente 0,27 GBP/t (0,39 euró/t) infláció. (A 2006. április 1-én érvényes 1 GBP=1,436 euró átváltási arány mellett.) Ezeket a számokat használhatjuk a környezeti elemek kölcsönhatásai okozta társadalmi vagy gazdasági költségek összehasonlítása során.
http://www.hm-treasury.gov.uk/documents/taxation_work_and_welfare/taxation_and_the_environment/tax_env_GESWP140.cfm
- egy nemrégiben kiadott nemzetközi jelentés szerint a CO₂ szintje a jelenleg létező technikákkal, javuló energiahatékonyság mellett, visszaállítható a jelenlegi szintekre, illetve ott tartható. A célkitűzés megvalósításának költsége CO₂ tonnánként 25 USD (20,68 euró), ami a széntüzelésű erőművekből származó villamos energia árát kWh-ként 0,02 USD (0,017 euró)-val, a benzin árát pedig literenként 0,07 USD (0,058 euró)-val emelné (ez egy gallonra 0,28 USD emelkedést jelent). A CO₂-kibocsátás csökkentésének költsége a teljes technológiára, mire az összes résztechnológia kereskedelmi forgalomba kerül, tonnánként átlagosan kevesebb, mint 25 USD (20,68 euró), ez pedig alacsonyabb, mint a CO₂ tonnánkénti ára az EU emisszió kereskedelmi rendszerében, a rendszer beindulásának időszakában (a 2006. áprilisában érvényes 1 USD=0,827 euró átváltási arány mellett).

A költségmegtakarítás kiszámításának szoftverei

Erre a célra több számítási szoftvert is kifejlesztettek. Ezek megkönnyíthetik a kalkulációt, de vannak olyan hátrányaik, melyeket a használat során figyelembe kell venni.

- a számítások gyakran az egyes berendezési elemek, pl. motorok, szivattyúk, világítótestek cseréjének költségére alapulnak, és nem veszik figyelembe a rendszer egészét, amelyben a berendezés működik. Emiatt gyakran nem lehetséges a rendszer és a létesítmény egészére vonatkozó energiahatékonyság maximalizálása (ld. a 2.3.5. és 2.5.11 fejezeteket)
- a szoftverek egy része független forrásokból, pl. kormányhivataloktól származik, mások viszont kereskedelmi forgalomban vannak, ezért teljes függetlenségük nem garantálható

A számításokhoz javasoljuk az alábbi, és az ezekhez hasonló internetes oldalak felkeresését:

- http://www.energystar.gov/ia/business/cfo_calculator.xls
- http://www.martindalecenter.com/Calculators1A_4_Util.html

2.2 ENERGIA ÉS A TERMODINAMIKA FŐTÉTELEI

Az energia nehezen meghatározható elemi entitás, legpontosabban matematikai fogalmakkal ragadható meg. Köznapi szóhasználatnál, az energia a munkavégzés (azaz változtatás) képessége vagy kapacitása („elérhető energia”). A termodinamika a fizikának az energiával és annak átalakításával foglalkozó részterülete, melynek vannak alapfogalmai, illetve alaptörvényei. Az energia illetve az energiahatékonyság megértéséhez nélkülözhetetlen a termodinamika alapfogalmainak ismerete. Ez a fejezet megkísérel egy relatíve egyszerű összefoglalást adni erről a területről, a vonatkozó matematikai fejtegetések lehetséges minimumon tartása mellett. A magyarázatok emiatt tudományosan nem teljesen pontosak, az érdeklődők számára pontosabb és részletesebb információkkal az eredeti BREF 7.1 melléklete, illetve a témával foglalkozó szakirodalom szolgálnak (ez utóbbiakra a példákat ld. az eredeti BREF 7.1.4.1 mellékletében).

2.2.1 *Energia, hő, teljesítmény és munka*

Az energiát —adott rendszer állapotváltozásán keresztül értelmezve— az SI rendszerben joule-ban mérik. Az energia számos formában megjelenhet, megnevezése a speciális erő által kiváltott hatástól (vagy elvégzett munkától) függ. Az iparban általában használt hat legfontosabb energiaforma:

(i) **Kémiai energia:** az az energia, amely az atomokat vagy ionokat egymáshoz köti. Az ipari tevékenységek vonatkozásában a kémiai energia leggyakrabban szén alapú tüzelőanyagokban tárolva jelenik meg, és kémiai reakciók során szabadul fel (ez a reakció az általában égetésben megnyilvánuló oxidáció, melynek során szén-dioxid szabadul fel). A felszabaduló energiát rendszerint jobban hasznosítható formába alakítják, pl. mechanikus energiává (pl. robbanómotorok), vagy termikus energiává (pl. közvetlen melegítés).

(ii) **Mechanikai energia:** mozgással kapcsolatos energiaféleség (pl. a dugattyú mozgása a hengerben, belső égésű motorokban), gépek meghajtására közvetlenül felhasználható, ld. pl. elektromos generátorok, gépjárművek stb. Generátorokban elektromos áram termelésére szintén széleskörben használják. A hullámzásból és az árapályból nyerhető energia szintén a mechanikai energia tárgykörébe tartozik.

(iii) **Termikus energia:** az anyag részecskéinek belső mozgásából származó energia. Termodinamikusan energiának (vagy belső energiának) is tekinthetjük, illetve a hő szinonimájaként használhatjuk. A hő ugyanakkor a gyakorlatban a termikus energia átadását jelenti, két rendszer (vagy tárgy) között. A termikus energia kémiai reakciók —mint pl. az égés, nukleáris reakciók, elektromos ellenállás (mint pl. a villanysütőkben)— vagy mechanikai disszipáció (pl. súrlódás) során szabadul fel.

(iv) **Elektromos energia:** az elektromos erő azon képessége, melynek segítségével az töltéssel rendelkező részecskék átrendezése révén munkát végez (pl. amikor az elektromos töltés az áramkörben áramlik). Közeli rokonságban áll a **mágneses energiával**, mely energiaforma minden elektromos vagy mágneses mezőben (elektromágneses sugárzást tartalmazó térben) jelen van, és gyakran az elektromos töltés mozgásával hozzák kapcsolatba. Az elektromágneses sugárzás a fény energiáját is magában foglalja.

(v) **Gravitációs energia:** a gravitáció által végzett munka. Bár az ipar is hasznát veszi, ld. pl. az anyagok mozgatásánál különböző csúszdák, az energiahatékonyságban egyes energetikai számításokra korlátozódik. Az emelés, a szivattyúzás stb. feladatait villamos energiával működő gépek végzik.

(vi) **Atomenergia:** az atommagok energiája, mely az atommag hasításával vagy az atommagok fúziójával szabadítható fel. Az elektromos áramot termelő atomerőművek nem tartoznak az IPPC hatálya alá, ezért jelen dokumentum az atomenergiával nem foglalkozik. Ugyanakkor az atomerőművekben termelt elektromos energia részét képezi az Európában felhasznált energiának.

Helyzeti és mozgási energia

Az összes, fentiekben felsorolt energiafajta helyzeti energiának tekinthető, azaz az energia valamilyen formában, pl. radioaktív anyagokban a stabil összetevő kémiai kötéseiben, tárolva van. A gravitációs helyzeti energia az a tárolt energia, amely adott test más testekhez viszonyított helyzetéből adódik, ilyen például a gát mögött felduzzasztott víz energiája. A mozgási energia a testek vagy a részecskék mozgásából ered. Erre klasszikus példa az inga mozgása, ahol a helyzeti energia maximumát az ingamozgás végpontjaiban éri el, míg a mozgási energia az ív legalsó pontjában a legnagyobb. Mint ebből az egyszerű példából is látható, az energia típusai egymásba alakulhatnak. Az alapvető természeti kölcsönhatások legnagyobb része a helyzeti energia valamely formájához köthető, bár egyes energiafajták, mint például a fény, ezen az alapon nehezen sorolhatók be.

Hő, hőátadás és munka

A hő (Q) úgy határozható meg, mint az az energia, melyet egy test egy másik, tőle eltérő hőmérsékletű testnek ad át. A hő képviseli azt az energiamennyiséget, melyet egy zárt rendszerrel munkavégzéstől eltérő folyamatok révén közlünk. Az energiaátadás mindig az alacsonyabb hőmérséklet irányában történik. Hőátadás három különböző módon történhet:

(i) **hővezetés** (kondukción): az anyag szomszédos elemi részecskéi közti kölcsönhatások révén létrejövő energiaátadás, a nagyobb energiájú részecskéktől a kisebb energiájú részecskék felé. A hővezetés szilárd, folyékony és gáznemű anyagokban egyaránt végbemehet.

(ii) **hőáramlás** (konvekcion): adott hőmérsékletű szilárd felszín és az azzal érintkező, attól eltérő hőmérsékletű, áramló gáz vagy folyadék közti energiaátadás.

(iii) **hősugárzás** (radiáción): az anyag által, a benne lévő atomok vagy molekulák elektromos elrendeződésének változásai nyomán kibocsátott sugárzás. Az energiát elektromágneses

hullámok szállítják, fenntartásához nincs szükség közvetítő közegre, akár vákuumban is működik.

A termodinamikában a munkát a rendszerből a környezetébe (vagy környezetéből a rendszerbe) átadott energia mennyiségeként határozzuk meg. Ezt mechanikai munkának is nevezzük (adott erő által átadott energia), és hagyományosan azt az energiát fejezi ki, amellyel adott tömeget bizonyos magasságba emelhetünk.

Energia és teljesítmény

Az angol nyelvű szövegekben (Nagy-Britanniában és az USA-ban) az „energia” és az „teljesítmény” fogalmát gyakran keverik, és egymás szinonimájaként használják őket. A fizikában és a mérnöki tudományokban az energia és az teljesítmény más-más fogalmakat takar. Az teljesítmény az adott időegységre eső energia (a közölt energia munkára fordított része). Az teljesítmény (és a sugárzott teljesítmény) SI mértékegysége a watt (w), míg az energia, a munka és a hőmennyiség SI mértékegysége a joule (J): ennek értelmében 1 watt=1 joule/másodperc.

Mind az „áramló teljesítmény”, mind az „adott mennyiségű elektromos teljesítmény fogyasztása” helytelenül használt kifejezések, melyek helyes megfelelői az „energiaáramlás” illetve az „adott mennyiségű elektromos energia fogyasztása”.

A joule a gyakorlati használhatóság szempontjából viszonylag kis mennyiséget jelöl, ezért adott berendezés, rendszer vagy létesítmény energiatermelésének vagy fogyasztásának (azaz az ipari energiahatékonyságnak) a tárgyalásakor rendszerint a kilojoule-t (kJ), megajoule-t (MJ) vagy a gigajoule-t (GJ) használjuk.

Az energiaszükségletet illetve kimenő teljesítményt wattban fejezzük ki. A watt az ipari gyakorlathoz képest szintén túlságosan kis mennyiséget jelöl, ezért néha ennek a mértékegységnek is a többszöröseit kell használnunk, mint pl. a kilowattot (kW), a megawattot (MW) és a gigawattot (GW)⁵.

Rendszerint nincs értelme adott berendezés „100 W/órás” teljesítményszintjéről (felhasználásáról) beszélni, hiszen a watt önmagában is a munkavégzésre fordított energia arányát adja meg, 1 joule energia/másodperc értékben. Mivel eleve arányszámok, a wattban kifejezett értékekhez nem szükséges külön megadni az időegységet (hacsak nem az energia adott idő alatti változásairól beszélünk, mint ahogy pl. a gyorsulás esetében a sebesség adott idő alatti változásáról). Az SI mértékegységből származtatott wattóra (azaz watt x óra) szintén használható az energia mennyiségének megadására. Mivel a watt és a joule az ipari számításokban használtakhoz képest kis mennyiségeket jelölnek, itt is általános a többszörös mértékegységek, mint a kilowattóra (kWh), a megawattóra (MWh) vagy a gigawattóra

⁵Egy Pentium 4-es számítógép fogyasztása kb. 82 W. Egy nehéz fizikai munkát végző ember kb. 500 W-ot termel. Egy átlagos személygépkocsi 40-200 kW mechanikai energiát termel. Egy modern dízelmozdony mechanikai kimenő teljesítménye kb. 3 MW.

(GWh)⁶ használata az energia mennyiségeinek mérésére, különösen az energiaszolgáltatók és az energiafelhasználók esetében. Egy kilowatt-óra annak az energiamennyiségnek felel meg, amikor egy kilowatt teljesítményt egy órán át használnak, ahol $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$. Az, hogy a kWh-t szívesebben használják, mint a MJ-t, valószínűleg történelmi okokra vezethető vissza, és az ágazatra illetve az alkalmazásra jellemző⁷.

Ezen a területen használatos fogalmak még a megawatt elektromos teljesítmény (MW_e), és a megawatt hőteljesítmény (MW_t , nálunk nem annyira elterjedt), ezeket a kétféle teljesítmény megkülönböztetésére használják. Ezek nem szabványos SI mértékegységek, és elméleti szempontból nincs rájuk szükség (a BIPM – International Bureau of Weights and Measures, Nemzetközi Súly és Mértékügyi Hivatal – használatukat helytelennek tekinti), a gyakorlatban azonban alkalmazzák őket, főleg ott, ahol mind a két energiatípust használják és vagy termelik, mint pl. az elektromos áram termelésben vagy a vegyiparban.

2.2.2 A termodinamika törvényei

Mint azt a 2.2.1 fejezetből megtudhattuk, az egyes energiaformák valamilyen gép vagy eszköz segítségével egymásba alakíthatók miközben a gép munkát végezhet.

Ezeknek a különböző energiafajtáknak az értelmezése és a köztük fennálló kölcsönhatások matematikailag aszerint definiálhatók, hogy „zárt” vagy „nyitott” rendszerek kapcsán beszélünk róluk. A „zárt” rendszerek és környezetük nem cserélnek egymással részecskéket, ugyanakkor a rendszer kapcsolatban marad a környezetével. Az érintkezési felületen rendszer és környezete hőt és munkát adhat át egymásnak, ld. a 2.4. ábrát).

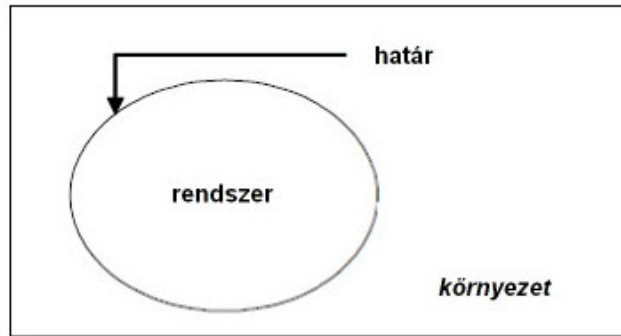
Az ipari rendszerek a valóságban „nyitott” rendszerek. A rendszertulajdonságokat, mint pl. a hőmérsékletet, nyomást és a kémiai összetevők koncentrációját, illetve ezek változásait és a változások mértékét az ilyen rendszerekben is meg kell határozni.

⁶A gigawattóra (GWh), amely a kilowatt-óra egymilliószorosa, a nagy erőművek kimenő energiájának, illetve a nagy létesítmények energiafogyasztásának mérésére szolgál. (Erre a célra a MWh gyakran nem elég nagy mértékegység).

⁷A kilowattóra az egy órán át használt egy kilowattos teljesítmények megfelelő energia mennyisége.

$1 \text{ kWh} = 1\,000 \text{ W} \times 3\,600 \text{ mp} = 3\,600\,000 \text{ wmp} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$

Az elektromos energia mérésének szokásos mértékegysége a wattóra, ami egy 1 wattos fogyasztó (pl. egy apró villanykörte) által egy óra alatt felhasznált energiát jelenti. A kilowattóra (kWh), a wattóra ezerszerese (egy egyeletes elektromos hőszigetelőnek felel meg). Háztartások és kisvállalkozások energiafogyasztásának, illetve kisebb erőművek energiatermelésének mérésére használatos. Egy tipikus lakóház havonta több száz kilowattórát használ. A megawattóra (MWh), a kilowattóra ezerszerese, a nagyobb erőművek energiatermelésének, illetve a nagyobb létesítmények energiafogyasztásának mérésére szolgál.



2.4 ábra: Termodinamikai rendszerek

2.2.2.1 A termodinamika első főtétele: az energiamegmaradás

Ez a főtétel azt mondja ki, hogy bár az egyes energiatípusok egymásba alakíthatók, *az energiát nem lehet létrehozni, és nem lehet megsemmisíteni*. A főtétel értelmében adott egyensúlyi folyamatban lévő rendszerben⁸ a rendszerbe bemenő energia teljes mennyisége megegyezik a rendszert elhagyó energia teljes mennyiségével.

Az „energiatermelés” illetve „energia létrehozás” fogalmakat, bár technikailag helytelenek, sajnos széles körben használják, például jelen dokumentumban is előfordulnak (mivel az „energiaátalakítás”-t ipari alkalmazásokra ritkán használják, ezért az olvasó számára szokatlan lehet). Az „energiafelhasználás” szintén széles körben használt fogalom, mivel nem tartalmaz utalást sem az energia „létrehozására” sem annak „megsemmisítésére”. Ezek a kifejezések az általános értelmezés szerint az energiatípusok egymásba, illetve munkává alakulását jelölik.

Zárt rendszerben az első főtétel értelmében a rendszer energiájának változása egyenlő a rendszerrel hő és munka formájában közölt összes energiával, azaz

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W \text{ (SI mértékegységekben, vagyis joule-ban)}$$

ahol

U_1 = a rendszer belső energiája a változás előtt

U_2 = a rendszer belső energiája a változás után

Q = hő, ha $Q > 0$, a rendszer hőt vett fel

W = munka, ha $W > 0$, a rendszer munkát végzett

⁸Egyensúlyi folyamatokban a rendszer előzőleg megállapított viselkedése nem változik, pl. amikor egy hálózatban az elektromos áram vagy valamilyen anyag áramlása (ugyanazon fizikai paraméterek, pl. feszültség, nyomás stb. mellett) állandó.

A relativitás elmélet kombinálja az energiát és a tömeget, ezért feltételezi mind az energia- mind a tömegmegmaradást, tehát adott rendszer esetében a rendszerbe áramló, illetve azt elhagyó energia- és tömegáramoknak ki kell egyenlíteniük egymást. Mivel az anyag csak a magfúzió illetve az atomhasítás során alakul át energiává, a reakciók és folyamatok energia- (és tömeg) mérlege kiszámítható. Ez az energia auditok és mérlegek alapja, ld. a 4. BAT pontot.

A nettó energiahatékonyság (hőerőgépek hőhatékonyságára), az első főtétel értelmében a rendszerbe bemenő hőnek az a része, amely a rendszer által végzett összes munkává alakul:

$$\eta = \frac{W_{\text{össz.ki}}}{Q_{\text{be}}}$$

Ahol:

η = hatékonyság

W = munka

Q = hő

Ez az alábbi formában is felírható:

$$\text{hatékonyság } \eta = \frac{\text{kimenő energia}}{\text{bemenő energia}} = \frac{\text{munka (W)}}{\text{energia (E)}}$$

SI mértékegységekkel számolva mind a rendszer által végzett hasznos munka (W), mind az energia (E) joule-ban jelenik meg, a kettő hányadosának tehát nincs mértékegysége, az eredmény 0 és 1 közé eső, illetve százalékban kifejezhető érték lesz. (Vegyük figyelembe, hogy a gőzre, hőre és elektromos áramra vonatkozó egyenletek esetében ez nem érvényes, ld. a hulladékégetésre vonatkozó BREF dokumentumot (vagy a Hulladék Keretirányelvet).

2.2.2.2 A termodinamika második főtétele: a rendszer entrópiája növekszik

A termodinamika második főtétele azt mondja ki, hogy *a termodinamikailag zárt rendszer entrópiája (ld. lejjebb) az idő előrehaladtával növekszik.*

Zárt rendszerekben lejátszódó reverzibilis folyamatokra az entrópia definíciója a következő:

$$\underbrace{S_2 - S_1}_{\text{entrópia változás}} = \int_1^2 \underbrace{\left(\frac{\delta Q}{T}\right)}_{\substack{\text{entrópiaátadás} \\ \text{reverzibilis folyamat}}}$$

(SI mértékegységben = J/K)

Ahol:

S = entrópia

Q = hő

T = hőmérséklet

A második főtétel adott mennyiségű energia minőségét, illetve az univerzumban zajló folyamatok irányát írja le. Az *entrópia* mint matematikai fogalom különböző módokon magyarázható, melyek segíthetnek a koncepció értelmezésében:

- szétszóródó, „haszontalan” vagy „visszanyerhetetlen” hővé (molekuláris mozgássá vagy rezgéssé) degradálódó energia
- annak mértéke, ahogy a rendszer az irreverzibilitás hatásai miatt fokozatosan elveszíti munkavégző képességét
- a rendetlenség (véletlenszerűség) mértéke (pl. a molekulák elrendeződésében) a rendszer kezdő és végállapota között: ez az idő előrehaladtával növekszik. Ennek következményeként a magasabb nyomású, adott anyagot nagyobb koncentrációban tartalmazó stb. rendszerekből a nyomás, anyag stb. az alacsonyabb értékeket mutató rendszerek felé áramlik, míg a rendszerek egyensúlyba nem kerülnek.

A második főtételnek számos következménye van, ezek közül néhány megkönnyítheti a koncepció értelmezését⁹:

- bármely folyamat vagy tevékenység magában hordozza a hasznos energiával vagy munkával kapcsolatos veszteségekre való hajlamot (vö. pl. súrlódás)
- a hő áramlása előre kiszámítható, a hő a magasabb hőmérsékletű testektől az alacsonyabb hőmérsékletűek felé áramlik
- alacsonyabb hőmérsékletű rendszerekből a magasabb hőmérsékletű rendszerek felé nem lehetséges a hőátvitel, hacsak bizonyos mennyiségű energiát nem alakítunk hővé a folyamat során
- a munka teljes egészében hővé alakítható, fordítva azonban ez nem működik

⁹Ennek a főtételnek egyéb következményei is vannak, mint például az, hogy az univerzum rendezettség az időben folyamatosan csökken.

- nem lehet olyan ciklikusan működő gépet készíteni, amely egyetlen (izolált) forrásból nyeri a hőt, miközben nettó munkát végez. A gép csak akkor képes a hőt hasznos munkává alakítani, ha a hő ugyanakkor egy magasabb hőmérsékletű hőtartályból egy alacsonyabb hőmérsékletűbe áramlik (a rendszerből nem vehetünk ki úgy, hogy semmit nem teszünk bele). Ennek értelmében második fajú perpetuum mobile nem létezik.

A gyakorlatban mindez azt jelenti, hogy az energiaátalakulás soha nem lehet 100%-os (ld. még lejjebb az alsó fűtőérték magyarázatát, illetve a 2.3.6.2 fejezetet). Ugyanakkor az entrópia növekedésének mérséklése adott folyamatban, pl. egy kémiai reakcióban azt jelenti, hogy a folyamat energetikailag hatékonyabbá vált.

Adott rendszer összes energiája tehát úgy értelmezhető, mint a rendszer „hasznos” és „haszontalan” energiáinak összessége.

Az **entalpia** (H) a rendszer összes hasznos hőjét (hőenergiáját) jelenti, a belső energiával (U) a nyomással (P) és a térfogattal hozható összefüggésbe:

$$H = U + PV \text{ (SI mértékegységekben, azaz joule-ban)}$$

Az U az energia mikroszkopikus (atomi és molekula szinten) jelenlévő formáival kapcsolatos.

Ahogy a rendszer egyik állapotból a másikba megy át, az entalpia változást (ΔH) úgy kapjuk meg, ha a termékek entalpiájából kivonjuk a reagensek energiáját:

$$\Delta H = H_{\text{végső}} - H_{\text{kezdeti}} \text{ (SI mértékegységekben, azaz joule-ban)}$$

A végeredményként kapott ΔH érték exoterm folyamatban (vagyis mikor hő távozik a rendszerből) negatív, endoterm folyamatban (mikor a rendszer a környezetéből hőt vesz fel) pozitív. Olyan reakciókban, ahol különálló összetevőkből valamilyen reakciótermék keletkezik, az entalpiaváltozást a termék **képződéshőjének** (vagy **képződési entalpiájának**) nevezzük. Az égetés, a hidrogénezés, a reakciótermékek kialakulása stb. mind speciális entalpiaváltozásokkal járnak.

Az anyag állapotának vagy halmazállapotának változásai szintén entalpiaváltozásokkal járnak, ezeket látens (rejtett) hőnek vagy átalakulási hőnek nevezzük, és különböző típusai vannak. Amikor az anyag a szilárd fázisból folyékony halmazállapotba kerül az az olvadás, az entalpiaváltozását olvadáshőnek nevezzük, míg a folyékony fázisból gáz halmazállapotba kerülés esetében párolgáshőről beszélünk.

A rendszer energiaváltozásait ezek szerint úgy tekinthetjük, mint a „hasznos” és haszontalan energiák összességét. A munkavégzéshez két rendszernek kölcsönhatásba kell kerülnie. Az **exergia** (B) azt a maximális hasznos munkát jelenti, melyet a rendszer addig végez, míg környezetével egyensúlyba (pl. azonos hőmérsékletre, nyomásra, kémiai koncentrációba, ld. a 2.2.2.4 fejezetet) kerül.

Adott anyagban az exergia és az energia arányát úgy tekinthetjük, mint az energia minőségének mérőszámát. Az energia egyes fajtái, mint a mozgási energia, elektromos energia és a **Gibbs szabadenergia** (G) 100%-ban munkává alakíthatók, exergiájuk tehát megegyezik az energiájukkal. Az energia egyéb fajtáinál, pl. a sugárzó vagy a hőenergia esetében az energia nem alakítható 100%-ban munkává, exergiájuk tehát alacsonyabb, mint az

energiájuk. Adott anyagban az exergia pontos aránya a termodinamika második főtétele értelmében a rendszer környezetéhez viszonyított entrópiától függ.

Az exergia meghatározásához meg kell adnunk a rendszer bizonyos paramétereit (hőmérséklet, nyomás, kémiai összetétel, entrópia, entalpia). Az exergia annak függvényében adható meg, hogy mely paramétereket tekintjük állandónak. Az áramlás specifikus exergiája (szabadenergiája) az alábbiak szerint számítható ki:

$$E = H - H_0 - T_0 (s - s_0) \text{ ahol a } 0 \text{ index a rendszer kiindulási állapotára utal}$$

Egy példa a „hasznos energia” értelmezésére: 300 kg gőz 400 °C-os hőmérsékleten, 40 bar nyomáson ugyanannyi, azaz 1 GJ-nyi energiával rendelkezik (a kiindulási hőmérsékletek egyenlőségét feltételezve), mint 6 tonna 40 °C-os víz. A 40 bar nyomású gőzzel hasznos munka végezhető (pl. áramtermelés, mechanikai szerkezetek mozgatása, fűtés stb.), a 40 °C-s víz felhasználhatósága azonban korlátozott. Az alacsony hőmérsékletű áramlatok exergiája növelhető, de ez energiabefektetéssel jár. Hőszivattyúk használatával például az exergia növelhető, de ezek működése energiát (munkát) igényel.

2.2.2.3 Exergia egyensúly: az első és a második főtétel kombinációja

Az első és a második főtétel leírható egy olyan közös egyenlettel is, mely megkönnyíti többek között az exergiára, munkavégző képességre és a második főtétel szerinti hatékonyságra vonatkozó számításokat. Ez az egyenlet további betekintést biztosít a rendszerekbe, azok működésébe és optimalizálhatóságába (ld. az 5. BAT pontot.).

Nyílt rendszer exergia egyensúlya

Állandó térfogat mellett az exergia arány egyensúlyának kiszámítása:

$$\underbrace{\frac{dE_{cv}}{dt}}_{\text{exergiacseré aránya}} = \underbrace{\sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \left(\dot{W}_{cv} - P_0 \frac{dV_{cv}}{dt}\right)}_{\text{exergiaátadás aránya}} + \underbrace{\sum_i \dot{m}_i e_i - \sum_e \dot{m}_e e_e}_{\text{exergia megsemmisülés aránya}} - \dot{I}$$

Ahol

E_{cv} = állandó térfogat melletti exergia

T = hőmérséklet

t = idő

Az $m_i e_i$ és $m_e e_e$ jelölések az exergia rendszerbe való, illetve onnan történő be és kikerülését jelzik, amely a tömegáramlást — $m(m_i$ -től $m_e)$ — kíséri.

Q_i = a hőátadás időtartama a rendszerek érintkezésénél, ahol a pillanatnyi hőmérséklet T_j

I = az exergia megsemmisülés, vagy irreverzibilitás mértéke

P = nyomás

V = térfogat

W_{cv} = állandó térfogat mellett végzett munka

Állandó áramlási jellemzőkkel rendelkező rendszerben az elért egyensúly:

$$0 = \sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \sum_i \dot{m}_i e_i - \sum_e \dot{m}_e e_e - \dot{I}$$

Ipari alkalmazások

A vegyipar huszadik században tapasztalt nagyarányú fejlődéséért részben a vegyipari folyamatokban az exergia alkalmazása felelős. Akkoriban az exergiát „elérhető munka” néven emlegették.

Az energia és exergia számítások egyik célja, hogy meg lehessen állapítani a bemenő (input) és kimenő (output) értékek egyensúlyát a különböző lehetséges technikai megoldások esetében, még mielőtt egy egységet vagy folyamatot felépítenek. Az egyensúlyok kiszámítása utána mérnökök általában a leghatékonyabb folyamatot fogják választani, ez azonban nem egy lépésben történik:

- az energiahatékonyság (első főtétel szerinti hatékonyság) értelmében a leghatékonyabb folyamat az, ahol a bemenő energia értékekhez képest az energiaveszteség a legalacsonyabb
- az exergiahatékonyság (második főtétel szerinti hatékonyság) értelmében a leghatékonyabb folyamatot úgy választják ki, hogy az elérhető munka vesztesége és megsemmisülése adott bemenő exergia érték mellett a lehető legalacsonyabb legyen.

A nagyobb exergia hatékonyság drágább üzemek építését kívánja meg, ezért itt meg kell határozni a tőkebefektetés és a működési hatékonyság egyensúlyát is.

2.2.2.4 Állapotfüggvények

Amikor egy rendszer állapotjelzőinek (pl. hőmérséklet T, nyomás P, koncentráció stb.) értékei arra utalnak, hogy a rendszer állapota időben előre láthatólag nem fog változni, azt mondjuk, hogy a rendszer **egyensúlyi állapotba** került. Az egyensúlyi rendszer állapota más (hasonló) rendszerekben is létrehozható, és egy sor tulajdonsággal határozható meg, melyek az **állapot függvényei**: éppen ezért ezt az elvet Gibbs-féle fázistörvénynek nevezzük. Ennek értelmében egy egyetlen tiszta összetevőből álló rendszer állapota megadható két független állapotjelző vonatkozásában. Az anyagnak az az öt alapvető tulajdonsága, amelyeket az állapotdiagramok készítésekor felhasználnak a nyomás (P), hőmérséklet (T), fajlagos térfogat (V), fajlagos entalpia (H) és a fajlagos entrópia (S). A minőséget (X) akkor jelölik, ha két vagy több anyag elegyéről van szó. A pinch módszerben (ld. az 5. BAT pontot) leggyakrabban használt állapotdiagramok a nyomás-hőmérséklet (P-T) diagram, a nyomás-fajlagos térfogat (P-V) diagram, a hőmérséklet-fajlagos térfogat (T-V) diagram, a hőmérséklet-entrópia (T-S) diagram, az entalpia-entrópia (H-S) diagram és a hőmérséklet-entalpia (T-H) diagram. A folyamatok ábrázolásában ezek a diagramok nagyon hasznosak. Az első három diagramtípus ezenkívül segítséget nyújt a halmazállapotok közti kapcsolatok értelmezéséhez is.

Nyomás-hőmérséklet (fázis) diagramok

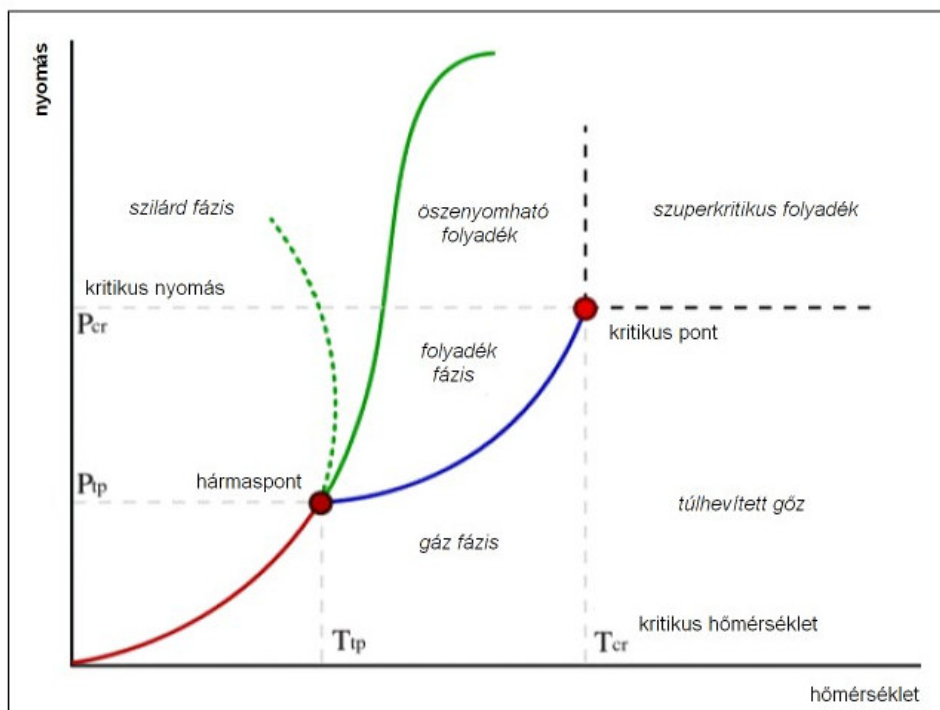
A fázisdiagramok a termodinamikailag elválasztható halmazállapotok közti egyensúlyi állapotokat adják meg.

A tiszta anyagokra megadott P-T diagram (2.5 ábra) megadja az egyfázisú (szilárd, folyékony, gáznemű) tartományokat ahol az anyag halmazállapotát mind a hőmérséklet, mind a nyomásviszonyok egyértelműen meghatározzák.

A vonalak (az úgynevezett fázishatárok) azokat a tartományokat (illetve feltételeket, jelen esetben P és T értékeket) adják meg, ahol a kétféle halmazállapot egyensúlyban van egymással. Ezekben a tartományokban a nyomás és a hőmérséklet nem függetlenek egymástól, az anyag állapotának meghatározásához tehát egy intenzív változó (a P vagy a T) is elegendő. A szublimációs görbe a szilárd és a gáznemű fázist választja el egymástól, a párolgási görbe a folyékony és a gáznemű fázist, az olvadási görbe pedig a szilárd és a folyékony fázist.

A három görbe a *hármaspontban* metszi egymást, ahol az összes halmazállapot együtt, egyensúlyban van jelen. Ebben az esetben nincsenek független, intenzív változók: az anyag ebben a metszéspontban csak egyféle hőmérsékleten és nyomáson létezhet.

A *kritikus pont* a párolgási görbe végén található. A kritikus pont fölötti nyomás és hőmérséklet értékeken az anyag úgynevezett szuperkritikus állapotba kerül, ahol a folyékony és a gáznemű fázis nem választható el egyértelműen. Ez arra utal, hogy rendkívül magas nyomáson és hőmérsékleten a folyékony és a gáz halmazállapot többé nem különböztethető meg. A víz esetében ez 674 K-n (374 °C-on), 22 064 MPa nyomás mellett következik be. Ezen a ponton a párolgási görbétől balra az anyag túlűtött (túlnyomásos) állapotban van, a görbétől jobbra pedig túlhevített gázzá alakul.



2.5 ábra: Nyomás-hőmérséklet (fázis) diagram

2.2.2.5 További információk

A témával kapcsolatos további információk a termodinamikával és a fizikai kémiával foglalkozó szakirodalomban találhatóak.

Az egyes anyagok termodinamikai jellemzőinek értékeivel, illetve a köztük létrejövő kölcsönhatásokat leíró diagramokkal, és az ezzel kapcsolatos információkkal számos referencia és adatbázis foglalkozik, melyek adatai kísérleti eredményeken alapulnak. A táblázatokban leggyakrabban megadott tulajdonságok az alábbiak: fajlagos térfogat, belső energia, fajlagos entalpia, fajlagos entrópia és fajhő. Ilyen táblázatok a termodinamikai szakkönyvekben, az interneten stb. találhatóak.

Az egyfázisú rendszerek állapotának leírásához legalább két intenzív állapotjelzőt meg kell adni, ezért rendszerint megadják a V , U , H és S értékeit a túlhevített gázokra és a túlhűtött folyadékokra, adott hőmérsékleten, különböző nyomásértékek mellett. Amennyiben a túlhűtött folyadékra vonatkozó adatok nem állnak rendelkezésre, a túlhűtött folyadékot mint adott hőmérsékletű, telített folyadékot vehetjük figyelembe a számítások során. Ezt azért tehetjük meg, mert a túlhűtött folyadékok tulajdonságai jobban függenek a hőmérséklettől, mint a nyomástól.

Az úgynevezett „telítettségi” táblázatokat a telített folyadékokra és gőzökre használják. Mivel ezek az állapotok az állapotdiagramon a fázishatárokon esnek, a nyomás és a hőmérséklet nem függetlenek egymástól, egy tehát közülük elegendő a rendszer állapotának megadásához. Emiatt a telítettségi táblázatokban a V , U , H és S állapotjelzők a telített folyadékokra és telített gőzökre vagy a hőmérséklet, vagy a nyomás függvényében vannak megadva. Telített folyadék-gőz elegy esetében még egy állapotjelzőt meg kell adni, ez pedig a fajlagos gőztartalom. A fajlagos gőztartalom a telített folyadék-gőz elegy gőztartalmát jelenti.

Az adatbázisokról és a termodinamikai szimulációs programokról az eredeti BREF 7.1.3.2 melléklete nyújt további tájékoztatást.

2.2.2.6 Az irreverzibilis folyamatok azonosítása

A termodinamikában *reverzibilis folyamatokról* csak elméleti megközelítésben beszélhetünk (ezek alapján dolgozzák ki a tudományos elméleteket), a valóságban minden folyamat *irreverzibilis*. Ez azt jelenti, hogy a folyamatok önmaguktól nem fordulnak vissza, a második főtétel értelmében megfordításukhoz energia bevitelére van szükség. A termodinamikai rendszerekre vonatkozó mechanikai, termikus és kémiai egyensúlyi feltételek szerint három oka lehet az irreverzibilis folyamatok beindulásának, illetve annak, hogy egy rendszer elhagyja az egyensúlyi állapotot (ezt úgy is tekinthetjük, mint a termodinamikai folyamatok nem 100%-os hatékonyságának gyakorlati megnyilvánulásait.) A változásokat olyan tényezők idézik elő, mint a hőmérséklet, a nyomás, a koncentráció stb., és a termodinamika második főtételének megfelelően zajlanak le. Minél kisebb hatású a változást előidéző tényező, annál nagyobb berendezésre van szükség, pl. az LMTD csökkenésével növelni kell a hőcserélő felületet. A Carnot-ciklus, amely azt a legnagyobb hatékonyságot képviseli, ahol a hő teljesítménnyé alakítható, zero nagyságú kiváltó tényezőkön alapul, ezért a gyakorlatban, valós folyamatok esetében a Carnot-ciklus hatékonysága nem érhető el. A Carnot-ciklus további magyarázatát ld. a nagy tüzelőberendezések BREF dokumentumban, vagy a vonatkozó szakirodalomban.

Az **irreverzibilis mechanikai** folyamatok olyan folyamatok, melyek súrlódással járnak, és rendszerint nyomásváltozásokat okoznak.

Az **irreverzibilis termikus** folyamatok mikor a rendszeren belül meghatározott hőmérséklet-változások zajlanak le, mint pl. a hőcserélők működése során. A hő a magasabb hőmérsékletű test felől spontán az alacsonyabb hőmérsékletű test felé áramlik, ezáltal a rendszer exergiát veszít. Itt is érvényes, hogy minél nagyobb a hőmérséklet-változás, annál nagyobb az exergia veszteség, a folyamat irreverzibilis jellege annál erősebb.

Az irreverzibilis kémiai folyamatok a kémiai egyensúly kialakulásának érdekében zajlanak le, elegyekben, oldatokban és kémiai reakciók során. Ha például a vízbe só keverünk, a rendszer exergiája csökken. Ez az exergia veszteség úgy válik nyilvánvalóvá, ha számításba vesszük, mennyi munkát igényel előzőleg a só kinyerése a vízből, pl. desztillációval, ioncserével, membránszűrővel vagy szárítással. Minden légköri és vízszennyezés irreverzibilis kémiai folyamatokkal jár. A szennyezés (az anyagok összekeverése) egyszerű, de a kármentesítés rengeteg exergiába kerül.

Az irreverzibilis folyamatok termodinamikai elemzése arra hívja fel a figyelmet, hogy a megfelelő hatékonyság és az energiatakarékosság érdekében az üzemben összes irreverzibilis mechanikai, termikus és kémiai folyamatot ellenőrizzük, és tartsuk a lehetséges minimumon.

Minél irreverzibilisebb egy folyamat, annál nagyobb mértékben javítható az energia rendszer hatékonysága. Az energiahatékonyság szempontjából nem megfelelő kialakítás a (jelentős) nyomás-, hőmérséklet és/vagy kémiai potenciál különbségek, illetve a kereslet és a kínálat nem megfelelő összehangolásának eredménye. Az energiahatékonysági rendszerekben fontos tényező az idő is. Mivel az energiarendszerek a környezetükkel egyensúlyra törekszenek, bennük a nyomás, a hőmérséklet és a kémiai potenciál spontán csökken. Ez kétféleképpen kerülhető el. Az egyik stratégia értelmében az energiatermelő egységeket közvetlenül össze kell kötni az energiát fogyasztó egységekkel. A másik módszer során a rendszert olyan falakkal vesszük körül, melyek ellenállnak a nyomásnak, adiabatikusak (a hőmérséklet-változások kiküszöbölésére) és/vagy a kémiai rendszereket metastabil állapotban tartjuk, más szóval a rendszert úgy szigeteljük el a környezetétől, hogy az intenzív állapotjelzők időben állandók maradjanak.

A termodinamikának is szerepe van a legjobb elérhető energiahatékonysági módszerek megvalósításában, mégpedig az alábbi területeken:

- megfelelő energiahatékonyságú kialakítás (ld. a 10. BAT pontot)
- mint a pinch, exergia és entalpia elemzések eszköze (ld. az 5. BAT pontot)
- termoökonómia, amely ötvözi a termodinamikai és a gazdasági elemzést (ld. az 5. BAT pontot)

2.3 AZ ENERGIAHATÉKONYSÁGRA ÉS AZ ENERGIAHATÉKONYSÁG JAVÍTÁSÁRA VONATKOZÓ INDIKÁTOROK MEGHATÁROZÁSA

2.3.1 Az energiahatékonyság és annak mérése az IPPC irányelvben

Az „energiatihatékonyság” olyan fogalom, melyet gyakran használnak kvalitatív értelemben, bizonyos célkitűzések —nemzeti és nemzetközi politikák, üzleti célok— értékelésére, különös tekintettel:

- a szén-dioxid kibocsátások mérséklésére (klíma védelme)
- az energia ellátás biztonságának növelésére (a fenntartható termelés révén)
- a költségek csökkentésére (üzleti versenyképesség fokozása).

Első ránézésre az „energiahatékonyság” egyszerűen értelmezhető fogalomnak tűnik, ám rendszerint a használatakor nem határozzák meg pontosan, mit értenek alatta, ezért „*az energiahatékonyság eltérő időpontokban, eltérő helyeken, eltérő körülmények közt mást és mást jelenthet*”. Az egyértelműségnek ez a hiánya a fogalmat „*értelmezhetlenné és bizonytalanná*” teszi, ami „*következetlenségekhez és zűrzavarhoz*” vezet, és amikor az energiahatékonyságot kvalitatív fogalmakkal kellene bemutatni, a megfelelő meghatározások hiánya „*rendkívül kellemetlen, különösen amikor két nagyobb iparág vagy ipari szektor összehasonlítását kellene elvégezni*”. Az IPPC irányelv nem határozza meg az energiahatékonyság fogalmát. Jelen fejezet a fogalom meghatározásával kapcsolatos témákat tárgyalja, a létesítmények, illetve azok engedélyezésének vonatkozásában.

Mivel az IPPC irányelv a létesítményen belüli gyártási folyamatokkal foglalkozik, a dokumentum elsősorban a létesítmény-szintű fizikai energiahatékonyságra összpontosít. Bár a források szempontjából ez jó megközelítés, a termékek illetve a nyersanyagok életciklusát nem veszi figyelembe (ezt a vonatkozást a termékpolitika tárgyalja).

A dokumentum a gazdasági hatékonysággal is foglalkozik, ahol ehhez az adatok rendelkezésre állnak és/vagy ezt lehetővé teszik (mint pl. az egyes technikák esetében, továbbá ld. a 2.5.1 fejezetet). A dokumentum a termodinamikai hatékonyságot az előző fejezetekben tárgyalja, illetve említi még az egyes technikák tárgyalása során is.

Az energiahatékonyságot a termékek vagy melléktermékek által okozott környezeti hatások javítására tett intézkedések is csökkenthetik, de ez jelen dokumentum hatályán kívül esik (ld. a 2.5.2.5. fejezetet).

2.3.2 Az energia hatékony és nem hatékony felhasználása

A létesítmények energiahatékonysága (csakúgy, mint a nem hatékony energiafelhasználás) kétféleképpen közelíthető meg¹⁰:

1. A bemenő energiához viszonyított output. Ez a termodinamika főtételei miatt (ld. 2.2) soha nem lehet 100%-os. A csökkent hatékonyságért a termodinamikailag irreverzibilis folyamatok

¹⁰Az angolban csak egy fogalom, mégpedig az energiahatékonyság (energy efficiency) használatos, illetve ennek ellentéte, a nem hatékony energiafelhasználás, azaz az energiaveszteség (energy inefficiency), ami értelmezési problémákat okozhat. Más nyelvek, mint pl. a francia, két különböző fogalmat használnak, a hatékonyságra/veszteségre – “rendements/pertes énergétiques”, illetve az ésszerű/ésszerűtlen felhasználásra – “efficacité/inefficacité énergétiques”. A magyar fordításban igyekeztünk az energiahatékonyság ellentétét (eredetileg energy inefficiency) mint “nem hatékony energiafelhasználását” jelölni, illetve a megfelelő helyeken a “veszteség” szót használni.

(ld. 2.2.2.6) felelősek, ideértve a hővezetés, hőszugárzás és hőáramlás révén történő energiaátadást (irreverzibilis termikus folyamatok). A hőátadás például soha nem csak a kívánt irányba, azaz a folyamat irányába történik, hanem a reaktor vagy a kemence falán keresztül is stb. Ezek a veszteségek viszont különböző technikák alkalmazásával mérsékelhetők, melyek közül többet jelen dokumentum a későbbiekben tárgyal (mint pl. a sugárzás révén keletkező hőveszteségek mérséklését az égetés során).

2. Az energia átgondolt (vagy hatékony) használata, akkor és úgy, ahogy azt az optimális mennyiségek igénylik. A nem hatékony energiafelhasználás az energia igény és kínálat helytelen megfeleltetése, ideértve a rossz kialakítást, üzemeltetést és karbantartást, a berendezések szükségtelen működtetését (pl. világítás), a folyamatok szükségesnél magasabb hőmérsékleten való működtetését, a megfelelő energiatárolás hiányát stb.

2.3.3 Az energiahatékonyság indikátorai

Az energiahatékonyság fogalmát a 2006/32/EK irányelv határozza meg (energia-
véghasználás hatékonysága):

„a teljesítményben, a szolgáltatásban, a termékekben vagy az energiában kifejezett hozam és a befektetett energia aránya”

Ez az egységnyi termék/output előállításához felhasznált energia mennyisége, melyet „fajlagos energiafogyasztásnak” is neveznek (specific energy consumption, SEC), az ipar ezt a meghatározást használja a leggyakrabban. (Megjegyzés: az alábbi definíciót az olaj- és a vegyipar kiterjedten alkalmazza, de „energia intenzitási faktornak” (energy intensity factor – EIF) vagy „energiáhozátékonysági indexnek” (energy efficiency indicator – EEI) nevezi, ld. lejjebb).

A SEC legegyszerűbben az alábbiak szerint számítható:

$$\text{SEC} = \frac{\text{felhasznált energia}}{\text{létrehozott termék}} = \frac{(\text{importált energia} - \text{exportált energia})}{\text{létrehozott termékek vagy outputok}}$$

2.1 egyenlet

A SEC mértékegységgel rendelkező érték (GJ/t) és a tömegegységekben mérhető terméket előállító egységekre alkalmazható. Az energiatermelő iparágakban (elektromos áram termelés, hulladékégetés) hasznosabb lehet egy olyan energiahatékonysági index meghatározása, amely egyenlő a megtermelt energia (GJ) és az importált energia (GJ) hányadosával. A SEC indexek másféle hányadosok is lehetnek, pl. energia/m² (pl. a gépkocsigyártásban vagy a coil-coating technológiával készülő bevonatok gyártása során — magas hőfokon beégetéssel készülő bevonat), energia/alkalmazott stb.

Az EIF szintén használatos (ld. a fenti megjegyzést az EIF használatára az olajiparban). Megjegyzendő, hogy a gazdasági szakemberek az EIF fogalmán általában az adott pénzügyi érték (pl. üzleti forgalom, hozzáadott érték, GDP) előállításához felhasznált energiát értik, pl.:

$$\text{EIF} = \frac{\text{felhasznált energia}}{\text{létesítmény forgalma}} = \text{GJ/EUR forgalom}$$

2.2 egyenlet

Mivel azonban az outputok költsége általában az idő előrehaladtával emelkedik, az EIF anélkül is csökkenhet, hogy a fizikai energiahatékonyság bármennyivel is nőne (hacsak az indexet nem valamilyen állandó referencia érték alapján számítják ki). Éppen ezért az EIF értéket a létesítmények fizikai energiahatékonyságának értékelésekor lehetőleg ne használjuk.

Az EIF-et makrogazdasági szinten is alkalmazzák (pl. európai vagy nemzeti szinten), mértékegysége ilyenkor pl. GJ/egységnyi GDP (nemzeti össztermék) lehet. Az EIF ilyenkor a nemzetgazdaság energiahatékonyságát adja meg (ld. feljebb a megjegyzést, a fogalom gazdasági használatáról).

Mindezek miatt tehát fontos, hogy az alkalmazott mértékegységeket világosan meghatározzuk, főleg, amikor iparágakat hasonlítunk össze.

Fontos megkülönböztetni az elsődleges energiákat (pl. fosszilis tüzelőanyagok) és a másodlagos energiát (vagy végenergiát), mint pl. az elektromos áram vagy a gőz (ld. 2.3.6.1 fejezet). Ideális esetben a másodlagos energiát az előállításához felhasznált elsődleges energiával fejezzük ki, a másodlagos energiák ilyképpen számított felhasználását pedig fajlagos elsődleges energiafogyasztásnak nevezzük. Ezt az értéket pl. úgy fejezhetjük ki, mint egy tonna termékhez felhasznált elsődleges energiát (MJ/t, GJ/t). Ugyanakkor ennek a módszernek is megvannak a maga előnyei és hátrányai, melyeket a 2.3.6.1 fejezet részletez.

A fajlagos energiafelhasználás egyenletének nevezője, és az energiahatékonysági index

A legegyszerűbb esetben a termelési egység egy fő terméket hoz létre melyet azután a SEC egyenletben (2.1 egyenlet) osztóként használhatunk. Sok esetben azonban a helyzet nem ennyire egyszerű, az olajfinomítóknak vagy a nagyméretű vegyipari üzemekben többféle terméket is előállíthatnak, ráadásul a termékspektrum időben változhat, más esetekben pedig a termék nem határozható meg egyértelműen, mint pl. a hulladékkezelő létesítményekben. Az ilyen esetekben, melyeket a későbbiekben a 2.4 fejezet tárgyal részletesen, más termék kritériumokat alkalmaznak, lásd az alábbi lehetőségeket:

1. A létesítmény számos egyenrangú terméket, vagy fontos mellékterméket állít elő. Ebben az esetben, amennyiben ez lehetséges, osztóként ezeknek a termékeknek az összességét használjuk. Ha ez nem kivitelezhető, az energiamérleget és a termékmérleget a világosan megállapítható folyamathatárok mentén el kell határolni egymástól:

$$\text{SEC} = \frac{\text{felhasznált energia}}{\sum \text{létrehozott termékek}} = \frac{(\text{importált energia} - \text{exportált energia})}{\sum \text{létrehozott termékek}}$$

2. Számos termékáram termelése mellett a nyersanyagok (alapanyagok) száma alacsony. Ilyenkor osztóként a nyersanyagokat használhatjuk. Ez a módszer akkor ajánlható, ha az energiafogyasztás elsősorban inkább a nyersanyagok mennyisége, mintsem a termékeké

határozza meg (amikor pl. a termék minőségét az alapanyagok határozzák meg): a nyersanyagok használata a nevezőben ugyanakkor nem tükrözi az energiahatékonyság csökkenését (a veszteségeket), amely akkor következik be, ha a nyersanyagok mennyisége és az energiafogyasztás változatlanok maradnak, de a termékek mennyisége csökken.

$$SEC = \frac{\text{felhasznált energia}}{\sum \text{bekerülő nyersanyagok}} = \frac{(\text{importált energia} - \text{exportált energia})}{\sum \text{bekerülő nyersanyagok}}$$

3. A létesítmény számos terméket (vagy egy terméket, de többféle műszaki előírás szerint) termel, külön tételekben vagy kampányokban. Példaként említhető egy olyan, polimerizáló üzem, ahol adott polimer különböző fokozatait állítják elő, az egyes fokozatokat pedig a piac igényeihez igazodva, egyenként, eltérő hosszúságú időszakokon keresztül gyártják. Minden fokozat előállításához eltérő mennyiségű energiára van szükség, a magasabb fokozatú polimerek gyártása általában több energiát igényel. Minden fokozathoz érdemes lehet megállapítani a referencia-energiahatékonyságot (az adott fokozat előállításához átlagosan szükséges energia alapján). Ebben az esetben a fajlagos energia fogyasztás adott specifikus időtartamra az alábbiak szerint adható meg:

$$SEC = \frac{\sum_{i=A,B,C} X_i * SEC_{ref,i}}{\frac{\text{A termelési egységben felhasznált energia a vizsgált időszakban}}{\text{A vizsgált időszakban előállított A, B és C termékek összessége}}}$$

Ahol:

X_i = az i. fokozat aránya az összes, adott idő alatt gyártott termékben

$SEC_{ref,i}$ = az i. fokozat referencia-energiahatékonysági indexe (ami pl. azoknak az energiahatékonysági indexeknek az átlagolásával számítható ki, melyeket egy csak i. fokozatot gyártó referencia időszakban mértek)

4. Nincs egyértelműen meghatározható termék, az output valamilyen szolgáltatás, mint pl. a hulladékkezelő létesítmények esetében. Ilyenkor a felhasznált energiához rendelhető termelési kritérium a bemenő hulladék:

$$SEC = \frac{(\text{az égetési folyamathoz importált energia} - \text{exportált energia})}{(\text{feldolgozott hulladék } t)}$$

Ahol a hulladék túlnyomó többsége elégethető (mint pl. a TSZH esetében) az index negatív lesz, mert az elégetett hulladék alsó fűtőértékének egy része exportált energia formájában visszanyerhető, ez pedig rendszerint nagyobb mennyiségű energiát jelent, mint amennyit a létesítmény importált (ha arra egyáltalán sor került).

5. Egyéb olyan esetek, ahol az energia : végtermék arány (vagy átmenő teljesítmény) nem eléggé egyenletes ahhoz, hogy számolni lehessen vele. Példaként említhetők a nyomdák, ahol a nyomtatott papír bemenő/kimenő mennyisége nem feltétlenül kapcsolódik az energiafelhasználáshoz, hiszen a nyomtatás és a szárítás igényei az összköltéstől (ink coverage) és a felhasznált eljárástól függenek, ld. az Oldószeres felületkezelés BREF dokumentumot.

Az energiahatékonyság javulásának meghatározása

Az 2006/32/EK irányelv az energiahatékonyság javulását úgy definiálja, mint az energia-végfelhasználás hatékonyságának növekedését a technológiai, magatartásbeli és/vagy gazdasági változások eredményeképpen. Az ezen kikötéseknek megfelelő változásokat a 2.5 alfejezet részletezi, míg a releváns általános technikákat a BAT fejezet mutatja be.

A hatékonyság javulása tehát az alábbiakban jelenhet meg:

- változatlan kimenő értékek csökkentett energiafelhasználás mellett, vagy
- növekvő kimenő értékek változatlan energiafelhasználás mellett, vagy
- olyan kimenő értékek, melyek relatíve meghaladják az energia felhasználás növekedését

Az energiahatékonysági indexek legfontosabb célja, hogy lehetővé tegyék az energiahatékonyság alakulásának nyomonkövetését az időben, adott termelési egységben, adott termelési arány mellett, illetve az energiahatékonyság javulását célzó intézkedések és projektek termelési egység/folyamat energetikai teljesítményére gyakorolt kihatásainak megfigyelését. A SEC ugyan megmutatja, hogy adott outputhoz mennyi energiát használtak fel, de egyetlen számnak nem sok haszna van, egyéb referencia adatok nélkül. Az adott idő alatt lezajló változások mérésére az EEI használható, ez jobban megfelel a rendszerek, folyamatok vagy létesítmények energiahatékonyságának nyomonkövetésére. Az EEI-t úgy határozzuk meg, hogy a referencia SEC értéket (SEC_{ref}) elosztjuk a vizsgált egység vagy folyamat SEC értékével. A SEC_{ref} vagy egy, az érintett ipari szektorban általánosan elfogadott referenciaszám, vagy a gyártási folyamatra adott referencia évben kiszámított SEC érték:

$$EEI = \frac{SEC_{ref}}{SEC}$$

2.3 egyenlet

Az energiahatékonysági indexnek nincs mértékegysége.

Megjegyzés:

- A SEC értéke az energiahatékonyság növekedésével csökken, míg az EEI értéke nő. Az energiagazdálkodás ezért a lehető legalacsonyabb SEC-re és lehető legmagasabb EEI-re törekszik
- a tényleges energiahatékonyság meghatározása az indikátorban az energia változók korrekcióját igényelheti

Számítási időszak

Fontos a megfelelő időkeret megválasztása (ld. a 1. BAT pontot és a Monitoring BREF-et). Amennyiben egyórás időintervallumokra számítják ki, az energiahatékonysági index megszakítás nélküli folyamatoknál jelentős változékonyságot mutathat, szakaszos folyamatok

jellemzésére pedig nem alkalmas. A hosszabb időközökre (hónapokra, évekre) végzett számítás a változékonyságot mérsékli. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a rövidebb időszakokon belüli eltérésekre is magyarázatot kell adni, mert ezeken a pontokon lehetőség nyílt az energia-megtakarításra.

Az ebben a szakaszban tárgyalt két legfontosabb indikátor mellett egyéb jelzőszámokat és részindikátorokat is alkalmaznak (ld. az 1. és 14. BAT pontokat).

2.3.4 Bevezetés az indikátorok használatához

Az iparban a leggyakrabban használt indikátor az adott outputra (vagy inputra) számított fajlagos energiafogyasztás (SEC), jelen dokumentumban is ezzel találkozhatunk a legtöbbször. Az indikátor meghatározása megtévesztően egyszerűnek tűnik. A folyamatok nyomonkövetésének számszerűsítésével kapcsolatos próbálkozások tapasztalatai viszont azt mutatják, hogy az energiahatékonyság megfelelő meghatározásához és méréséhez megfelelő keretek szükségesek. Az indikátor meghatározását számos tényező nehezítheti, mint pl.:

- a különböző üzemeltetők, vagy alkalmazottak az energiát nem ugyanúgy vagy ugyanazokkal a paraméterekkel mérik
- gyakran válik szükségessé adott gyártási folyamat energiahatékonyságának vizsgálata a számos gyártási folyamat működtető létesítmény energiahatékonyságán belül
- az indikátor meghatározása még nem ad információt arra, hogy az energiát hatékonyan használják/termelik-e.

Ahhoz, hogy kellő információt biztosítson, ugyanakkor hasznos is legyen, az energiahatékonyságnak összehasonlíthatónak kell lennie, pl. egységek vagy létesítmények között, és az összehasonlítást előírásoknak vagy konvencióknak kell szabályozniuk. Az energiahatékonyság összehasonlításakor különösen fontos a rendszer határainak meghatározása, hogy minden felhasználót egyformán figyelembe lehessen venni.

Legegyszerűbb formájában az indikátor meghatározása nem veszi figyelembe sem az energiatermelés hatékonyságát, sem a „hulladék” energia felhasználását a rendszer határain kívül. Ezeknek, illetve egyéb kérdéseknek világosaknak kell lenniük, hogy az energiahatékonyság javulása értékelhető legyen. A további kérdéseket a 2.4 és 2.5 fejezetek tárgyalják.

Az IPPC esetében az energiahatékonyság két szempontból vizsgálható:

- létesítmény szinten, az engedélyezés során, ahol az energia az alábbi vonatkozásokban jelenik meg:
 - » az egész létesítmény energiája
 - » különálló termelési folyamatok/egységek és/vagy rendszerek energiája
- európai szinten, adott ipari szektorra vagy tevékenységre mikor a BAT-tal kapcsolatos energiahatékonyság értékeket (benchmark, viszonyítási alap) határozzák meg, pl. az egyes ágazatok BREF dokumentumaiban.

Az energiahatékonyság indikátoraira példaként a fajlagos energiafogyasztás és az energiahatékonysági index (ld. 2.3.3 fejezet) hozhatók fel. A különböző energiahatékonysági módszerek és indikátorok használhatóságáról az ágazat illetve az folyamat figyelembevételével kell döntenet, de ezek megítélése létesítményről létesítményre is változhat

(ld. az 1. BAT pont Benchmarking alfejezetre vonatkozó utalásait). Minden ipari létesítmény saját, egyedi jellemzőkkel bír. Különbségek vannak a felhasznált nyersanyagokban, feldolgozási technológiákban, a termékek minőségében, a termékspektrumban, a nyomonkövetés módszereiben stb. Az egység kora szintén jelentősen befolyásolhatja az energiahatékonyságot: az új létesítmények energiahatékonysága általában jobb, mint idősebb társaiké. Ha figyelembe vesszük az energiahatékonyságot befolyásoló változók sokféleségét, láthatjuk, hogy a különböző létesítmények összehasonlítás pusztán az energiahatékonyság indikátorai alapján félrevezető lehet, különösen, ha a gyakorlatban bonyolult (vagy lehetetlen) az összes változó megfelelő számbavétele.

Az energiahatékonyság értékelése során hasznos lehet:

- a létesítmény felmérése annak megállapításához, hogy az egész létesítményre megállapítható-e fajlagos energia index (SEI)
- a létesítmény egységekre bontása termelési szempontok vagy az energiaközvetítő rendszer szerint, amennyiben a SEI nem állapítható meg az egész létesítményre, illetve ha a bontás segíti az energiahatékonyság felmérését
- indikátorok meghatározása minden gyártási folyamatra, illetve a létesítmény egészére vagy annak egy részére
- mennyiség-specifikus energiaindikátorok, feljegyzések ezek meghatározásáról, és a feljegyzések megőrzése, feljegyzés minden változásról (pl. termékekben, berendezésekben).

2.3.5 A rendszerek és rendszerhatárok fontossága

Adott létesítmény elérhető legnagyobb energiahatékonysága nem feltétlenül egyenlő az egyes részek optimális energiahatékonyságának összegével, ha a részek mindegyikét egymástól függetlenül optimalizáljuk. Ha a létesítmény minden egyes folyamatát a többi folyamattól elkülönítve optimalizáljuk, fennáll a veszélye annak, hogy a létesítményben pl. felesleges gőz termelődik, melyet ki kell szellőztetni. Az egységek integrációs lehetőségeinek vizsgálatával a gőz mennyisége kiegyensúlyozható, illetve lehetőség nyílik az egyik folyamatban termelődő hő felhasználására egy másik folyamat hőigényeinek kielégítésére, ezáltal pedig csökkenthető a létesítmény összes energiafogyasztása. Az alábbiak (megadott sorrendben történő) figyelembe vételével szinergiára nyílhat lehetőség:

1. Az egész létesítmény, ezen belül a különböző egységek és/vagy rendszerek kölcsönhatásai (pl. kompresszorok és fűtés). Ez magában foglalhatja egy vagy több folyamat/egység energiahatékonyságának romlását is, amennyiben ez a létesítmény egészére vonatkozó energiahatékonyság optimalizálását szolgálja. A folyamatok, egységek, energiaközvetítő rendszerek vagy kapcsolódó tevékenységek hatékonyságát, illetve azt, hogy jelenlegi formájukban egyáltalán megfelelnek-e a célnak, fel kell mérni.
2. Ezt követően a különböző egységek és/vagy rendszerek optimalizációja (pl. sűrített levegő rendszerek, hűtőrendszer, gőzrendszer)
3. Végül a megmaradó alkotórészek optimalizálása (pl. villanymotorok, szivattyúk, szelepek).

Hogy felfoghassuk, mennyire fontos az egyes rendszerek szerepének figyelembe vétele az energiahatékonyság szempontjából, létfontosságú annak megértése, hogy a rendszer illetve a rendszerhatárok meghatározása hogyan befolyásolja az energiahatékonyság optimalizálását. Ezeket a kérdéseket a 2.5.1 alfejezet tárgyalja.

Ezenfelül, ha a rendszerhatárokat a vállalat tevékenységein kívülre is kiterjesztjük és az ipari energia termelést és fogyasztást integráljuk a létesítmény környezetében élők szükségleteivel, a teljes energiahatékonyság még tovább fokozható, pl. azáltal, hogy a létesítmény a környező települések számára fűtés céljaira olcsó energiát biztosít, pl. kapcsolt termelés révén, ld. a 6. BAT pontot.

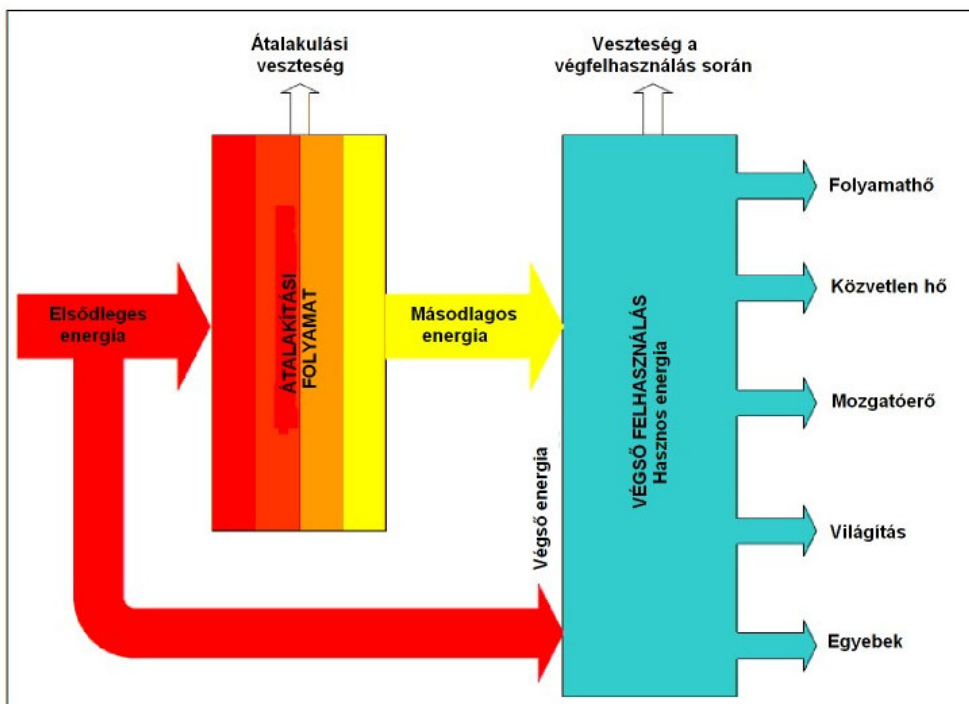
2.3.6 Egyéb fontos kapcsolódó fogalmak

A dokumentumban használt egyéb fogalmak magyarázata az eredeti BREF 7.1 mellékletében, illetve a szakirodalomban található.

2.3.6.1 Elsődleges (primer), másodlagos (szekunder) és végenergia

Az elsődleges energia a nyers tüzelőanyagokban (azaz a természeti erőforrásokban, bármiféle feldolgozás előtt) található energia, ideértve az éghető hulladékokban lévő energiát, illetve minden olyan egyéb energiaformát, amely egy rendszerbe inputként bekerül. A fogalmat főként az energiastatistikákban használják, az energiamérlegek összeállítása során.

Az elsődleges energiát az energiaátalakítási folyamatok során megfelelőbb formába, pl. elektromos energiává, gőzzé, finomított tüzelőanyagokká alakítják. Az energiastatistikákban ezeket az átalakított formákat másodlagos energiának nevezik. A végenergia az az energia, amely a felhasználókhoz kerül, a végenergia tehát akár elsődleges, akár másodlagos energia is lehet (pl. adott létesítmény felhasználhat elsődleges energiának számító földgázt illetve másodlagos energiának számító elektromos áramot). Az energiafajták közti kapcsolatot a 2.6 ábra magyarázza el.



2.6 ábra: Az elsődleges, másodlagos és végenergia meghatározása

Az elsődleges és másodlagos energiák felhasználását a 2.4.2.1 fejezet mutatja be. Amikor a különböző energiátípusokat összehasonlítjuk (pl. a létesítményben nyers üzemanyagokból termelt gőz és/vagy hő összehasonlítása a létesítményen kívül termelt, országos hálózaton át érkező elektromos árammal) fontos számításba venni a külső energiavektorok veszteségeit. Ha ezt nem tesszük meg, mint pl. a 2.4.2.1 fejezet példájában, a külső energiátípus jelentősen hatékonyabbnak tűnhet.

Példák az egység/létesítmény által esetlegesen kívülről fogadott energiátípusokra:

- **elektromos áram:** a hatékonyság a tüzelőanyagtól és a technológiától függően változik. A hagyományos gőzerőművekben az elsődleges tüzelőanyagok elektromos árammá alakításának hatékonysága 36-46% közt változik. Kombinált ciklusú technológia alkalmazásával a hatékonyság 55-58 %-ra növelhető. Kapcsolt termelés (CHP, 1. a 6. BAT pontot fejezetet) esetén az elektromos áram- és hőtermelés teljes hatékonysága elérheti a 85%-ot, sőt akár többet is. Az atomerőművek és megújuló energiaforrások hatékonyságát más alapokon számítják ki.
- **hő:** a gőz energetikai értéke az alábbi képlettel határozható meg:

$$\frac{h_s - h_w}{\eta_b}$$

ahol:

h_s = a gőz entalpiája

h_w = a kazán tápvizének entalpiája (gáztalanítás után)

η_b = a kazán hőhatékonysága

Ez a számítás azonban túlságosan korlátozott. Elvileg az alábbi energia inputokat a gőz energia értékének meghatározáskor szintén figyelembe kell venni:

- Gőzrendszer, pl.:
 - a kazán tápvizével közölt hő mennyiségét, amellyel a gáztalanító hőmérsékletére hozzák
 - a gáztalanítóba permetezett gőzt, melynek segítségével a kazán tápvizéből eltávolítható az oxigén.
- Kiegészítő energiák, pl.:
 - a tápvíz üzemi nyomásra hozásához szükséges energia
 - a kazán felé a kényszerhuzamot biztosító ventilátor energiafogyasztása.

Ezeken kívül is léteznek még olyan tényezők, melyeket figyelembe kell venni, mint pl. az alapanyagok/árak stb. Az energiahatékonysági indikátorok és az energiaszámítások viszonyítási alapjainak kiszámítása során világosan meg kell adni, hogyan határozták meg a gőz elsődleges energiájának definícióját. Fontos, hogy a gőz elsődleges energiájának kiszámításakor mindenki ugyanazokra az alapokra támaszkodjon.

Ugyanígy kell eljárni más energiaközvetítő közegek esetében is, mint amilyen pl.:

- a sűrített levegő: ld. a 2.3.6. alfejezetben
- forró víz

- hűtővíz

Más inputokat hagyományos értelemben nem feltétlenül tekintünk energiaközvetítő közegnek. Ezek a létesítményen belül illetve azon kívül egyaránt megtermelhetők, és/vagy használatuk és az annak eredményeként az energiafelhasználás vonatkozásában fellépő hatások jelentősek lehetnek. Például:

- nitrogén
- oxigén: az égetési folyamatokkal kapcsolatban azt mondhatjuk, hogy az oxigén növelheti az égetés hatásfokát. Ugyanakkor, ha az oxigén előállításához felhasznált energiát is figyelembe vesszük, az oxigéntüzelés a kemencétől függően ugyanannyi, sőt több energiát fogyaszthat, mint amennyit az égetés során megtakarítottunk, bár kétségtelenül jelentős előnye, hogy csökkenti az NO_x mennyiségét (ld. a 17. BAT pontot.).

Az energiák elsődleges energiaként való figyelembe vétele a számítások során azonban időigényes (bár Excelben automatizálhatók a meghatározott helyzetre vonatkozó ismételt számítások), ezenkívül értelmezési problémákat is felvethet. Vegyük például azt az új létesítményt, amely az energiahatékonyság szempontjából legmegfelelőbb technológiákat használ, ugyanakkor egy olyan országban üzemel, ahol az elektromos áram termelés és továbbítás rendszere elavult. Ha a hazai áramtermelési és elosztási rendszer alacsony hatékonyságát is figyelembe vesszük, a létesítmény energiahatékonysági indikátorai más országokban üzemelő, hasonló létesítmények indikátoraival összehasonlítva rosszabb értékeket mutathatnak. Különböző források esetén az ezekre épülő áramtermelési módszerek hatékonysága is különböző lehet, az áramtermelés összetétele pedig országról országra változhat. Ezt a problémát szabványosított értékek használatával hidalhatjuk át, mint amilyen például az európai energiaszerkezet. Mindazonáltal más indikátorok is használhatók, mint amilyen a szén egyensúly, hogy a helyi körülményektől függően a másodlagos energiahordozók előállítását és a környezeti elemek közti kölcsönhatásokat is figyelembe lehessen venni.

2004. július 1-től a 2003/54/EK¹¹ irányelv az elektromos áramtermelőket kötelezi az energiahordozók összetételének nyilvánosságra hozására. Az adatok prezentációjának módját az irányelv az EU tagországokra bízta:

http://europa.eu/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003/l_176/l_17620030715en00370055.pdf

Az Európai Unió Bizottságának megjegyzése az irányelv alkalmazásáról a

http://ec.europa.eu/energy/electricity/legislation/doc/notes_for_implementation_2004/labelling_en.pdf

oldalon található.

¹¹A 96/92/EK irányelvet hatálytalanító, 2003. júniusában hatályba lépett 2003/54/EK irányelv, mely a belső elektromos áram piac általános szabályait tárgyalja.

A kapcsolt energiatermelés elősegítésére vonatkozó irányelv (2004/8/EK) és az ezzel kapcsolatos útmutatók magyarázatot nyújtanak az elektromos áram- és gőztermeléssel kapcsolatos referencia értékekhez, ideértve a földrajzi elhelyezkedéstől függő korrekciós tényezőket is. Az irányelv elmagyarázza a kapcsolt energiagyártási folyamatok hatékonyságának meghatározásához szükséges módszereket is.

Az összes energia elsődleges energiaként való figyelembe vétele mellett a másik lehetőség a SEC-et a legfontosabb energiahordozók alapján kiszámítani, ld. a 6.2.2.4 fejezet 338. oldalát a Cellulóz- és papírgyártásra vonatkozó BREF-ben. A teljes, hő (gőz) és elektromos áram formájában jelentkező energiaigény egy nem integrált, finom papírt gyártó papírmalomban a jelentések szerint az alábbiak szerint alakult:

- folyamathő: 8 GJ ($\approx 2\,222$ kWh/t)
- elektromos áram: 674 kWh/t

Ez azt jelenti, hogy egy tonna termék előállításához a létesítmény körülbelül 3 MWh elektromos áramot és gőzt használ fel. A fosszilis tüzelőanyagok elektromos árammá alakításának elsődleges energiaigényét is figyelembe véve 1 tonna papír előállítása 4 MWh energiát igényel, feltételezve, hogy az elektromos áram előállítása elsődleges energiából 36,75%-os hatékonysággal zajlik. Ebben az esetben a 674 kWh/t fogyasztás 1 852 kWh/t elsődleges energia (pl. szén) fogyasztásnak felel meg.

Általánosságban az elsődleges energia az alábbi számításokban használható:

- összehasonlítás más egységekkel, rendszerekkel, ágazaton belüli más létesítményekkel stb.
- az energiahatékonyság optimalizálása céljából végzett auditok során, a különböző energiahordozók meghatározott egységek vagy létesítmények vonatkozásában végzett összehasonlításához (ld. 2.4.1 és 2.4.2 fejezetek).

A helyi (vagy országos) szinten kiszámított elsődleges energiát felhasználhatjuk létesítmény-specifikus összehasonlításokhoz is, mint pl.:

- a helyi (vagy országos) hatások értelmezéséhez, pl. adott ágazaton vagy vállalaton belüli, eltérő helyszíneken üzemelő létesítmények összehasonlítása
- az energiahatékonyság optimalizálása céljából végzett auditok során, a különböző energiahordozók meghatározott egységek vagy létesítmények vonatkozásában végzett összehasonlításához (ld. 2.4.1 és 2.4.2 fejezetek). Például amikor az üzemeltető azt fontolgatja, hogy érdemes-e gőzturbináról átállni a villanymotor használatára, optimális esetben az ország elektromos áramtermelésének hatékonysági tényezőjét kellene figyelembe venni.

Az elsődleges energiát regionális szinten (ld. pl. az EU energiaszerkezete) az alábbi okból számíthatják ki:

- monitoring feladatok, egységek, vagy létesítmények regionális szinten, pl. iparág.

A másodlagos vagy végenergiát az alábbi esetekben használják:

- már létező, meghatározott helyzet nyomonkövetése
- ha energiahordozók alapján számítják ki: létesítményekre és ipari szektorra vonatkozó hatékonyság nyomonkövetésére.

A 2.4.1 fejezetben foglaltak szerint a végenergia (vagy másodlagos energia) felhasználható a különböző országokban üzemelő létesítmények összehasonlítására, ami az egyes vertikális BREF dokumentumokban (pl. a cellulóz- és papírgyártásra vonatkozó BREF dokumentumban) megfogalmazott specifikus energiakövetelmények alapját adja. Ennek megfelelően az elsődleges energia felhasználható a teljes hatékonyság kifejezésére, országos szinten (pl. az ipari szektorok eltérő hatékonyságának felmérésére az egyes országokban).

Megjegyzendő, hogy Bizottság (a DG-JRC IPTS) és a Kormányközi Panel a Klímaváltozásról (IPCC) jelentéseikben az egyértelműség kedvéért mind az elsődleges, mind a másodlagos értékeket megadják.

2.3.6.2 A tüzelőanyagok fűtőértéke és hatékonysága

Európában a tüzelőanyagok hasznos energiatartalmát rendszerint a tüzelőanyag alsó fűtőértékének (LHV) vagy a nettó fűtőértékének (NCV) alapján számítják ki, azaz a tüzelőanyag elégetéséből (oxidációjából) felszabaduló hő mérése során a felszabaduló vízpára gázhalmazállapotban van, és nincs kondenzáció, vagyis nem jön létre folyékony víz. Ez jellemző ugyanis a kazánban uralkodó valós állapotokra, ahol a vízpára nem hűl a harmatpont alá, és a látens hő nem használható fel gőztermelésre.

Az USA-ban és máshol ezzel szemben a felső fűtőértéket (HHV, HCV) vagy égéshőt (GCV) használják, amely a vízpára kondenzációjához szükséges látens hőt is tartalmazza, ezért a HCV alkalmazásakor a termodinamikai maximumot jelentő 100% nem haladható meg. A $HCV_{száraz}$ a vizet vagy vízgőzt vagy vízgőz nem tartalmazó tüzelőanyagokra, míg a HCV_{nedves} a nedvességet tartalmazó tüzelőanyagokra vonatkozik.

Ugyanakkor, ha a HCV helyett az LCV (NCV) értéket használjuk referenciaként, a kondenzációs bojlerek látszólag 100% felett „fűtési hatékonyságot” is elérhetnek, márpedig ez ellenkezik a termodinamika második főtételével. Ezt fontos figyelembe venni, mikor az USA-ból és az Európából származó fűtőértékek összehasonlítását végezzük. Amikor viszont ezeket az értékeket az EEI, és a hozzá hasonló arányszámok kiszámításához használjuk, lehetséges, hogy a különbség mind számlálóban, mind a nevezőben megjelenik, ezáltal kiesik. A 2.1 táblázat tájékoztató jelleggel megadja néhány energiahordozó HCV és LCV értékeit. Mint látható, az LCV_{nedves} és a HCV_{nedves} aránya 0,968 és 0,767 közt alakul. Megjegyzendő, hogy a HCV/LCV arány a forrástól, időtől stb. függően változik.

Tüzelő- anyag	Nedv. tart. (nedv. %)	Hidrogén tartalom ($kg_H/kg_{t.a.}$)	$HCV_{száraz}$ (MJ/kg)	HCV_{nedves} (MJ/kg)	$LCV_{száraz}$ (MJ/kg)	LCV_{nedves} (MJ/kg)	$LCV_{nedves}/$ HCV_{nedves} arány (mértékegys. nélküli)
Bitumenes szén	2	4,7	29,6	29,0	28,7	28,1	0,968
Földgáz 1 (Urengnoj, Oroszország)	0		54,6	54,6	49,2	49,2	0,901
Földgáz 2 (Kansas, USA)	0		47,3	54,6	42,7	42,7	0,903
Nehéz fűtőolaj	0,3	10,1	43,1	43,0	40,9	40,8	0,949
Könnyű fűtőolaj	0,01	13,7	46,0	46,0	43,0	43,0	0,935

Kezeletlen fenyőkéreg	60	5,9	21,3	8,5	20	6,5	0,767
Szárított fenyőkéreg	30	5,9	21,3	14,9	20	13,3	0,890
Földgáz 1: CH ₄ (97,1 térf%), C ₂ H ₆ (0,8%), C ₃ H ₈ (0,2%), C ₄ H ₁₀ (0,1%), N ₂ (0,9%), CO ₂ (0,1%)							
Földgáz 2: CH ₄ (84,1 térf%), C ₂ H ₆ (6,7%), C ₃ H ₈ (0,3%), C ₄ H ₁₀ (0,0%), N ₂ (8,3%), CO ₂ (0,7%)							

2.1 táblázat: Különböző tüzelőanyagok alsó és felső fűtőértéke, tájékoztató jelleggel

2.3.6.3 A kínálati és a keresleti oldal menedzselése

A kínálati oldal az energiaellátásra, továbbítására és elosztására utal. Amennyiben a létesítmény energiaellátását a létesítményen kívülről biztosítják, az erre vonatkozó stratégia és menedzsment kívül esik az IPPC irányelv hatályán (bár az elektromos áram termelést, mint tevékenységet az irányelv az 1 (1.1) mellékletben meghatározott módon lefedi). Megjegyzendő, hogy amennyiben egy létesítményben valamely energiaközvetítő rendszer vagy folyamat elektromos áramot vagy hőt termel, és ezzel a létesítményben valamilyen másik egység vagy folyamat igényeit ellátja, a termelést végző egységet/folyamatot szintén kínálati oldalnak nevezzük.

A keresleti oldal menedzselése a létesítmény energiaigényének menedzselését jelenti. Az energiahatékonysággal foglalkozó irodalom egy jelentős hányada ezt a területet érinti. Fontos azonban megjegyezni, hogy a keresleti oldal voltaképp két összetevőből áll, melyek az egy egységre eső energia költsége, illetve az egységek által felhasznált energia. Éppen ezért lényeges, hogy különbséget tegyünk az energiahatékonyság gazdasági értelemben, illetve fizikai (energia) értelemben vett javítása közt.

2.4 AZ ENERGIAHATÉKONYSÁG INDIKÁTORAI AZ IPARBAN

2.4.1 Bevezetés: az indikátorok és egyéb paraméterek meghatározása

Az indikátorok legfontosabb célja az önelemzés és monitoring elősegítése, illetve az egységek, tevékenységek vagy létesítmények energiahatékonyságának összehasonlításának lehetővé tétele. Bár a 2.1 és az 2.5 egyenletek egyszerűnek tűnhetnek, vannak olyan kapcsolódó kérdések, melyeket az indikátorok használata előtt pontosan meg kell válaszolni, különösen ha gyártási folyamatokat kívánunk összehasonlítani. Meg kell határozni például a folyamathatárokat, a rendszerhatárokat, az energiahordozókat és azt, hogy miképpen hasonlítjuk össze a különböző tüzelőanyagokat és ezek forrásait (illetve, hogy ezek külső vagy belső forrásoknak számítanak-e). Amennyiben ezeket a tényezőket adott létesítményre, illetve létesítményen belüli viszonyítási pontra (benchmark) meghatároztuk, ezekhez a meghatározásokhoz kell ragaszkodnunk az indikátorok használata során.

Ez a fejezet az egyes ipari gyártási folyamatok/egységek/létesítmények energiahatékonyságának, illetve a kapcsolódó indikátorok meghatározásával foglalkozik. Elmagyarázza, melyek az ezzel kapcsolatos kérdések, és hogyan kell ezeket figyelembe venni az energiahatékonyság változásainak mérése és értékelése során.

Az egyes egységek vagy létesítmények összehasonlíthatóságának megítélése problémákat okozhat, mint ahogy az is, hogy ha ezek valóban összehasonlíthatóak, levonhatunk-e az összehasonlításból olyan következtetéseket a létesítmény gazdaságosságáról, melyek aztán befolyásolják az adatok bizalmas kezelését és a versenyképességet. Ezeket a kérdéseket, illetve a vonatkozó indikátorok használatát az 1. BAT pontnál a „Benchmarking – viszonyítási alapok” rész tárgyalja.

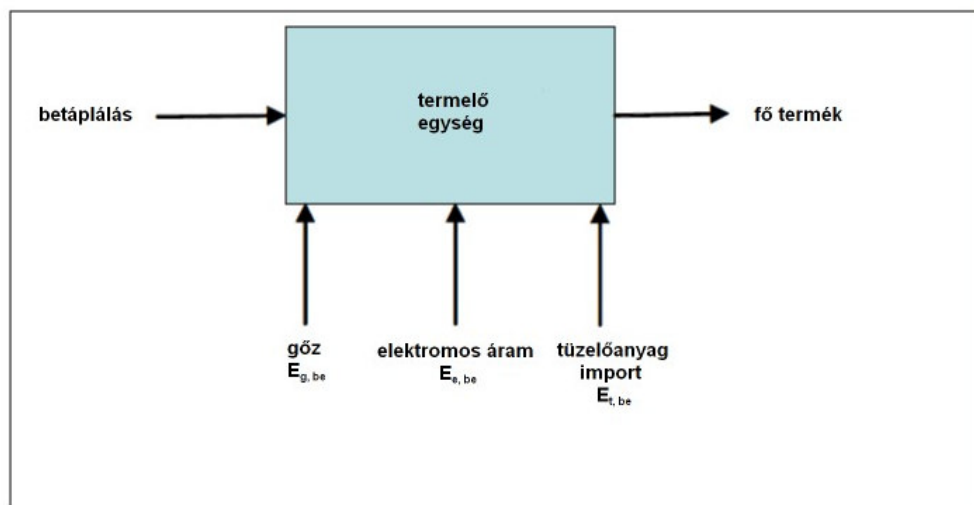
A 2.3.3 fejezet értelmében az indikátorok használata során kiválaszthatjuk a folyamatnak leginkább megfelelő arányt, pl. GJ/t, GJ/megtermelt egység, termelt energia/importált energia (az energiatermelő iparágakban), energia/m² (pl. a coil coating technológiában vagy az autógyártásban), energia/alkalmazottak stb.

2.4.2 Energiahatékonyság a termelő egységekben

Az alábbi két példa a SEC és az EEI koncepcióját illusztrálja, illetve rávilágít a legfontosabb értelmezési kérdésekre.

2.4.2.1 1. példa: egyszerű eset

A 2.7 ábra egy egyszerű termelési egységet mutat be. Az egyszerűség kedvéért az ábrán nem szerepel a folyamathoz kapcsolódó energiaexport, illetve csak egy nyersanyaggal és egy termékkel számolunk. A gyártási folyamat gőzt, elektromos áramot és tüzelőanyagot használ fel.



2.7 ábra: Egyszerű gyártási folyamat energiahordozói

A folyamat SEC értékének kiszámítása:

$$SEC = \frac{E_{s,in} + E_{e,in} + E_{f,in}}{P}$$

2.4 egyenlet

Ahol:

$E_{s,in}$ = a folyamatba gőz formájában táplált energia, a termék adott mennyiségének (P) előállításához

$E_{e,in}$ = a folyamatba elektromos áram formájában táplált energia, a termék adott mennyiségének (P) előállításához

$E_{f,in}$ = a folyamatba tüzelőanyag formájában táplált energia, a termék adott mennyiségének (P) előállításához

P = a termék adott mennyisége

A 2.4 egyenlet esetében kiemelten fontos, hogy a különböző energiahordozókat (energiafolyamokat) **elsődleges energiaként** kell kifejezni, és az egyes energiahordozók esetében az átszámítást ugyanazon alapokon kell elvégezni (ld. 2.3.6.1). 1 MWh elektromos áram előállítása például több energiát igényel, mint 1 MWh gőzé, mivel az áramtermelés hatékonysága rendszerint 35-58% közé esik, míg a gőzé eléri a 85-95%-ot. A 2.4 egyenletben szereplő különböző energiahordozók energiateljesítményét ezért mindig elsődleges energiaként kell megadni. Ez magában foglalja az adott energiahordozó előállításának hatékonyságát.

Egy példa az energiahatékonyság kiszámítására: tegyük fel, hogy P1 termék 1 tonnájának előállításához az alábbi energiahordozók szükségesek:

- 0,01 tonna tüzelőanyag
- 10 kWh elektromos áram
- 0,1 tonna gőz.

Tegyük fel továbbá, hogy:¹²

- a tüzelőanyag alsó fűtőértéke = 50 GJ/t
- az áramtermelés hatékonysága = 40%
- a gőzt a vízből 25 °C-on fejlesztik, és a gőz és a víz entalpiája közti különbség 25 °C-on = 2,8 GJ/t
- a gőzfejlesztés 85%-os hatékonyságú.

A P1 termék 1 tonnájának előállításához szükséges energia tehát az alábbiak szerint számítható (GJ-ban):

$$E_{f,in} = 0,01 \text{ t tüzelőanyag} \times 50 \text{ GJ/t} = 0,50 \text{ GJ}$$

$$E_{e,in} = 10 \text{ kWh} \times 0,0036 \text{ GJ/kWh} \times 100/40 = 0,09 \text{ GJ (ahol } 1 \text{ kWh} = 0,0036 \text{ GJ)}$$

$$E_{s,in} = 0,1 \text{ t gőz} \times 2,8 \text{ GJ/t} \times 1/0,85 = 0,33 \text{ GJ}$$

A folyamat SEC értéke tehát:

¹²A számok csak illusztrációként szolgálnak, nem feltétlenül felelnek meg a valós értékeknek. A gőz esetében például nincs megadva a nyomás, de feltételezhetjük, hogy az a feladat mindkét részében egyforma. Az exergia elemzés elvégzése hasznosabb lenne, de ez már túlmutatna ennek az egyszerű példának a keretein.

- $SEC = (0,50 + 0,09 + 0,33) \text{ GJ/t} = 0,92 \text{ GJ/t}$

Az EEI meghatározásához tegyük fel, hogy az előbbieken kiszámított SEC megfelel a referenciaértéknek. Tegyük fel, hogy az üzem hozott egy sor energiahatékonyságot javító intézkedést, ezért egy évvel később a folyamat energiafogyasztása már a következők szerint alakul:

- 0,01 tonna tüzelőanyag
- 15 kWh elektromos áram
- 0,05 tonna gőz.

Az energiahatékonyságot növelő intézkedéseknek köszönhetően a folyamat új SEC értéke

- $SEC = (0,5 + 0,135 + 0,165) \text{ GJ/t} = 0,8 \text{ GJ/t}$

Ezek szerint a folyamat EEI értéke:

- $EEI = 0,92/0,8 = 1,15$

Ennek értelmében a gyártási folyamat energiahatékonysága 15%-kal nőtt.

Fontos megjegyezni, hogy az elektromos áram termeléséből fakadó veszteségeket ebben az esetben belső veszteségnek tekintettük (mivel elsődleges energiákkal számoltunk, egyébként ezek a veszteségek a létesítményen kívül jelennek meg). Ha ezt nem vesszük figyelembe, az elektromos áram bevitel 50%-kal hatékonyabbnak tűnik, mint valójában:

$$\frac{(0,09 - 0,036)}{0,036} = 1,5 \text{ azaz } 150\%$$

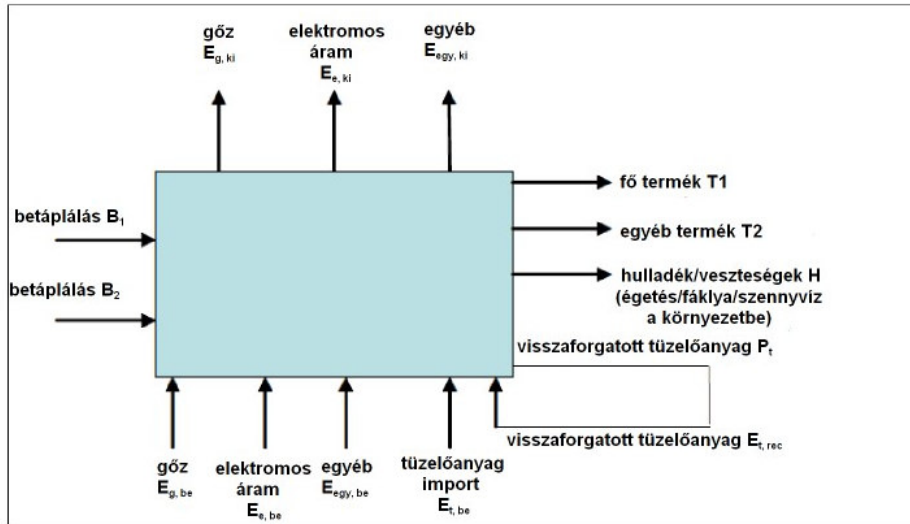
Ha az elsődleges energiát figyelmen kívül hagyjuk, az ahhoz vezethet, hogy pl. az energiabevitel egyéb formáiról elektromos áramra váltunk. Az egyes energiaforrások használatából nyerhető hasznos energia kiszámítása, mint például egy exergia elemzés, azonban már túlmutat az itt bemutatott egyszerű példa keretein.

A példa ugyanakkor megmutatja, milyen fontos tisztában lenni azzal, hogy a SEC illetve az EEI kiszámítása milyen alapokon történik.

Fontos megjegyezni, hogy ugyanez a logika érvényesül az többi, a rendszerhatáron kívülről az egységbe/folyamatba/létesítménybe érkező (tehát nem a rendszerhatáron belül megtermelt) energiaközvetítő közegek esetében is, mint amilyen pl. a gőz, a sűrített levegő, a N₂ stb. (ld. az elsődleges energiáról szóló részeket a 2.3.6.1 fejezetben).

2.4.2.2.2. példa: Egy tipikus eset

A 2.8 ábra egy összetettebb esetet mutat be, ahol energiaexporttal és a tüzelőanyag vagy az energia létesítményen belüli újrahasznosításával is számolni kell. Ez az eset olyan alapelveket illusztrál, melyek, a megfelelő módosításokkal, számos iparág esetében érvényesek.



2.8 ábra: Energiahordozók egy termelési egységben

$$SEC = \frac{(E_{s,in} + E_{e,in} + (E_{f,in} + E_{f,rec}) + E_{o,in}) - (E_{s,out} + E_{e,out} + E_{o,out})}{P_1}$$

2.5 egyenlet

Ez az általános képlet minden gyártási folyamatra/egységre/létesítményre alkalmazható, de az egyenletben szereplő változókat minden gyártási folyamatra/egységre/létesítményre adaptálni kell. Az indikátor mértékegysége (energiaegység)/(tömeg egység), általában GJ/termék vagy MWh/termék. Ugyanakkor egy létesítmény többféle terméket is előállíthat, vagy egyféle termék előállítása során jelentős melléktermékek keletkezhetnek.

A 2.5 egyenlet alkalmazása előtt alaposan meg kell fontolni az alábbi hat pontban kifejtett kérdéseket (ezekből néhány a 2.5 egyenlet alkalmazására is vonatkozik).

1. Nyersanyag- és termékáramok (F_{1-n} , P_1)

A 2.8 ábrán a nyersanyagok és termékek tömegáramát vízszintes nyilak jelzik. Az $F_1 - F_n$ (F_{1-n}) inputok különböző nyersanyagokat jelölnek, melyeket a P_1 termék és a melléktermékek előállításához használnak fel. A melléktermékek két csoportra oszthatók: a tüzelőanyagként hasznosítható frakcióra (P_f) és az egyéb melléktermékekre (P_2).

A fentiekben felvázolt helyzetre példa lehet:

- az olajiparban használt etilén lepárlók (krakkolók), ahol az energiafogyasztás GJ/t etilénben, GJ/t olefinben (etilén + propilén) vagy GJ/t értékes vegyi anyagban (olefinek + butadién + benzol + tiszta hidrogén) fejezhető ki
- a klór-alkáli szektor, ahol az energiafogyasztás általában az előállított Cl_2 (főtermék) mennyiségével függ össze, melléktermékként pedig H_2 és NaOH keletkezik.

2. Energiavektorok (energiaáramok) (E_{in})

Az energiavektorok megmutatják, milyen energiák áramlanak be az egységbe, és milyen energiák hagyják el azt. Az importált és az egyéb felhasználásra máshová exportált energiák a 3.2 ábrán a függőleges síkban jelennek meg (a 3.2 ábra a dokumentum 78. oldalán található).

Az alábbi energiátípusokkal számolunk:

- E_s = gőz és/vagy forró víz
- E_e = folyamatba bekerülő elektromos áram
- E_f = tüzelőanyag (gáz, folyékony, szilárd). A kívülről vásárolt tüzelőanyagot (E_f) el kell választani a folyamaton belüli újrahasznosításból származó tüzelőanyagtól ($E_{f,rec}$). Megjegyzendő, hogy ha valamilyen tüzelőanyagot termékként, a létesítményen kívül történő felhasználásra állítanak elő, azt P_1 vagy P_2 -nek kell tekinteni (nem pedig $E_{f,out}$ -nak), ld. lejjebb, az 5. pontban
- E_o = egyéb: ez minden olyan energiaközvetítő közeget lefed, amelynek előállításához energia termelése szükséges. Példák: forró olaj, hűtővíz, sűrített levegő, N_2 (amikor a létesítményen belül állítják elő). A hűtővíz előállítása energiát igényel (a hűtővizet keringtető szivattyúk, illetve a hűtőtornyok ventilátorainak működtetése energiát igényel).

Fontos, hogy az output oldalon csak azokkal az energiavektorokkal számolunk, melyek a folyamatban vagy az egységben valóban hasznosulnak. Főképp a folyamat víz vagy levegő segítségével végzett hűtésével kapcsolatos energia esetében fontos kiemelni, hogy ezt a 2.5. egyenlet „kimenő energia” (E_{out}) változója soha nem foglalhatja magában. A különböző energiaközvetítő- illetve egyéb kapcsolódó rendszerek ellátására használt energiát szintén figyelembe kell venni: pl. a hűtővízhez (szivattyúk és ventilátorok működtetése), sűrített levegőhöz, N_2 gyártáshoz, kísérő gőzvezeték, turbinákba vezetett gőzhöz szükséges energiát. A levegő által elvezetett hő képviselte veszteségeket sem szabad hasznos kimenő energiaként figyelembe venni. A BAT fejezet releváns, ezen kiegészítő rendszerekre vonatkozó, megfelelő szakaszai bővebb felvilágosítást adnak e rendszerek hatékonyságáról és az itt fellépő veszteségekről.

3. Különböző gőzszintek (E_s) (és forró víz szintek)

Adott termelő üzem többféle gőzt is felhasználhat (különböző nyomású és/vagy hőmérsékletű gőzt). Elképzelhető, minden gőzszinthez (vagy víz-szinthez) külön hatékonysági tényezőt kell meghatározni. Az E_s változónak minden ilyen gőzszintet, azok exergiáinak összegzése révén, magában kell foglalnia.

A forró vízre, amennyiben az üzem használja (vagy másik termelő üzem számára termeli) ugyanez vonatkozik.

4. Hulladékanyag-áramok (W) és energiaveszteségek

Minden folyamat energiaveszteséggel jár, illetve termel valamennyi hulladékot. Ezek a hulladékok szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotúak lehetnek, és további sorsukat illetően:

- ártalmatlanításra hulladéklerakóba kerülhetnek (csak szilárd hulladékok)
- elégethetik őket (energia termelése mellett, vagy anélkül)
- felhasználhatják őket tüzelőanyagként (P_f)
- újrahasznosíthatják őket.

A hulladékanyag-áramok jelentőségét részletesen a 2.5.2.3 fejezet tárgyalja.

Az égetőművek energiaveszteségeire az alábbi példák sorolhatók fel:

- kéményen keresztül távozó füstgázok
- a létesítmény falain át sugárzó hő formájában távozó energia
- a salak és a penye hője

- el nem égett anyagok hő és oxidálatlan szén tartalma

5. Tüzelőanyag, termék vagy hulladék (E_0 , P_f)

A 2.8 ábrán a tüzelőanyagok nem szerepelnek az exportált energiahordozók közt. Ennek az az oka, hogy a tüzelőanyagok (P_1 vagy P_2 vagy akár E_f) inkább terméknek tekinthető, mint energiahordozónak, és a tüzelőanyaghoz rendelhető tüzelőanyag értéket a termelési egységbe érkező nyersanyagoknál már beszámítottuk. Az olajfinomítók és a vegyipar esetében ez szabvány-folyamatnak tekinthető.

Más iparágak egyéb gyakorlatot alkalmazhatnak. A klór-alkáli iparban például egyes üzemeltetők a H_2 -t (a Cl_2 és $NaOH$ gyártás melléktermékét) energiahordozónak tekintik, függetlenül attól, hogy ez a H_2 a továbbiakban mint vegyi anyag vagy tüzelőanyag kerül felhasználásra (az elfáklyázott hidrogén ebbe nem számít bele).

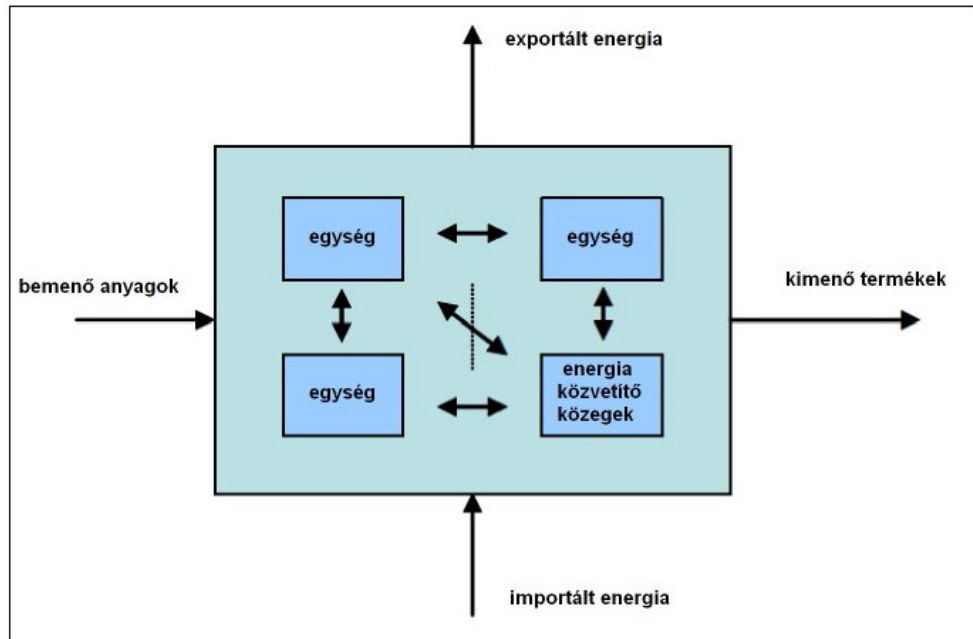
A fentiek miatt szükséges, hogy adott ipari szektorra megadjuk az energiahatékonyság meghatározásának szabályait, azaz definiáljuk, mit értünk nyersanyag, termék, importált energiahordozó és exportált energiahordozó alatt. Ld. még a 2.5.2.3 fejezetet a fáklázott anyagok és a hulladék hasznosításáról.

6. Mért vagy becsült értékek

A 2.5 egyenlet a gyártási folyamat különböző energiahordozóit ismertnek tekinti. Egy tipikus gyártási folyamat esetében ugyanakkor egyes paramétereket, például a különböző energiaközvetítő közegek fogyasztát (pl. hűtővíz, nitrogén, kísérő gőzvezeték, turbinagőz, elektromos áram) nem minden esetben mérik. A termelés során csak a legfontosabb egyedi energiaközvetítő közegekkel kapcsolatos fogyasztásokat mérik, a folyamat irányíthatóságának érdekében (pl. visszaforráló gőzfogyasztása, kemence tüzelőanyag fogyasztása). Ebben az esetben a teljes energiafogyasztás a számos egyedi energiabevitel összege, melyek közül egyeseket mérnek, másokat pedig „becsülnek”. A becslés szabályait meg kell határozni és ezeket átlátható módon dokumentálni kell. Ld. még a 2.5 alfejezetet és a 14. BAT pontot.

2.4.3 A létesítmény energiahatékonysága

A komplex termelő létesítmények egynél több termelési egységet/folyamatot üzemeltetnek. A teljes létesítmény energiahatékonyságának meghatározásához a létesítményt kisebb egységekre kell osztani, melyek termelési egységeket és energiaközvetítő rendszer-egységeket foglalnak magukba. A termelő létesítményhez kapcsolódó energiahordozók sematikus ábráját a 2.9 ábra alapján készíthetjük el:



2.9 ábra: A létesítmény input és output rendszere

A termelő létesítmény különböző termékeket állíthat elő, melyek egyenként saját energia intenzitási faktoral rendelkeznek. Emiatt a létesítmény energiahatékonysági indikátorának meghatározása nem mindig egyszerű feladat. Az indikátor az alábbi módon adható meg:

$$EEI = \frac{\sum_{i-\text{units}} P_{i,j} * SEC_{refj}}{\text{a létesítmény energiafelhasználása a vizsgált idő szakban}}$$

Ahol:

$P_{i,j}$ = az egységekből kikerülő termékek összessége

SEC_{refj} = a termékek referencia SEC értéke, j

Ez a képlet megegyezik a 2.3.3. fejezet 3. pontjában megadott képlettel, mindössze annyi különbséggel, hogy a 2.3.3 fejezetben szereplő egyenlet egy gyártósor különböző termékeire vonatkozott, míg itt (a 2.4.3 fejezetben) különböző gyártósorok különböző termékei szerepelnek.

Energiaközvetítő rendszerek

Amikor a termelő létesítményt termelési egységekre osztjuk (ld. a 6. BAT pontot) az energiaközvetítő rendszer-központ meghatározása legyen világos és átlátható. Ha az energiaközvetítő rendszer-központ központ több mint egy termelési egység számára állít elő energiaközvetítő közeget, általában külön (különálló) termelési egységnek tekintik. Ugyanakkor az energiaközvetítő közeg más üzemeltetőtől is érkezhethet.

Maga az energiaközvetítő rendszer-egység is további részekre bontható: pl. a tárolással és ki/be rakodással kapcsolatos részleg, forró közegek (gőz, forró víz) részlege, hideg közegek (hűtővíz, N_2 , sűrített levegő) részlege. Az egyes energiaközvetítő rendszerekből érkező energiavektorokra vonatkozó számításokkal a 2.5 fejezet foglalkozik, az elsődleges és másodlagos energiák tárgyalásánál.

Az alábbi egyenletet mindig fel kell állítani:

$$\text{Létesítmény energiateljesítménye} = \sum_{i=\text{egységek száma}} \text{SEC}_i \times P_i + \text{az energiateljesítmény rendszer-egység energiateljesítménye}$$

Ahol $\sum_{i=\text{egységek száma}} \text{SEC}_i$ = i számú egység összesített SEC értékei

Egységek eltérő aggregációja a különböző létesítményekben

Erre vegyük példának az olaj hőkezelését gőzzel végzett pirolízis (krakkolás) során. Az olaj a krakkoló üzem mellékterméke (ezért a 2.8 ábrán inkább a P₂ mint a P₁ jelölés alkalmazható rá). Az olaj azonban csak akkor adható hozzá az olajtermékekhez, ha előtte hidrogénezik, az olefinek és diolefinek telítésének céljából, illetve azért, hogy a kéntartalmú összetevőket eltávolítsák belőle. A legtöbb üzemeltető a hidrogénező részleget a krakkoló üzem elkülönített egységként kezeli. Egyes létesítményekben azonban a hidrogénező részleget a krakkolóba integrálják, és az egyszerűség kedvéért úgy tekintik, hogy a hidrogénező részleg a krakkoló rendszerhatárain belül esik. Nem meglepő, hogy az ilyen krakkolók általában több energiát fogyasztanak, összehasonlítva azokkal a krakkoló üzemekkel, ahol a hidrogénező részleg a krakkoló rendszerhatárain kívülre esik. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a krakkolót és hidrogénező részleget integráló üzemek energiateljesítménye alacsonyabb.

Ebből is látszik, hogy a létesítményen belüli energiateljesítmény megvalósításához alapvető fontosságú:

- a létesítmény felosztása termelési egységekre, ideértve az egységeket elválasztó rendszerhatárok pontos meghatározását is (ld. még a továbbiakban a 2.5 fejezetet is). A létesítmény termelési egységekre bontása a termelő létesítmény komplexitásától függ, az erre vonatkozó döntést minden esetben a felelős üzemeltetőnek kell meghoznia
- a létesítményből/be ki- és bekerülő, illetve a különböző termelési egységek közt áramló energiaáramok pontos meghatározása (ld. a 2.9 ábrán az egységeket jelölő négyszögeket)
- a meghatározott rendszerhatárok fenntartása, hacsak nem merül fel igény a változtatásra, illetve nem történik változás, (pl. változások a termelésben/energiateljesítmény rendszerben vagy létesítmény/vállalat/ágazat szintű megegyezés nyomán más alapokra helyezés).

Így világosan meghatározható az adott gyártási folyamat energiateljesítményét érintő számítások módszere.

2.5 AZ ENERGIAHATÉKONYSÁGI INDIKÁTOROK MEGHATÁROZÁSAKOR FELMERÜLŐ EGYÉB KÉRDÉSEK

A 2.3 fejezet az energiateljesítmény meghatározását tárgyalja, és felhívja a figyelmet az ezzel kapcsolatos legfontosabb kérdésekre, mint amilyen pl. az elsődleges és másodlagos energia problémaköre. A fejezet ezenkívül bevezeti az energiateljesítmény rendszerekre és/vagy rendszerekre vonatkozó energiateljesítmény fogalmát. A 2.4.2 és a 2.4.3 fejezetek a termelési egységekre illetve a létesítményre vonatkozó energiateljesítmény indikátorok kidolgozását mutatják be az egésztől a részek felé haladva, az esetlegesen felmerülő problémákat is megvitatta.

A most következő fejezetekről:

- a 2.5.1 fejezet arra hívja fel a figyelmet, mennyire fontos a megfelelő rendszerhatárok meghatározása az energiahatékonyság optimalizálása során. A rendszereket alkotó részek és a rendszerek energiahatékonyságának relatív kihatásait vizsgálja, a részekről az egész felé haladva.
- a 2.5.2 fejezet további, az üzemeltető szempontjából potenciálisan fontos témákat érint, melyeket az energiahatékonyság és az arra vonatkozó indikátorok meghatározása során figyelembe kell venni.

2.5.1 A rendszerhatárok megadása

Az alábbi példák egyszerű rendszerelemeket, alrendszereket és rendszereket mutatnak be, azt vizsgálva, hogyan értékelhető ezeknél az energiahatékonyság javulása. A példák a vállalatoknál tipikusan alkalmazott energiahatékonysági értékelésekre alapulnak. A példák bemutatják, milyen hatása lehet annak, ha adott energiaközvetítő közeg esetében a rendszert túlságosan szűken (rendszerelem/összetevő vagy alrendszer szinten) határozzák meg.

A fizikai energiahatékonyság¹³ kiszámítását a 2.2.2.1 fejezet és az eredeti BREF 7.1.1 melléklete adják meg:

$$\text{Energiahatékonyság } \eta = \frac{\text{kimenő energia}}{\text{bemenő energia}} \quad (\text{általában \% -ban kifejezve})$$

Ahol:

munka (W) = a rendszerelem, rendszer, vagy folyamat által végzett hasznos munka mennyisége (joule-ban)

energia (E) = a rendszerelem, rendszer, vagy folyamat által használt energia mennyisége joule-ban)

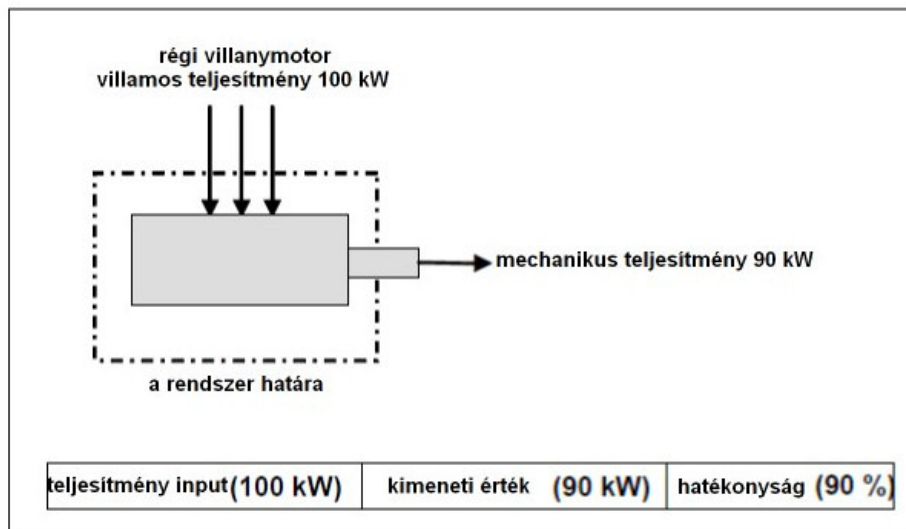
$$\text{Az energiahatékonysága változása (javulása)} = \frac{\text{változás a felhasznált energiamennyiségben}}{\text{eredeti energiafelhasználás}}$$

Példa: 1. rendszer Villanymotor

Régi villanymotor

¹³Az eredeti angol szövegben szereplő "energy efficiency" (energiáhozhatékonyaság) itt a berendezés vagy folyamat energiahatékonyságát jelöli (és nem az annak gondatlan használatából eredő értéket).

Egy vállalat felmérést készített a jelenleg alkalmazott hajtómotorokról. A felmérés során találtak egy régi, 100 kW bemenő teljesítményű villanymotort. A motor hatékonysága 90%-os volt, ennek megfelelően a kimenő (mechanikai) teljesítmény 90 kW volt (ld. 2.10 ábra).

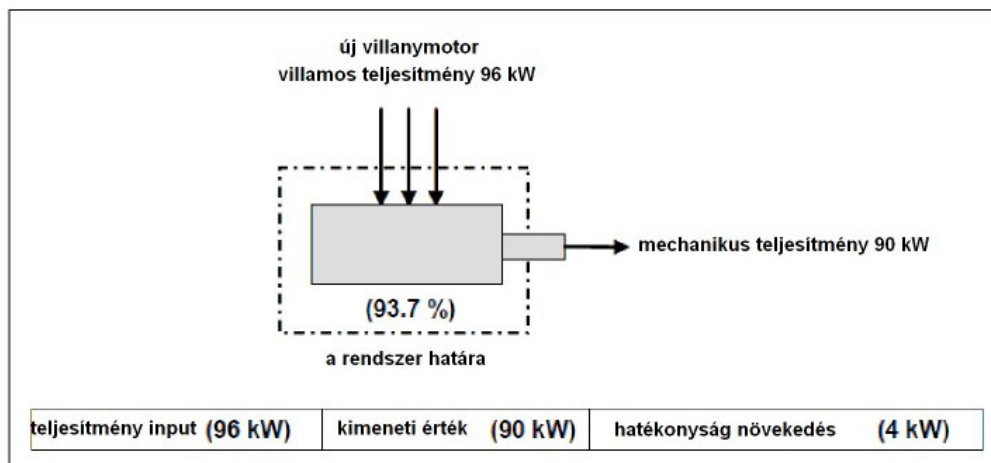


2.10 ábra: Rendszerhatárok – régi villanymotor

Új villanymotor

A hatékonyság javításának céljából a régi villanymotort egy nagy teljesítményű új motorra cserélték. A csere hatásai az 2.11 ábrán láthatóak. Az új motor jobb teljesítménye miatt 90 kW-os kimenő teljesítmény előállításához most 96 kW bemenő teljesítmény szükséges. Ennek megfelelően az energiahatékonyság javulása 4 kW, azaz

energiahatékonyság javulása = $4/100 = 4\%$



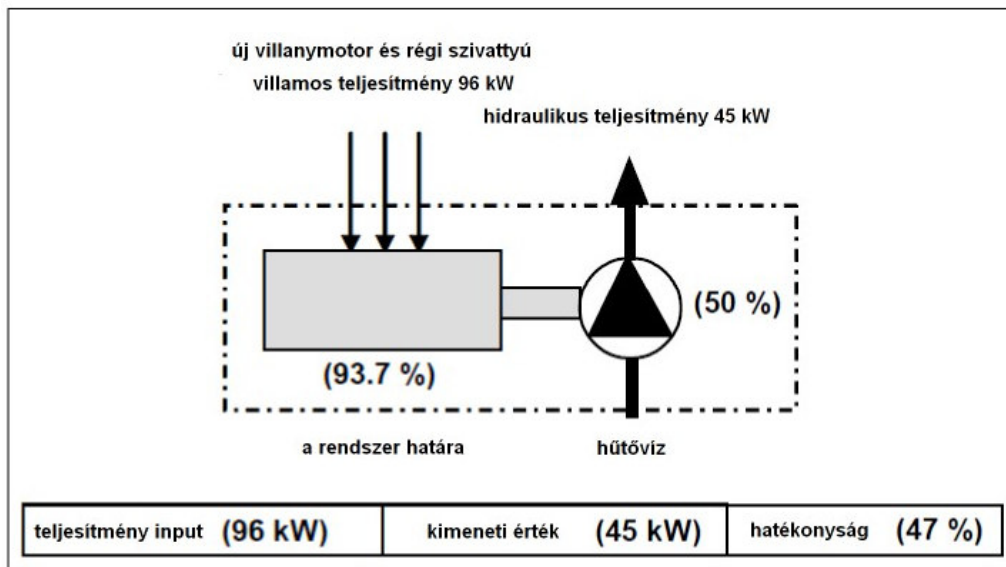
2.11 ábra: Rendszerhatárok – új villanymotor

Példa: 2. rendszer: villanymotor és szivattyú

Mint az a 2.12 ábrán látható, a példában a hűtőrendszer hűtővíz-ellátására egy olyan szivattyút használnak, melyet villanymotor működtet. A motor és a szivattyú kombinációja itt egy alrendszerként van megadva.

Új villanymotor régi szivattyúval

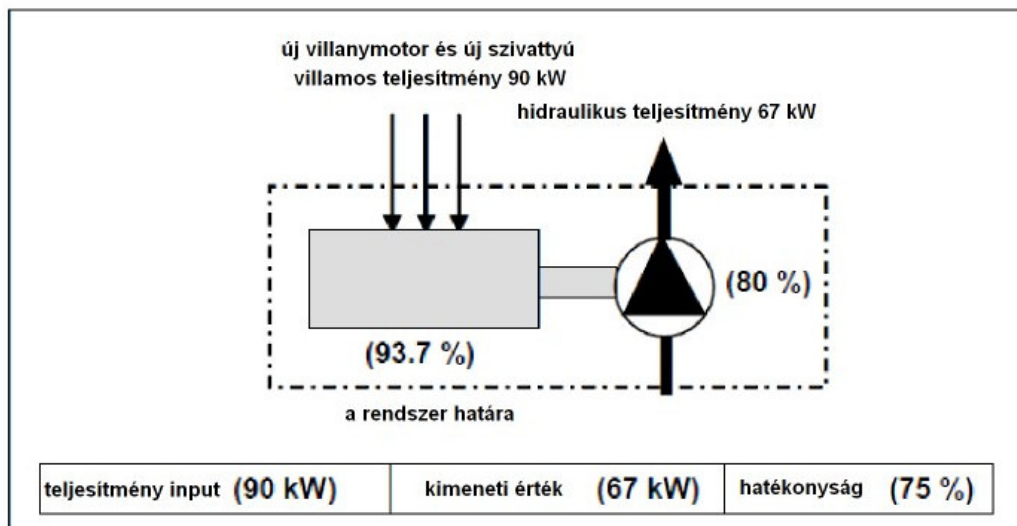
Ennek az alrendszernek a kimenő értéke a hűtővíz-áram és nyomás formájában megjelenő hidraulikus teljesítmény. A szivattyú gyenge teljesítménye miatt ez a kimenő érték mindössze 45 kW.



2.12 ábra: Rendszerhatárok – új villanymotor régi szivattyúval

Új villanymotor új szivattyúval

A régi szivattyút újra cserélték, ezáltal a szivattyúzás teljesítménye 50-ről 80%-ra emelkedett. A csere hatását a 2.13 ábra mutatja be.



2.13 ábra Rendszerhatárok - új villanymotor új szivattyúval

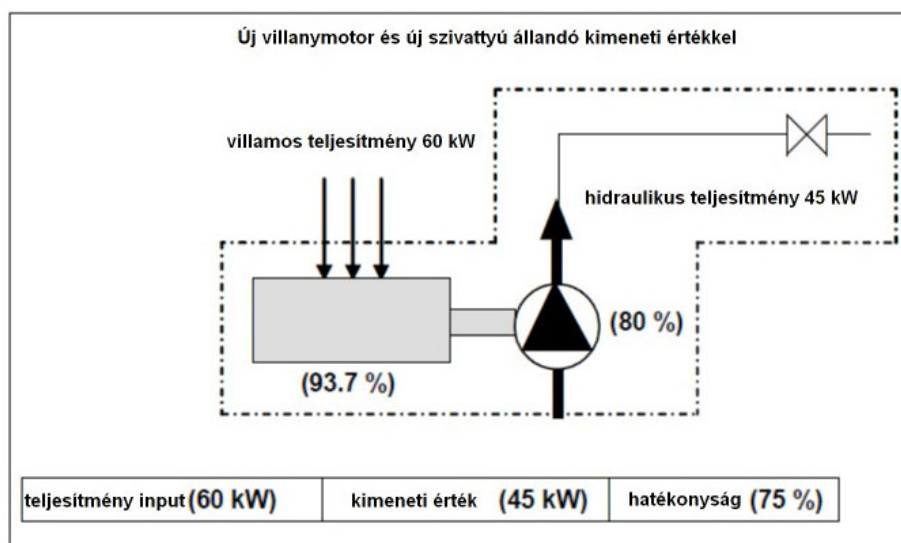
Az új alrendszer hatékonysága sokkal jobb, mint az előzőé. A hidraulikus teljesítmény 45 kW-ról 67 kW-ra emelkedett. A 2.3.1 fejezet értelmében az energiahatékonyság javulása:

$$EEF = \frac{\text{hatékonyság}}{\text{referencia hatékonyság}} = \frac{75}{47} = 1.60 \text{ (azaz 60\%-os energiahatékonyság-javulás)}$$

Példa: 3. rendszer: Új villanymotor új, állandó kimenő teljesítményű szivattyúval

Mint azt a 2.12 ábrán láthattuk, a hűtőrendszer még 45 kW hidraulikus teljesítmény mellett is kielégítően működött. A hidraulikus teljesítmény 67 kW-ra történő 50%-os növelésének hasznossága nem egyértelmű, a szivattyúzási veszteségek esetleg a vezérlőszelepre és a csőrendszerre tevődhetek át. A rendszerelemek energiahatékonyság szempontjából jobb alternatívákra való lecserélésének eredetileg nem ez volt a célja.

A hűtőrendszer összehasonlító vizsgálata kimutathatta volna hogy a 45 kW-os hidraulikus teljesítmény megfelelő volt, ebben az esetben a hasznos teljesítmény $45/0,8 = 56$ kW-ra tehető. A motor hajtásához szükséges villamos teljesítmény ekkor nagyjából $56/0,937 = 60$ kW (ld. 2.14 ábra).



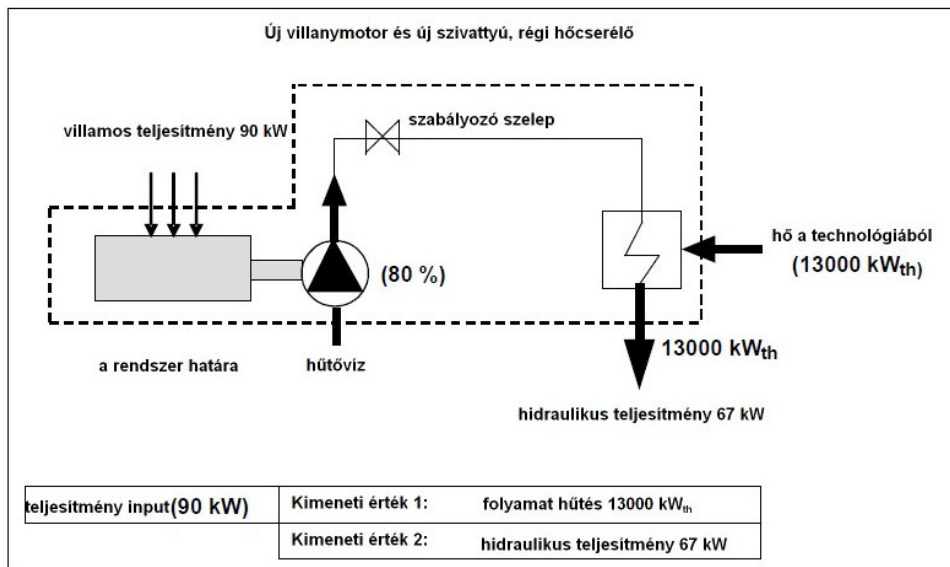
2.14 ábra: Új villanymotor állandó kimenő teljesítményű új szivattyúval

Ebben az esetben a bemenő teljesítmény 40 kW-tal alacsonyabb, mint korábban (ld. a 2.10 ábrát). A teljesítmény 75%-os marad, de a fogyasztás az 1. rendszerhez képest (rég motor és vélhetőleg régi szivattyú) 40%-kal, míg a 2. rendszerhez képest (új motor, új szivattyú) 33%-kal csökken.

Az összehasonlító vizsgálat felmérhette volna, lehetséges-e mind a motor, mind a szivattyú méretének csökkentése a hűtőrendszerre gyakorolt káros hatások nélkül, illetve a megkívánt hidraulikus teljesítmény csökkentése, pl. 20 kW-ra. Ezzel a megoldással —az energiahatékonyság javulása mellett— mérsékelhető lett volna a berendezésekre fordított beruházási költség.

Példa: 4. rendszer. A 3. rendszer kombinálása hőcserélővel

A 2.15 ábrán a rendszerhatárokat kiterjesztették, a hűtést végző alrendszer most egy új motort, egy új szivattyút és egy régi hőcserélőt foglal magába. A folyamat hűtési teljesítménye $13\ 000$ kW_{th} (th=termikus).



2.15 ábra: Új villanymotor és új szivattyú régi hőcserélővel

A kimenő értékeket a folyamathő és a hidraulikus teljesítmény elvonása adja, a megnövelt vízáram és nyomás révén.

Ha azonban meg akarjuk határozni az energiaközvetítő rendszert (ld. a 2.3.1 és 2.4.1 fejezeteket), az energiaközvetítő szolgáltatás jelen esetben a hűtés. A rendszert úgy alakították ki, hogy adott folyamat(ok) részére 13 000 kW_{th} hűtési teljesítményt biztosítson. Ebben a rendszerben a folyamathő nem játszik szerepet, a kimenő hő hulladékhőnek minősül. A hatékonyság, a 3. rendszerhez hasonlóan itt is 75%, ha input/output alapon számítjuk ki. A számítások azonban a SEC érték, illetve a meghatározott hűtési teljesítményhez szükséges energia alapján is elvégezhetőek:

$$\begin{aligned}
 \text{SEC} &= \frac{\text{felhasznált energia}}{\text{létrehozott termék}} = \frac{(\text{importált energia} - \text{exportált energia})}{\text{létrehozott termékek vagy outputok}} = \frac{\text{hűtőrendszer által felhasznált energia}}{\text{biztosított szolgáltatás}} \\
 &= \frac{90 - 67 \text{ kW}}{13000 \text{ kW}_{\text{th}} \text{ hűtés}} = 0.00177 \text{ kW/kW}_{\text{th}} \text{ hűtés} = 1.77 \text{ W/kW}_{\text{th}} \text{ hűtés}
 \end{aligned}$$

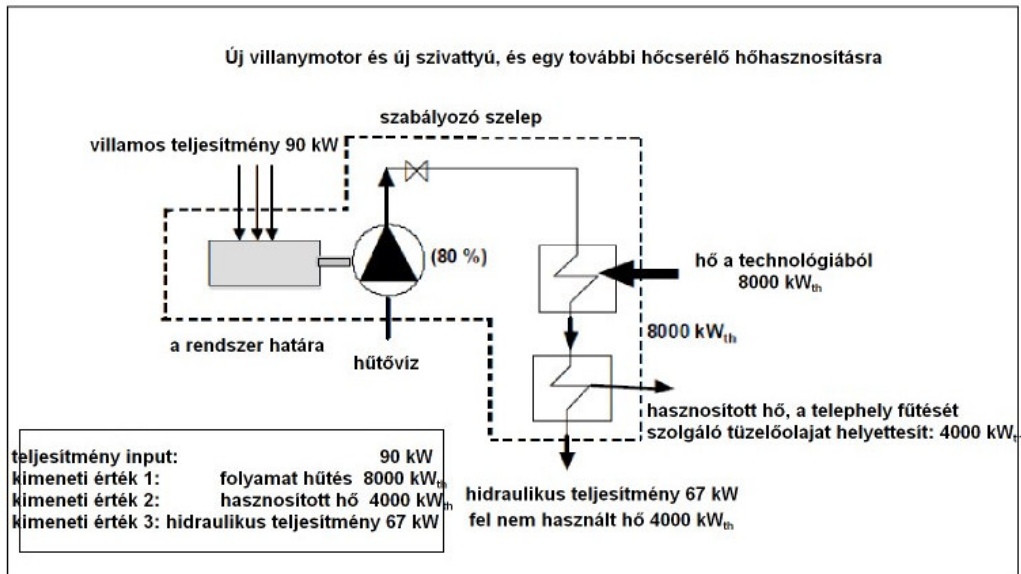
Amennyiben a hűtési igény csökken, pl. a termelés visszafogása miatt csak 8 000 kW hűtési teljesítményre van szükség, a SEC értéke 2,88 W/ kW_{th}-ra módosul. A 2.3.1 fejezetben foglaltak szerint ez a SEC növekedését jelenti, ami viszont az energiahatékonyság csökkenésére utal, vagyis az energiahatékonyság

$$\frac{(2,88 - 1,77)}{1,77} = 62\% \text{-kal csökken.}$$

Megjegyzés: a fenti számítások nem a folyamat hűtésének hatékonyságára, hanem a hűtőrendszer energiahatékonyságára vonatkoznak.

Példa: 5. rendszer: a 4. rendszer kombinálása hővisszanyeréssel

A környezetvédelmi aggályok miatt a vállalat úgy döntött, hogy a szén-dioxid és nitrogén-dioxid kibocsátásokat a hűtővíz hőjének hasznosításával csökkentik, így mérsékelve a fűtőüzem olajfelhasználását (ld. 2.16 ábra).



2.16 ábra: Új villanymotor és új szivattyú, két hőcserélővel

A szigorúan a hűtőrendszer bemenő és kimenő értékeire vonatkozó számítások az alábbiakat mutatják:

$$\frac{\text{hűtőrendszerben használt energia}}{\text{biztosított szolgáltatás}} = \frac{90 - 67 \text{ kW}}{4000 \text{ kW hűtés}} = 0.00575 \text{ kW/kW}_{\text{th}} \text{ hűtés} = 5.75 \text{ W/kW}_{\text{th}} \text{ hűtés.}$$

A 4. rendszerre vonatkozó számításokkal összehasonlítva hatékonyságcsökkenést tapasztalunk, míg az olajtüzelésű fűtőüzem hatékonyságjavulást mutat.

Nyilvánvaló, hogy a hőhasznosítást célzó intézkedések az energiahatékonyság javulásával járnak. A hőhasznosítás hasznosságának részletesebb értékeléséhez az olajtüzelésű fűtőüzemet is be kell vonnunk a számításokba. Az olajfogyasztás csökkenését illetve a fűtőüzem füstgázaiból hasznosítható hő mennyiségének csökkenését szintén figyelembe kell venni.

Jelen esetben, mint sok más esetben is, az alrendszerek összekapcsolódnak egymással, ami azt eredményezi, hogy egy alrendszer energiahatékonysága gyakran befolyással lehet egy másik alrendszer hatékonyságára.

2.5.1.1 Rendszerek és rendszerhatárok: következtetések

Adott létesítmény vizsgálatakor számolni kell a létesítményt felépítő egységekkel/rendszerekkel is. A beruházás maximális megtérülése akkor várható, ha az egész létesítményt ugyanúgy figyelembe vesszük, mint annak egymáshoz kapcsolódó egységeit/rendszereit (ld. pl. az Oldószeres felületkezelés BREF dokumentumban a 13. és 14. általános BAT pontot illetve a személygépkocsik fényezésére vonatkozó 81. BAT pontot). Más esetekben (mint ahogy azt az előzőekben az 1. és 2. rendszerrel láthattuk) az egyes rendszerelemek lecserélése rosszul méretezett beruházásokat eredményezhet, ami azzal járhat, hogy nem leszünk képesek realizálni az energiahatékonysággal kapcsolatos legnagyobb megtakarításokat.

Meg kell vizsgálni, egyáltalán szükség van-e adott, meglévő rendszerre vagy alrendszerre, illetve hogy az energiahatékonyság javítása céljából az igényelt szolgáltatás (pl. hűtés, fűtés) megoldható-e valamilyen módosított, vagy teljesen más módszerrel. Az egységekkel/rendszerekkel kapcsolatban az alábbiakra kell figyelmet fordítanunk:

- az egységeket/rendszereket, határaikat és kölcsönhatásaikat tekintve, megfelelő szinten kell meghatározni
- az egységeknek/rendszereknek azonosítható és valamilyen igényt kielégítő szolgáltatást vagy terméket kell előállítaniuk
- az egységeket/rendszereket az erre a termékre vagy szolgáltatásra vonatkozó fennálló, vagy tervezett igény vonatkozásában kell értékelni (azaz nem régebbi állapotok alapján).

A létesítmény maximális energiahatékonysága azt is jelentheti, hogy egy vagy több rendszer energiahatékonysága önmagában nem lesz optimális, ha az átfogó energiahatékonyság maximalizálása ezt igényli. (Lehetséges, hogy ez csak matematikailag jelenik meg, mert a hatékonyság máshol realizálódik, vagy egyéb változások befolyásolják az egyes rendszerekre vonatkozó számítások változóit. Nem biztos, hogy ezáltal az összesített energiafogyasztás megnövekszik.)

2.5.2 Egyéb fontos tényezők létesítmény-szinten

2.5.2.1 Feljegyzések az alkalmazott jelentéstételi gyakorlatról

Létesítmény szinten a jelentéstételhez egy közös módszert (vagy konvenciókat) kell elfogadni és követni. A külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázisának tartalmaznia kell az energiahatékonysági számításokra vonatkozó rendszerhatárok meghatározását, és az ezekben, illetve az üzemelési gyakorlatban bekövetkező bármely változást. Ennek segítségével lehetővé válik a különböző évekre vonatkozó számítások folyamatos értelmezhetősége, illetve az azok közti összehasonlítások elvégzése.

2.5.2.2 Létesítményen belüli energiatermelés és energiafelhasználás

Számos folyamatban (pl. olajfinomítók, szennylég a cellulóz- és papíripari üzemekben) a termelő tüzelőanyagot maga a folyamat használja fel. Alapvető fontosságú, hogy az ilyen tüzelőanyagok energiáját a folyamat energiahatékonyságának értékelésekor számításba vegyük. Ahogy ezt a 6. BAT pontban is láthatjuk, ennek az energiának a figyelmen kívül hagyása esetén pl. az olajfinomítók energiafogyasztása nagyon alacsony lenne, mivel itt a bekerülő nyersolaj 4-8%-a folyékony és gáz halmazállapotú tüzelőanyag formájában belső felhasználásra kerül. Ezenfelül a finomítók importálhatnak is bizonyos energiaforrásokat, mint pl. elektromos áramot, gőzt és (esetenként) földgázt. A finomító rendelkezhet kapcsolt termelést lehetővé tévő egységgel is, és a belső tüzelőanyag fogyasztás emelése mellett elektromos áramot exportálhat. A 2.1 és a 2.3 egyenletek szerint a kapcsolt termelést végző olajfinomítók látszólag nettó energiatermelők, mivel nettó elektromos áram termelőkké válhatnak.

Ez nyilvánvalóan nem tükrözi a valós helyzetet, mivel a finomítók jelentős mennyiségű energiát fogyasztanak. A rendszerhatárok és energiahordozók megválasztása során a létesítményre jellemző körülményeket kell figyelembe venni, de ha ezeket egyszer az adott üzemre meghatároztuk, ragaszkodnunk kell hozzájuk.

2.5.2.3 Hulladékok és elfákllyázott anyagok hasznosítása

Minden folyamat termel bizonyos mennyiségű szilárd, folyékony és/vagy gáz halmazállapotú hulladékot. Ezeknek a hulladékoknak az energiatartalma egyes esetekben a létesítményen belül vagy azon kívül hasznosítható. A szilárd és a folyékony hulladék külső vállalat égetőművébe szállítható, míg a véggáz elfáklázható.

Hulladék

Példa: A hulladékot előzőleg külső vállalat hulladékégetőjébe szállították. A termelő létesítmény most megtalálta a módját a hulladék létesítményen belüli felhasználásának, pl. elégeti, mint tüzelőanyagot kazánok/kemencék üzemeltetéséhez. Az üzemeltetőnek az alábbiak figyelembevételével kell eldöntenie, hogy ez a megoldás javítja-e a termelő egység/létesítmény energiahatékonyságát:

- a hulladék belső felhasználása csökkenti a kívülről importált tüzelőanyagok iránti igényt, de a létesítmény energiahatékonysága nem változik
- másrészt a hulladékégető vállalat rendelkezhet olyan létesítménnyel, ahol a hulladék fűtőértéke gőztermelés formájában hasznosulhat. Ebben az esetben a hulladékáram átirányítása (azaz létesítményen belüli felhasználása a hulladékégető vállalathoz küldés helyett) nem feltétlenül jelenti az energiahatékonyság átfogó javulását, amennyiben a termelő létesítmény és a hulladékégető vállalat együttes energiahatékonyságát vizsgáljuk.

Megjegyzés: a külső hulladékégető szolgáltatásainak igénybevételéről a hulladék létesítményen belüli hasznosítására való átállást nem feltétlenül az energiahatékonysági kérdések indokolják (pl. piaci viszonyok).

A következtetéseket ld. lejjebb, az **Átfogó energiahatékonyság** részben

Fáklyák

A fáklyákat az ipar alapvetően biztonsági berendezésként használja. Az olyan üzemekben, mint pl. a nyersolajfinomítók, tartályparkok, vegyi üzemek és hulladéklerakók, a fáklyákon keresztül a véggázok biztonságosan kiengedhetők. A fáklyák esetében a véggázok kiengedése általában csak másodlagos fontosságú funkció¹⁴. Megfelelően karbantartott, üzemeltetett és tervezett létesítményekben, normális üzemi körülmények közt a fáklyán át kevés illetve elhanyagolható mennyiségű anyag távozik. A legtöbb létesítményben ugyanakkor a fáklyához, ha alacsony mennyiségben is, de állandóan áramlik anyag, pl. a mentesítő szelepek szivárgásából vagy a tároló tartályok feltöltésével/leeresztésével kapcsolatos szellőztetésből.

¹⁴Ez alól kivételt jelenthetnek az olajfúró kutak, ahol a fáklyát valóban arra a célra használják, hogy az olajjal együtt feltörő gáztól megszabaduljanak. Más iparágakban, főleg ahol toxikus gázok keletkeznek, a véggáz kezelésére a hulladékégető megfelelőbb megoldásnak tekinthető, mint az elfáklázás. A fáklyának mindazonáltal megvan az az előnye, hogy a legmagasabb fokozaton és legalacsonyabb fokozaton mért kapacitásának aránya sokkal magasabb, mint a hulladékégetőé.

A fáklyába érkező anyag úgy ég el, hogy a fáklyagáz energiatartalma nem hasznosul. A létesítmény felszerelhető egy olyan fáklyagáz hasznosító rendszerrel, amely a fáklyába érkező kis mennyiségű gázt is képes hasznosítani és visszajuttatni a létesítmény tüzelőgáz rendszerébe.

Példa: A fáklyagáz hasznosító rendszerrel korábban nem rendelkező gyártási folyamat üzemeltetője elhatározza, hogy beszerelteti a hasznosító rendszert. Ez csökkenteni fogja az importált tüzelőgáz-fogyasztást, miközben a folyamat teljes tüzelőgáz-fogyasztása nem változik. Az üzemeltetőnek meg kell határoznia a tervezett fáklyagáz hasznosító rendszer energiahatékonysági vonatkozásait. Ez különösen akkor fontos, ha az adott gyártási folyamat nem csak a saját fáklyagázát lesz képes hasznosítani, hanem a létesítményben üzemeltetett egyéb folyamatok fáklyagázát is.

A következtetéseket ld. lejjebb, az **Átfogó energiahatékonyság** részben.

Átfogó energiahatékonyság

A 2.4.2.2. fejezetben lévő 2.5 egyenlet szerint a hulladék tüzelőanyagként való hasznosítása nem jelent közvetlen hasznot. Amikor azonban a hulladékot ily módon a létesítményen belül hasznosítják, ez csökkentheti az importált tüzelőanyag ($E_{f,in}$) változó értékét. Amikor a hulladék energiáját a létesítményen kívüli hulladékégetőben hasznosítják, az ezzel kapcsolatos számítások analógiát mutatnak az elsődleges energiára vonatkozó kalkulációkkal (ld. 2.3.1 fejezet) és ugyanúgy végezhető el. Adott folyamatnál egy másik lehetőség lehet a keletkezett hulladék mennyiségére és a hasznosítás mértékére vonatkozó referenciaértékek meghatározása, és energijóváírás biztosítása azon üzemeltetők számára, akik a hulladékot a referencia értékekhez képest hatékonyabban képesek hasznosítani. Ez a megoldás ugyanakkor a számításokat a valós helyzethez képest túlságosan komplikálttá teheti, hacsak a létesítmény nem termel jelentős mennyiségben —a létesítmény energiainputjához képest— energiatartalmú hulladékot.

A fenti megfontolások miatt be kell látnunk, hogy a folyamat/egység SEC/EEI értékeinek meghatározásához szükséges keretek megadása előtt fontos tisztázni a hulladékok szerepét a számításokban. Az egyes iparágak eltérő gyakorlatot követhetnek, és energiahatékonysági számításaikban más-más módon értékelhetik a hulladék belső felhasználását. Fontos, hogy minden iparág és/vagy vállalat világosan meghatározza az általa szabványosnak tekintett gyakorlatot.

Az egyes iparágaknak ezenkívül egyértelműen meg kell határozniuk a hulladékok figyelembe vételét a számítások során, hogy lehetővé váljon az egymással versenyben lévő folyamatok objektív összehasonlítása. Létesítmény szinten a jelentéstételnek egy, közös gyakorlatát kell bevezetni és fenntartani.

A változásokat fel kell tüntetni a külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázisban, hogy lehetővé váljon az egyes évekre vonatkozó számítások összehasonlítása.

2.5.2.4 Terhelési tényező (a SEC csökkenése a fokozódó termeléssel)

A fajlagos energiafogyasztás fokozódó termelés melletti csökkenése teljesen normális jelenség, melynek két oka van:

- a termelési kapacitás nagyobb arányú kihasználása mellett a gyártó berendezés hosszabb ideig üzemel, azaz az üresjáratok rövidebbek. Bizonyos berendezések folyamatosan üzemelnek, még akkor is, ha egyébként a termelés leáll. Ha a termeléssel nem járó időtartamok csökkennek, az ilyen üresjáratok is lerövidülnek.
- a létesítménynek létezik egy olyan alap-energiafogyasztása, amely nem függ a termelési kapacitás kihasználásától. Ez az energiafogyasztás a berendezések beindításával, az üzemi hőmérséklet fenntartásával (termelés nélkül, ld. a 2.5.2.10 fejezetet az érezhető hőről), a világítás, szellőztető ventilátorok, irodai gépek stb. működtetésével függ össze. A létesítmény fűtése szintén független a termelési kapacitás kihasználásától, inkább a külső hőmérséklet függvénye, mint ez a 2.17 ábrán is látható. Magasabb termelési kapacitás mellett ez az energiafogyasztás nagyobb mennyiségű (több tömegegységnyi) terméken oszlik el.

A létesítmény/egység valós energiahatékonyságát az üzemeltető úgy függetlenítheti a terhelési tényezőtől, hogy ágazat/létesítmény/egység-specifikus korrekciós tényezőket használ. Ugyanilyen jó módszer, ha megméri, kiszámítják vagy megbecsülik a létesítmény/egység alapterhelését (pl. a különböző kapacitás-kihasználások alapján extrapolálva). Ez a könyveléshez hasonló eljárás. Az egyes esetekre meghatározhatók a energiahatékonysági mérlegek.

Az üzemeltetőnek frissítenie kell a külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázist, hogy az egyes évekre vonatkozó számítások összehasonlítása folyamatosan biztosítható legyen.

2.5.2.5 Változások a gyártási technikákban és a termékfejlesztésben

A gyártási technikákban pl. a technikai fejlődés következtében, vagy a piacon megjelenő új rendszerlemek vagy technikai rendszerek miatt változtatások következhetnek be. Az elavult technikai rendszerek esetében csere válhat szükségessé, a termelés hatékonyságának növelése érdekében pedig új vezérlőrendszerek bevezetésére lehet szükség. A gyártási technika ilyen jellegű változásainak bevezetése az energiahatékonyságot is javíthatja. A gyártási technikában bekövetkező, hatékonyabb energiafelhasználást eredményező változtatások energiahatékonyságot javítható intézkedéseknek tekinthetők (ld. még a 10. BAT pontot.).

Egyes esetekben a piaci igények kielégítéséhez, az új termék-leírásoknak való megfeleléshez vagy a környezetvédelmi előírások betartásának érdekében a gyártási folyamatot új egységekkel kell kiegészíteni. Ezekben az esetekben a SEC érték az új egység beüzemelése után rosszabbodhat, hiszen az új egység további energiát igényel. Ez nem jelenti azt, hogy a létesítmény energiagazdálkodása csődöt mondott.

Az üzemeltetőnek frissítenie kell a külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázist, hogy az egyes évekre vonatkozó számítások összehasonlítása folyamatosan biztosítható legyen.

Példák:

- az új tüzelőanyag specifikációk (az EURO IV előírásokban meghatározott alacsony kéntartalmú dízelolaj és benzin) a 2000-tól 2005-ig terjedő időszakban az olajfinomítók átalakítását igényelték. Ez a finomítók magasabb energiafogyasztásához vezetett.
- a cellulóz- és papíriparban a gyártási folyamatban használt rost minőségjavulása az energiafogyasztás csökkenéséhez vezetett. Később a végtermék minősége is javult, ami

viszont fokozott őrleést igényelt. A technikai fejlődés e két lépése után a teljes energiafelhasználás végül növekedést mutatott.

- egy acélgyártó vállalat javíthatja az előállított acéltermékek szilárdságát, az új folyamatok azonban az energiafogyasztás növekedésével járnak. A vevők saját termékeikben több tucat százalékponttal csökkenthetik az acélösszetevők vastagságát. A gyártott termékek súlyának csökkenése (pl. személygépkocsik esetében) energiát takaríthat meg. Az energia-megtakarítások a termékek életciklus elemzésének részét képezik és nem szerepelnek a létesítmény energiahatékonysági számításaiban (mint ahogy az IPPC irányelv sem foglalkozik a termékek életciklusával).

Változások a gyártási szerkezetben

A gyártási szerkezet változásai jelenthetik pl. a veszteséges gyártósorok leállítását, az energiaközvetítő közegeket szolgáltató rendszerekben beálló változásokat, illetve a hasonló üzletágak összeolvasztását. A gyártási szerkezet az energiahatékonyság javításának céljából is megváltoztatható.

Ennek hatása lehet a SEC nevezőjére. Az üzemeltetőnek frissítenie kell a külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázist, hogy az egyes évekre vonatkozó számítások összehasonlítása folyamatosan biztosítható legyen.

Magas energiaigényű termék gyártásának megszüntetése

Adott vállalat megszüntetheti valamely nagy energia inputot igénylő termék gyártását. Ez mind az átfogó, mind a fajlagos energiafogyasztást csökkenti. Egy ilyen jellegű intézkedés az energiahatékonyság javítása érdekében tett lépésként értékelhető, még akkor is, ha más intézkedések nem történtek.

Az üzemeltetőnek ebben az esetben is frissítenie kell a külső és belső feljegyzéseket összegyűjtő adatbázist, hogy az egyes évekre vonatkozó számítások összehasonlítása folyamatosan biztosítható legyen.

Kiszervezés

Adott energiaközvetítő közeget a létesítmény számára külső fél biztosítja (pl. sűrített levegő előállítása). Ha a létesítmény a sűrített levegőt külső forrásból szerzi be, az energiafogyasztása csökken, ugyanakkor a sűrített levegőt előállító létesítmény energiafogyasztása nő. A változás kiszámítására az elsődleges energia-számításoknál leírtak a mérvadóak (ld. a 2.3.6.1 fejezetet).

A gyártási folyamat egyes lépéseinek alvállalkozásba adása

Az üzemeltető úgy dönthet, hogy adott, nagy energiaigényű folyamatot (pl. a fémösszetevők hőkezelését) alvállalkozónak adja ki. Mivel a művelet ettől még el kell végezni, a megoldás nem tekinthető energiahatékonyságot javító intézkedésnek, ezért a számításokban továbbra is figyelembe kell venni, hacsak a változtatásról nem születtek feljegyzések és a SEC és EEI értékeket nem módosították ezeknek megfelelően. Megjegyzés: az ilyen jellegű folyamatokat üzemeltető alvállalkozók esetében az energiahatékonyság akár kedvezőbb is lehet, hiszen az adott területen nagyobb szakértelemmel rendelkeznek (ami lehetővé teszi számukra a folyamat megfelelőbb optimalizálását) és nagyobb átmenő kapacitással dolgozhat, ami csökkenti a terhelési tényezőt.

Példa: személygépkocsikat szériában gyártó létesítmény üzemeltetője úgy dönt, hogy az alkatrészeket nem a létesítményen belül gyártja le, hanem külső féltől szerzi be azokat. Ennek

eredményeként mind a teljes, mind a fajlagos energiafogyasztás csökkenni fog, amit az energiahatékonysági indikátorok és a feljegyzések frissítése során mindenképp figyelembe kell venni.

2.5.2.6 Energia integráció

Belső energiatermelés

A létesítményen belüli, elsődleges energia-források felhasználásának növekedésével nem járó energia- (elektromos áram vagy gőz) termelés az energiahatékonyság javításának elismert módszere. Ez a szomszédos egységekkel vagy létesítményekkel (esetleg nem ipari felhasználókkal) folytatott energiacsere révén optimalizálható, ld. még a 11., 5. és 6. BAT pontokat. A rendszerhatárokat itt is meg kell határozni és tisztázni kell az esetleges kétértelműségeket. A rendszerhatárok megállapítását az előzőekben a 2.4 és 2.5 fejezetek tárgyalták, az elsődleges energiákra vonatkozó számításokkal pedig a 2.3.6.1 fejezet foglalkozott.

Oxigénhasználat az égetőművekben

Az oxigént az égetőművekben az égetési hatékonyság növelésére, illetve a tüzelőanyag-bevitel csökkentésére használhatják. Az oxigén használata az energiahatékonyságot is javíthatja, mert csökkenti a levegő tömegáramát a füstgázokban, illetve az NO_x kibocsátásokat. Az O₂ előállítása ugyanakkor szintén energiát igényel, akár a létesítményen belül, akár azon kívül zajlik, amit a számítások során figyelembe kell venni. A vonatkozó információk az elsődleges energiáról szóló fejezetben (2.3.6.1), illetve a 17. BAT pontban található.

Folyamat-integráció és a vállalatok feldarabolódása

Az utóbbi néhány évtizedben az ipart az alábbi két folyamat jellemezte:

- folyamatok integrációja
- vállalatok feldarabolódása, különösen a vegyiparban.

A nagy integráltsági fokot képviselő létesítmények kialakítása jelentős gazdasági előnyöket kínál. Más esetekben a piaci stratégia azt kívánja meg, hogy a vállalatokat az őket felépítő termelési egységekre darabolják. Mindkét folyamat komplex létesítményeket eredményez, ahol sok üzemeltető van jelen és az energiaközvetítő közegeket valamelyik üzemeltető állítja elő, de ez akár valamilyen külső fél feladata is lehet. Az ilyen folyamatok eredményeként bonyolult energiaforgalom jöhet létre a különböző üzemeltetők közt.

Ezekben a nagyméretű, integrált komplexumokban az integráció révén általában kedvező lehetőségek mutatkoznak az energiafelhasználás hatékonyságának javítására.

2.5.2.7 Csökkentett energiahatékonysággal a fenntarthatóság és/vagy a létesítmény átfogó energiahatékonyságának szolgálatában

Mint az a 2.4 és 2.5 fejezetekben már említésre került, a komplex létesítmények (mint pl. a 2.5.2.6 fejezetben bemutatott létesítmények stb.) energiahatékonyságának meghatározásakor kiemelt figyelmet kell fordítani a rendszerhatárok megadására. Külön hangsúlyt kell fektetni arra, hogy az egyes gyártási folyamatok specifikus vizsgálata során az energiafelhasználás egyes módjai alacsony hatékonyságúnak tűnhetnek, jóllehet a létesítmény integrált

rendszerének egészében igen hatékony megközelítést képviselnek. Az olyan egységek, folyamatok vagy rendszerek üzemeltetői, amelyek nem üzemelhetnek az energiahatékonyság legmagasabb elérhető fokán, üzletileg kompenzálhatók, hogy az integrált létesítmény egésze a legversenyképesebb helyzetbe kerülhessen.

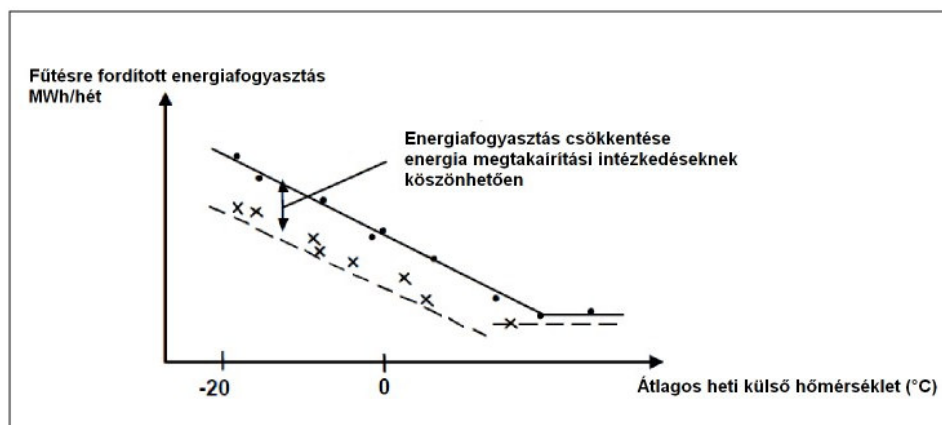
Néhány példa a fentiekre:

- a gőz használata adott szárítási eljárásban energiahatékonyság szempontjából rosszabb megoldásnak tűnik, mint a földgáz közvetlen használata. Az alacsony nyomású gőz viszont egy CHP folyamatból érkezik, ahol a gőz előállítását az elektromos áram kiemelkedő hatékonyságú termelésével kombinálják (ld. 29. BAT pontot).
- a termelő létesítmény területén található CHP üzemek nem feltétlenül vannak a létesítmény tulajdonosának birtokában, az is előfordulhat, hogy a helyi elektromos művek közös vállalkozás formájában üzemelteti őket. A gőz a létesítmény üzemeltetőjének tulajdonát képezi, míg az elektromos áram az elektromos művek tulajdona. Emiatt a fenti tényezők figyelembe vétele a számítások során különös gondosságot igényel.
- adott létesítmény az elektromos áram termelője és fogyasztója is egyben, ugyanakkor kisebbek az áram továbbításából eredő veszteségek.
- egy magas fokon integrált rendszerben a gyártási folyamatok energiatartalmú maradékai visszakerülnek az energiaciklusba, például a hulladékgőz visszakerül a gőzrendszerbe, az elektrolízisből származó hidrogént pedig kiegészítő tüzelőanyagként használják a hő és/vagy elektromos áram termelő folyamatokban, illetve, mint vegyi anyagot, nyersanyagként hasznosítják a hidrogén-peroxid gyártásban. Más példák: a gyártási maradékokat az üzem kazánjaiban elégetik, a véggázokat (pl. az olajfinomítóknál keletkező szénhidrogéneket vagy a színesfém-feldolgozás során termelődő CO-t), a földgáz használatához képest alacsonyabb hatékonysággal ugyan, de tüzelőanyagként hasznosítják (ld. még a 17. BAT pontot.).

Bár jelen dokumentum hatálya nem fedi le ezt a kérdést, a megújuló/fenntartható energiaforrások és/vagy tüzelőanyagok használata csökkentheti a levegőbe kerülő összes szén-dioxid kibocsátást. Ezt a szén-mérleg kiszámításával lehet figyelembe venni (ld. a 2.3.6.1 fejezetet és az eredeti BREF 7.9.6 mellékletét.).

2.5.2.8 Az épületek fűtése és hűtése

Az épületek fűtésére és hűtésére fordított energia mennyisége jelentősen függ a külső hőmérséklettől, ahogy ez a 2.17 ábrán is látható.



2.17 ábra: A külső hőmérséklet és az energiafelhasználás kapcsolata

Ha a szellőztető levegőből a kikerülés előtt visszanyerik a hőt, modernizálják az épületek szigetelését vagy hasonló intézkedéseket tesznek, a 2.17 ábrán látható görbe lefelé mozdul el.

A fűtés és a hűtés energiaigénye ennek értelmében független a termelési kapacitás kihasználásától, és a terhelési tényező részt képezi (ld. a 2.5.2.4. fejezetet).

2.5.2.9 Regionális tényezők

A fűtés és a hűtés (ld. fent, a 2.5.2.8 fejezetben) regionális tényezőknek számítanak, ahol is általában Észak-Európában a fűtés, Dél-Európában pedig a hűtés energiaigénye a magasabb. Ez kihatással lehet a termelési folyamatokra, pl. a Finnországban télen a hulladékkezelő létesítményekben a hulladékot kezelési hőmérsékleten kell tartani, míg Dél-Európában az élelmiszeripari termékek frissen tartásához nagyobb hűtőkapacitás szükséges stb.

A regionális és helyi éghajlat sajátosságai másképp is korlátozhatják az energiahatékonyságot: a széntüzelésű kazánok hatásfoka Észak-Európában általában 38% körül van, míg Dél-Európában 35%, a nedves hűtőrendszerek hatékonyságát befolyásolja a környezet hőmérséklete és a harmatpont stb.

2.5.2.10 Érezhető hő

Azt a hőt, amely hőmérséklet-változást okoz, „érezhető hő”-nek nevezzük (azaz az ilyen hő hatása nyilvánvaló, „érezhető”, bár a fogalmat egyre ritkábban használják). Egy olajfinomítóban az üzem összes bemenő anyagának a környezeti hőmérsékletről 104,4 °C-ra emeléséhez szükséges fűtést pl. **érezhető hőnek** nevezzük.

2.5.2.11 Egyéb példák

Az érdeklődők egyéb példa-folyamatokat találhatnak az eredeti BREF a 7.3 mellékletében:

- 1. példa: etilén krakkoló
- 2. példa: vinil-acetát-monomer (VAM) gyártása
- 3. példa: acélipari létesítmény meleghengerműve.

A fenti példák az alábbi területekre vonatkoznak:

- változatos tevékenységet végző és komplex létesítmények
- komplex energiaáramok
- tüzelőanyag-értéket képviselő többféle termék
- az elektromos energia felhasználásának hatékonysága a termeléssel változik
- az olajfinomítók ágazat-specifikus EEI értéke, a Solomon Energy Benchmark.

3. ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK

3.1 BEVEZETÉS

Jelen fejezet és tartalmának megértéséhez az olvasó figyelmét a BREF dokumentum előszavához, azon belül is az alábbiakban idézett szöveghez kell irányítsuk:

Az előszó 3., „Az IPPC Irányelv vonatkozó jogi előírásai és a BAT definíciója” című alpontjából:

Az IPPC Irányelv célja az I. számú mellékletében felsorolt tevékenységekből keletkező szennyezés integrált megelőzésének és csökkentésének elérése, amely a környezet mint egész magas szintű védelméhez vezet, beleértve az energiahatékonyságot is. Az Irányelv jogi alapja a környezetvédelemre vonatkozik. Végrehajtása során figyelembe kell venni a Közösség egyéb célkitűzéseit is, mint pl. a Közösség iparának versenyképességét, így járulva hozzá a fenntartható fejlődéshez. A dokumentum hatályáról szóló fejezet további információkkal szolgál az Irányelvben található, az energiahatékonyságra vonatkozó jogszabályi megalapozottságról.

Az IPPC irányelv bizonyos ipari létesítmények számára kifejezetten előír egy engedélyeztetési rendszert, amely mind az üzemeltetőktől, mind a hatóságoktól megköveteli, hogy integrált, átfogó képet alkossanak a létesítmény fogyasztási és szennyezési potenciáljáról. Ezen integrált megközelítésnek az kell legyen az átfogó célja, hogy jobba tegye az ipari folyamatok kialakítását, felépítését, irányítását és ellenőrzését a környezet egészének magas szintű védelme biztosítása érdekében. E megközelítés középpontjában az a 3. cikkben meghatározott általános elv áll, amelynek értelmében az üzemeltetők minden megfelelő megelőző intézkedést megtesznek a környezetszennyezés ellen, különösen a környezetvédelmi teljesítmény, és annak részeként az energiahatékonyság javítását lehetővé tevő, „**elérhető legjobb technikák**” alkalmazása révén.

Az „elérhető legjobb technikák” kifejezés definíciója az Irányelv 2. cikk (12) bekezdésében található.

Ezen túlmenően az IPPC irányelv IV. melléklete felsorolja az elérhető legjobb technika meghatározásánál általánosságban vagy egyedi esetekben figyelembe veendő szempontokat, szem előtt tartva egy intézkedés várható költségeit és hasznát, valamint az elővigyázatosság és a megelőzés elvét. E szempontok között szerepelnek a Bizottság által a 17. cikk (2) bekezdés második albekezdésének megfelelően közzétett információk.

Az engedélyek kiadásáért felelős illetékes hatóságok az engedély előírásainak meghatározásakor kötelesek figyelembe venni a 3. cikkben megállapított általános elveket. Az előírások között szerepeltetniük kell kibocsátási határértékeket, amelyeket kiegészülnek egyenértékű paraméterek vagy műszaki intézkedések egészíthetnek ki vagy helyettesíthetnek. Az irányelv 9. cikkének (4) bekezdése értelmében:

(az elérhető legjobb technikákról és a környezetminőségi szabványokról, valamint a környezetminőségi szabványoknak való megfelelésről szóló 10. cikk sérelme nélkül) a kibocsátási határértékek és az azokkal egyenértékű paraméterek és műszaki intézkedések az elérhető legjobb technikákon alapulnak anélkül, hogy előírnák bármilyen meghatározott

technika vagy technológia használatát, de figyelembe véve az érintett létesítmény műszaki jellemzőit, földrajzi elhelyezkedését és a helyi környezeti feltételeket. Az engedély feltételei minden körülmény esetén tartalmaznak intézkedéseket a nagy távolságra jutó vagy határokon áttérjedő szennyezés minimalizálásával kapcsolatban, és a környezet egészének magas szintű védelmét biztosítják.

Az Irányelv 11. cikke értelmében a tagállamok kötelesek biztosítani, hogy az illetékes hatóságok figyelemmel kísérjék az elérhető legjobb technikák fejlődését, vagy arról tájékoztatást kapjanak.

Az előszó 6., „Hogyan kell érteni és használni ezt a dokumentumot” című alpontjából:

Az ebben a dokumentumban szereplő információk rendeltetése, hogy konkrét esetekben hozzájáruljanak az energiahatékonyság tekintetében elérhető legjobb technika (BAT) meghatározásához. A BAT és a BAT-on alapuló engedélyezési előírások meghatározásakor mindig figyelembe kell venni a környezet egészének magas fokú védelmére irányuló, az energiahatékonyság elérését is magában foglaló átfogó célkitűzést.

Ez a fejezet (3. fejezet) ismerteti azokat a technikákat, amelyek általános értelemben összeegyeztethetőek az elérhető legjobb technikákkal. A fejezet célja az, hogy általános iránymutatást nyújtson olyan energiahatékony technikákról, amelyek megfelelő hivatkozási pontnak tekinthetők az engedélyek BAT-on alapuló előírásainak meghatározásához vagy az IPPC Irányelv 9. cikk (8) bekezdésében említett általánosan kötelező előírások megfogalmazásához. Ugyanakkor hangsúlyozni kell, hogy e dokumentum nem tesz javaslatot az engedélyekben meghatározandó energiahatékonysági értékekre. Az engedélyek megfelelő előírásainak meghatározásakor figyelembe kell venni a helyi, telephely-specifikus tényezőket is, mint pl. a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzői, annak földrajzi elhelyezkedése és a helyi környezeti feltételek. Meglévő létesítmények esetében figyelembe kell venni továbbá fejlesztésük gazdasági és műszaki megvalósíthatóságát is. Még a környezet mint egész magas szintű védelmének célja önmagában is gyakran foglal magába különböző típusú környezeti hatások közötti kompromisszumos döntéseket, és ezeket a döntéseket gyakorta befolyásolják a helyi szempontok.

Az ebben a fejezetben ismertetett technikák nem feltétlenül lesznek megfelelőek minden létesítmény számára. Másrészről a nagy távolságra jutó vagy határokon áttérjedő szennyezés minimalizálását is magában foglaló, magas fokú környezetvédelem biztosítására irányuló kötelezettség maga után vonja azt is, hogy az engedély előírásait nem lehet csupán helyi szempontok alapján meghatározni. Ezért rendkívül fontos, hogy az engedélyező hatóságok teljes mértékben figyelembe vegyék az e dokumentumban foglalt információkat.

Az integrált megközelítés és a környezeti elemek közötti kölcsönhatások közötti egyensúlyra való törekvés (ahogyan azt a fentiek összefoglalták) eredményeképpen az energiahatékonyságot a létesítmény egészének szintjén kell szemlélni, ú.m.:

- nem feltétlenül lehet egyszerre maximalizálni a létesítmény összes tevékenységének és/vagy rendszerének energiahatékonyságát
- nem feltétlenül lehet egyszerre maximalizálni a teljes energiahatékonyságot és minimalizálni más fogyasztásokat és kibocsátásokat (pl. a levegőbe történő kibocsátást valószínűleg nem lehet csökkenteni energiafelhasználás nélkül)

- az egész létesítmény maximális hatékonyságának elérése érdekében szükséges lehet egy vagy több rendszer energiahatékonyságának csökkentése (ld. a 2.3.5 és 2.5.1.1 fejezeteket.).
- fenn kell tartani az egyensúlyt az energiahatékonyság maximalizálása és más tényezők, így a termékminőség, a folyamat stabilitása stb. között
- a „hulladék-” vagy többlethő felhasználása és/vagy a megújuló energiaforrások használata fenntarthatóbb lehet, mint az elsődleges tüzelőanyagok égetése, még ha az aktuális energiahatékonyság alacsonyabb is.

Az energiahatékonysági technikákat ezért az energiahatékonyság optimalizálását szolgáló technikákként mutatjuk be.

Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat a következő lépésekben értékeltük:

1. az energiahatékonyság kulcskérdéseinek azonosítása az IPPC Irányelv hatályán belül¹⁵
2. azon technikák vizsgálata, amelyek a legalkalmasabbak ezen kulcsfontosságú kérdések kezelésére
3. a legjobb energiahatékonysági szintek azonosítása, az Európai Unióban és világszerte fellelhető adatok alapján
4. azoknak a feltételeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítmény-szinteket elérték, mint pl. költségek, környezeti elemek közötti kölcsönhatások, és a technikák bevezetésének fő hajtóerői
5. az elérhető legjobb technikák (BAT) és a hozzájuk rendelt kibocsátási és/vagy (anyag)felhasználási szintek kiválasztása, az ágazatra általános értelemben, az Irányelv 2 (11) cikke és 4. számú mellékletének megfelelően.

Az Európai IPPC Iroda és a releváns Műszaki Munkacsoport (TWG) szakértői megítélése kulcsfontosságú szerepet játszott mindezen lépésekben, és abban, ahogyan ezt az információt itt most bemutatjuk.

Az előző fejezetekben bemutatott technikák leírásánál költségekre vonatkozó adatokat is megadtunk, ahol azok rendelkezésre álltak. Ezek az adatok hozzávetőlegesen jelzik a kapcsolódó költségek nagyságrendjét. Egy technika alkalmazásának aktuális költségei nagymértékben függenek az adott helyzettől, pl. az adókat, díjakat/anyagi kötelezettségeket és a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzőit illetően. Az ilyen helyszín-specifikus tényezőket nem lehet teljes körűen mérlegelni ebben a dokumentumban. A költségekre vonatkozó adatok hiányában a technika gazdasági megvalósíthatóságára vonatkozó következtetéseket meglévő létesítményekre vonatkozó megfigyelésekből vontuk le.

Szándékunk szerint az ebben a fejezetben bemutatott általános BAT referenciaként szolgál majd a meglévő létesítmények jelenlegi környezeti teljesítményének, vagy az új

¹⁵A BREF készítése során az a döntés született, hogy ez a dokumentum nem foglalkozik a megújuló energiaforrások használatához kapcsolódó kérdésekkel.

létesítményekre vonatkozó terv megítéléséhez. Ily módon segít a létesítményre vonatkozó, megfelelő, „BAT-alapú” feltételek megállapításában, vagy a 9 (8) cikk szerinti általánosan kötelező szabályok megalkotásában. Az új létesítmények várhatóan úgy tervezhetők, hogy az itt bemutatott általános BAT szintjén vagy még attól is jobban teljesítsenek, a meglévő létesítmények pedig lépéseket tehetnek az általános BAT, vagy még annál is jobb megoldások alkalmazásának irányába, minden esetben a technikák műszaki és gazdasági alkalmazhatóságától függően.

Bár a BAT Referencia-dokumentumok nem határoznak meg jogilag kötelező előírásokat, az alkotók szándéka az volt, hogy útmutatóul szolgáljanak az ipar, a tagállamok és a nyilvánosság számára egy adott technika vagy a vele egyenértékű paraméterek és műszaki intézkedések (9. cikk (4)) használatához kötődő elérhető kibocsátási és felhasználási szintekről (beleértve a vertikális, ágazati BREF-ekben megadott energiahatékonysági adatokat is). Az egyedi esetekre megfelelő kibocsátási határértékeket az IPPC Irányelv célkitűzéseinek és a helyi körülményeknek a figyelembe vételével kell meghatározni.

A horizontális BAT meghatározása

Az energiahatékonyság horizontális megközelítése valamennyi IPPC ágazatban azon az előfeltételen alapul, hogy minden létesítmény használ energiát, és hogy azonos rendszerek és berendezések előfordulnak minden IPPC ágazatban. Az energiahatékonyság horizontális lehetőségeit tehát az adott tevékenységtől függetlenül lehet meghatározni. Ezen az alapon olyan BAT származtatható, amely felöleli az energiahatékonyság egésze szempontjából leghatékonyabb megoldásokat. Tekintettel arra, hogy ez egy horizontális BREF, a BAT-ot egy ágazati BREF esetétől eltérően szélesebb körben kell meghatározni, például figyelembe kell venni az egy telephelyen található folyamatok, egységek és rendszerek egymásra hatását.

A folyamat-specifikus energiahatékonysági BAT-ok és a kapcsolódó energiafelhasználási szintek a megfelelő „vertikális”, ágazati BREF-ekben található.

Az egyedi létesítményekre vonatkozó BAT ebből kifolyólag a vonatkozó ágazati BREF-ek adott BAT-elemeinek és az ebben a fejezetben bemutatott általános BAT-elemek kombinációja: a minden létesítményre vonatkozó általános BAT-elemek a 3.2 alfejezetben, a bizonyos rendszerek, folyamatok, tevékenységek vagy berendezések esetében érvényes BAT-ok a 3.3 alfejezetben található meg (a köztük lévő kapcsolatot a 3.1 ábra mutatja).

Ez a fejezet nem tartalmazza a szóba jöhető technikák teljes körű felsorolását, így létezhetnek vagy kifejleszthetők más technikák, amelyek az IPPC és a BAT keretein belül ugyanolyan mértékben megfelelőek.

A BAT bevezetése

A BAT bevezetése új vagy jelentősen felújított üzemekben vagy technológiai folyamatokban rendszerint nem okoz problémát. A legtöbb esetben gazdaságilag megéri az energiahatékonyságot optimalizálni. Meglévő létesítményben a BAT bevezetése általában nem olyan egyszerű, a meglévő infrastruktúra és a helyi körülmények miatt: ezen létesítményeknél számításba kell venni a felújítás gazdaságossági és műszaki megvalósíthatóságát (ld. a BREF Előszót és a lentebb felsorolt részleteket). A Gazdasági kérdések és környezeti elemek közti kölcsönhatások Referenciadokumentum a következő tényezőket azonosította:

- új üzem vagy jelentős korszerűsítés esetén a technikák kiválasztása iránti elkötelezettség mértéke (ú.m. az a pont, ahol a konstrukció megváltoztatása tovább már nem valósítható meg költséghatékony módon)

- a berendezés kora és kialakítása
- a létesítmény helyzete beruházási ciklusában
- a folyamatok bonyolultsága és a létesítményben használt technikák tényleges kiválasztása
- a termelési kapacitás, volumen és az előállított termékek választéka
- az alkalmazott kezelések típusai és a minőségi követelmények
- a rendelkezésre álló hely
- a technikák ára, hozzáférhetősége és tartóssága az üzemeltető által megkívánt időléptékben
- a tevékenység változtatásainak végrehajtásához szükséges idő a létesítményben (beleértve a szükséges szerkezeti változtatásokat), és hogy hogyan optimalizálható ez a termelési követelményekkel
- a folyamatban lévő környezetvédelmi intézkedések költséghatékonysága
- új és kibontakozóban lévő technikák
- pénzügyi és környezeti elemek közötti kölcsönhatásokból eredő költségek.

Mindazonáltal ez a dokumentum általában nem tesz különbséget új és meglévő létesítmények között. Az ilyen különbségtétel nem ösztönözné az ipari üzemek üzemeltetőit arra, hogy a BAT alkalmazása irányába mozduljanak el. Az energiahatékonysági intézkedések rendszerint megtérülnek, és az energiahatékonyság fontossága miatt számos politikai végrehajtási intézkedés rendelkezésre áll, beleértve a pénzügyi ösztönzőket is.

Némely technikát folyamatosan, némelyiket időszakosan alkalmazzák, részben vagy teljes egészében. Bizonyos karbantartási feladatokat például naponta végeznek el, míg másokat a megfelelő időben, pl. a berendezések szervizelése leálláskor.

Néhány technika nagyon kívánatos, és gyakran alkalmazott, de egy harmadik fél rendelkezésre állását és együttműködését igényli, amelyet az IPPC Irányelv nem vesz figyelembe (pl. hő és villamos energia egyidejű előállítás).

Segítség a fejezet megértéséhez

A dokumentum összeállítása során nyilvánvalóvá vált, hogy a technikákat, és így a BAT-ot hasznos egy bizonyos rend szerint figyelembe venni. Ez tükröződik a BAT alfejezet rendjében lentebb, és a 3.1 ábrán.

A legfontosabb prioritás a folyamatok által fedett tevékenységek lényegi folyamatainak kiválasztása és üzemelése. Ezeket az ágazati BREF-ek tárgyalják, ezek szolgálnak elsődleges referenciaként.

Néhány esetben a létesítményben előforduló kapcsolódó tevékenységeket különböző ágazati BREF-ek tárgyalják, pl. a nagy tüzelőberendezésekre, a hulladékégetés vagy a hulladékkezelés BREF-ek.

Az energiahatékonyság azonban horizontális ügy, és vannak olyan aspektusai, amelyeket a vertikális, ágazati BREF-ekben nem lehet, vagy minden ágazatban azonos módon kell kezelni. Ezekkel a kérdésekkel foglalkozik ez a dokumentum.

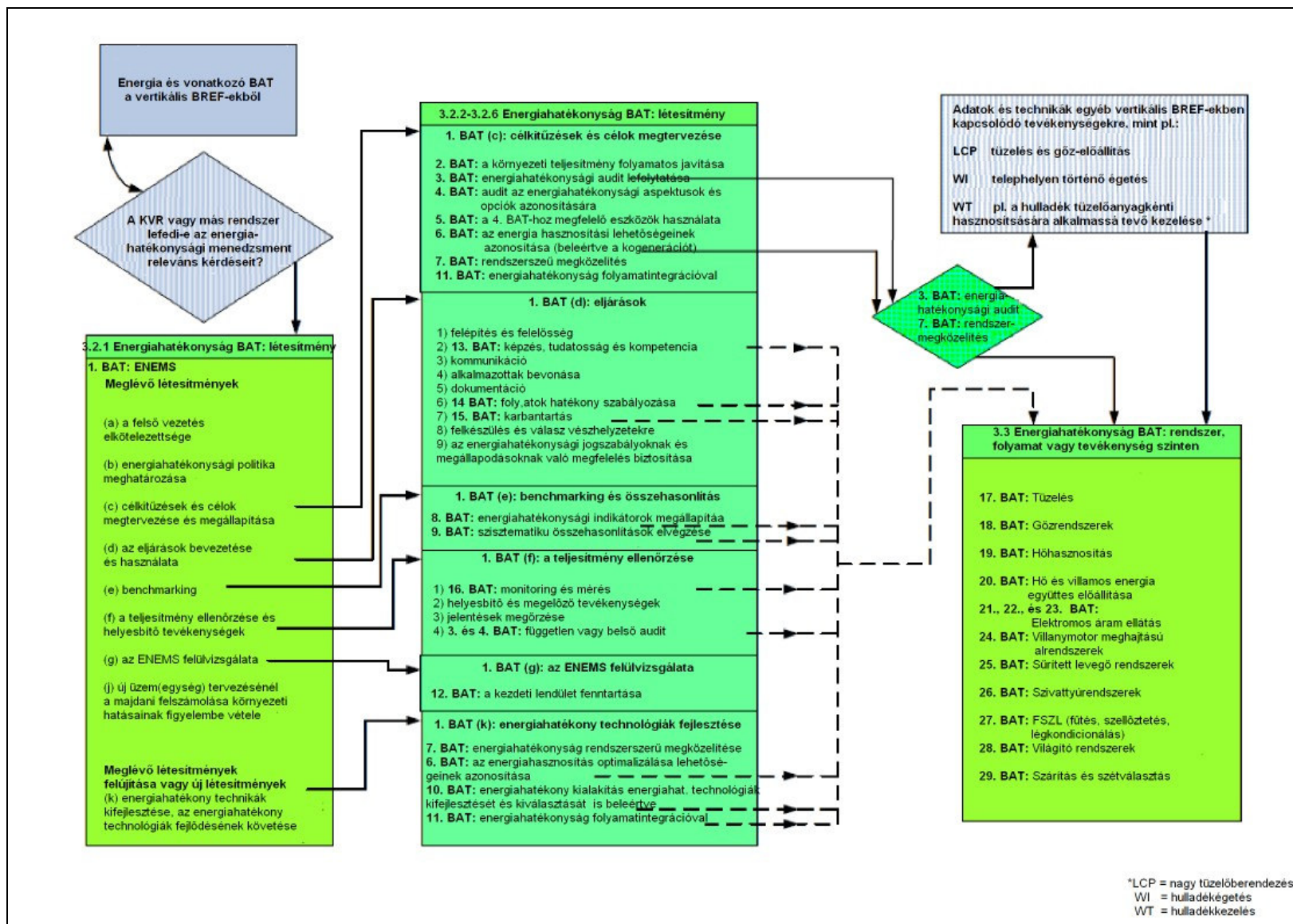
Az első lépés egy, a 3.2.1 alfejezetben bemutatott Energiahatékonyság Menedzsment Rendszeren (ENEMS) alapuló akcióterv kialakítása. Ez kezelhető i) a vertikális BREF-ekben említett környezetvédelmi vezetési rendszerek (EMS) révén, ii) azt a vezetési rendszert

módosíthatja vagy iii) kiegészítheti egy külön ENEMS. Külön BAT vonatkozik a meglévő létesítmények korszerűsítésére és újak tervezésére.

A 3.2.2-től a 3.2.9-ig terjedő alfejezetek az ENEMS egyes részeinek kivitelezését segítik elő. Ezek a technikákról részletesebb információt nyújtó BAT-ot tartalmaznak.

A 3.3 alfejezet a létesítmény energiahatékonyságára hatással lévő egyes általánosan előforduló rendszerekre, folyamatokra, kapcsolódó tevékenységekre és berendezésekre vonatkozó BAT-okat tartalmaz, amelyeket az ágazati BREF-ek részleteiben nem tárgyalnak. Ezeket a létesítmény felmérése során lehet beazonosítani.

Számos esetben az *Alkalmazhatóság* alcím alatt foglaljuk össze a korábbi fejezetekben megtárgyalt további információkat. Itt olyan információk találhatóak, hogy mely létesítményekre vonatkozik az adott BAT, a BAT alkalmazásának gyakorisága és bonyolultsága stb.



3.1 ábra: Az energiahatékonyság BAT-ok közötti kapcsolat

3.2 ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK A LÉTESÍTMÉNY-SZINTŰ ENERGIAHATÉKONYSÁG ELÉRÉSÉRE

A létesítmény-szintű energiahatékonyság elérésének kulcsfontosságú eleme a formális menedzsment megközelítés, amelyet az 1. BAT pont ír le. Ezt támogatják a további alfejezetekben foglalt BAT-ok.

3.2.1 *Energiahatékonysági menedzsment*

Számos energiahatékonysági menedzsment intézkedés tekinthető BAT-nak. Az energiahatékonysági menedzsment kiterjedése (pl. részletessége) és jellege (szabványosított vagy nem szabványosított) általában a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

1. BAT energiahatékonysági menedzsment (ENEMS) rendszer bevezetése és következetes alkalmazása, amely a helyi körülményeknek megfelelően, magában foglalja az a következők mindegyikét:

- a. a felső vezetés elkötelezettsége (a felső vezetés elkötelezettsége egy energiahatékonysági menedzsment rendszer sikeres alkalmazásának előfeltétele)
- b. a létesítmény energiahatékonysági politikájának meghatározása a felső vezetés által
- c. célkitűzések és célok megtervezése és megállapítása (ld. a 2., 3. és 8. BAT pontokat)
- d. az eljárások bevezetése és használata, kiemelt figyelmet fordítva:
 - i) a szervezeti felépítésre és a felelőségekre
 - ii) a képzésre, tudatosságra és kompetenciára (ld. a 13. BAT pontot)
 - iii) a kommunikációra
 - iv) az alkalmazottak bevonására
 - v) a dokumentációra
 - vi) a hatékony folyamatszabályozásra (ld. a 14. BAT pontot)
 - vii) a vészhelyzeti készenlétre és a reagálásra
 - viii) az energiahatékonysági vonzattal rendelkező jogszabályoknak és megállapodásoknak (ahol léteznek ilyen megállapodások) való megfelelésre
- e. benchmarking: energiahatékonysági indikátorok azonosítása és időről időre az azokkal való összehasonlítás (ld. a 8. BAT pontot), és ahol rendelkezésre állnak ilyen jellegű hiteles adatok, ágazati, nemzeti vagy regionális energiahatékonysági iránymutató értékekkel történő szisztematikus összehasonlítás (ld. a 9. BAT pontot)
- f. a teljesítmény ellenőrzése és a helyesbítő tevékenységek elvégzése, kiemelt figyelmet fordítva:
 - i) a monitorozásra és a mérésre (ld. a 16. BAT pontot)
 - ii) a helyesbítő és megelőző tevékenységekre
 - iii) a feljegyzések megőrzésére

iv) ahol ez megvalósítható, a független belső auditra, annak megállapítására, hogy az energiahatékonysági menedzsment rendszer megfelel-e a terveknek, illetve bevezetése és működtetése megfelelő-e (ld. a 4-5. BAT pontot).

g. az energiahatékonysági menedzsment rendszer, annak folyamatos megfelelőségének, alkalmasságának és hatékonyságának felső vezetés által végzett felülvizsgálata

Az alábbiakban h) és i) pontként ld. az energiahatékonysági nyilatkozat és a külső fél általi hitelesítés további jellegzetességeit:

b. új üzem(egység) tervezésénél figyelembe kell venni a majdani felszámolása környezeti hatásait

c. energiahatékony technológiák kifejlesztése, az energiahatékony technikák fejlődésének nyomon követése

Az energiahatékonysági menedzsment rendszer megvalósulhat úgy, ha biztosítható, hogy ezek az elemek egy már meglévő vezetési rendszer (pl. KVR) részét képezzék, vagy önálló energiahatékonysági menedzsment rendszer bevezetése révén.

Három további alkalmazás a fentieket támogató intézkedésnek tekinthető. Habár ezek az intézkedések előnyösek, a nélkülük működő rendszerek is lehetnek BAT-nak megfelelőek. A három támogató intézkedés:

- energiahatékonysági nyilatkozat rendszeres elkészítése és közzététele (és lehetőség szerint független fél által végzett hitelesítése), amely a létesítmény valamennyi lényeges környezeti vonatkozását leírja, és lehetővé teszi az évről-évre való összehasonlítást a környezeti szempontú célkitűzések és célok terén, valamint a gazdasági-ipari szektor benchmark (index)-jellegű más mutatószámaival való összehasonlítást, ahol lehetséges
- a vezetési rendszer és az auditálási eljárás akkreditált tanúsítási testület vagy független ENEMS hitelesítő által elvégzett értékelése és hitelesítése
- Valamilyen nemzetileg vagy nemzetközileg elfogadott rendszer önkéntes bevezetése és az ennek megfelelő üzemeltetés. Ilyen rendszerek pl.:
 - DS2403, IS 393, SS627750 (ír, dán és svéd rendszerek), VDI Richtlinie No. 46. stb.
 - (az energiahatékonysági menedzsment rendszer környezeti vezetési rendszerbe integrálása esetén) EMAS és az EN ISO 14001:1996. Egy ilyen rendszer bevezetése nagyobb megbízhatóságot biztosít a KVR-nek. Mindazonáltal a nem-szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, megfelelő tervezés és bevezetés esetén.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Az energiahatékonysági menedzsment alkalmazásának kiterjedése és természete (pl. részletessége) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiagigényétől függ.

Részletes leírás — Energiahatékonysági menedzsment rendszerek

Minden ipari létesítmény képes energiát megtakarítani ugyanazon, az üzleti élet más területein, pl. a pénzügyben, a nyersanyag- vagy munkaerő-gazdálkodásban, valamint a környezet-, egészség- és munkavédelemben használt, jól megalapozott vezetési elvek és technikák alkalmazásával. Ezek a vezetési praktikák magukban foglalják a vezetés energiahasználatért való teljes számonkérhetőségét. Az energiafogyasztás és az árak menedzselése felszámolja a hulladékot és az idővel halmozódó megtakarítást hoz.

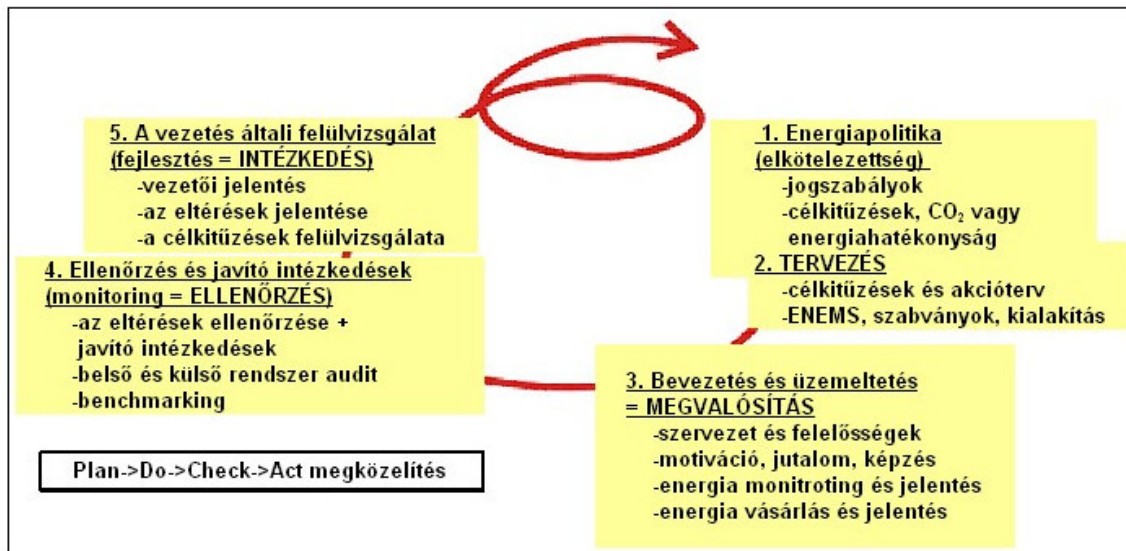
Megjegyzendő, hogy némely pénzügyi megtakarítást eredményező energiagazdálkodási technika az energiafogyasztást nem csökkenti.

A legjobb környezeti teljesítményt rendszerint a legjobb technológia bevezetésével, és lehető leghatásosabb és leghatékonyabb alkalmazásával lehet elérni. 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 számára a környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR) olyan eszköz, melynek segítségével az üzemeltető az üzemkialakítás, a kivitelezés, a karbantartás, az üzemeltetés, a kiszervezés és a leszerelés kérdéseit szisztematikus, demonstrálható módon kezelheti. A KVR magában foglalja a szervezeti felépítést, a felelősségi köröket, a gyakorlati üzemelést, az eljárásokat, a fejlesztés folyamatait és forrásait és a környezeti politika bevezetését, fenntartását, ellenőrzését és monitorozását. A KVR ott a leghatékonyabb és leghatásosabb, ahol az üzem vezetésének és üzemeltetésének szerves részét képezi.

Az energiahatékonyságot elérni törekvő energiagazdálkodás ugyanúgy megkívánja az energiára irányuló strukturált figyelmet, az energiafogyasztás folyamatos csökkentésének, az energiatermelés és hasznosítás során az energiahatékonyság fejlesztésének, és az elért eredmények társasági és telephelyi szintű fenntartásának célkitűzésével. Ez képezi az aktuális energiahatékonyság meghatározásának szerkezetét és alapját, a fejlesztési lehetőségek meghatározásával és a folyamatos fejlődés biztosításával. Minden hatékony energiahatékonysági (és környezetvédelmi) vezetési szabvány, program és útmutató tartalmazza a folyamatos fejlődés szándékát, értve ez alatt azt, hogy az energiagazdálkodás egy folyamat, nem egy projekt, ami egyszer csak véget ér majd.

A folyamatok számos módon sokféleképpen kialakíthatók, de a legtöbb vezetési rendszer a PDCA (tervezés-megvalósítás-ellenőrzés-intézkedés) megközelítést használja (amelyet más vállalatvezetési vonatkozásokban széles körben alkalmaznak). A ciklus egy ismétlődő dinamikus modell, ahol az egyik ciklus befejezését a következő ciklus kezdete követi (ld. a 3.2 ábrát.).



3.2 ábra: Egy energiahatékonysági menedzsment rendszer folyamatos fejlesztése

A legjobb teljesítmény azok az energiahatékonysági menedzsment rendszerek nyújtják, amelyek a következő elemekkel rendelkeznek:

- **energia politika** — a környezetvédelmi stratégia részeként a felső vezetés elkötelezettséget mutat az energiapolitika, az akciótervek és a rendszeres felülvizsgálat iránt
- **megszervezés** — a vezetési szerkezetbe teljesen beintegrált energia menedzsment. Világos kijelölése annak, ki a felelős az energiafogyasztásért.
- **motiváció** — az energiaügyi vezetők és személyzet által minden szinten rendszeresen használt formális és informális kommunikációs csatornák
- **információs rendszer** — egy minden részletre kiterjedő rendszer kijelöli a célokat, figyelemmel követi a fogyasztást, azonosítja a hibákat, számszerűsíti a megtakarítást és követi a költségvetés alakulását
- **marketing** — az energiahatékonyság értékességének és az energia menedzsment eredményességének marketingje a szervezeten belül és azon kívül
- **beruházás** — a „zöld” megoldások irányában pozitív diszkrimináció, valamennyi újonnan építési vagy korszerűsítési lehetőség részletes beruházási kiértékelésével

Ezekből a forrásokból látható, hogy az IPPC létesítmények energiamedzsment rendszere az alábbi részeket kell tartalmazza:

- a felső vezetés elkötelezettsége
- energiahatékonysági politika meghatározása
- célkitűzések és célok megtervezése és kialakítása
- eljárások bevezetése és működtetése
- benchmarking (meghatározott indikátorok alapján történő összehasonlítás)
- ellenőrzés és helyesbítő tevékenységek
- vezetőségi felülvizsgálat
- energiahatékonysági nyilatkozat rendszeres elkészítése
- tanúsítási testület vagy független ENEMS tanúsító által végzett hitelesítés
- az üzem felszámolásával kapcsolatos kérdések figyelembe vétele az üzem megtervezésekor

- energiahatékony technológiák kifejlesztése.

A fenti pontokat a következőkben részletesebben is kifejtjük.

a. A felső vezetés elkötelezettsége

A felső vezetés elkötelezettsége az energiahatékonysági menedzsment rendszer sikeres alkalmazásának előfeltétele. A felső vezetésnek:

- az energiahatékonyságot a vállalati programban kiemelt helyre kell helyeznie, láthatóan és hitelesen
- ki kell jelölnie egy felső vezetőt, aki az energiahatékonyságért felelős (a minőségbiztosítási rendszerek analógiájára, ennek a személynek nem feltétlenül az energiáért felelős vezetőnek kell lennie)
- elő kell segítenie az energiahatékonysági kultúra kialakítását, és létre kell hoznia a megvalósításhoz szükséges hajtóerőket
- stratégiát (hosszú távú küldetést) kell meghatározni az energiahatékonyság elérésére az integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés célkitűzésein belül
- ki kell tűznie az ezen energiahatékonysági célkitűzéseknek az IPPC célkitűzéseivel együttes elérését szolgáló vállalati célokat
- a hosszú távú küldetés elérését szolgáló rövid- és középtávú konkrét cselekvéseket kell meghatározni
- meg kell teremtenie a döntéshozás integrálásának platformját, az energia-megtakarítást is magában foglaló integrált szennyezés-megelőzés elérése érdekében, különösen új létesítmény tervezésekor vagy jelentős felújításkor
- úgy kell vezetnie a vállalatot, hogy a beruházási vagy beszerzési döntésekben folyamatosan elérhető legyen az energia-megtakarítást is magában foglaló integrált szennyezés-megelőzés. Az integrált szennyezés-megelőzést integrált döntéshozatal és cselekvések révén érik el, a közszolgáltatások és a munkaeszközök beszerzését, a tervezést, a termelést és a karbantartást, valamint a környezetvédelmi vezetést is beleértve
- energiahatékonysági politikát kell meghatározni (ld. lentebb).

b. Energiahatékonysági politika meghatározása

A felső vezetés felelős a létesítményre vonatkozó energiahatékonysági politika meghatározásáért, amely köteles biztosítani, hogy a politika:

- megfelel a létesítményben folytatott tevékenységek jellegéhez (beleértve a helyi körülményeket, mint pl. az éghajlat), nagyságrendjéhez és energiahasználatához
- a politikában megfogalmazódik az energiahatékonyság iránti elkötelezettség
- magába foglalja a létesítményre vonatkozó valamennyi, energiahatékonyságra vonatkozó jogszabálynak és egyéb előírásoknak (beleértve az energiára vonatkozó megállapodásokat) való megfelelés iránti elkötelezettséget
- biztosítja az energiahatékonysági célkitűzések és célok meghatározásának és felülvizsgálatának kereteit
- a politika dokumentált és minden alkalmazottal megismertették
- a politika a nyilvánosság és az összes érintett fél számára hozzáférhető.

c. Tervezés, a célkitűzések és célok meghatározása

- a létesítmény energiahatékonysági vonatkozásait azonosító és azokról szóló információk naprakészen tartását szolgáló eljárások
- az új technológiai folyamatokra, egységekre és berendezésekre, a felújításokra, újjáépítésekre és cserékre vonatkozó javaslatok kiértékelését szolgáló eljárások, az energiahatékonysági vonatkozások azonosítása és a tervezés valamint a beszerzések energiahatékonyságot és az egyéb IPPC szempontokat optimalizáló befolyásolása érdekében
- eljárások a szervezetre vonatkozó, a szervezet tevékenységeinek energiahatékonysági aspektusairól szóló jogi és egyéb előírások azonosítására és az azokhoz való hozzáférés biztosítására
- dokumentált energiahatékonysági célkitűzések és célok megállapítása és felülvizsgálata, a jogi és egyéb követelmények, és az érintett felek véleményének figyelembe vételével
- energiahatékonysági menedzsment program meghatározása és rendszeres aktualizálása, ami magában foglalja a célok és célkitűzések megvalósításával kapcsolatos felelőségek meghatározását minden vonatkozó szinten és pozícióban, valamint a célok és célkitűzések megvalósításának módját és időkeretét.

d. Eljárások bevezetése és működtetése

Fontos, hogy a szervezet rendelkezzen olyan rendszerekkel, melyek biztosítják, hogy az eljárásokat minden alkalmazott ismerje, értse illetve azoknak megfelelően dolgozzon. A hatékony energiahatékonysági menedzsment ezért az alábbiakat foglalja magában:

(i) Szervezeti felépítés és felelőségek

- a szerepek, felelőségek és hatáskörök meghatározása, dokumentálása és kihirdetése, ami magában foglalja a vezetőség egy ezzel foglalkozó képviselőjének kijelölését is (a felső vezetők /ld. a) fentebb/ túlmenően)
- az energiahatékonysági menedzsment bevezetése és ellenőrzése szempontjából alapvető fontosságú források biztosítása, ideértve a humán erőforrásokat, a speciális képességeket, valamint a technológiai és pénzügyi forrásokat is

(ii) képzés, tudatosság és kompetencia

- a képzési igények azonosítása annak érdekében, hogy minden olyan alkalmazott megfelelő képzésben részesüljön, akinek a munkája jelentős hatással lehet az adott tevékenység energiahatékonyságára

(iii) kommunikáció

- a létesítmény különböző szintjei és funkciói közti belső kommunikációt szabályozó eljárások kialakítása és működtetése. Különösen fontos, hogy az energiahatékonyság terén szereppel bíró valamennyi személy és csoport számára rendelkezésre álljon kidolgozott kapcsolattartási eljárás, főleg azok számára, aki energiafogyasztó közszolgáltatást vagy munkaeszközöket szereznek be, valamint azoknak, akik a termelésért, a karbantartásért és a tervezésért felelnek.
- olyan eljárások működtetése, melyek támogatják a párbeszédet az érdekelt külső felekkel, valamint az érdekelt külső felekkel folytatott releváns kommunikációt (fogadást, dokumentálást, illetve, ahol értelmezhető, válaszadást) szabályozó eljárások

(iv) alkalmazottak bevonása

- az alkalmazottak bevonása magas szintű energiahatékonyság elérését szolgáló folyamatokba a részvételt lehetővé tevő megfelelő eszközökkel (pl. ötletláda-rendszer, projekt-alapú munkacsoportok vagy környezetvédelmi bizottságok)

(v) dokumentáció

- információk naprakészen tartását szolgáló rendszer kialakítása és működtetése, nyomtatott vagy elektronikus formában, amely leírja a vezetési rendszer legfontosabb elemeit és ezek kölcsönhatásait, és eligazítást nyújt a vonatkozó dokumentációhoz

(vi) hatékony folyamat-szabályozás

- a folyamatok megfelelő szabályozása minden üzemelési módban (pl. előkészületek, indítás, rutin üzemeltetés, leállítás, különleges körülmények)
- a legfontosabb teljesítmény indikátoroknak és az ezekre vonatkozó mérési módszereknek, valamint a paraméterek ellenőrzési módszereinek meghatározásával (pl. anyagáram, nyomás, összetétel és mennyiség)
- a paraméterek energiahatékony üzemelésre optimalizálása
- különleges üzemeltetési körülmények dokumentálása és elemzése az okok megállapítására, és ezek megszüntetésére, hogy hasonló jellegű esemény többet ne következhesen be (ezt a rendszert támogathatja a no-blame, vagyis a nem a felelősségre vonáson alapuló vállalati kultúra, ahol az okok megállapítása fontosabb, mint az egyének felelősségre vonása)

(vii) karbantartási program

- strukturált karbantartási program kialakítása a berendezésekre vonatkozó műszaki leírások, normák stb. alapján, figyelembe véve a berendezések esetében tapasztalt bármilyen üzemzavart és annak következményeit is
- a karbantartási program támogatása a feljegyzések megfelelő rendszerével és diagnosztikával
- az energiahatékonyság potenciális veszteségeinek illetve az energiahatékonyság javítására lehetőséget adó pontok azonosítása a rutin jellegű karbantartás, a meghibásodás miatti leállások és/vagy a normál üzemeléstől eltérő helyzetek esetén
- a karbantartás tervezéséhez és kivitelezéséhez kapcsolódó felelősségek világos meghatározása

(viii) vészhelyzeti készség és reagálás

- a vészhelyzetek révén érintett nyersanyagok vagy termékek hasznosítása vagy újrafeldolgozása során az energiahasználat mérlegelése.

e. Benchmarking, ú.m.:

- szisztematikus és rendszeres összehasonlítás ágazati, regionális vagy nemzeti értékekkel

f. Ellenőrzés és helyesbítő tevékenységek ú.m.: (ld. a benchmarking-ot is az e) pontban)

(i) monitorozás és mérés

- dokumentált eljárások kialakítása és működtetése az üzemeltetés és a tevékenységek energiahatékonyságra legjelentősebb hatást gyakorló legfontosabb paramétereinek rendszeres monitorozására és mérésére, ideértve a nyomonkövetési teljesítményre,

releváns üzemszabályozási folyamatainak és a létesítmény energiahatékonysági céljainak és célkitűzéseinek való megfelelésre vonatkozó információ rögzítését

- dokumentált eljárás kialakítása és működtetése a vonatkozó energiahatékonysági jogszabályoknak, előírásoknak és megállapodásoknak (ahol léteznek ilyen megállapodások) való megfelelés rendszeres értékelésére

(ii) helyesbítő és megelőző tevékenységek

- eljárások kialakítása és működtetése az alábbiakkal kapcsolatos felelőségek és hatáskörök meghatározására:
 - engedélyezési feltételeknek, egyéb jogi követelményeknek, elkötelezettségeknek valamint a célkitűzéseknek és céloknak való nem-megfelelés kezelése és kivizsgálása
 - az okozott bármilyen kihatás mérséklésére irányuló tevékenységek elvégzése
 - a probléma nagyságrendjének megfelelő, a tapasztalt energiahatékonysági kihatással arányos helyesbítő és megelőző intézkedések kezdeményezése és végrehajtása

(iii) feljegyzések és jelentés

- eljárások kialakítása és működtetése olvasható, azonosítható és nyomon követhető energiahatékonysági feljegyzések azonosítására, megőrzésére és selejtezésére, ideértve a képzéssel kapcsolatos feljegyzéseket és az auditok és felülvizsgálatok eredményeit is

(iv) energia audit és energia diagnózis

- program(ok) és eljárások kialakítása és működtetése az energiahatékonysági menedzsment rendszeres auditjaihoz, melyek magukban foglalják az elbeszélgetést az alkalmazottakkal, az üzemelési körülmények és a felszerelés vizsgálatát és a feljegyzések és a dokumentáció átvizsgálását, mely tevékenységek eredményeként írott jelentés készül. Az alkalmazottak (belső audit) vagy a független felek (külső audit) által készített jelentés, amely pártatlan és objektív, magában foglalja az audit területét, gyakoriságát és módszertanát, valamint az auditok lebonyolításával és a jelentések elkészítésével kapcsolatos felelőségeket és követelményeket, annak érdekében, hogy megállapítható legyen, hogy a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e a tervezett intézkedéseknek, és megfelelően történt-e a bevezetése és működtetése.
- audit vagy audit ciklus végrehajtása, a tevékenységek és az audit jellegétől, méretétől, komplexitásától, az energiafogyasztás jelentőségétől, a kapcsolódó környezeti hatásoktól, a megelőző auditok során feltárt problémák fontosságától és sürgősségétől és a korábbi energiahatékonysági törekvésektől vagy problémáktól függően – a jelentősebb környezeti kihatásokkal járó, komplexebb rendszereket gyakrabban auditálják
- megfelelő mechanizmusok beállítása az audit eredményekkel kapcsolatos tevékenységek végrehajtásának biztosítására (follow-up)

(v) jogszabályi illetve a megállapodásoknak stb. való megfelelés rendszeres értékelése

- a vonatkozó energiahatékonysági jogszabályoknak és a létesítmény birtokában lévő környezetvédelmi engedély(ek) feltételeinek, valamint az energiahatékonysági megállapodásoknak való megfelelés felülvizsgálata
- az értékelés dokumentálása.

g. Vezetőségi felülvizsgálat

- a felső vezetés az általa meghatározott időközönként felülvizsgálja az energiahatékonysági menedzsmentet, így biztosítva annak folyamatos megfelelőségét, alkalmasságát és hatékonyságát
- annak biztosítása, hogy a vezetőségi felülvizsgálat elvégzéséhez minden szükséges információt összegyűjtsenek és a vezetés rendelkezésére bocsássanak
- a felülvizsgálat dokumentációja.

h. Energiahatékonysági nyilatkozat rendszeres elkészítése

- olyan energiahatékonysági nyilatkozat elkészítése, amely kiemelt figyelmet fordít a létesítmény saját energiahatékonysági céljaival és célkitűzéseivel szemben elért eredményeire. Az energiahatékonysági nyilatkozatot rendszeresen el kell készíteni —évi egy alkalommal, vagy az energiahasználat jelentőségétől stb. függően ritkábban. A jelentés figyelembe veszi az érdekelt felek információigényét, és nyilvánosan hozzáférhető (pl. elektronikus publikáció formájában, könyvtárakban stb.).

A jelentés elkészítése során az üzemeltető felhasználhat releváns meglévő energiahatékonysági indikátorokat, és biztosítani kell, hogy a választott indikátorok:

- pontosan értékelik a létesítmény teljesítményét
- egyértelműek és világosak
- lehetővé teszik az évről évre történő összehasonlítást, a létesítmény energiahatékonyság terén elért fejlődésének értékeléséhez
- ahol ez szükséges, lehetővé teszik az ágazati, illetve az országos vagy regionális indexekkel való összehasonlítást
- ahol ez szükséges, lehetővé teszik a szabályozási követelményekkel való összehasonlítást.

i. Tanúsítási szervezet vagy független ENEMS tanúsító által végzett hitelesítés

- az energiahatékonysági menedzsment rendszer, az audit eljárás és a politikai nyilatkozat akkreditált tanúsító testület vagy független KVR tanúsító által végzett értékelése és hitelesítése, amennyiben megfelelően bonyolították le, növelheti a rendszerbe vetett bizalmat.

j. Az üzem felszámolásával kapcsolatos kérdések figyelembe vétele az üzem megtervezésekor

- már az új üzem megtervezése során figyelmet kell fordítani az üzem felszámolásával kapcsolatos környezeti hatásokra, mivel az előrelátó tervezés a felszámolást egyszerűbbé, tisztábbá és olcsóbbá teszi
- a felszámolás a talaj (és a felszín alatti víz) lehetséges szennyeződése miatt környezeti kockázattal jár, ezenkívül rendszerint nagy mennyiségű hulladékot termel. A megelőző technikák folyamat-specifikusak, de az energiahatékony technikák kiválasztásának általános megfontolásai magukban foglalhatják a következőket:
 - föld alatti struktúrák kialakításának elkerülése
 - a szétszerelést elősegítő elemek beépítése
 - könnyen szennyezés-mentesíthető felületkezelési kialakítások

- a berendezések olyan konfigurációja, amely minimalizálja a rendszerben maradó vegyi anyagok mennyiségét, és lehetővé teszi a leeresztést és az átmosást
- rugalmas, önállóan működő egységek kialakítása, melyek lehetővé teszik a szakaszos leállítást
- a biológiailag lebontható és újrahasznosítható anyagok használata, ahol lehetséges
- a veszélyes anyagok használatának elkerülése, pl. ahol léteznek helyettesítő anyagok (mint pl. a hőcserében vagy a szigetelő folyadékoknál). Ahol veszélyes anyagokat használnak, a használat, karbantartás és felszámolás során a kockázatokat megfelelően kezelni kell.

k. Energiahatékony technológiák kifejlesztése

- az energiahatékonyságnak meg kell jelennie minden, az üzemeltető által végzett folyamatkialakítási tevékenységben, mivel a lehető legkorábbi tervezési lépésben beépített technikák hatékonyabbak és olcsóbbak. Az energiahatékony technológiák kifejlesztésének megfontolása például megjelenhet a K+F tevékenységekben vagy tanulmányokban. A létesítmény saját, ilyen irányú tevékenységeinek alternatívájaként olyan intézkedések is bevezethetők, melyek biztosítják, hogy az üzemeltető lépést tartson, illetve, ahol ez lehetséges, munkákat elvégeztessen az adott területen aktív más üzemeltetőkkel vagy kutatóintézetekkel.

Egy ENEMS bevezetése és az annak való megfelelés ráirányítja az üzemeltető figyelmét a létesítmény energiahatékonysági teljesítményére. Különösen a normál és attól eltérő üzemelés esetére megállapított világos üzemeltetési feltételek és az azoknak való megfelelés, és a kapcsolódó felelősségek biztosítják, hogy a létesítmény engedélyében szereplő előírásokat és az egyéb energiahatékonysági célokat és célkitűzéseket mindig betartsák.

Az energiahatékonysági menedzsment rendszerek rendszerint biztosítják a létesítmény energiahatékonysági teljesítményének folyamatos javulását. Minél rosszabb a kiindulási pont, annál jelentősebb eredmények várhatók rövid távon. Amennyiben a létesítmény már jó átfogó energiahatékonysági teljesítménnyel rendelkezik, a rendszer segíti az üzemeltetőt a magas teljesítményszint fenntartásában.

Az energiahatékonysági menedzsment technikákat az egyéb környezetvédelmi célkitűzésekkel integráltan kell megtervezni, és a környezeti hatásokat összességében kell figyelembe venni, ami egyezik az IPPC integrált megközelítésével. Az energiahatékonyság azonban valószínűleg csak egy a számos megvalósítandó célkitűzés közül, és mások (mint pl. a nyersanyag-megtakarítás, a jobb termékminőség, a környezeti kibocsátások csökkentése) elérése meg is növelheti az energiafogyasztást. (Ezzel részletesen a Gazdasági kérdések és környezeti elemek közötti kölcsönhatások referencia-dokumentum foglalkozik.)

A rendszer alkalmazhatósága

1. Elemek

A fentebb leírt elemek jellemzően minden IPPC létesítményben alkalmazhatók. Az energiahatékonysági menedzsment alkalmazásának kiterjedése (pl. részletessége) és jellemzői (szabványosított vagy nem szabványosított) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint energiaigényétől és potenciális környezeti hatásaitól függ. Pl.:

- kisméretű létesítményekben a fenti Részletes leírás a. és d. (i) pontjában szereplő felső vezető lehet ugyanaz a személy
- a b. pontban szereplő energia politika a környezetvédelmi nyilatkozat vagy a Szervezeti Társadalmi Felelősségvállalási Jelentés részeként is nyilvánosságra hozható
- egyéb tényezőket, mint pl. a piaci versenyre és a bizalmas információkra vonatkozó jogszabályokat (ld. h. pont) is figyelembe kell venni. Az energiahatékonyság indexek segítségével (pl. Y% csökkentés, ahol az X év energiafogyasztása 100%), az azonos telephelyen lévő vagy az azonos vállalathoz tartozó létesítmények adatainak összegzésével is publikálható.

2. Szabványosított vagy nem szabványosított KVR és/vagy ENEMS

Az Európai Unióban számos szervezett döntött önkéntesen energia menedzsment rendszer bevezetése mellett. A megoldások a következők lehetnek:

- meglévő rendszerek, rendszerint (de nem kizárólag) környezetvédelmi vezetési rendszerek (KVR) kiegészítése speciális, energiahatékonyságra vonatkozó követelményekkel. (Megjegyzés: a következő pontokban leírt ENEMS-ek úgy vannak kialakítva, hogy illeszthetők legyenek egy meglévő KVR-hez.) A KVR alapulhat az EN ISO 14001:1996 szabványon vagy az EU közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszerén (EMAS). Az EMAS magában foglalja az EN ISO 14001 vezetési követelményeit, és ezen túlmenően hangsúlyt helyez a jogszabályi megfelelésre, a környezeti teljesítményre és az alkalmazottak bevonására; valamint megkívánja a vezetési rendszer független hitelesítő általi hitelesítését és a nyilvános környezetvédelmi nyilatkozat hitelestését. Az EN ISO 14001-ben a saját nyilatkozat a független tanúsítás alternatívája. Számos olyan szervezet is van, amelyek nem szabványosított KVR bevezetése mellett döntöttek.
- önálló ENEMS bevezetése. Ezek a következők lehetnek:
 - nemzeti szabványokon alapuló energia menedzsment rendszerek (mint pl. a dán DS 2403, az ír IS 393, a svéd SS 627750, a német VDI Richtlinie No. 46. Energia Menedzsment, a finn útmutató vagy más útmutatók /nemzetközi szabványok vagy energia menedzsment útmutatók/). Az európai (CEN) szabvány most van készülöben.
 - saját igényekhez és vezetési szerkezethez igazított nem szabványosított energia menedzsment rendszerek.

Benchmarking és energia menedzsment rendszerek áttekintése révén a következő megállapítások tehetők:

- egy szabványosított rendszer előnyei (pl. a dán DS 2403):
 - strukturált megközelítés, az energiára fókuszál, könnyű megvalósítani, ha a szervezet már rendelkezik egy ISO vagy más vezetési rendszerrel
 - a szerkezet és a terminológia megegyezik az ISO 14001 és 9001-ével
 - Dániában 10-15% bizonyított energia-megtakarítást eredményezett
 - az energiahatékonyság a felső vezetés által megkívánt szervezeti követelménnyé válik
 - jóváhagyása után tanúsítványt adnak hozzá
 - a nagyobb vállalatok kedvelik a strukturált és tanúsított rendszereket
 - a tanúsítás folyamata értékes, kihívásokat tartogató és részletes
 - az energiaellátás, -átalakítás, -használat, a viselkedés, a technológia és az emberek valamennyi témakörét lefedi
 - jól dokumentált (ISO 9001 alapú)

- bármely energia megállapodásban felhasználható
- hátrányai:
 - önmagában csak minimális energia menedzsment szintet szavatol
 - a vállalatok változó mértékben hajtják végre pl. a DS 2403-t
 - a vállalatok arra koncentrálnak, hogy kielégítsék a rendszer igényeit, és nem arra, hogy megvalósítsák az energia menedzsment legjobb gyakorlatát
 - ha nincsen még formális, dokumentált vezetési menedzsment rendszer kialakítva a szervezetnél, bevezetése további erőforrásokat és szakértelmet igényel.

Egy nemzetközileg elismert szabványosított rendszer, mint pl. az EN ISO 14001:1996 bevezetése és az annak való megfelelés nagyobb megbízhatóságot adhat a vezetési rendszernek, különösen amikor egy megfelelően kivitelezett független tanúsításnak is alávetik. Az EMAS még nagyobb megbízhatóságot nyújt, a nyilvánosság környezetvédelmi nyilatkozat révén történő bevonása és a vonatkozó környezetvédelmi jogszabályoknak való megfelelést biztosító mechanizmus következtében. Mindazonáltal alapjában véve a nem szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, amennyiben megfelelően tervezik meg és kivitelezik őket.

3. Független tanúsítás

A kiválasztott rendszertől függően az üzemeltető eldöntheti, hogy szeretne-e független tanúsítást és/vagy nyilvánosságra hozott energia nyilatkozatot.

4. Az energia politika nyilvánosságra hozatala (ld. h. pont feljebb) a bizalmas információkra és a piaci versenyre vonatkozó okokból korlátozható. Hajtóerőként működik, de önmagában nem növeli az energiahatékonyságot. Az általános energiahatékonysági politika nyilvánosságra hozható a Szervezeti Társadalmi Felelősségvállalási Jelentés részeként is, és/vagy az adatok megjeleníthetők indexként.

Az energiahatékonysági menedzsment rendszerek számos előnnyel járnak, pl.:

- a vállalat energiahatékonysági szempontjainak tisztábban látása
- jobb energiahatékonysági teljesítmény és az (önkéntes vagy előírt) energiahatékonysági intézkedéseknek való megfelelés
- javuló versenyképesség, különösen az energiaárak emelkedő trendjére tekintettel
- az üzemeltetési költség csökkentésének és a termékminőség javításának további lehetőségei
- jobb döntéshozatali alap
- a személyzet magasabb fokú motivációja
- a vállalat javuló imázsa
- nagyobb vonzerő az alkalmazottak, vevők és befektetők részére
- a hatóság nagyobb bizalma, ami csökkenő hatósági felügyelethez is vezethet
- elősegíti a liberalizált energiapiac, a feltörekvőben lévő energiaszolgáltatások, energia megállapodások és energiahatékonysági ösztönzők használatát.

3.2.2 Tervezés, célkitűzések és célok megállapítása

3.2.2.1 A környezeti teljesítmény folyamatos javítása

A környezetvédelmi vezetési rendszerek fontos szempontja a környezeti teljesítmény folyamatos javítása. Ehhez a létesítmény energia-, nyersanyag- és vízfogyasztása és a kibocsátások között egyensúlyt kell fenntartani (ld. a 3.1.6 fejezet). A megtervezett folyamatos javítás az energia-megtakarítás (és más környezeti előnyök) elérésének költség-haszon szempontból legkedvezőbb megoldását is elérheti.

2. BAT egy létesítmény környezeti hatásainak folyamatos minimalizálása a cselekvések és a beruházások rövid, közép és hosszú távra történő, integrált megtervezése a költségek és hasznok, valamint a környezeti elemek közötti kölcsönhatások figyelembe vételével.

Alkalmazhatóság: Valamennyi létesítményben alkalmazható.

A 'folyamatosan' azt jelenti, hogy a cselekvések időről időre ismétlődnek, ú.m. a tervezési és beruházási döntésekben figyelembe kell venni az üzemelés környezeti hatásainak csökkentésére irányuló hosszú távú átfogó célt. Ezt jelentheti a rövid távú intézkedések elkerülését, hogy a befektetések hosszabb távon jobban felhasználhatók legyenek, pl. a lényegi technológia megváltoztatása több beruházást és hosszabb időt igényel, de nagyobb energia-megtakarítást és kibocsátás-csökkentést eredményezhet.

A környezeti haszon nem feltétlenül lineáris, pl. évenkénti 2% energia-megtakarítás 10 éven keresztül. Lehetnek lépcsőzetesek, energiahatékonysági projekt-befektetések eredményét tükrözők. Felléphetnek környezeti elemek közötti kölcsönhatások: pl. egy légszennyező anyag kibocsátásának csökkentése érdekében szükséges lehet növelni az energiafelhasználást.

A környezeti hatások sohasem csökkenthetők nullára, és lehetnek olyan időpillanatok, amikor kicsi vagy egyáltalán nem létezik a további intézkedéseket ösztönző költség-haszon. Mindazonáltal hosszabb távon, a technológia és az árak (pl. energia árak) változásával a megvalósíthatóság is változhat.

Részletes leírás — A környezeti teljesítmény folyamatos javítása és a környezeti elemek közötti kölcsönhatások

A környezetvédelmi vezetési rendszerek (KVR, ami minden IPPC ágazatban BAT) egyik fontos eleme a környezeti teljesítmény átfogó javításának fenntartása. Elengedhetetlenül fontos, hogy az üzemeltető értse, mi történik az inputokkal, beleértve az energiát is (vagyis értse a folyamatot), és hogy az inputok fogyasztása hogyan vezet kibocsátások keletkezéséhez. Ugyanolyan fontos a jelentős menetek és kimenetek szabályozásánál a kibocsátás-csökkentés és a környezeti elemek közötti kölcsönhatások (mint pl. az energia-, víz- és nyersanyag-felhasználás) közötti megfelelő egyensúly fenntartása. Mindez csökkenti a létesítmény általános környezeti hatását.

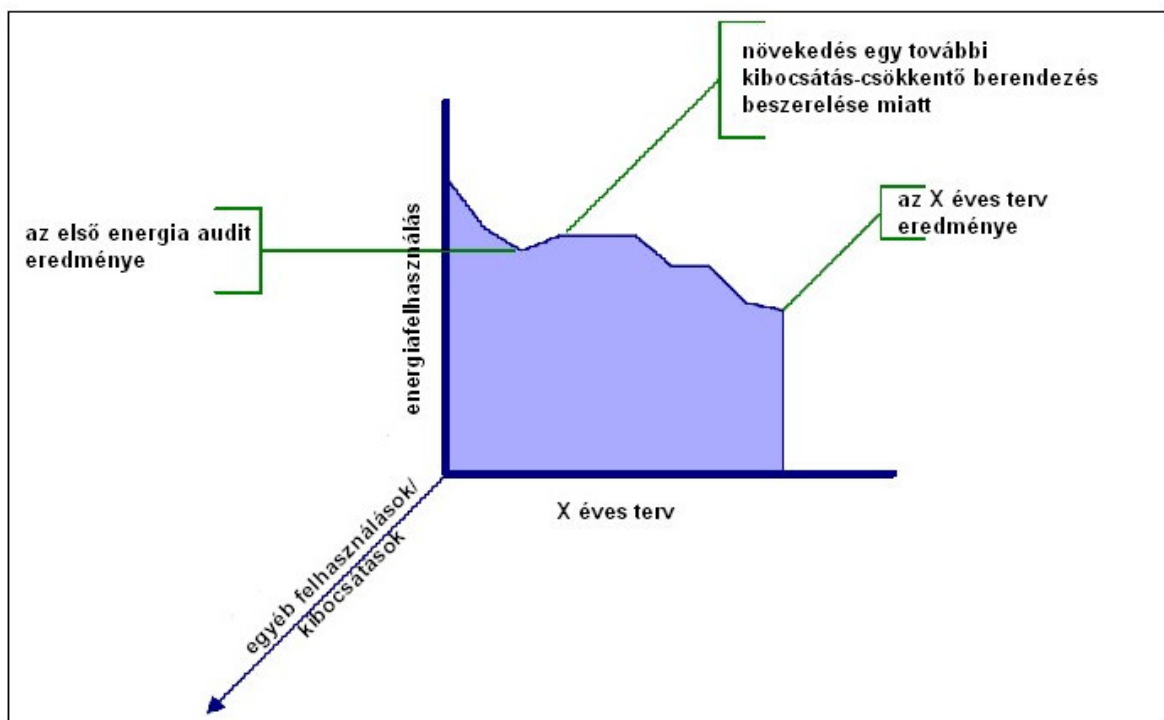
A szennyezés-megelőzés integrált megközelítésének megvalósítása érdekében fontos a létesítmény üzleti tervében központba állítani a környezeti teljesítmény folyamatos javítását. Ez magában foglalja a rövid-, közép- és hosszú távú tervezést, a létesítmény minden technológiai és/vagy folyamat összetevőjét. Megjegyzendő, hogy ebben az összefüggésben a 'folyamatos' azt jelenti, hogy a környezeti teljesítmény javítására törekvés folyamatos, és

hogyan a tervezés és az ebből következő intézkedések időben ismétlődnek ezen cél elérése érdekében.

Minden jelentős felhasználást (beleértve az energiát is) és kibocsátást koordináltan kell kezelni rövid-, közép- és hosszú távon, a pénzügyi tervekkel és a beruházási ciklusokkal együtt, pl. a kibocsátásokhoz rövid távú csővégi megoldások adaptálása hosszú távú magasabb energiafelhasználáshoz kötheti az üzemeltetőt, és elodázza a környezetileg kedvezőbb megoldásokba való beruházást. A környezeti elemek közötti kölcsönhatásokra is tekintettel kell lenni, ehhez, valamint a költségekhez és a költség-haszon kérdésekhez a 2.1.6 fejezet és részletesebben a Gazdasági és környezeti elemek közötti kölcsönhatások referenciadokumentum, az energiahatékony tervezési és egyéb alfejezetek nyújtanak útmutatást.

A környezetvédelmi előnyök nem feltétlenül lineárisak, pl. nem biztos, hogy lehetséges évi 2% energia-megtakarítást elérni 10 éven keresztül. Az előnyök valószínűleg rendszertelenek és lépcsőzetesek, függenek az energiahatékonysági projektek beruházásaitól stb. Felléphetnek környezeti elemek közötti kölcsönhatások: pl. egy légszennyező anyag kibocsátásának csökkentése érdekében szükséges lehet növelni az energiafelhasználást. A 3.3 ábra megmutatja, az energiafelhasználás hogyan:

- csökken az első energia audit és az azt követő intézkedések hatására
- emelkedik, amikor egy további kibocsátás-csökkentő berendezést szerelnek be
- ismét csökken további intézkedések és beruházások hatására
- az idő előrehaladásával az energiafogyasztás trendje általánosságban csökkenő trendet mutat, a hosszú távú tervezés és befektetés eredményeképpen.



3.3 ábra: Az energiafelhasználás időbeli változásának példája

Az energiahatékonyság magas prioritást élvez az EU politikájában (olyan nyilatkozatokban, mint pl. a Berlieni Nyilatkozat, ahol ez az egyetlen környezetvédelmi kérdés, ami említésre kerül). A létesítményben a BAT-megvalósítás gazdaságossági kérdéseinek környezeti elemek

közötti kölcsönhatásainak mérlegelésekor az energiahatékonyságot figyelembe kell venni a 9. cikk (4) bekezdésben megfogalmazott követelmények megfontolásakor, ú.m. az engedélyben szereplő határértékek és egyenértékű paraméterek meghatározásakor.

Az energia-, víz- és nyersanyag-felhasználás valamint a kibocsátások csökkentése hosszú távon elérhető. A környezeti hatások soha nem csökkenthetők nullára, és lehetnek olyan időpillanatok, amikor kicsi vagy egyáltalán nem létezik a további intézkedéseket ösztönző költség-haszon. Mindazonáltal hosszabb távon, a technológia és az árak (pl. energia árak) változásával a megvalósíthatóság is változhat.

Az üzemelés (energia-víz-anyag)felhasználásának vagy kibocsátásainak egy része arányosan magasabb lehet egy bizonyos időre, amíg a hosszabb távú beruházás nem realizálódik.

Egy, a 90-es években készített tanulmány azt mutatta ki, hogy a vállalatok nem vesznek tudomást az energia-beruházások láthatóan jó megtérüléséről. Arra a következtetésre jutottak, hogy a legtöbb vállalat igen tisztán különbséget tett 'lényegi' és 'nem lényegi' ügyek között, és az utóbbira igen kevés vezetői erőfeszítést áldoztak, hacsak a lehetőségek nem voltak képesek igen nagy akadályokat, pl. 18-24 hónapos megtérülés, is leküzdeni. A nem energiaintenzív vállalkozások az energiaköltségeket vagy 'fix átalánynak' tekintették vagy nem törődtek velük, mint olyan költségekkel, amelyek egy bizonyos költségrész-határ alá esnek. A jelentősebb energiaköltségű cégek sem használták ki a rendelkezésre álló lehetőségeket egyszerre gazdaságos és CO₂-kibocsátást csökkentő (ún. no-regret-option) beruházásokra.

Az elméleti példa egy járműgyártó, aki tovább kívánja csökkenteni az oldószer-fogyasztását. Nagy lépést lehetne elérni, de ehhez az egész festőműhelyt le kellene cserélni, aminek az üzemelési élettartama 25 év és 500 M EUR a beruházási költsége. A festőműhely energiafogyasztása az üzem teljes energiafogyasztásának 38-52%-a, mintegy 160 000-240 000 MWh (ennek 60%-a gáz). Az automatizálás foka a felhasznált nyersanyag mennyiségére, az alkalmazás hatékonyságára és az oldószerveszteség mértékére is hatással lehet. A beruházás megtérülési időszakában az üzemeltetési és beruházási költségek, valamint a fogyasztások és a kibocsátások megfontolásakor a következőket kell számításba venni.

- a festéktípus és a festékfelhordó rendszer kiválasztása
- az automatizálás mértéke
- a rendszerhez szükséges véggáz- és festékkezelés
- a meglévő festőműhely üzemelési élettartama.

3.2.2.2 *Energiahatékonysági aspektusok és energia.megtakarítási lehetőségek azonosítása a létesítményben*

Az energiahatékonyság optimalizálása érdekében a létesítmény valamennyi, az energiahatékonyságra hatással bíró aspektusát be kell azonosítani és mennyiségileg meg kell határozni. Ekkor azonosíthatóak, értékelhetőek, prioritási sorba rendezhetőek és a 2. BAT pontnak megfelelően végrehajthatóak lesznek az energia-megtakarítások.

3. BAT a létesítmény energiahatékonyságát befolyásoló aspektusának azonosítása audit lefolytatásával. Fontos, hogy az audit a rendszerszerű megközelítéssel (ld. 7. BAT pont) koherens legyen.

Alkalmazhatóság: Valamennyi meglévő létesítményben, és korszerűsítés valamint újjáépítést megelőzően. Az audit lehet belső vagy külső fél által lefolytatott.

Az audit kiterjedése (pl. részletessége, az auditok között eltelt idő) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ, pl.:

- *sok rendszerrel és önálló energiafogyasztó összetevőkkel, pl. motorokkal rendelkező nagy létesítményekben az adatgyűjtést a szükséges információkra és jelentős használatokra kell priorizálni*
- *kisebb létesítményekben egy helyszíni bejárás-típusú audit megfelelő lehet.*

A létesítményben lefolytatott első energia auditot energia diagnózisnak lehet nevezni.

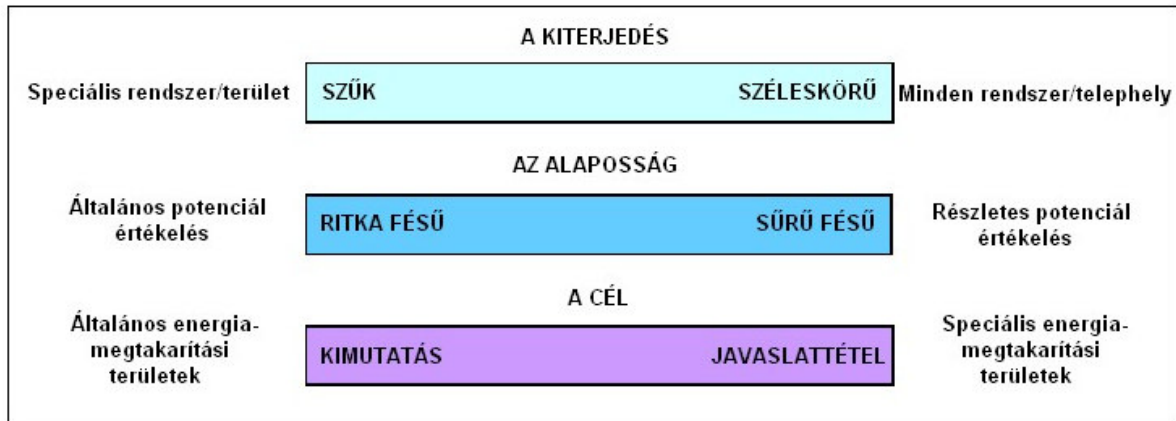
Részletes leírás — energia audit és diagnózis

Az audit általában egy személy, szervezet, rendszer, folyamat, projekt vagy termék értékelése. Auditot folytatnak le egy információ érvényességének és megbízhatóságának megállapítására, valamint egy rendszer belső ellenőrzésének értékelésére. Az auditok hagyományosan főleg pénzügyi rendszerekkel és iratokkal foglalkoztak. Az auditálást mostanában azonban a rendszerről szóló egyéb információk szerzésére használják, beleértve a környezetvédelmi auditot is. Az audit mintavételezésen alapul, és nincs rá biztosíték, hogy az audit jelentések hibamentesek. A cél a hibák minimalizálása, így téve az információkat valóssá és megbízhatóvá.

Az 'energia audit' kifejezést általánosan használják, a következő értelemben: egy épület, folyamat vagy rendszer energiaáramainak szisztematikus ellenőrzése, felmérése és elemzése, a tanulmányozott rendszer energia-dinamikájának megértése céljából. Az energia auditot jellemzően azért folytatják le, hogy megkeressék annak a lehetőségeit, hogyan lehet a rendszerbe bevitt energia mennyiségét csökkenteni úgy, hogy az ne járjon a kimenet(ek)re hátrányos hatással.

Az energia diagnózis lehet egy alapos első audit, vagy lehet szélesebb körű, és megállapítható az audit referencia-kereteit: megállapított módszertan, az audit függetlensége és átláthatósága, az audit minősége és professzionalizmusa stb.

A gyakorlatban az energia auditok típus és komplexitás szerinti széles választéka fordul elő. Az energia menedzsment különböző fázisaiban és/vagy a különböző bonyolultságú helyzetekben különböző típusú auditok használhatók. Az eltérő kiterjedést, az alaposág fokának különbözőségeit és a különböző célokat illusztrálja a 3.4 ábra.



3.4 ábra: Az energia audit modellek tulajdonságai

A különböző energia audit modellek a kiterjedésük alapján két fő típusba sorolhatók:

1. a szkennelő audit modell
2. az analitikus audit modell.

Ezen a két típuson belül különböző modellek fordulnak elő, amelyek kiterjedésük és alaposáguk szerint határozhatók meg. A valóságban az audit a helyzet igényeihez illeszkedően specifikálható.

Létezik néhány szabvány, rendszerint auditáló cégeken vagy energia-megtakarítási rendszereken belül. Megszületett az energia auditokra vonatkozó első nemzeti szabvány. Ez a szabvány egy energia diagnózis referencia keret, amely:

- módszert javasol az energia diagnózis felállítására
- megszabja a küldetés alapvető elveit és célkitűzéseit, mint pl. az objektivitás, a függetlenség, az átláthatóság
- javaslatokat ad, amelyek megfogadása elengedhetetlen az első osztályú szolgáltatás nyújtásához.

Az üzemeltető számára a referencia keret előnyei a következők: megegyezően alapuló módszer leírása, párbeszédet elősegítő alap, időtakarékos eszköz, kimeneti példák (berendezés és egyensúly listák, egy monitoring kampány kibontakozása stb.).

Az auditok egy speciális formája a beruházás besorolós audit, ú.m. olyan audit, ami az energiahatékonysági célzatú beruházások lehetőségeit osztályozza. A beruházás besorolós auditok egyik kulcsfontosságú jellemzője az energia-megtakarítási előrejelzés hibájának megbecslése: ha egy cég 1 M EUR-t tervez energiahatékonyságra költeni, tudnia kell az előre jelzett megtakarítások kockázatát, és azt, hogy hogyan minimalizálhatja ezeket a kockázatokat (pl. a számítások és a beruházás bizonytalanságát).

A pénzügyi auditokhoz hasonlóképpen az energia auditot is kivitelezhetik saját munkatársak vagy külső megbízott, az audit céljától, a telephely komplexitásától és a rendelkezésre álló erőforrásoktól függően. Némely KKV-nál előfordulhat, hogy nem áll rendelkezésre a megfelelő tapasztalat és személyzet házon belül, és külső konzultánssal dolgoztatnak (különösen, ha ez egyfajta ösztönzés részeként elérhetővé válik). A nagy energiafogyasztóknak lehet erre a munkára kinevezett személyzete, de alkalmazhatnak külső

kiegészítő vagy egyszeri auditokra, vagy létrehozhatnak egy ideiglenes csapatot más részlegek dolgozóiból.

1. A szkennelő audit modell

A szkennelő energia audit modellek fő célja az energia-megtakarítási lehetőségekkel bíró területek és a legnyilvánvalóbb energia-megtakarítási módszerek feltárása. A szkennelő auditok nem tárják fel részleteiben a vizsgált területek jövedelmezőségét vagy a javasolt megoldások részleteit. Mielőtt bármilyen tevékenységbe belekezdenének, a feltárt területek további részletes elemzése szükséges.

A szkennelő audit modell jó választás, ha nagyszámú auditot kell rövid idő alatt lefolytatni. Ez az audit típus rendszerint olcsó és gyorsan kivitelezhető. A szkennelő audit modell nem biztos, hogy meghozza az üzemeltető által elvárt eredményt, mert nem feltétlenül ad megvalósításra kész energia-megtakarítási intézkedéseket, hanem általában a kulcsfontosságú területek további elemzését javasolja. A szkennelő modell két fő példáját mutatjuk be a következőkben:

- bejárásos energia audit
- előzetes energia audit

A bejárásos energia audit

A bejárásos energia audit kis vagy közepes méretű ipari létesítményekben alkalmazható, ha a termelési folyamatok az elsődleges és másodlagos energiaáramok, egymáshoz kapcsolódó folyamatok, az alacsonyabb értékű hő újrahasználati lehetőségei stb. szempontjából nem túl bonyolultak.

A bejárásos energia audit áttekintést ad a telephely energiahasználatáról, megmutatja a legnyilvánvalóbb megtakarítási lehetőségeket és azt, hogy hol szükséges a következő lépés (kiegészítő 'második fázisú' audit) megtétele.

Az előzetes energia audit

A nagyméretű telephelyeken alkalmazott szkennelő energia audit modellt gyakran előzetes energia auditnak nevezik. Az ilyen típusú auditokat jellemzően a folyamatiparban alkalmazzák. Bár az előzetes energia audit célja megegyezik a bejárásos energia auditéval, a telephely mérete és típusa más megközelítést igényel.

Az előzetes energia audit során a munka legnagyobb részét az teszi ki, hogy tiszta képet alkosson az aktuális összes energiafogyasztásról, meghatározza a jelentős energiafogyasztási helyeket, és gyakran a lehetséges energia-megtakarítási intézkedéseket. A jelentés azokat a területeket is beazonosítja, ahol kiegészítő 'második fázisú' audit lefolytatása szükséges, és hogy mire kell azoknak fókuszálniuk.

Az előzetes energia auditot rendszerint egy szakértői csoport folytatja le.

Az auditálás és a technológiai folyamatok ismerete egyaránt szükséges. Az előzetes energia audithoz a telephely műszaki dolgozóinak elkötelezett részvétele is mindig szükséges.

2. Az analitikus audit modellek

Az analitikus energia audit modellek az energia-megtakarítási intézkedések részletes meghatározását adják meg, s ezzel az auditált ügyfelet a döntéshozatalhoz kellő mennyiségű

információval látják el. Az ilyen típusú auditok sokkal költségesebbek, több munkát és hosszabb időt igényelnek, de konkrét energia-megtakarítási javaslatokat eredményeznek. Az üzemeltető további felmérések nélkül átláthatja a megtakarítási lehetőségeket.

Az analitikus modellek két fő típusba sorolhatók:

- szelektív energia auditok, ahol az auditor maga választhatja ki a fő célterületeket
- célzott energia auditok, ahol az üzemeltető határozza meg a fő célterületeket. Ezek rendszerint a következők:
 - rendszer-specifikus energia auditok
 - átfogó energia auditok.

A szelektív energia audit

A szelektív energia audit főként a nagyobb megtakarítási lehetőségeket keresi és nem fordít figyelmet a kisebb energia-megtakarítási intézkedésekre. Ez az audit modell nagyon költséghatékony, ha az auditot tapasztalt auditorok végzik el, de a legrosszabb esetben előfordulhat, hogy „lefölözést” is eredményezhet. Mindig fennáll annak a veszélye, hogy amennyiben találnak néhány jelentős energia-megtakarítási lehetőséget, a többivel nem is törődnek.

A célzott energia audit

A célzott energia audit során a munka tartalmát az üzemeltető részletes útmutatásai határozzák meg, és ez azt jelenti, hogy a célzott energia audit által lefedendő legtöbb rendszer már előre ismert. Az üzemeltető által adott útmutatás szándékosan kizárhat néhány területet. Bizonyos területek kizárásának oka lehet az, hogy azokról tudható, hogy költség szempontból rendszerint nem relevánsak (vagy könnyen kezelhetők).

A célzott energia audit általában fogyasztás-felbontást eredményez, és az energia-megtakarítások és a kapcsolódó beruházások részletes számításait is tartalmazzák. Ha az iránymutatás megfelelő, az audit eredménye egy szabványos jelentés.

Az üzemeltető nézőpontjából mindig kockázatot jelent, hogyha a célzott energia audit minőségbiztosítását elhanyagolják: az auditorok kísértésbe eshetnek, hogy lassacskán a szelektív energia audit irányába mozduljanak el, mivel azzal a modellel mindig kevesebb a munka.

Rendszer-specifikus energia audit

A célzott energia audit legegyszerűbb és legkisebb példája a rendszer-specifikus energia audit. Ennek az audit típusnak a célterülete szigorúan korlátozott (egy rendszer, berendezés vagy folyamat), de a munka általában nagyon alapos. Ennek az audit modellnek az a haszna, hogy meg lehet határozni a munkához szükséges szakértelmet, így az audit színvonala sokkal jobb lehet, mint amit egy generalista auditor tudna nyújtani.

A rendszer-specifikus energia audit eredménye a rendszer részletes leírása és valamennyi energia-megtakarítási lehetőség meghatározása, az adott rendszerre vonatkozó opciókkal, és tartalmazhatja a meghatározott opciók költség-haszon elemzését is.

Jó választás ennek az auditnak valamely átfogóbb audit modellel való kombinálása, pl. egy előzetes energia audit lefolytatása, majd ezt követően azon rendszer(ek) specifikus auditja, ahol jelentős energia-megtakarítási lehetőségeket azonosítottak.

A rendszer-specifikus energia auditok a rendszer energiafogyasztásához képest magas energia-megtakarítási potenciált biztosítanak. A probléma azonban az, hogy amíg a telephelynek csak egy részét vizsgáljuk, hiányzik a „nagyobb öszkép”, és fennáll a részleges optimalizálás kockázata. Például ha csak a sűrített levegő- vagy a hűtőrendszerek energiahatékonyosságát vizsgáljuk, nem értékelhetők a hőhasznosítási lehetőségek, mert nem ismert, hogy hol lehetne a hőt a leghatékonyabban hasznosítani. Az energia rendszerek általában kapcsolódnak egymáshoz, csak ritkán függetlenek.

Az átfogó energia audit

Az átfogó energia audit a skála szélesebb végén elhelyezkedő célzott energia audit (ld. a 3.4 ábrán). A telephely valamennyi energiafelhasználását lefedi, beleértve a mechanikus és elektromos rendszereket, a technológiai ellátó rendszereket, minden energiafelhasználó folyamatot stb. Néhány kisebb rendszer kimaradhat (pl. az elektromos motorral mozgatott ajtók).

Az átfogó energia audit és célzott energia audit közötti különbség az, hogy a célzott energia audit szándékosan figyelmen kívül hagy néhány ismert és előre meghatározott területet, míg az átfogó energia audit gyakorlatilag valamennyi jelentős energiafelhasználás lefed.

Az átfogó energia audit kiindulási pontja mindig a teljes fogyasztás részletes lebontásának elemzése. Az ilyen típusú audit a kezdetkor meghatározott valamennyi energiafogyasztó rendszerrel foglalkozik, a feltárt megtakarítási lehetőségektől függetlenül. Valamennyi potenciális megtakarítási intézkedést feltár, az energia-megtakarításokra és a beruházási költségekre vonatkozó részletes számításokat tartalmaz.

Ez a modell egy nagyon szabványos és részletes jelentés alapját is képezheti, ami némi előnnyel jár az üzemeltető számára különösen a minőségbiztosítás és a monitoring terén.

Mivel az energia audit azonosítja az egy egységben, technológiai folyamatban vagy telephelyen használt energiatípusokat, az energiafogyasztási helyeket és műveleteket, a jelentés megállapításai felhasználhatók a költséghatékony energia-megtakarítási megoldások azonosítására és prioritási sorba állítására.

Az alkalmazott energia audit típusok és az audit lefolytatásának gyakorisága telephely-specifikus. Kis létesítményekben rendszerint megfelelő a bejárásos energia audit.

Az energia audit lefolytatható a létesítmény vagy rendszer energiahatékonyságának kezdeti megállapítására. Későbbiekben az audit lefolytatható a létesítményben lezajlott nagyobb változások, az üzemeltetési körülmények jelentős változtatása után, amelyek módosíthatják a létesítmény energiatermelését és/vagy energiafogyasztását stb. Ez a megközelítés feltételezi, hogy valamennyi energia audit átfogó. Még amennyiben látszólag nem is volt jelentős változás, időről időre akkor is auditálni kell, hogy biztosítható legyen, hogy nem tértek el az energiahatékony üzemeléstől.

Alternatívaként egy előzetes audit folytatható le annak érdekében, hogy azonosítsa az intenzívebb auditálást igénylő területeket, amelyeket aztán az olyan jellemzőktől, mint az energiahatékony technikák alkalmazhatóságának egyszerűsége, a tökeigény stb. függően ütemeznek. Így egy egyedi rendszer csak rendszertelen időközökben lesz teljesen auditálva, de a létesítményben vagy különböző rendszerekben rendszeres auditok folytathatók le.

4. Az audit lefolytatása során BAT annak biztosítása, hogy az audit azonosítja a következő szempontokat:

- a. a létesítmény, valamint az azt összetevő rendszerek és folyamatok energia használata és típusa**
- b. energiafogyasztó berendezések, a létesítményben felhasznált energia típusa és mennyisége**
- c. az energiafelhasználás minimalizálásának lehetőségei, mint pl.:**
 - az üzemelési idő szabályozása/csökkentése, pl. lekapcsolás, amikor nincs használatban (példákat ld. a 24., 25., 26., 27. és 29. BAT pontoknál)
 - a szigetelés optimalizálása (példákat ld. a 17., 18. és 29. BAT pontoknál)
 - a közművek, a csatlakozó rendszerek, folyamatok és berendezések optimalizálása (ld. a 2.3 alfejezet BAT pontjait)
- d. az alternatív, hatékonyabb energiaforrások használatának lehetőségei, különösen a más folyamatokból és/vagy rendszerekből származó energiafelesleg használata (ld. a 19. BAT pontnál)**
- e. az energiafelesleg más folyamatokban és/vagy rendszerekben történő felhasználásának lehetőségei (ld. a 19. BAT pontnál)**
- f. a hő minősége javításának lehetőségei (ld. a 19. BAT pontnál)**

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Az audit kiterjedése (pl. részletessége) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

A rendszerek és folyamatok optimalizálására használható technikák néhány példája a 2.3 alfejezet releváns BAT pontjainál található.

5. BAT az energia optimalizálás azonosítására és mennyiségi meghatározására megfelelő eszközök és módszerek alkalmazása, mint pl.:

- energia modellek, adatbázisok és mérlegek
- a pinch módszer, exergia vagy entalpia analízis, vagy termoökómia technikák használata
- becslések és számítások (ld. még a 2.5. fejezetet).

Alkalmazhatóság: Minden ágazatban alkalmazható. A megfelelő eszköz vagy eszközök kiválasztása az ágazattól, a telephely méretétől, komplexitásától és energiafelhasználásától függ. Ez telephely-specifikus.

Részletes leírás — Energia modellek, adatbázisok és mérlegek

Az energia modellek, adatbázisok és mérlegek hasznos eszközök egy teljes és mélyreható energia elemzés elvégzésére, és valószínűleg részét képezik egy analitikus vagy átfogó energia auditnak. A modell egy terv vagy leírás, amelyet a létesítmény, egység vagy rendszer energiafelhasználó pontjainak és az energiafelhasználás módjának bemutatására terveztek (pl. egy adatbázis). A modell emiatt a létesítmény, egység vagy rendszer műszaki információit

igyekszik rögzíteni. Rögzíti a berendezés típusát, energiafogyasztását és üzemelési adatai, mint pl. az üzemidőt. Az elvégzendő feladathoz megfelelően (de nem túlzottan) teljesnek, az üzemeltetési, energiagazdálkodási, karbantartási, beszerzési, könyvelési stb. osztályok különböző felhasználói számára könnyen hozzáférhetőnek kell lennie.

Az energia modellek, adatbázisok vagy mérlegek felépülhetnek a rendszer határaitra alapozva (ld. a 2.5.1 alfejezetet), pl.:

- egységek (részleg, termelővonal. stb.)
 - rendszer
 - egyedi berendezés (szivattyú, motor stb.)
- energia közvetítő közeg (pl. sűrített levegő, szivattyúzás, vákuum, külső világítás stb.)
 - egyedi berendezés (szivattyú, motor stb.)

Az auditoroknak (vagy adatgyűjtőnek) figyelnie kell arra, hogy a hatékonyság, amit rögzít, valóban a rendszer hatékonysága legyen (ld. a 2.5.1 alfejezetet).

Mivel egy energia modell vagy adatbázis stratégiai eszköz az energia audit lefolytatásánál, használat előtt bevált gyakorlat egy mérleg készítésével validálni. Az első lépés az összes felhasznált energia mennyiségének —ahogyan az a számításokból mutatkozott— összehasonlítása a mért energiaellátás szerint fogyasztott mennyiséggel. Ahol a létesítmény összetett, az összehasonlítás elvégezhető egység vagy rendszer-szinten. Ha a számított és a mért fogyasztás értékei nincsenek egyensúlyban, a modell adatait újra kell ellenőrizni, különösen bármely, mint pl. a terhelési tényezőkre vagy munkaórákra vonatkozó becslést. Ahol szükséges, ezeket nagyobb pontossággal kell megállapítani. A hibák másik oka az lehet, ha nem azonosítottak minden energiafogyasztó berendezést.

Villamos energia

Egy villamos energia modell, adatbázis vagy mérleg felállításához a következő adatokat kell összegyűjteni valamennyi elektromos energiát fogyasztó berendezésről, mint pl. motorok és meghajtók, szivattyúk, kompresszorok, villamos kemencék stb.:

- névleges teljesítmény
- névleges hatékonyság
- terhelési tényező
- éves üzemórák

Míg a teljesítményt és a hatékonyságot könnyű megállapítani —mivel rendszerint szerepelnek a készülék címkéjén—, a terhelési tényezőt és éves üzemidőt becsülni kell.

Ahol a becsült terhelési tényező >50%, a terhelési tényező közelítőleg egyenlő:

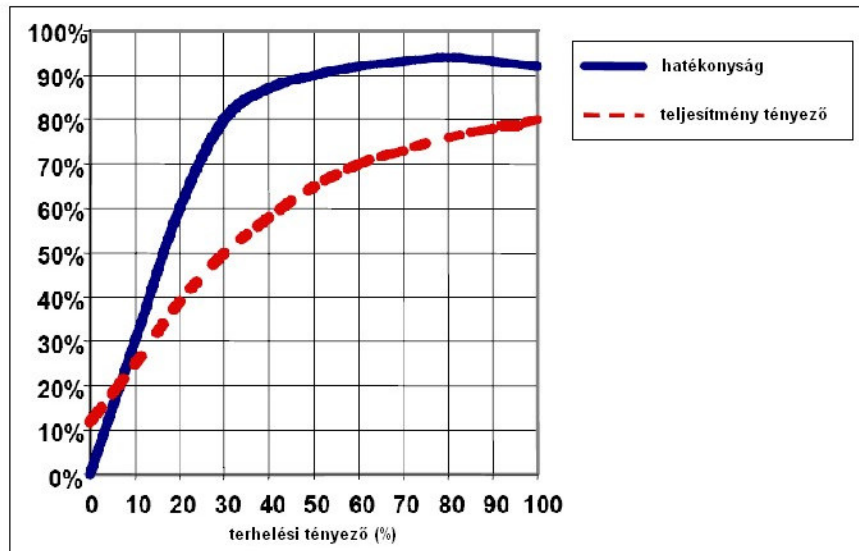
$$TT = \frac{T_{(\text{hat})} \times \eta}{T_{(\text{névl})}}$$

ahol:

- TT a terhelési tényező
- $T_{(\text{hat})}$ a becsült átlagos villamos energia, amit a készülék hatékonyan felvesz üzemelés közben (kW)
- $T_{(\text{névl})}$ a névleges teljesítmény (kW)
- η a készülék névleges hatékonysága (teljes terhelésen)

Szükség esetén $T_{(hat)}$ villamos teljesítmény mérővel mérhető.

Ki kell emelni, hogy egy készülék hatékonysága és teljesítmény tényezője a terhelési tényezőtől függ, a 3.5 ábrának megfelelően, ami ebben az esetben egy általános motorra vonatkozik:



3.5 ábra: Egy készülék teljesítmény tényezőjének a terhelési tényezőtől függő alakulása

Hőenergia

Egy hőenergia modell, adatbázis vagy mérleg felállítása sokkal bonyolultabb, mint a villamos energia modellé. Ahhoz, hogy a hőfogyasztásról teljes képet kapjunk, kétféle, első és második szintű modellt (adatbázist vagy mérleget) kell szerkeszteni.

Az első szintű energia modell felállításához össze kell írni valamennyi, bármilyen üzemanyagot használó felhasználót. Valamennyi üzemanyag-felhasználóról (pl. kazánok) a következő adatokat kell rögzíteni:

- adott idő alatt (rendszerint egy év) szolgáltatott tüzelőanyag típusa
- a kazánba belépő hőhordozó közeg (pl. nyomás alatt lévő víz): áram, hőmérséklet, nyomás
- kondenzált víz: hasznosítási %, hőmérséklet, nyomás
- kazántest: gyártó, típus, a beépítés éve, hőteljesítmény, névleges hatékonyság, hőcserélő felület mérete, éves üzemórák száma, testhőmérséklet, átlagos terhelési tényező
- égő: gyártó, típus, a beépítés éve, hőteljesítmény
- füstgáz: áram, hőmérséklet, átlagos CO₂-tartalom
- a kazánt elhagyó hőhordozó közeg (pl. gőz): hőmérséklet, nyomás.

Habár az össze adatot össze kell gyűjteni, az első szintű hőmodellben ('hőelőállító oldal') csak a nagyobb energiafelhasználókat kell figyelembe venni. Általában segít, ha minden energiát az iparban használt elsődleges vagy fajlagos energiává konvertálunk, a későbbi összehasonlítások érdekében (ld. a 2.3.6.1 alfejezetet).

A második szintű modellben ('hőfelhasználó oldal') valamennyi, hőenergiát bármilyen formában (forró víz, gőz, forró levegő stb.) (kivéve a tüzelőanyagot, azt az első szintű modellben kell figyelembe venni) igénylő berendezések összeírásával készül. Minden hőenergiát használó berendezésre a következő adatokat kell összegyűjteni:

- a hőszállító közeg típusa
- hőigény óra/év
- a hőenergia felhasználásának terhelési tényezője
- névleges hőtéljesítmény.

A második szintű modell ('hőfelhasználó oldal') a szolgáltatók (kazánok, hőgenerátorok stb.) által szolgáltatott hő és a felhasználók által igényelt hő összemérésére szolgál.

Ha a különbség elfogadható, a két modell validáltnak tekinthető. Amennyiben nem így van, némi újraszámolás vagy további vizsgálatok szükségesek.

Ha két mennyiség közötti különbség nagy, az valószínűleg a termelés-elosztás- a különböző közegekhez (pl. gőz, forró víz) felhasználás során fellépő nagy veszteségek miatt fordul elő. Ebben az esetben intézkedéseket kell tenni az energiahatékonyság javítására.

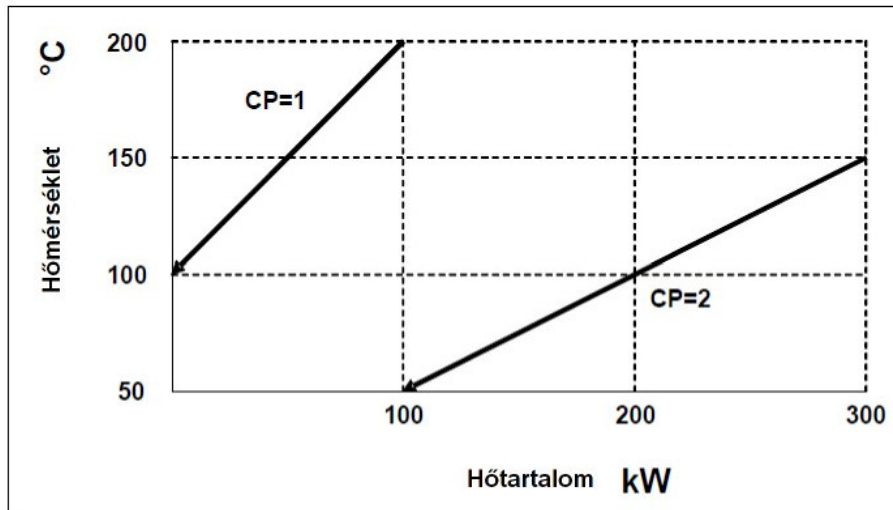
A modell típusa és az összegyűjtendő információ szükséges részletessége a létesítménytől függ. Gyakran nem megvalósítható, de nem is szükséges minden egyes energiafelhasználó berendezés elemzése. Kisebb létesítmények részére a villamos energia modellek alkalmasak. nagyobb létesítmények esetében a részletes villamos és hőenergia-fogyasztási adatokat tartalmazó folyamatelemzés a megfelelőbb.

Az adatgyűjtés költség-haszon viszonyainak maximalizálása érdekében prioritásokat lehet felállítani, pl. bizonyos energiamennyiséget meghaladó fogyasztású berendezések, vagy olyan útmutatások, hogy elsőként annak a 20%-nyi berendezésnek az adatait kell összegyűjteni, ami az energia 80%-át használja fel (pl. gőz vagy villamos energia) stb. Megjegyzendő, hogy ahogy a modell használatba kerül, és segíti az energiahatékonyság elérését, tervezett módon további berendezéseket is bele lehet vonni.

Részletes leírás — A pinch módszer

A pinch módszer a pinch technológia alkalmazása. Ez egy olyan módszer, amely a folyamatok energiafogyasztását termodinamikailag megvalósítható energia-célok kiszámításával minimalizálja, és ezen célokat a hőhasznosító rendszerek, az energiaellátó módszerek és a folyamat üzemelési feltételeinek optimalizálásával éri el. Bár *folyamatintegráció* vagy *energiaintegráció* néven is ismert, ezek a pinch módszerrel nyert eredmények alkalmazásának folyamatai.

Minden folyamat forró és hideg áramokból áll. A forró áram az, ami hűtést igényel, a hideg áram pedig az, amelyik fűtést. Bármely folyamat esetében megrajzolható egy vonal a hőmérséklet-entalpia görbén, amely a folyamat valamennyi forró vagy hideg áramát reprezentálja. A valamennyi forró vagy hideg áramot reprezentáló egyetlen vonalat forró vagy hideg összetett vonalnak nevezzük. Az összetett vonal megszerkesztését illusztrálja a 3.6 ábra, ahol a hőmérséklet-entalpia diagramon két forró áram látszik.



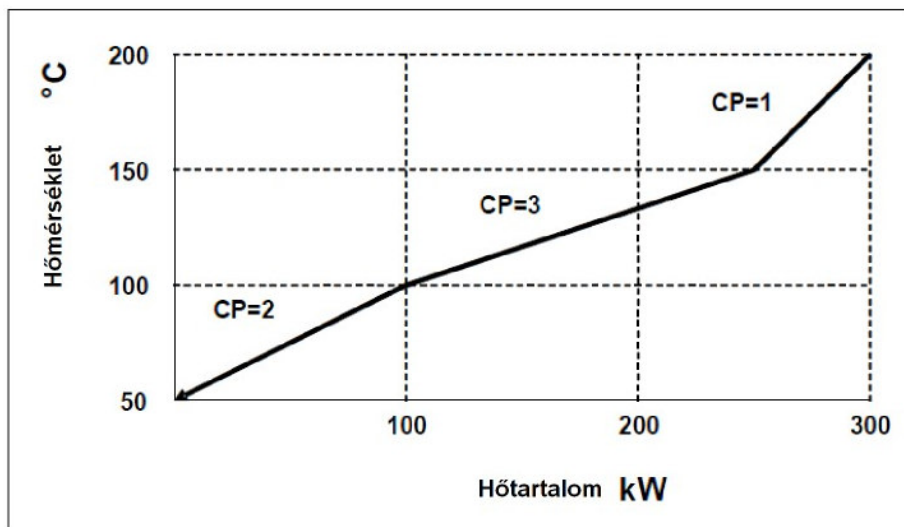
3.6 ábra: Két forró áram

Az 1. áramot 200°C -ról 100°C -ra hűtik. Ennek a CP-je (ú.m. maximális időegységenkénti átfolyás \times fajlagos hőkapacitás) 1, így ez az áram 100 kW hőt veszít. A 2. áramot 150°C -ról 50°C -ra hűtik. Ennek a CP-je 2, így ez az áram 200 kW hőt veszít.

A forró kompozit görbe a hőmérsékleti tartományok feletti hőtartalmak egyszerű összeadása révén jön létre:

- 200 és 150°C között csak egy áram van, ennek a CP-je 1. Emiatt abban a hőmérsékleti tartományban a hőveszteség 50 kW .
- 150 és 100°C között két áram van, összes CP-jük 3. 150°C -ról 100°C -ra hűtésnél az összes hőveszteség 150 kW . Mivel a 150°C -ról 100°C -ra hűtés összes CP-je nagyobb, mint a 200°C -ról 150°C -ra hűtésé, a forró kompozit görbe 150 - 100°C közötti második hőmérsékleti tartományba eső szakasza laposabb lesz.
- 150 és 100°C között csak egy áram van, ennek a CP-je 2. Emiatt az összes hőveszteség 100 kW .

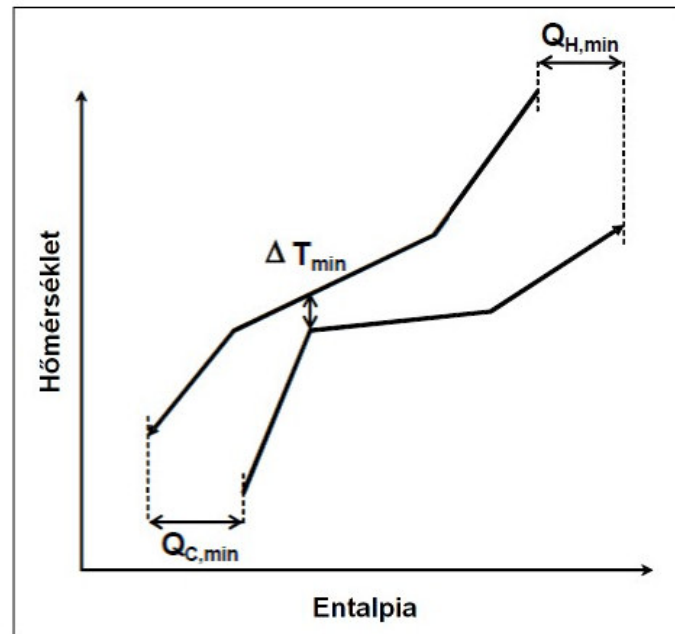
A 3.7 ábra mutatja a forró kompozit görbét.



3.7 ábra: A forró kompozit görbe

A hideg kompozit görbét hasonlóképpen kell megszerkeszteni. Gyakorlati alkalmazásokban általában sokkal több áram van, de ezeket is ugyanígy kell megszerkeszteni.

A 3.8 ábra az ugyanarra a hőmérséklet-entalpia diagramra felrajzolt forró és hideg kompozit görbéket mutatja. A diagram a folyamat teljes melegítési és hűtési igényét reprezentálja.

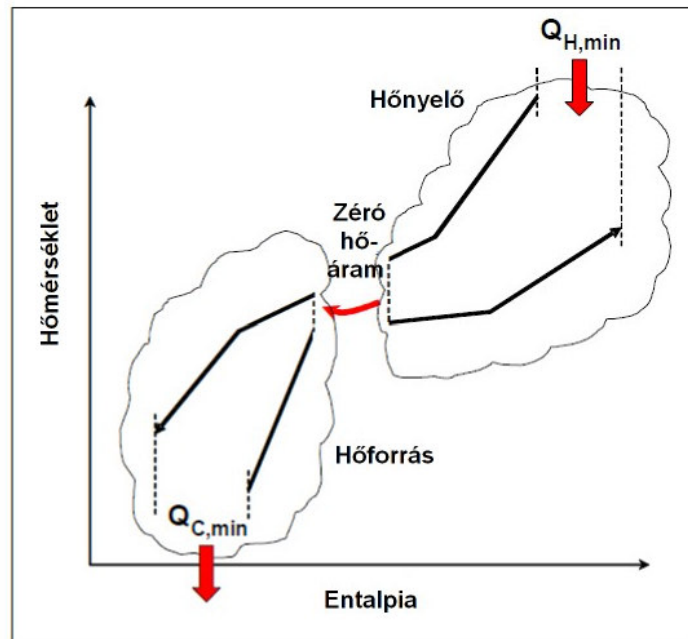


3.8 ábra: A pinch és energia célkitűzéseket mutató kompozit görbék

Az entalpia tengely mentén a görbék átfedik egymást. A forró kompozit görbe felhasználható a hideg kompozit görbe fűtésére, folyamatok közötti hőcsere révén. Mindazonáltal mindkét végén túllógás mutatkozik, így a hideg kompozit görbe felső részének felmelegítéséhez külső energiaforrás ($Q_{h,min}$), a forró kompozit görbe alsó részének hűtéséhez pedig külső hűtés ($Q_{c,min}$) szükséges. Ezek az ún. forró és hideg energia közvetítő közeghez kapcsolódó célkitűzések.

Az a pont, ahol a vonalak a legközelebb állnak az érintkezéshez, a pinch. A pinchnél a vonalakat a minimális ΔT_{min} hőfokkülönbség választja el egymástól. A ΔT_{min} értékére az átfedés területe mutatja a folyamatok közötti hőcsere lehetséges maximális mennyiségét. Ezen túlmenően a $Q_{h,min}$ és a $Q_{c,min}$ a minimum energia közvetítő közeg szükségletek.

Amikor egy folyamat pinch pontját és a energia közvetítő közeg szükségleteket sikerült megállapítani, alkalmazható a pinch módszertan három „arany szabálya”. A folyamatra két különálló, pinch feletti és pinch alatti rendszerként lehet tekinteni (ld. a 3.9 ábrán). A pinch feletti rendszer külső forrásból származó, pozitív mennyiségű energiát igényel, vagyis hőnyelő, míg a pinch alatti rendszer külső nyelő számára átadható hővel rendelkezik, vagyis hőforrás.

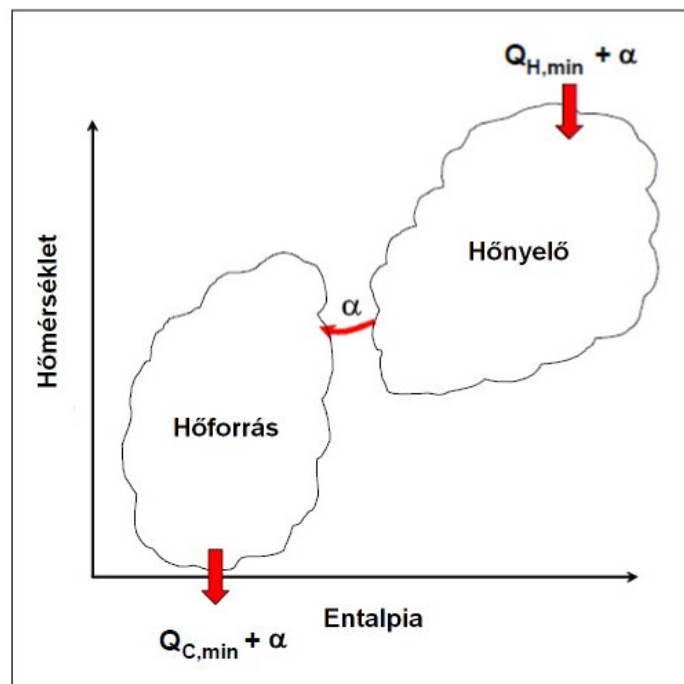


3.9 ábra: A pinch feletti és a pinch alatti rendszerek vázlatos ábrázolása

A három szabály a következő:

- a pinch hőmérsékleten keresztül nem történhet hőátadás
- a pinch felett nem lehet külső hűtés
- a pinch alatt nem lehet külső fűtés.

Ha a pinch hőmérsékleten keresztül haladó hő mennyisége α , akkor egy extra mennyiségű (α) forró és α extra mennyiségű hideg energia közvetítő közeg szükséges (ld. a 3.10 ábrát). hasonlóképpen, a hőnyelő bármely külső hűtése és a hőforrás bármely külső fűtése megnöveli az energiaigényt.



3.10 ábra: A hőnyelőből a hőforrásba a pinch-en keresztül irányuló hőátadás

Így:

$$T = A - \alpha$$

ahol:

T = energiafogyasztási célkitűzés

A = aktuális energiafogyasztás

α = a pinchen keresztül irányuló hőátadás

Az energia célkitűzések elérése érdekében a pinchen keresztül irányuló hőátadást meg kell szüntetni.

A pinch módszertan szakaszos folyamatokra történő alkalmazásának kulcsa az adatkinyerés. Nincsenek rövidítések; minden folyamat-áram részletes mérése és időzítése elengedhetetlen ahhoz, hogy költség (=energia) megtakarítási lehetőségeket lehessen találni.

A pinch módszertant a különböző hőmérsékletű folyamat-áramokkal rendelkező iparágak széles körében lehet alkalmazni. Új üzemek vagy egységek tervezésekor, jelentős felújításokor használatos, vagy az üzem teljesítményének részletes vizsgálatakor, mint pl.:

- folyamat egységek energia elemzése
- energia közvetítő közeg plusz hő és villamos energia rendszerek elemzése
- hőcserélő hálózat tervezése és elemzése
- teljes telephelyi elemzés a folyamatok és az energia közvetítő közeg integrációjának optimalizálása érdekében
- hidrogén és víz rendszer elemzése.

A pinch módszertant az olajfinomító, petrokémiai és vegyipari nagy mennyiségben előállító üzemekben kezdték el alkalmazni, ahol energia- és tőkemegtakarítást hozott. Mostanában a módszer számos más folyamat és iparág esetében is bevált, mint pl. a hő- és villamos energia együttes előállítása, gyógyszergyártás, papír- és rost előállítás, cementgyártás, élelmiszeripar (pl. sörfőzés, kávégyártás, jégkrém és tejtermékek).

A pinch módszertant számos folyamat típus esetén használják, beleértve a szakaszos, fél-folyamatos és folyamatos üzemelést, és számos üzemelési jellemzőt, mint pl. az eltérő alapanyagokat, a szezonális igényváltozásokat, a többféle energia közvetítő közegeket, a minőségi és környezeti megkötéseket.

A pinch módszertant gyakran költségesnek és bonyolultnak hiszik. Egyszerű problémák esetében azonban a számítások manuálisan (vagy szoftverek alkalmazásával, amelyek némelyike ingyen is hozzáférhető¹⁶) is elvégezhetők. A projektek kb. 5 000 EUR-tól indulnak.

¹⁶Ingyenes pinch-szoftver: Pinch 2.0, Fraunhofer ISI/Peter Radgen.

Az elemzés adatigénye nagyon kicsi, és a pinch analízis az ipari mérnöki képzés egyik alapeleme.

Bonyolultabb helyzetekben egy szakértői csapatnak kell elvégeznie a pinch elemzést, a folyamat-szimulációkat, a költségbecslést és az üzem üzemeltetését.

Meglévő üzemekben alkalmazva számos esetben járt kedvező eredménnyel, nőtt az üzem rugalmassága, szűk keresztmetszetek váltak megszüntethetővé, nőtt a kapacitás és csökkentek az elszennyeződés hatásai.

Részletes leírás — Entalpia és exergia elemzés

Az energia (vagy entalpia) és az exergia elemzés a tanulmányozott termikus rendszer áramai energiájának és exergiájának, valamint az ezen áramok által összekapcsolt elemek energia- és exergia-egyensúlyának meghatározásán alapuló technikák.

Az elemzések elvégzéséhez a következő lépések szükségesek:

1. Precízen meg kell állapítani az elemzés alá vont rendszer (az egész üzem vagy egy része) határait.
2. Az egész rendszert kisebb elemeire kell bontani, melyeket anyag- és energiaáramok kötnek össze. A felbontás mértéke az elvégzendő elemzés mélységétől és az elérhető információtól függ.
3. Az áramokat meghatározó termodinamikai jellemzőket rögzíteni kell: tömegáram, nyomás, hőmérséklet, összetétel, hasznos teljesítmény, hőáram stb. Egy konkrét rendszer elemzésénél ezeket az adatokat mérések révén nyerik, amikor azonban egy megépítendő létesítményre végzik el az elemzést, szimulációt használnak.
4. Miután minden meghatározott áramot teljes körűen jellemeztek, megállapítható entalpiájuk és exergiájuk.
5. Az entalpiák és exergiák használhatók további paraméterek, mint pl. az összetevők energiaveszteségei, irreverzibilitás, hatékonyság meghatározásához, és pl. Sankey (energia) vagy Grassmann (exergia) diagramok segítségével ábrázolhatók.
6. Ezek a mérlegek és elemzések valós időben készülhetnek, különböző időintervallumokra, és az 'exergia költség' információk, pl. egy adott áram előállításához szükséges exergia forrás mennyisége, felhasználható az üzem teljesítményének egy megállapodás szerinti referencia állapottól való eltéréseinek megállapítására.
7. Végül azonnal megállapítható a termodinamika és a gazdasági kérdések közötti összefüggés, mivel az üzem bármely alrendszere esetében a meghibásodás vagy a nem hatékony üzemelés költsége két összetevőből áll: először az anyagi források mennyiségéből, másodsor azt ennek kompenzálására költött pénzüsszezből. A technika alapjait magyarázó elméletet termoökonómiának nevezik.

Amint az látható, az energia és exergia elemzések elvégezhetők párhuzamosan, és mérések azonos mértékegységben történik. Az exergia elemzés azonban, bár kevésbé elterjedt a használata és bonyolultabb, hasznosabb, mert közvetlenül kimutatja, hogy hol lehet energiát megtakarítani.

Az energia konzervatívnak tekinthető: nem keletkezik, és nem szűnik meg, így egy energia elemzés csak a rendszer határainál elvesző energiát tudja figyelembe venni (hővesztés, a kéményen át távozó gázok stb.). Mindazonáltal minden energia-átalakulás az energia minőségének csökkenését okozza: az energia megőrződik, de használhatósága mindig romlik. Ezek között a keretek között az exergia egy olyan fokmérő, amelyet úgy határoznak meg,

hogy az energia minőségét is figyelembe vegye. A villamos energia vagy a mechanikus munka a legjobb minőségű energiaformák, energiájuk és exergiájuk majdnem megegyező. A másik végtel, mikor egy adott tömegű vizet 20°C-kal a környező hőmérséklet fölé melegítünk, annak is van energiája, de exergiatartalma elhanyagolható. Az exergiatartalom pontosan méri egy adott áram más energiaformákba történő maximális átalakíthatóságát (energiaegységekben). Így az exergia nem tekinthető konzervatívnak. Valamennyi stacionárius folyamatban a belépő áramok exergiája mindig magasabb, mint a kilépő áramoké. Ezt a különbséget nevezzük irreverzibilitásnak, és az exergia elemzés útján történő meghatározása lehetővé teszi annak nyomon követését, hol romlik az energia minősége (más szóval, hogy hol lehet energiát megtakarítani).

Példaként vegyünk egy kazánt, ami alacsony nyomású gőzt állít elő egy folyamat számára. Ha energia elemzést végzünk, ennek a kazánnak a hatásfoka akár 85% is lehet, és hatékony berendezésnek tűnhet. A gőz energiatartalma azonban alacsony, emiatt a kazán exergia hatékonysága kb. 25% körül lehet. Ez az alacsony szám azt mutatja, hogy valószínűleg nagy mennyiségű energiát lehet megtakarítani, ha a kazánt pl. egy villamos és hőenergiát együttesen előállító rendszer hőhasznosító gőzgenerátorával helyettesítjük, amiben a bemenő forró gázok energiája egy turbinát hajt meg, így a magas minőségű energiát hasznosítja. Nem tűnik logikusnak, de minél alacsonyabb a kimenet minősége, annál jobb a kazán iparilag elérhető energiahatékonysága; az exergia hatékonyság indikátora azonban a józan ész szerint működik.

Ezek az elemzések lehetővé teszik az energia- és exergiveszteségek, így az energia-megtakarítási lehetőségek helyeinek meghatározását. Mivel az exergia egy adott áram valamennyi tulajdonságától függ, annak nyomon követésére is használható, hogy hol és mennyi szennyezőanyag keletkezik az üzemben.

A technikák alkalmazhatóságának kulcsa az energiarendszer áramairól szóló információ hozzáférhetősége. Működő üzemekben ezt mérések útján szerzik be, a tervezési állapotban pedig szimulációval helyettesítik. Ez a körülmény korlátozza az elemzés részletességét.

Az exergia koncepcióját számos helyzetben alkalmazzák annak megállapítására, hogy hol vesznek el a természeti erőforrások.

A technikák bármely termikus rendszerre alkalmazhatóak. Fő előnyük, hogy különböző üzemek közvetlen összehasonlítását teszik lehetővé. Az exergia elemzés ezen túlmenően abszolút referenciát is megad: egy ideális rendszert, ahol nincsen irreverzibilitás.

Az elemzés használható egy működő üzem állapotának meghatározására, és annak a tervezési értékekkel történő összehasonlítására. Ezen kívül a tervezési szakaszban hasznos az alternatívák elemzésére és a fejlesztési lehetőségek meghatározására.

Ennek ellenére a vállalatok még csak korlátozott mértékben alkalmazzák az exergia elemzést. Hollandiában pl. az exergia koncepcióját a nagy cégek, mint pl. a Shell, Dow Chemical, Unilever, DSM, AKZO NOBEL stb. műszaki osztályain, és számos nagy mérnöki tudományokkal foglalkozó cégnél használják. Számos tanulmányt készítettek. Ezekből a tanulmányokból azt a következtetést lehet levonni, hogy az exergia elemzés értékes információkkal szolgál, de túl sok időt vesz igénybe az elkészítése és nem áll rendelkezésre elég adat, amihez az eredményeket hasonlítani lehetne. Nem könnyű például az exergetikai hatékonyságon alapuló benchmarking, az összehasonlításra szolgáló adatok hiánya miatt. Az exergia elemzések támogatására kifejlesztettek egy kereskedelmi forgalomban hozzáférhető

programot, ami kiszámolja az exergiát. A program segítségével az áramok exergiája folyamatábrával számolható ki, jelentősen csökkentve az exergia elemzéshez szükséges időt. Ezek a folyamatábrák azonban költségesek, és csak kevés cég tudja ezeket a költségeket indokoló módon megfelelően alkalmazni.

Az exergia elemzést bonyolultnak és költségesnek tartják. Ha az áramok tulajdonságaira vonatkozó információk rendelkezésre állnak (ez rendszerint így van), az entalpia és az exergia elemzés olcsón elvégezhető. Rendelkezésre áll eszköz, ami egy folyamatábra-csomaggal egyben elvégzi az elemzést. Ily módon az elemzés gyorsan és hatékonyan elvégezhető. Az energiaveszteségek kimutatják azokat a helyeket, ahol a legnagyobb megtakarítások érhetők el (anyagokban, energiában, és így pénzben is). Egy exergia elemzés költsége 5 000 EUR-tól indul.

Kisebb projektek esetén az elemzés manuálisan is elvégezhető. Itt azonban az exergia elemzés haszna igen korlátozott. Egy új módszer van fejlesztés alatt, az exergia szkennelés, ami majd hasznos eszköz lehet.

Részletes leírás — Termoökonómia

A termoökonómiai elemzés technikája a termodinamika első és második főtételét kombinálja rendszerszintű költség-információkkal. Ezek a technikák segítik megérteni a költségek kialakulásának folyamatát, csökkentik az összes termelési költséget, és a költségeket hozzárendelik az ugyanabban a folyamatban előállított különféle termékekhez. Ahogyan azt az 1.2 alfejezet kifejtette, a folyamatokban az energia nem használódik el, hanem a hasznos energia kevésbé használható formákra degradálódik. A nagy mértékben visszafordíthatatlan folyamatok, mint pl. a tüzelés, a hőátadás, lefojtás stb. csak exergia analízis segítségével elemezhetők. Az exergia a változás mérésének objektív és univerzális módszere, és a termodinamika és költségkönyvelési módszerek közötti hídnak tekinthető, mivel intenzív tulajdonságokra támaszkodik, mint pl. a nyomás, hőmérséklet, energia stb., amelyek mérhetők. Egy gazdasági elemzés képes kiszámolni a tüzelőanyag, a beruházás, a létesítmény üzemelése és karbantartása költségeit.

Eképpen a termoökonómia a felhasznált erőforrások és pénz költségét, és a rendszer visszafordíthatatlanságát a teljes termelési folyamatban kifejezve értékeli. A termoökonómia segít kimutatni, hogyan használhatók a források még hatékonyabban, hogy takarékoskodni lehessen velük. A pénz költségek a nem hatékony üzemelés gazdasági hatásait fejezik ki, és a termelési folyamat költséghatékonyságának növelésére használatosak. Az üzem anyagáramai és technológiai folyamatai költségeinek értékelése segít megérteni a költségek kialakulásának folyamatát, a bemenő erőforrásoktól a végtermékig.

A technika alkalmazásával elérhető környezetvédelmi előnyök közül alapvető az energia-megtakarítás, de az anyagfelhasználás, az elpazarolt vagy kibocsátott anyagok mennyisége is csökken.

Ezek az elemzések a komplex energiarendszerek problémáit segíthetnek megoldani, amelyek nem kezelhetők hagyományos energia elemzésekkel. A termoökonómiát egyebek között a következőkre használják:

- az üzem termékei árának fizikai kritériumokon alapuló racionális értékelése
- speciális folyamatváltozók optimalizálása a végtermék-költség minimalizálása érdekében, ú.m. globális és helyi költségek

- a nem hatékony üzemelés kimutatása és gazdasági hatásai kiszámítása működő üzemekben, ú.m. üzemi működés termoökonómiai diagnózisa
- a különböző kiviteli alternatívák, vagy üzemeltetési döntések és profitmaximalizálás értékelése
- energia auditok.

Részletes leírás — Becslések és számítások

Az energiafogyasztásra vonatkozó becslések és számítások elvégezhetőek berendezésre és rendszerre, általában a gyártó vagy a tervező által megadott specifikációra támaszkodva. A számítások gyakorta könnyen mérhető paramétereken alapulnak, mint pl. a motoroknál és a szivattyúknál az üzemidő. Ilyen esetekben azonban más paramétereket, pl. a terhelést, nyomómagasságot, fordulatszámot is ismerni (vagy számítani) kell, mert ezek közvetlen hatással vannak az energiafogyasztásra.

Az interneten széles választékban hozzáférhetőek kalkulátorok. Ezek rendszerint különböző berendezések energia-megtakarítási lehetőségeit értékelik.

A módszert széles körben használják. A kalkulátorok alkalmazását a pontosabb mérések alkalmazása révén elérhető megtakarításokkal szemben kell mérlegelni, még ha csak ideiglenesen is.

Az online kalkulátorok használata esetén a következőkre kell figyelni:

- lehet, hogy azt a célt szolgálják, hogy különböző szolgáltatók szolgáltatásainak költségeit hasonlítsák össze
- először az egész rendszert kell figyelembe venni, amiben a berendezés működik, nem a berendezést önmagában
- az online kalkulátorok nagyon leegyszerűsítettek is lehetnek, és lehet, hogy nem veszik figyelembe a terhelést, a nyomómagasságot stb.

A becslésekkel és számításokkal az a probléma, hogy ismételten, évről évre elvégezhetőek, és közben az eredeti alap elveszhet. Ez igen költséges hibákhoz vezethet. A számítások alapjául szolgáló adatokat rendszeresen felül kell vizsgálni.

Előnye, hogy nem szükséges hozzá berendezés beszerzése, de figyelembe kell venni a pontos számítások elvégzésére fordítandó munkaidőt, és a tévedések, hibák kockázatát a költségekre vonatkozóan.

Az „ipari energiahatékonysági kalkulátorok”-ra lefuttatott internetes keresés a következő eredményeket hozta (figyelem, a honlapok címe idővel változhat, vagy a honlap meg is szűnhet):

- online kalkulátor központ. Energiakalkulátorok hosszú listája:

http://www.martindalecenter.com/Calculators1A_4_Util.html

- a következő oldalt kis- és középvállalatok vezetői részére hozták létre, hogy megbecsülhessék egy energiamegőrző intézkedés által eredményezett potenciális energia- és pénzügyi megtakarítást:

<http://www.ceere.org/iac/assessment%20tool/index.html>

- energia-kalkulátorok és benchmarking eszközök:
<http://energypathfinder.blogspot.com/2007/02/energy-calculators-and-benchmarking.html>
- üzlet általában, világítás, berendezések, irodai eszközök:
http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep_eccalculators.html
- VSD kalkulátorok: ventilátorok, szivattyúk, forró/hűtött víz, hűtőtorony ventilátor:
<http://www.alliantenergy.com/docs/groups/public/documents/pub/p010794.hcsp>
- megvilágítás:
http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep_hid_lumen.html
- kazánok, HVAC, világítás, VSD:
<http://www.alliantenergy.com/docs/groups/public/documents/pub/p013446.hcsp>
- gigajoule és energia intenzitás kalkulátor:
<http://oe.nrcan.gc.ca/commercial/technical-info/tools/gigajoule.cfm?attr=20>
- kazán hatékonyság:
<http://oe.nrcan.gc.ca/industrial/technical-info/tools/boilers/index.cfm?attr=24>
- hőveszteségek, ipari épületek:
<http://www.energyideas.org/>

6. BAT az energiahasznosítás optimalizálási lehetőségeinek azonosítása a létesítményen belül, a létesítményen belüli egyes rendszerek között (ld. a 7. BAT pontot) és/vagy egy kívülállóval (vagy kívülállókkal), ahogyan az a 19., 18., 20. BAT pontoknál olvasható.

Alkalmazhatóság: Az energiahasznosítás a kinyert hő mennyiségének és típusának megfelelő hasznosítási lehetőség meglététől függ (ld. 18. és 20. BAT pontok). A rendszerszerű megközelítés leírása a 7. BAT pontnál található. Különböző időpontokban azonosíthatók hasznosítási lehetőségek, pl. auditok vagy más vizsgálatok eredményeképpen, felújítás vagy új üzem építésének megfontolásakor, vagy amikor megváltoznak a helyi körülmények (pl. egy közelben lévő tevékenységnél felmerül a többlet hő hasznosítási lehetősége).

A kívülálló fél együttműködésére és egyetértésére az üzemeltető nem feltétlenül tud hatást gyakorolni, így ez nem feltétlenül kerül az IPPC engedély hatálya alá. Számos esetben az állami hatóságok segítenek elő ilyen megállapodásokat, vagy ők maguk a kívülálló fél.

3.2.2.3 Az energiagazdálkodás rendszerszerű megközelítése

Az energiahatékonyság terén a legnagyobb eredmények akkor érhetők el, ha a létesítményt egészében szemléljük és felmérjük a különböző rendszerek használatát és igényeit, az ehhez kapcsolódó energiákat és kölcsönhatásokat (ld. a 2.3.5, és a 2.4.2 alfejezeteket).

7. BAT az energiahasznosítás optimalizálása a létesítményen belül az energiagazdálkodás rendszerszerű megközelítésével. Az egész optimalizálása szempontjából figyelembe veendő rendszerek

- a technológiai egységek (ld. az ágazati BREF-ekben)
- a fűtőrendszerek, mint pl.:
 - gőz (ld. 18. BAT pont)
 - forró víz
- hűtés és vákuum (ld. az ipari hűtőrendszerek BREF-ben)
- motor-meghajtású rendszerek, mint pl.:
 - sűrített levegő (ld. 25. BAT pont)
 - szivattyúzás ((ld. 26. BAT pont)
- megvilágítás (ld. 28. BAT pont)
- szárítás, elválasztás és sűrítés (ld. 29. BAT pont).

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. részletesség, az optimalizálás gyakorisága, a mindenkor figyelembe veendő rendszerek) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől, és az alkalmazás szempontjából megfontolandó technikáktól függ.

Részletes leírás — Az energiagazdálkodás rendszerszerű megközelítése

A SAVE program¹⁷ keretében végzett munka tapasztalatai azt mutatták, hogy amíg az egyes komponensek (mint pl. motorok, szivattyúk vagy hőcserélők) külön-külön végzett optimalizálása is hoz megtakarításokat, a legnagyobb hozadékat a rendszerszerű megközelítés alkalmazása adja. Ekkor az optimalizálás a létesítmény szintjén indul, az összetevő egységek és rendszerek figyelembe vételével, és optimalizálni kell (a) ezek egymásra hatását (b) a rendszereket. Csak ezt követően lehet bármely más fennmaradó rendszert optimalizálni.

Ez különösen fontos az energiaközvetítő rendszerek esetében. Az üzemeltetők régebben hajlottak arra, hogy az energia-fogyasztó folyamatokra és berendezésekre fejlesztésére fókuszáljanak, ez a kereslet-oldali energiagazdálkodás. A telephelyen felhasznált energia mennyisége azonban az energia forrásainak és az ellátás módjának változtatásával is csökkenthető: ez az ellátás oldali energiagazdálkodás (vagy energiaközvetítő közeg gazdálkodás). Ennek lehetőségeit a következő alpont alatt tárgyaljuk.

A 2.3.5 és 2.5.1 alfejezetek tárgyalták azt, hogy mennyire fontos az egész rendszerek energiahatékonyságának figyelembe vétele, és bemutatták, hogyan érhet el a rendszerszerű megközelítés jobb eredményeket (ez fentről lefelé irányuló megközelítésnek tekinthető).

¹⁷A SAVE egy EU-s energiahatékonysági program

A módszer alkalmazásával az összetevők szintjén nagyobb energia-megtakarítás érhető el (lentől felfelé irányuló megközelítés). A rendszerszerű megközelítéssel a keletkező hulladék és szennyvíz, egyéb kibocsátások és veszteségek mennyiségének csökkenése is elérhető.

Az energiaközvetítő közeg optimalizálása és menedzselése modellek alkalmazásával

Ez a technika a mérések, az energia modellek és adatbázisok ötvözése szoftveres modellezéssel és/vagy ellenőrző rendszerekkel.

Egyszerűbb létesítmények esetében, ha olcsóbb és egyszerűbb monitoring, elektronikus adatnyerés és ellenőrzés áll az üzemeltető rendelkezésére, az megkönnyíti számára az adatgyűjtést, a folyamatok energiaigényének megbecsülését és a folyamatok ellenőrzését. Ennek kezdete az egyszerű időzítés, ki-bekapcsolás, hőmérséklet és nyomás-szabályozás, adatregisztráló berendezés stb. használata, és a kifinomultabb szabályozást elősegítendő a szoftveres modellezés alkalmazása.

Bonyolultabb szinten, egy nagyméretű létesítménynek már információgazdálkodási rendszere van (gyártó és végrehajtó rendszerek), valamennyi folyamat paraméter rögzítésére és ellenőrzésére.

Ennek egy speciális alkalmazása az energia forrásainak és az ellátás módjának menedzselése (ellátás oldali energiagazdálkodás, energia közvetítő közeg-gazdálkodás, elosztás-gazdálkodás). Ekkor a szabályozó rendszerekhez szoftver modell kapcsolódik, ami optimalizálja és kezeli az energia közvetítő közeg ellátást (villamos áram, gőz, hűtés stb.)

A hatékonyságok rendszerint összegződnek, de néhány esetben, ha az ellátó/ energia közvetítő közeg oldalt nem veszik figyelembe, nem jelentkezik az igény csökkenéséből származó haszon, pl. amikor az egyik folyamatban megtakarított gőzt máshol szimplán kilevegőztetik, mert nem hozzák újra egyensúlyba a gőzrendszert.

A komplexitás növekedésével a megfelelő eszközök alkalmazásával érhető el az optimum és az energiahatékonyság. Ezek az eszközök az egyszerű folyamatára-alapú szimulációtól, vagy megosztott szabályozási rendszer (DCS) programozástól a hatásosabb modell-alapú energia közvetítő közeg-gazdálkodásig és optimalizáló rendszerekig (energia közvetítő közeg optimalizáló) terjednek, és integrálhatók a telephelyen működő más gyártási vagy végrehajtási rendszerekkel.

Az energia közvetítő közeg optimalizáló rendszerhez különböző szakmai háttérrel és célokkal bíró munkatársaknak van hozzáférése (pl. mérnökök, üzemeltetők, az üzem vezetői, beszerzők, könyvelési munkatársak). A rendszernek a következő fontos általános követelményeknek kell megfelelnie:

- legyen könnyű a használata: a különböző felhasználóknak hozzáféréssel kell rendelkezniük és a rendszernek különböző felhasználói interfészeket kell biztosítani a más információs rendszerek, pl. a vállalati erőforrás-tervezés (ERP), termelés tervezés, adatok időtörténete adatainak integrálásához, hogy elkerülhető legyen az adatok ismételt bevitele.
- legyen robusztus: a felhasználók számára konzisztens és megbízható tanácsokkal kell szolgálnia
- legyen valóságközeli: az üzem valóságos állapotát kell tükröznie (költségek, berendezések, kezdési idők) kezelhetetlen mértékű részletesség nélkül

- legyen rugalmas: hogy az üzemi környezet változásaihoz (pl. ideiglenes megszorítások, költségek aktualizálása) kis erőfeszítéssel hozzá lehessen igazítani.

Az energia közvetítő közeg optimalizáló rendszernek képesnek kell lennie megbízhatóan kiszámolni a különböző lehetőségekből származó előnyöket (on-line vagy off-line, pl. „mi lenne-ha” forgatókönyvek) és hozzá kell járulnia a szükséges változás(ok) előmozdításához.

A modell-alapú energia közvetítő közeg optimalizáló rendszer kulcsfontosságú követelményei:

- az üzemanyag-, gőz- és villamos energia-előállító folyamatok és elosztó rendszerek modellje. A modelleknek minimálisan a következőket kell pontosan mutatnia:
 - valamennyi tüzelőanyag tulajdonságait, beleértve az alacsonyabb fűtőértéket és az összetételt
 - az üzem valamennyi víz- és gőz-áramának termodinamikai tulajdonságait
 - valamennyi energia közvetítő közeghez kapcsolódó berendezés normális üzemelési teljesítmény-tartományt meghaladó teljesítményét
- az energia közvetítő közeg rendszerre vonatkozó valamennyi vételi-eladási szerződés modellje
- vegyes egészértékű optimalizálási képesség, ami lehetővé teszi az energia közvetítő közeggel kapcsolatos berendezések ki/bekapcsolásáról szóló döntéseket, valamint a szerződéseket tartalmazó modell és az energia közvetítő közeg folyamatok modelljének diszkontinuitásait
- online adat validálás és kumulált hiba detektálás
- nyílt ciklus
- online optimalizálás
- off-line tanulmányokhoz „mi lenne-ha” tanulmányok elkészítésének lehetősége (projektek hatásainak tanulmányozása, a villamos áramra, tüzelőanyagokra stb. vonatkozó különböző szerződés-típusok hatásainak tanulmányozása).

Az egyszerű szabályozó rendszerek még kisméretű létesítményekben is alkalmazhatók. A rendszer bonyolultsága a folyamatok és a telephely bonyolultságával arányosan nő.

Az energia közvetítő közeg optimalizálás és gazdálkodás olyan telephelyeken alkalmazható, ahol többféle energia felhasználása folyik (gőz, hűtés), és ezen energiahordozók között és/vagy a telephelyen belüli előállítást (hő- és villamos energia, vagy hő, villamos energia és hűtőközeg együttes előállítása) is beleértve számos lehetőség van az energia forrásának megválasztására.

A modell-alapú energia közvetítő közeg optimalizáló rendszer kulcsfontosságú követelményei: az üzemanyag-, gőz- és villamos energia-előállító folyamatok és elosztó rendszerek modellje. A modelleknek pontosan kell mutatnia minimálisan valamennyi tüzelőanyag tulajdonságait, beleértve az alacsonyabb fűtőértéket és az összetételt. Ez olyan változékony összetételű és bonyolult tüzelőanyagoknál, mint pl. a kommunális hulladék, nehéz lehet, ami csökkenti az energia export optimalizálásának lehetőségét.

A technika bevezetésének fő hajtóerejét a költségek jelentik. Az energiafelhasználás csökkentéséből származó költség-megtakarításokat az energia közvetítő közegek egyre liberalizálódó piacának bonyolult tarifái, valamint a kibocsátási monitoring, a kibocsátás-kezelés és -kereskedelem bonyolítják. A 3.1 táblázat bemutatja a főbb üzleti hajtóerőket.

Üzleti folyamat	Fő hajtóerő (+ -al jelölve)	
	Energia-hatékonyság	Energiaköltség/szerz ődések
<p>Igény előrejelzés: az aktuális és egy adott időszakra (napok, hetek, hónapok, évek, a folyamat és a piaci változásoktól függően) előre jelzett jövőbeli energia közvetítő közeg igény ismerete. Elősegíti a következők minimalizálását:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kazánok forró készletléti állapota • fölös gőz kieresztése <p>az ellátás kiesése a nem megfelelő készletléti állapot vagy szabályozás miatt</p>	+	

Az energia közvetítő közegek előállításának tervezése: az igény profilok figyelembe vételével, az energia közvetítő közegek elérhetőségén alapuló optimalizált előállítási tervet készít. Lehet taktikai (24 órás) vagy stratégiai (mikor indítsanak be vagy állítsanak le karbantartási céllal egy berendezést).	+	+
Az üzem optimális üzemelése (online optimalizálás): míg a terv előre kidolgozható (pl. minden 24 órára), az üzemelés változhat és érvénytelenné teheti a tervet. Az energia közvetítő közeg optimalizáló valós idejű tanáccsal szolgálhat az üzemeltető személyzetnek arról, hogy az aktuális igények és költségek figyelembe vételével hogyan lehet a rendszert a legalacsonyabb költséggel üzemeltetni.	+	+
Teljesítmény monitoring (energia közvetítő közeg berendezések): az energia közvetítő közeg optimalizáló képes nyomon követni egyedi berendezések és rendszerek teljesítményét. Ez felhasználható a karbantartási és tisztítási menetrend optimalizálására, és figyelmeztet üzemelési problémákra.	+	
Beruházás tervezés: az energia közvetítő közeg optimalizáló használható az újberendezések tervezési változatainak, illetve a meglévő berendezések változtatásainak értékelésére, a termelési és az energia ellátó közeghez kapcsolódó folyamatokban egyaránt, pl.: <ul style="list-style-type: none"> • tápvíz fűtés gáztalanítása a folyamatból származó hő használatával • a meghajtás megválasztása (motor vagy gőzturbina) vagy esetleg kettős meghajtás megvalósítása, ami a gőzrendszer kiegyensúlyozásának nagyobb rugalmasságot biztosít • a kondenzátum visszaforgatási lehetőségeinek fejlesztése • az energiaellátás megváltoztatása (pl. az alacsony nyomású gőz használata a közepes nyomású gőz használatának csökkentése érdekében) • kemencéknél gőz használata az égéslevégő előmelegítésére • ha a telephelyen új egységet építenek, annak a gőzrendszerbe történő integrációja, vagy a meglévő hálózat megváltoztatása, ha egy egységet bezárnak. 	+	+
Kibocsátási monitoring, a kibocsátás-kezelés és -kereskedelem: néhány gáz halmazállapotú kibocsátás (SO _x és CO ₂) közvetlenül az elégetett tüzelőanyaghoz kötődik (ahol a tüzelőanyag összetétele és annak változásai pontosan ismertek). A NO _x -hoz prediktív modellek szükségesek, mivel ennek kialakulása függ a tüzelőanyagtól, a lánghőmérséklettől, a berendezéstől stb. Az energia közvetítő közeg optimalizáló magába foglalhatja a kibocsátás-előrejelzést és jelentést, ahol az engedély ezt előírja (pl. határértékeknek való megfelelés). Az optimalizáló a kibocsátás-kezelési és -kereskedelmi döntéseket is képes támogatni, az igények és az ezekkel járó kibocsátások előrejelzésével.	+	+
Szerződés-kezelés: az optimalizáló adatokat tud szolgáltatni az üzemeltető számára a csúcs-igények minimalizálásához és elmozdításához	(+)	+
Tarifa értékelés: Az energia közvetítő közegek piacának liberalizálása a tarifa megszabási lehetőségek zavarba ejtő választékát eredményezte. A manuális kalkuláció nem elég pontos és gyors, nagy felhasználók esetében ez automatizált.		+
Villamos áram és tüzelőanyag-kereskedelem: a termelő iparágak egyre növekvő mértékben ruháznak be hő- és villamos energia, vagy hő, villamos energia és hűtőközeg együttes előállításába, aminek révén energia-exportra is képesek lesznek. Ez bonyolultabbá teszi a tarifa értékelést, és egy optimalizáló támogatja a hatékony energia-kereskedelmet.		+
Költség könyvelés: az energia közvetítő közeg optimalizáló valós időben pontosan osztja el a költségeket, és valós marginális költség-adatokat is szolgáltat. Ez a változatos energiaforrások közötti döntéshozatalt segíti elő.		+

3.1 táblázat: Az energia közvetítő közeg optimalizáló használatának üzleti hajtóerői

3.2.2.4 Energiahatékonysági célkitűzések és indikátorok megállapítása és felülvizsgálata

A számszerűsíthető, rögzített energiahatékonysági célkitűzések nélkülözhetetlenek az energiahatékonyság eléréséhez és fenntartásához. A fejlesztendő területeket az audit (ld. 3. BAT pont) tárja fel. Az energiahatékonysági intézkedések hatásosságának értékeléséhez indikátorok megállapítása szükséges. Termelő iparágakban ezek az indikátorok lehetőleg a termelési vagy szolgáltatási teljesítményhez (pl. GJ/t termék), időszakos fajlagos energiafogyasztáshoz (SEC) kapcsolódóak. Ahol nem lehet meghatározni egyetlen energia célkitűzést (mint a SEC), az egyes folyamatok, egységek vagy rendszerek

energiahatékonyságát lehet értékelni, ahol ez hasznosnak tűnik. A folyamatokhoz tartozó indikátorok gyakran megtalálhatók a vonatkozó ágazati BREF-ekben.

A termelési paraméterek (mint pl. a termelés mennyisége, a termék típusa) változnak, és befolyásolhatják a mért energiahatékonyságot. Ezeket az adatokat rögzíteni kell, hogy a változások megmagyarázhatóvá váljanak, és biztosítani kell, hogy az alkalmazott technikák révén valóban megvalósuljon az energiahatékonyság (ld. 2.4 és 2.5 alfejezet). Bonyolultak lehetnek az energiafelhasználások és -átadások, és a vizsgálandó létesítmény vagy rendszer határait emiatt körültekintően kell meghatározni a rendszerek teljességére való tekintettel (ld. 2.3.5 és 2.4.2 fejezetek, valamint a 7. BAT pont). Az energiát a primer energia, vagy a különböző energia közvetítő közegek számára szolgáltatott, másodlagos energia alapján kell számolni (pl. folyamathő GJ/t-ban, gőzhasználatként, ld. az 1.36.1 alfejezetet).

8. BAT energiahatékonysági indikátorok megállapítása, a következők végrehajtásával:

- a. a létesítményre, és ahol szükséges, egyedi folyamatokra, rendszerekre és/vagy egységekre megfelelő energiahatékonysági indikátorok beazonosítása, és az indikátorok időbeli változásainak mérése az energiahatékonysági intézkedések bevezetése után (ld. 2.3 és 2.3.4 alfejezetek)
- b. az indikátorokhoz társított megfelelő határok azonosítása és rögzítése (ld. 2.3.5 és 2.5.1 alfejezetek)
- c. a szóban forgó folyamat, rendszerek és/vagy egységek energiahatékonyságának változásait okozó tényezők azonosítása és rögzítése (ld. 2.3.6 és 2.5.2 alfejezetek).

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. A technika alkalmazásának kiterjedése a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

Adott helyzetek monitorozására rendszerint a szekunder vagy végleges energiákat szokták használni. Néhány esetben megfelelőbb lehet egynél több szekunder vagy végleges energia indikátor használata, például a rost-és papíriparban, ahol a villamos áramot és a gőzt együttesen adják meg energiahatékonysági indikátorként. Az energiahordozók és az energia közvetítő közegek használatáról (vagy megváltoztatásáról) meghozott döntésnél használt energia indikátor szintén lehet a szekunder vagy végleges energia. Mindazonáltal egyéb indikátorok, mint pl. a primer energia vagy szénmérleg is használhatók, bármely szekunder energiahordozó előállítására és az azáltal okozott környezeti elemek közötti kölcsönhatások figyelembe vételéhez, a helyi körülményektől függően (ld. 2.3.6.1 alfejezet).

3.2.2.5 Benchmarking

A benchmarking igen hatékony eszköz az üzem teljesítményének és az energiahatékonysági intézkedések hatásosságának értékelésében, valamint a „paradigmavakság”¹⁸ leküzdésében. Adatok az ágazati BREF-ekben, szakmai érdekképviselői szervezeteknél hozzáférhető információkban, nemzeti útmutatókban, folyamatok elméleti energia számításaiban stb. találhatóak. Az adatoknak összehasonlíthatónak kell lenniük és lehet, hogy pontosításra is szorulnak, pl. a felhasznált alapanyagtól függően. Fontos lehet az adatok bizalmassága, például ott, ahol az energiafogyasztás az előállítási költség jelentős részét teszi ki, habár lehetséges az adatok védelme (ld. még az indikátorok megállapítását a 8. BAT pontnál.).

A benchmarking folyamatokra és munkamódszerekre is alkalmazható (ld. a 12. BAT pontnál és alant).

9. BAT az ágazati, nemzeti vagy regionális benchmark értékekkel történő szisztematikus és rendszeres összehasonlítás, ahol rendelkezésre állnak validált adatok.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. A technika alkalmazásának kiterjedése a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

Szükséges lehet az adatok bizalmasságának figyelembe vétele: pl. a benchmarking eredményei bizalmasak maradhatnak. Validált adatok a BREF-ben található adatok vagy azok, amelyeket egy harmadik fél validált. A benchmarkingok elvégzése közti időtartam ágazatfüggő, és rendszerint hosszú (ú.m. évek), mivel a benchmark adatok csak ritkán változnak meg hirtelen vagy jelentősen rövid idő alatt.

Részletes leírás — Benchmarking

A benchmark legegyszerűbb értelemben egy referencia pont. Az üzleti életben a benchmarking az a folyamat, amikor egy szervezet folyamatainak legkülönbözőbb aspektusait összehasonlíttja a saját ágazatán belüli legjobb gyakorlatokkal. A folyamatot a következőképpen határozzák meg:

- „a benchmarking más cégekkel történő összehasonlítás, majd a tanulságok levonása minden egyes vállalat példájából” (Európai Benchmarking Magatartási Kódex)
- „a benchmarking elég alázatosnak lenni ahhoz, hogy elismerjük, hogy valaki más valamiben jobb, és elég bölcsnek lenni ahhoz, hogy megtanuljunk, hogyan legyünk legalább olyan jók vagy még jobbak” (Amerikai Termelékenységi és Minőségi Központ).

¹⁸A paradigmavakság azon jelenség leírására használt kifejezés, amikor a domináns paradigma megakadályoz valakit abban, hogy a megvalósítható alternatívákat is észlelje, ú.m. „ahogy csináljuk, az a legjobb megoldás, mivel mindig is így csináltuk”.

A benchmarking igen hatékony eszköz a „paradigmavakság” leküzdésében (amit úgy is kifejezhetünk, hogy: „ahogy csináljuk, az a legjobb megoldás, mivel mindig is így csináltuk”). Így felhasználható a folyamatos fejlődés elősegítésére és a kezdeti lendület fenntartására (ld. a környezeti teljesítmény folyamatos fejlődésénél alatt és a 12. BAT pontnál).

Az energia benchmarking az összegyűjtött és elemzett adatokat használja. A meghatározott energiahatékonysági indikátorok lehetővé teszik az üzemeltető számára, hogy értékelje a létesítmény teljesítményét az idő múlásával, vagy az ágazat más képviselőivel való összehasonlításban. A 2.3, 2.4 és 2.5 alfejezetek tárgyalják az indikátorok meghatározásának és használatának kérdéseit.

Fontos megjegyezni, hogy az adatgyűjtésben használt kritériumok nyomon követhetők és naprakészen tartottak.

Bizonyos esetekben fontos lehet az adatok bizalmassága (pl. ott, ahol az energiafogyasztás az előállítási költség jelentős részét teszi ki). Emiatt elengedhetetlen figyelembe venni a résztvevő cégek és ágazati érdekképviselői szervezetek álláspontját a vállalati adatok bizalmasságának megőrzését illetően, hogy az eszközök felhasználóbarát volta fenntartható legyen. A bizalmasság a következőképpen őrizhető meg:

- megállapodással
- az adatok olyan módon való közzétételével, ami a bizalmas adatot védi (pl. több létesítményre vagy termékre vonatkozó összesített adat és célkitűzés megadása)
- az adatoknak egy bizalmat élvező külső szervezet általi összegyűjtésével (pl. ágazati érdekképviselői szervezetek, kormányzati hivatalok).

A benchmarking folyamatokra és munkamódszerekre is alkalmazható.

Az energiaadatok gyűjtését gondosan kell elvégezni. Az adatoknak összehasonlíthatóaknak kell lenniük. Néhány esetben az adatokat korrekciós faktorokkal módosítani kell (normalizáció), pl. hogy figyelembe vehető legyen a nyersanyag, a berendezés kora stb., és erről a megfelelő szinten meg kell egyezni (pl. nemzeti vagy nemzetközi szinten). A kulcs példák célja annak biztosítása, hogy az energia összehasonlítása a megfelelő alapon történik, mint pl. primer energia, alsó fűtőérték stb. (ld. az 2.3, 2.4 és 2.5 alfejezeteket.).

Az értékelés idősoros alapon végezhető el. Ez:

- illusztrálja egy intézkedés (intézkedéscsomag) hasznát az energiahatékonyságra általában (házon belül, az ágazatban vagy a régióban stb.)
- egyszerű módszer, ami házon belül is könnyen használható, ha rendelkezésre állnak a szükséges referencia adatok, és ahol külső benchmark értékek megállapítása nehézségekbe ütközik.

Az idősoros összehasonlítás fő hátránya az, hogy az alapul szolgáló feltételeknek azonosnak kell maradniuk ahhoz, hogy az energiahatékonyság értékelhető legyen.

Az értékelés az elméleti energia vagy entalpia-igényhez viszonyítva is elvégezhető. Ezek egy folyamat termikus, olvasztási, kinetikus vagy potenciális energiáiból számíthatók. Ez:

- kezdeti értékeléshez megfelelő megközelítés
- a megfelelő tapasztalattal relatíve könnyen elvégezhető

- az aktuális energiafelhasználás és az elméleti igény közötti különbséget mutatja (párosítható idősoros összehasonlítással a jövőbeli intézkedések költséghatékonyságának megállapításához).

Legfőbb hátránya, hogy a számítások soha nem veszi figyelembe egy üzemelés valamennyi sajátos körülményét.

A benchmarking az energiahatékonysági intézkedések bevezetését folyamatosan elősegítő igen hatékony eszköz.

A benchmarking bármely létesítmény, vállalatok vagy létesítmények csoportja, ipari érdekképviselői szervezetek által könnyen elvégezhető. Lehetséges vagy szükséges lehet egyes egységek, folyamatok vagy energia közvetítő közegek összehasonlítása is (ld. még a 2.3, 2.4 és 2.5 alfejezeteket).

Validált adatoknak a BREF-ben található, vagy harmadik fél által validált adatok tekinthetők.

A benchmarkingok között eltelt idő ágazat-specifikus és rendszerint hosszú (évek), mivel a benchmark adatok csak ritkán változnak meg hirtelen vagy jelentősen rövid idő alatt.

Tekintettel kell lenni a versenyképességi kérdésekre, így az adatok bizalmosságára. A benchmarking eredménye bizalmas maradhat, és lehetséges, hogy a benchmarking nem is végezhető el, pl. azokban az esetekben, amikor csak nagyon kis számú üzem állítja elő ugyanazt a terméket az EU-ban vagy a világon.

Az eljárás fő költségét az adatgyűjtés jelenti. További költségeket képvisel a szélesebb alapon nyugvó adatok, és a modellezés normalizációs adatainak beszerzése.

3.2.3 *Energiahatékony kialakítás*

Egy új létesítmény, egység vagy rendszer (vagy egy jelentős felújítás) tervezési fázisa lehetőséget ad a folyamatok, berendezések és energia közvetítő közeg-rendszerek életciklusára szóló energia költségek figyelembe vételére és a legenergiatakarékosabb, legjobb élettartam-költségekkel bíró opció kiválasztására (ld. 1. BAT pont, c.)

10. BAT az energiahatékonyság optimalizálása új létesítmény, egység vagy rendszer vagy jelentős felújítás tervezésekor, valamennyi következő szempont figyelembe vételével:

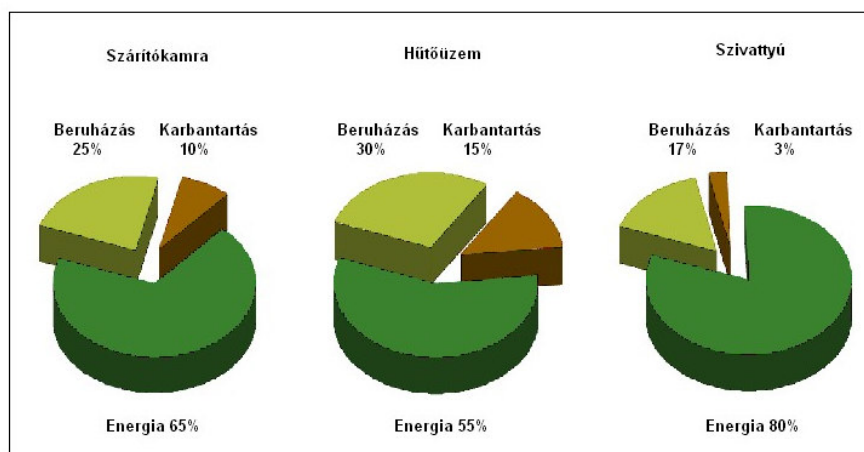
- az energiahatékony kialakítást már a konceptuális tervezés/alapszintű tervezés korai szakaszában kezdeményezni kell, még ha a tervezett beruházás még nem is nagyon körvonalazódott. Az energiahatékony kialakítást a pályáztatás során is figyelembe kell venni.
- energiahatékony technológiák kifejlesztése és/vagy kiválasztása (ld. 1. BAT pont)
- a tervezési projekt részeként vagy attól függetlenül további adatgyűjtés válhat szükségessé a meglévő adatok kiegészítésére vagy a hiányosságok pótlására

- az energiahatékony kialakítás tervezési munkáit energia szakértőnek kell végeznie
- az energiafogyasztás kezdeti feltérképezése során figyelembe kell venni, hogy a projekt szervezet mely részei vannak befolyással a jövőbeni energiafogyasztásra, és a tervezés alatt álló üzem energiahatékony kialakítását ezekkel is optimalizálni kell. Ilyen szereplők lehetnek például a (meglévő) létesítmények dolgozói, aki felelősek lehetnek a tervezési paraméterek meghatározásáért.

Alkalmazhatóság: valamennyi új és jelentősen felújított létesítmény, a főbb folyamatok és rendszerek. Ahol házon belül nem áll rendelkezésre a szükséges energiahatékonysági szakértelem (pl. nem energiaindusztriai iparágakban), külső energiahatékonysági szakértőt kell keresni.

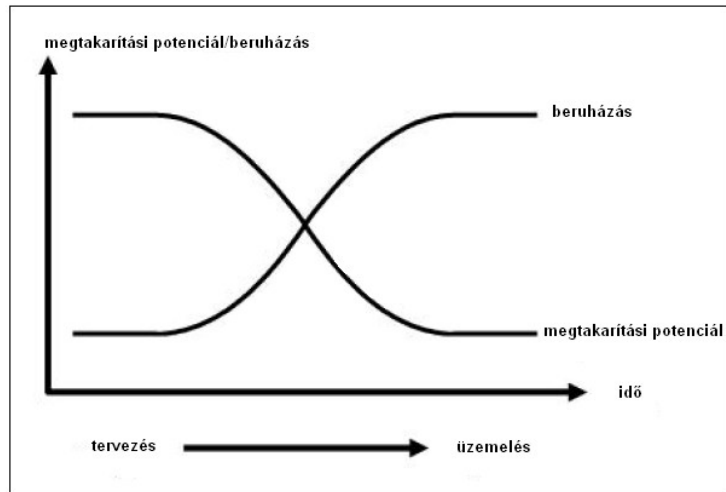
Részletes leírás — Energiahatékony kialakítás

Egy új létesítmény, egység vagy rendszer (vagy egy jelentős felújítás) tervezési fázisában értékelni kell a folyamatok, berendezések és energia közvetítő közeg-rendszerek életciklusára szóló energia költségeket. Az energia költségek így gyakorta a tulajdonjoghoz kapcsolódó összes költség vagy az üzem vagy létesítmény életciklus-költsége jelentős részének tekinthetők, ahogyan azt egy tipikus ipari berendezésre az alábbi 3.11 ábra mutatja.



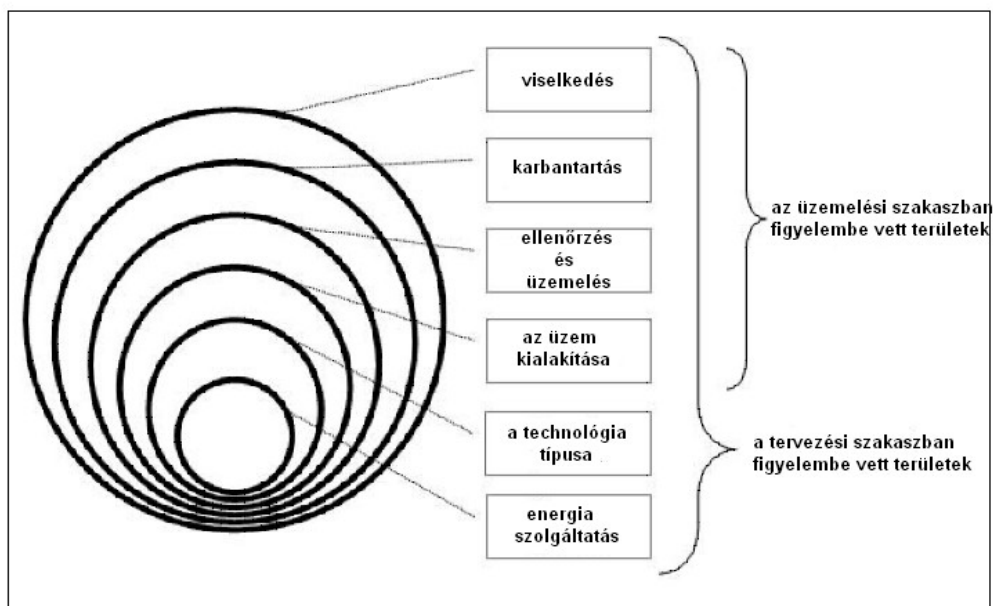
3.11 ábra: A tulajdonjoghoz kapcsolódó összes költség példái egy tipikus ipari berendezésre

A tapasztalat azt mutatja, hogy ha egy új üzem tervezési és kialakítási fázisában figyelembe veszik az energiahatékonyságot, a megtakarítási lehetőségek nagyobbak és a megtakarítások eléréséhez szükséges beruházások mértéke sokkal kisebb, összehasonlítva egy üzemelő létesítmény optimalizálásának igényeivel. Ezt illusztrálja az alábbi 3.12 ábra.



3.12 ábra: A tervezési szakasz megtakarítási potenciáljának és beruházásai összehasonlítása az üzemelési szakaszéval

Az energiahatékony kialakítás ugyanazokat a műszaki ismereteket, tevékenységeket és módszereket alkalmazza, mint a meglévő telephelyek energia auditja. A legnagyobb különbséget az jelenti, hogy olyan területekkel, mint az alapvető kivitelezési paraméterek, a használandó technológiai folyamat és a főbb technológiai berendezések kiválasztása stb. a tervezési szakaszban foglalkozni lehet, ahogyan azt az alábbi 3.13 ábra mutatja. Ez lehetővé teszi a legenergiatakarékosabb technológiák kiválasztását. Ezekkel a területekkel termelő üzemekben foglalkozni gyakran lehetetlen vagy legalábbis nagyon költséges.



3.13 ábra: Azon területek, amelyeket inkább a tervezési mint az üzemelési szakaszban kell figyelembe venni

Az energia szolgáltatás és az energiaigények figyelembe vételének és elemzésének tipikus területei a következők meghatározása:

- légáram követelmények tervezett HVAC (fűtő, szellőztető és klimatizáló) létesítményeknél: mit lehet tenni a légáram csökkentés érdekében központi HVAC létesítményeknél? (ld. 27. BAT pont)

- hűtőrendszerben a hűtőfolyadék alacsony hőmérséklete iránt támasztott követelmény: melyik technológiai folyamatokat kell megváltoztatni vagy optimalizálni a hűtés terhelésének csökkentése és a hűtőfolyadék hőmérsékletének emelése érdekében?
- hőterhelés szárítási folyamatokban: mely folyamat-paramétereket és üzemi alapelveket kell megváltoztatni a hőterhelés minimalizálása érdekében? (ld. 29. BAT pont)
- gőz iránti igény az üzemben. Használható-e forró víz, hogy a hulladékhő felhasználható legyen fűtési célokra? (ld. 27. BAT pont)
- a sűrített levegőhöz szükséges nyomás: lehet-e csökkenteni a nyomást, vagy felosztható-e a rendszer magas és közepes nyomású rendszerekre? (ld. 25. BAT pont)

Ezek a kérdések könnyen megválaszolhatónak tűnhetnek, de számos pontot kell tekintetbe venni a megtakarítási potenciál tisztázásához.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a legnagyobb megtakarítások új építésnél és jelentős felújításnál érhetők el, mindazonáltal ez ne legyen akadálya a technika alkalmazásának, kisebb jelentőségű felújításoknál, modernizációnál is. Néhány fenti kérdés megválaszolásánál alkalmazható a pinch módszertan (ld. 5. BAT pont), ahol az egységben vagy a létesítményben forró és hideg áramok egyaránt jelen vannak.

A tapasztalat azt is mutatja, hogy a tervezés nagy igényeket támasztó és gyakorta igen feszes ütemezésű, gyakran addig a pontig, amikor már nincs idő (vagy erőforrás) a megtakarítási lehetőségek további elemzésére. Következésképpen az energiahatékony kialakítás munkafolyamata szorosan kell kövesse a tervezési és kialakítási folyamatokat. Ezt mutatja be egy tipikus építési folyamatra a 3.2 táblázat.

Építési szakasz	Energiatudékony kialakítási tevékenység
Alapszintű tervezés/konceptuális tervezés	<ul style="list-style-type: none"> • az új létesítmények energiahasználatára vonatkozó adatok összegyűjtése • a valós energiaigények felmérése • az életciklusra vonatkozó energiaköltségek értékelés • az energiafogyasztást befolyásoló alap tervezési paraméterek felülvizsgálata • az új létesítmények energiatudékonyaságára hatással lévő kulcsfontosságú személyek és résztvevők azonosítása • az energia szolgáltatások minimalizálása • elérhető legjobb technikák bevezetése
Részletes tervezés	<ul style="list-style-type: none"> • optimális technológiai művek és energia közvetítő közeg rendszerek tervezése • a szabályozási és műszerezettségi igények felmérése • folyamat integráció/hőhasznosító rendszerek (pinch módszertan) • nyomás- és hővesztések stb. minimalizálása, • hatékony motorok, meghajtók, szivattyúk stb. kiválasztása • az energiatudékonyaságra vonatkozó kiegészítő specifikáció a pályázati anyaghoz
Pályáztatás	<ul style="list-style-type: none"> • a pályázóktól és gyártóktól energiatudékonyabb megoldások kérése • a pályázatokban az üzem kialakítás és a specifikációk minőségellenőrzése
Építés	<ul style="list-style-type: none"> • a beépített berendezések specifikációinak minőségellenőrzése, a pályázatban meghatározott berendezésekkel összehasonlítva
Üzembe helyezés	<ul style="list-style-type: none"> • a folyamatok és energia közvetítő közegek specifikációknak megfelelő optimalizálása
Üzemelés	<ul style="list-style-type: none"> • energia audit • energiagazdálkodás

3.2 táblázat: Példák egy új ipari telephely energiatudékony kialakításának tevékenységeire

A „valós energiaigények felmérése” alapvető fontosságú az energiatudékony kialakítási munkálatokban, és központi kérdés annak megállapításában, hogy a tervezési és kialakítási folyamat további lépéseiben mely területekkel érdemes a leginkább foglalkozni. Elméletben a tevékenységeknek ezt a sorozata alkalmazható komplex üzemek megtervezése és egyszerű

gépek és felszerelések beszerzése során egyaránt. A betervezett és beköltségelt nagyobb beruházásokat pl. az éves vezetőségi felülvizsgálatban lehet meghatározni, és meghatározható az az igény is, hogy az energiahatékonyságra különös figyelmet kell fordítani.

Az energiahatékony kialakítás az iparban elérhető maximális energia-megtakarítási potenciált célozza meg, és lehetővé teszi olyan energiahatékony megoldások alkalmazását, amelyek egy felújításra vonatkozó tanulmányban lehet, hogy nem életképesek. Számos projektben a teljes energiafogyasztás 20-30%-át elérő megtakarításokat értek el. Ezek a megtakarítások sokkal magasabbak, mint amelyek a működő üzemek energia auditjaiban elérhetők.

Az energiahatékony kialakítással különböző iparágban elért néhány eredményt mutatja be a 3.3 táblázat.

Cég	Megtakarítás (EUR/év)	Megtakarítás (%)	Beruházás (EUR)	Megtérülés (év)
<u>Élelmiszer összetevők</u> <ul style="list-style-type: none"> új hűtő koncepció a fermentációs eljárás cseréje a csomagoló területeken csökkentett HVAC hőhasznosítás a fermentorokból új világítási elvek 	130 000	30	115 000	0,8
<u>Édességek:</u> <ul style="list-style-type: none"> a szárítási folyamat szabályozásának fejlesztése a hűtőkör optimalizálása a termékek infravörös fénnyel történő szárításának csökkentése sűrített levegő nyomásának csökkentése olcsóbb hőforrás (távfűtés) 	65 000	20	50 000	0,7
<u>Készételek:</u> <ul style="list-style-type: none"> a sütők hőforrásának cseréje új fagyasztási technológia új hőhasznosítási koncepció optimalizált NH₃ hűtő üzem optimalizált hőcserélők 	740 000	30	1 500 000	2,1
<u>Műanyagok:</u> <ul style="list-style-type: none"> új hűtő koncepció (természetes hűtés) hőhasznosítás az épületek fűtésére sűrített levegő nyomásának csökkentése csökkentett HVAC 	130 000	20	410 000	3,2
<u>Vágóhid:</u> <ul style="list-style-type: none"> átfogó hőhasznosítás optimalizált tisztítás fagyasztás és hűtés terhelésének csökkentése a hűtőfolyamatok szabályozásának fejlesztése faggyú használata az épületek fűtésére 	2 000 000	30	5 000 000	2,5

3.3 táblázat: Elért megtakarítások és befektetett összegek öt EED előtanulmány projektben

A hagyományos energia auditokkal összehasonlítva a teljes társadalmi-gazdasági költség-haszon arány az energiahatékony kialakítással elért megtakarításokra 3-4-szer nagyobb.

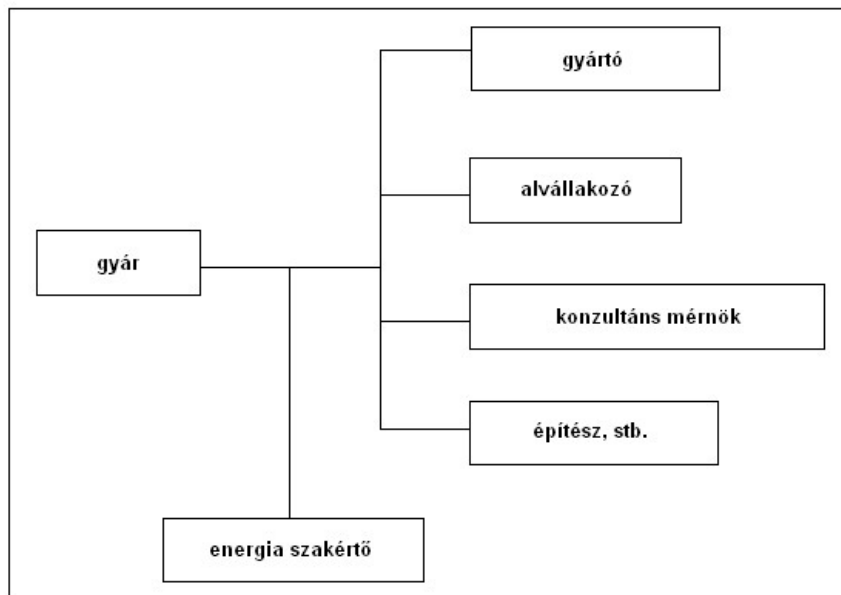
Az energiahatékony kialakítási munkákat számos projekt fázisban ajánlott végrehajtani, pl.:

- az energiafogyasztási adatok és fókuszterületek értékelése
- energia szolgáltatások minimalizálás és a BAT alkalmazása
- input biztosítása az üzem kialakításához, szabályozásához és irányításához
- tenderek minőségbiztosítása
- nyomonkövetés.

Minden projekt fázisban meghatározott outputokat kell elérni, hogy az üzemeltető el tudja dönteni, milyen további vizsgálatokat kell végrehajtani.

Az energiahatékony kialakítási munkák lehető legjobb eredményeinek eléréséhez a következő kritériumok fontosak:

- az energiahatékony kialakítást már a konceptuális tervezés/alapszintű tervezés korai szakaszában kezdeményezni kell, még ha a tervezett beruházás még nem is nagyon körvonalazódott, hogy a maximális megtakarítás elérhető legyen és a tervezési folyamat ne szenvedjen késedelmet
- minden energiafogyasztási adatot és életciklus költséget ki kell számolni vagy hozzáférhetővé kell tenni a konceptuális/alapszintű tervezés korai szakaszában. Nagyon fontos, hogy az energiahatékony kialakításért felelős személy valamennyi energiafogyasztási adatot értékeljen. A beszállítók és gyártók gyakran nem tudnak (vagy nem akarnak) ebben a szakaszban adatot szolgáltatni, így ha ezek az adatok nem állnak rendelkezésre, valamely más módon kell értékelni őket. Szükséges lehet adatgyűjtés lefolytatása, a tervezési projekt részeként, vagy attól függetlenül.
- az energiahatékony kialakítási munkákat a tervezőtől független energia szakértőnek kell elvégeznie (ld. a 3.14 ábrát), főként a nem energiaintenzív iparágakban.



3.14 ábra: Új berendezések tervezésekor és kialakításakor javasolt szervezeti felépítés, beleértve az energia szakértőt is

- az energiafogyasztás végső felhasználási helyein kívül az energiafogyasztás kezdeti feltérképezése során figyelembe kell venni, hogy a projekt szervezet mely részei vannak befolyással a jövőbeni energiafogyasztásra. Ilyen szereplők lehetnek például a

létesítmények dolgozói (műszaki és üzemeltetési személyzet), akik gyakran felelősek a jövőbeli üzem energiahatékonyságának optimalizálását célzó legfontosabb tervezési paraméter(ek) meghatározásáért

- a pályázatok és más adatok kockázatelemzése révén kell tisztázni, mely gyártóknak nem kedvező az általuk a projekt céljaira szállított berendezések energiahatékonyságának optimalizálása. Az erős árverseny például gyakran rákényszeríti a gyártókat az olcsó összetevők használatára, a hőcserélők számának minimalizálására stb., ami megnöveli az üzem élelciklus üzemelési költségeit
- másrészt az új üzem vagy létesítmény, vagy újjáépítés pályázati folyamata során az energiahatékonyság kulcsfontosságú tényezőként való meghatározása, (és ennek megfelelően történő súlyozása) a legenergiatakarékosabb megoldásokat segíti elő.

Fontos annak a kihangsúlyozása, hogy az energiatákarékos kialakítás munkái gyakran több tudományágat átfogók, és hogy a (belső vagy független) energia szakértőnek nemcsak műszakilag kell kompetensnek lennie, hanem a komplex szervezetekkel és műszaki problémákkal való munka terén is jelentős tapasztalattal kell rendelkeznie.

Az energiatákarékos kialakítás alkalmazása az egyik legköltséghatékonyabb és legvonzóbb módja az ipari és más jelentős energiafogyasztó ágazatok energiatákarékoságának javítására. Az energiatákarékos kialakítást a legtöbb iparágban ikerrel alkalmazták, és létesítmény, technológiai folyamat és energia közvetítő közeg szinten egyaránt jelentkeztek megtakarítások.

A siker fontos gátja, hogy a termelők (főként a nem energiaintenzív iparágakban) gyakran konzervatívak vagy nem akarnak változtatni a jól bevált standard kialakításokon és/vagy nem akarják frissíteni a termék garanciáját stb. Másrészt gyakran lehetetlen egy változtatás termékre és teljesítményre gyakorolt valamennyi következményét meghatározni. Bizonyos vezetési rendszerek, mint pl. a TQM (teljes minőség menedzsment) segítenek az üzemeltetőnek abban, hogy a termék minőségére hatást gyakorló változtatásokat elkerülje.

Fontos, hogy az energiatákarékos kialakítást már a konceptuális tervezés/alapszintű tervezés korai szakaszában kezdeményezni kell, és jól kell megszervezni, hogy ne okozzon késést a tervezési folyamatban.

Bár az energiatákarékos kialakítás alapvetően jól ismert technológiákra és alapelvekre fókuszál, gyakran vezetnek be új technológiát vagy komplexebb megoldásokat. Ez az ügyfél szempontjából kockázatnak számít.

Az energiaintenzív iparágak (mint a vegyipar, a finomítók, a hulladékégetés, az acélgyártás) a következő megállapításokat tették a tervező szervezettől független energia szakértő alkalmazását illetően:

- az energiaintenzív iparágak saját dolgozóik között rendelkeznek energiatákarékos kialakítás terén tapasztalt szakértőkkel. Erre főként a piaci verseny és a különféle kialakítások bizalmas volta miatt van szükség, és ez a körülmény a külső szakértők bevonását korlátozza
- az energiatákarékos a berendezések gyártói és beszállítói számára kiírt pályázat specifikációjának részét képezheti (az energiatákarékosnak a pályázat specifikáció részét kell képezni, ld. fentebb). A gyártók így érzékenyek lesznek az

energiahatékonyságra és termékeiket rendszeresen benchmark összehasonlításoknak vetik alá

- olyan komplex üzemek és rendszerek pályáztatásánál, ahol az energiafelhasználás vagy – termelés kritikus pont, a pályázatokat rendszerint a vevő oldaláról energia szakértő értékeli.

Egy független energia szakértő díja a tervezett beruházás 0,2-1%-t is kiteheti, az energiafogyasztás mértékétől és jellemzőitől függően. Ahol az energiahatékony kialakítást egy technológiai létesítmény gyártója vagy egy saját munkatársakból álló csapat végzi el, a költségek nehezebben becsülhetők.

Számos esetben az energia megtakarításon kívül az energiahatékony kialakítási folyamat a beruházás mértékének csökkenését is eredményezi, mivel az alapvető energia szolgáltatások (fűtés, hűtés, sűrített levegő stb.) minimalizálhatók.

Bebizonyították, hogy egy jól megtervezett és kialakított üzemnek gyakran nagyobb a kapacitása, mint egy hagyományosan kialakított üzemnek, mivel a kulcsfontosságú berendezések, mint pl. a hőcserélők stb. nagyobb kapacitásúak az energiaveszteségek minimalizálása érdekében.

Az energiahatékony kialakítás alkalmazásának fő hajtóerői:

- az alacsonyabb üzemeltetési költségek
- az új technológia (a BAT alkalmazásának lehetősége)
- a jobb tervezésnek és adatoknak köszönhetően jobban megtervezett üzem.

Előnyökkel járhat még a megnövekedett kapacitás, a kevesebb hulladék, a jobb termékminőség.

3.2.4 A folyamatintegráció növelése

A folyamatintegrációra törekvés további előnyökkel is jár, pl. a nyersanyag-felhasználás optimalizálása.

11. BAT az energia egynél több folyamat vagy rendszer közötti használatának optimalizálására való törekvés a létesítményen belül vagy egy harmadik féllel.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. A technika alkalmazásának kiterjedése a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

A harmadik fél együttműködése és egyetértése nem feltétlenül áll az üzemeltető befolyása alatt, és így nem feltétlenül tartozik az IPPC engedély hatálya alá. Számos esetben egy hatóság segíti elő ilyen megállapodások kötését vagy ő maga a harmadik fél.

Részletes leírás — A folyamatintegráció növelése

A folyamatintegráció növelése az energia és a nyersanyagok felhasználásának intenzifikálása, egynél több folyamat vagy rendszer közötti felhasználásuk optimalizálását jelenti. Ez telephely és folyamat-specifikus.

Előnyei a következők:

- jobb energiahatékonyság
- jobb anyagfelhasználási hatékonyság, beleértve a nyersanyagokat, a vizet (hűtővíz és sómentesített víz) és egyéb szolgáltatásokat
- kevesebb kibocsátás a levegőbe, talajba (pl. lerakó) és vízbe.

A többi előny a telephelytől függ.

Általánosan alkalmazható technika, különösen ott, ahol a folyamatok már amúgy is összefüggenek egymással. A fejlesztés lehetőségei mindazonáltal az egyedi esettől függenek.

Egy integrált telephelyen tekintettel kell lenni arra, hogy egy üzem megváltoztatása a többi üzem üzemelési paramétereire is hatással lehet. Ez a környezetvédelmi hajtóerők által ösztönzött változások esetén is érvényes.

A technika alkalmazásának fő hajtóerői:

- költséghatékonyság
- telephelytől függő egyéb előnyök.

3.2.5 Az energiahatékonysági kezdeményezések kezdeti lendületének fenntartása

Az energiahatékonyság folyamatos fejlesztésének sikeres megvalósításához szükséges az energiahatékonysági programok kezdeti lendületének fenntartása.

12. BAT az energiahatékonysági programok kezdeti lendületének fenntartása különböző technikák használatával, mint pl.:

- a. speciális energiahatékonysági menedzsment rendszer bevezetése (ld. 1. BAT pont)
- b. az energiafogyasztás elszámolása valós (mért) értékek alapján, ami az energiahatékonyság kötelezettségét, de érdemét is a felhasználóra/számlafizetőre helyezi (ld. az 5. és 14. BAT pont)
- c. energiahatékonysági pénzügyi profit központok létrehozása (ld. lentebb)
- d. benchmarking (ld. 9. BAT pont)
- e. újszerű nézőpontból áttekinteni a jelenleg működő vezetési rendszereket, pl. a 'kiváló működés' (operational excellence) figyelembevételével
- f. változásmenedzsment technikák alkalmazása (szintén a kiváló működés egyik eleme)

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Egy vagy több technika együttes alkalmazása is megfelelő lehet. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. a részletesség mértéke) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ. Az a., b. és c. technikák alkalmazása a hivatkozott helyen írtak szerint végzendő. A d., e. és f. technikák alkalmazásának gyakorisága olyan kell legyen, hogy legyen az alkalmazások között elég idő az energiahatékonysági programok előrehaladásának értékelésére, így valószínűleg több év is lehet.

Részletes leírás — Az energiahatékonysági kezdeményezések kezdeti lendületének fenntartása

Az energiahatékonysági programok kezdeti lendületének és folytatásának fenntartásával kapcsolatban számos problémát azonosítottak. Szükséges látni, hogy egy új technológia vagy technika bevezetésének köszönhető megtakarítások időben fennmaradnak-e. Nem veszik figyelembe a nem hatékony üzemelés vagy a berendezések karbantartása alatti „csúszásokat”.

A problémák a következők lehetnek (a problémák leküzdésére alkalmas némelyik technika leírása más fejezetekben található, a hivatkozásoknak megfelelően):

- a stratégiák fejlődését életciklusban lehet kifejezni, ahol a stratégiák beérnek. Miután már megfelelő mennyiségű idő —ez lehet több év is— eltelt ahhoz, hogy a stratégiák hatékonyságát értékelni lehessen, a stratégiákat felül kell vizsgálni, hogy biztosítani lehessen, hogy továbbra is megfelelőek maradjanak a célközönség és a beavatkozási módszerek tekintetében
- néhány területen még lehet, hogy fejlesztés alatt állnak az energiahatékonysági indikátorok (a nehézségeket ld. a 2.3.3 fejezetben)
- az energiahatékonysági menedzsment és az energiahatékonyság elősegítése bonyolult lehet olyan esetekben, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő mérőeszközök
- míg egy berendezés vagy egység energiahatékonysága egészen jól monitorozható, az integrált rendszerekre problémás pontos energiahatékonysági indikátorokat találni: sok tényező befolyásolja egyszerre a mérést és bonyolult a mérés határainak megállapítása (ld. a 2.4 és 2.5 fejezetben)
- az energiahatékonyságot sokszor fix vagy átalány költségnek tekintik, és gyakran más költségvetési sorban (vagy költségvetési központban), mint a termelés
- a stratégiát az információ aktualizálásával és a hatások monitorozásával karban kell tartani, a kommunikáció tartalmának és megfelelőségének biztosítása érdekében. Ide tartozhat a kommunikáció interaktív módszereinek használata stb. (ld. lentebb)
- az energiahatékonysági megtakarítások és a jó gyakorlatok fenntartása egészen addig a szintig, hogy már beágyazódjon a létesítményi kultúrába
- a menedzsment érdektelen hozzáállása azt okozza, hogy az információmegosztás nem lelkesen történik (ld. lentebb és 13. BAT pont)
- minden alkalmazotti szinten képzés és folyamatos fejlődés (ld. 13. BAT pont)
- technológiai fejlesztések (ld. 2 és 10. BAT pont).

Az energiahatékonysági programok kezdeti lendületének fenntartását szolgáló technikák:

- speciális energiahatékonysági menedzsment rendszer bevezetése (ld. 1. BAT pont)
- az energiafogyasztás elszámolása nem becslésen vagy az egész telephely energiafogyasztásának egy fix részeként, hanem valós (mért) értékek alapján. Ez az

energihatékonyság kötelezettségét de érdemét is a felhasználóra/számlafizetőre helyezi (ld. 14. BAT pont)

- energiahatékonyság mint pénzügyi profit központ létrehozása a vállalaton belül (egy csapat vagy költségvetési központ), hogy a beruházások és az energia megtakarítások (vagy energia költségcsökkenések) ugyanabban a költségvetésben szerepeljenek, és az energiahatékonyságért felelős alkalmazottak bizonyítani tudják a felső vezetés felé, hogy profitot hoznak a vállalatnak. Az energiahatékonysági befektetések a megtermelt javakkal vagy a további eladásokkal egyenlő módon mutathatók be.
- a meglévő vezetési rendszerekre, mint pl. a kiváló működésre vetett friss pillantás
- a legjobb gyakorlatok vagy az elérhető legjobb technika alkalmazásának jutalmazása
- változásmenedzsment technikák alkalmazása (szintén a kiváló működés egyik eleme). Természetes emberi jellemvonás, hogy ellenállunk a változásnak, hacsak előnyünk nem származik belőle. Az opciók előnyeinek megbízható kiszámítása (online vagy off-line, pl. „mi lenne, ha” forgatókönyvek) és az eredmények hatékony kommunikációja motiválhatja a szükséges változások végrehajtását.

A kiváló működés: az energiahatékonysági programok kezdeti lendületének fenntartása vagy fejlesztése. Mivelhogy ez a szemlélet holisztikus, más környezetvédelmi intézkedések alkalmazását is elősegíti.

A kiváló működés (ismert OpX néven is) a biztonság, a foglalkozás-egészségügy, a környezet, a megbízhatóság és a hatékonyság holisztikus megközelítése. A termelésirányítás módszereit, mint pl. a karcsúsított gyártás, hat szigma integrálja a változásmenedzsmenttel, az emberek, berendezések és technológiai folyamatok együttműködésének optimalizálása érdekében. Olyan kijelentések társulnak hozzá, mint „az üzemelés és az üzleti folyamatok végrehajtása felsőbbrendűségének állapota vagy feltétele” vagy „világszínvonalú teljesítmény elérése”.

A kiváló működés a kritikus termelési folyamatok folyamatos finomítása, a keletkező hulladék mennyisége és a ciklusidő csökkentésére fókuszál, különféle technikák alkalmazásával, mint pl. az 5-S módszer, a hibamentesítés, QFD [Quality Function Deployment, minőség és funkció fejlődése], SPD stb.

Alkalmazásának lépései megegyeznek az energiahatékonysági menedzsment rendszerrel leírtakkal, de különös hangsúlyt kell fektetni a következőkre:

- a legjobb gyakorlatok meghatározása (a cél, amire egy üzemeltetési team egy adott technológiai folyamatnál kitűnő szinten törekszik)
- valamennyi legjobb üzemelési gyakorlat részletes leírása (a változásokat és fejlesztéseket is beleértve)
- az üzemelési teljesítmény méréséhez szükséges metrika meghatározása
- az üzemeltető személyzet számára a folyamat lefolytatásához kulcsfontosságú készségek és képességek.

Kulcsfontosságú a vállalaton belül —más egységeknél, vagy társult vállalatoknál— rendelkezésre álló szakértelem hasznosítása, a legjobb munkamódszerek megállapítására ad hoc teamek felállítása, a közös munka más, nem optimalizált egységeknél dolgozókkal stb.

Az alkalmazás során számításba vehető technikák a létesítmény méretétől és típusától függenek. Például:

- az energiahatékonysági menedzsment rendszer minden esetben alkalmazható, komplexitása azonban a telephely méretétől és típusától függ
- mindenféle típusú létesítmény esetében rendelkezésre áll megfelelő képzés (ld. 13. BAT pont)
- az energiahatékonysági programok független tanácsadó általi vizsgálatának költségeit, főként kis és közép vállalatok esetében tagállami hatósági támogatásból lehet fedezni (ld. 13. BAT pont)
- a kiváló működést nagy, több telephellyel rendelkező vállalatok is sikerrel alkalmazták
- az energiahatékonysági menedzsment rendszer és a kiváló működés alapelvei széles körben alkalmazhatók.

3.2.6 A szakértelem fenntartása

Az energiahatékonysági menedzsment bevezetéséhez és ellenőrzéséhez emberi erőforrásra van szükség, és azon dolgozóknak, akiknek a munkája hatással lehet az energiahatékonyságra, képzést kell kapniuk (ld. 1. BAT pont és lentebb).

13. BAT az energiahatékonyság és az energiafelhasználó rendszerek terén a szakértelem fenntartása, a következő technikák használatával.

- a. képzett dolgozók felvétele és/vagy a dolgozók képzése. A képzést lefolytathatják a vállalat dolgozói, külső szakértők, lehet formális tanfolyam vagy önképzés is,
- b. a személyzet rendszeres időközönkénti eltávolítása a folyamattól, rögzített idejű/speciális vizsgálatok elvégzése céljából (saját létesítményükön belül vagy másutt),
- c. a vállalaton belül rendelkezésre álló erőforrások megosztása a telephelyek között,
- d. rögzített idejű vizsgálatok elvégzésére tapasztalt külső konzultáns alkalmazása,
- e. speciális rendszerek és/vagy funkciók kiszervezése.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Egy vagy több technika együttes alkalmazása is megfelelő lehet. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. a részletesség mértéke) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

Részletes leírás — A szakértelem fenntartása — humán erőforrás

Ezt a tényezőt az 1. BAT pont (d), (i) és (ii) pontjában találjuk. Az elmúlt évtizedekben szinte valamennyi európai létesítményben csökkent a képzett alkalmazottak száma. A meglévő dolgozóknak többféle feladatot kell ellátniuk, számos feladatért és berendezésért felelősek. Néhány területen ezáltal sikerül lefedni a normál üzemelés körülményeit és megmarad a szakértelem, idővel az egyedi rendszerekre (pl. sűrített levegő), vagy különleges területekre, mint az energia menedzsment vonatkozó speciális szakismeret szintje csökken, és így csökkenek a személyzet erőforrásai nem rutinszerű munka lefolytatására, mint pl. az energia audit és a követő ellenőrzések.

Az energiahatékonysági programok végrehajtása során a képzést fontos tényezőként azonosították. Az energiahatékonyságnak a szervezeti kultúrába való beágyazása a következőket öleli fel:

- felsőoktatás és szakmai képzés tananyaga
- speciális készségekhez és szakmai területekhez kapcsolódó képzések, ad hoc képzési lehetőségek professzionális, vezetői, adminisztratív és műszaki területeken
- az energiamenedzsment területén folyamatos javítása: a teljes vezetőségnek tudatában kell lennie az energiahatékonyság fontosságának, nem csak a kijelölt energia menedzsereknek.

A menedzsment érdektelensége hatással van arra, hogy az energiahatékonyságra vonatkozó információ megosztása milyen lelkesen történik, és a humán erőforrás mechanizmusok (pl. rotáció, kirendelés, további képzés) pozitív változásokat képesek elérni ezen a területen.

Az energia-megtakarítás elérése érdekében az üzemeltetőknek a személyzet számában és képzettségében is további erőforrásokra lehet szüksége.

Ez számos lehetőség révén valósítható meg:

- állandó dolgozók felvétele és/vagy képzése
- a személyzet rendszeres időközönkénti eltávolítása a folyamattól, rögzített idejű/speciális vizsgálatok elvégzése céljából (saját létesítményükön belül vagy másutt)
- a vállalaton belül rendelkezésre álló erőforrások megosztása a telephelyek között
- rögzített idejű vizsgálatok elvégzésére tapasztalt külső konzultáns alkalmazása
- speciális rendszerek és/vagy funkciók kiszervezése.

A képzést lefolytathatják a vállalat dolgozói, külső szakértők, lehet formális tanfolyam vagy önképzés is (adott személy fenntartja vagy fejleszti saját szakma képességeit). A tagállamokban nemzeti vagy helyi szinten, és az interneten nagy mennyiségű információ érhető el (pl. az energiahatékonyságról szóló BREF-ben található hivatkozások és referenciák, e-tanulás). Adatok állnak rendelkezésre a különböző ágazatoknál és ágazati érdekképviseleti szervezeteknél, szakmai szervezeteknél és egyéb tagállami szervezeteknél, pl. a nagylétszámú állattartó létesítmények energiahatékonyságára vonatkozó információk az agrárminisztériumoktól szerezhetők.

Energia menedzsment és ipar energiahatékonysági kérdései terén az e-tanulás még fejlődik. Kevés létező és működő weboldal van a világon, amely átfogó útmutatást kínál olyan területeken, mint az energia menedzsment, energiahatékonyság, legjobb gyakorlatok, energia auditok, benchmark értékek és ellenőrző listák. Ezek az oldalak rendszerint képzést is nyújtanak ezen témákból, vagy nem ipari felhasználók számára készültek (pl. kereskedelem, KKV-k, háztartások). Gyakran inkább speciális tématerületekre találhatók adatok (pl. gőz, világítás-szellőztetés-légkondicionálás, intenzív sertéstartás), mint hogy általános energiamegtakarítási vagy energiahatékonysági útmutatást vagy tananyagot nyújtanának.

A SAVE program keretében lefolytattak egy EUREM (Európai Energia Menedzser, Termelés) minősítést nyújtó képzést, és a sikeres próba projektet követően a projektet meghosszabbították.

A technika minden telephelyen alkalmazható. A szükséges képzés mennyisége és típusa az adott iparágától, a telephely méretétől és komplexitásától függ, és vannak kis létesítmények számára megfelelő lehetőségek is. Érdeemes megjegyezni, hogy még az energiahatékonyság magas szintjét elérő telephelyeknek is hasznára váltak a további erőforrások.

3.2.7 Hatékony folyamatirányítás

14. BAT annak biztosítása, hogy megvalósul a hatékony folyamatirányítás, a következő technikák alkalmazásával:

- a. rendszerek üzemeltetése annak biztosítására, hogy a folyamatok mindenki számára ismertek legyenek, mindenki értse azokat és feleljen is meg azoknak (ld. 1. és 12. BAT pont)
- b. annak biztosítása, hogy a kulcsfontosságú paraméterek meg legyenek határozva, energiahatékonyság szempontjából optimalizálva és monitorozva legyenek (ld. lentebb és 16. BAT pont)
- c. ezen paraméterek dokumentálása és rögzítése (ld. 1., 12., 16. és 20. BAT pont).

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Egy vagy több technika együttes alkalmazása is megfelelő lehet. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. a részletesség mértéke) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

Részletes leírás — Hatékony folyamatirányítás

A megfelelő technológiai folyamat és energia közvetítő közeg irányító rendszer elengedhetetlen. Az irányító rendszer az átfogó monitoring rendszer része.

A gyártó berendezés automatizálása egy szabályozó/irányító rendszer betervezését és beépítését is jelenti, amihez érzékelők, műszerek, számítógépek és adatfeldolgozás szükséges. Széles körben ismert, hogy a gyártó berendezés automatizálása nemcsak a termék minőségének és a munkahely biztonságának javítása érdekében fontos, hanem a folyamat hatékonyságát is növeli és hozzájárul az energiahatékonysághoz.

A hatékony folyamatirányítás a következőkből áll:

- a folyamat megfelelő irányítása valamennyi üzemmódban, ú.m. felkészülés, beindítás, rutin üzemelés, leállítás és nem üzemszerű körülmények
- a fő teljesítmény indikátorok és ezen paraméterek mérésére és szabályozására alkalmas módszerek azonosítása (pl. áram, nyomás, hőmérséklet, összetétel és minőség)
- az üzemszerűtől eltérő üzemelési állapotok dokumentálása és elemzése, az okok beazonosítása céljából, hogy ezek az okok kezelhetővé váljanak és az üzemzavarok ne forduljanak elő ismételtelen (ezt elősegítheti egy olyan vállalati kultúra, ahol a hibák azonosítása fontosabb, mint az egyéni felelősök felelősségre vonása).

Tervezés

A szabályozó rendszer megtervezésekor számos tényezőt kell figyelembe venni. Az adott folyamat elemzése feltárhat megkötiéseket, amelyek hatással vannak a folyamat hatékonyságára, valamint alternatív megközelítéseket is, amelyekkel hasonló vagy jobb eredmények is elérhetők.

Ezen túlmenően szükséges a teljesítményszinteket termékminőség, hatósági előírások és munkahelyi biztonság szempontjából is meghatározni. A szabályozó rendszernek megbízhatónak és felhasználóbarátnak kell lennie, vagyis legyen könnyen használható és karbantartható.

Az adatgazdálkodás és adatfeldolgozás szintén számításba veendő tényezők a szabályozó rendszer tervezése során.

A szabályozó rendszernek egyensúlyt kell teremtenie a termelési folyamat hatékonyságát átfogó növeléséhez szükséges pontosság, konzisztencia és rugalmasság iránti igény és a termelési költségek szabályozásának igénye között.

Ha az irányító rendszert okosan határozzák meg, a termelővonal zökkenőmentesen fog működni. Az alul- vagy túltervezés elengedhetetlenül magasabb üzemeltetési költségekhez és/vagy a termelésben mutatkozó késésekhez vezet.

A termelő folyamat teljesítményének optimalizálásához:

- az irányítórendszer specifikációja minden egyes folyamatlépésre pontos és teljes kell legyen, a realiztikus input toleranciára tekintettel
- az irányítórendszer megtervezéséért felelős mérnöknek ismernie kell a teljes folyamatot és kommunikálnia kell a berendezés gyártójával
- egyensúlyt kell teremteni, ú.m. megkérdezni, hogy szükséges-e egy bonyolult, kifinomult folyamatirányítási technológia, vagy kielégítő egy egyszerűbb megoldás is.

A modern folyamatirányítási rendszerek különféle technikák lehetnek, amelyeket a teljesítmény —beleértve az energiahatékonyságot is— javítására használnak:

- hagyományos és fejlett irányítórendszerek
- optimalizáló, ütemező és teljesítményszabályozó technikák.

A hagyományos irányítórendszerekbe a következők integrálódnak:

- arányos, integratív és derivatív vezérlés (PID)
- holtidő kompenzáció
- kaszkádvezérlés.

A fejlett irányítórendszerekbe a következők integrálódnak:

- modell alapú előrejelző vezérlés
- adaptív vezérlés
- fuzzy vezérlés.

A teljesítményszabályozó technikák közé a következők integrálódnak:

- monitoring és célkiválasztás
- statisztikai folyamatirányítás
- szakértő rendszerek.

A megnövekedett teljesítmény, a célok elérése és a környezetvédelmi követelményeknek való megfelelés —beleértve az IPPC engedélyt is— bemutatására a teljesítmény monitoring technikák használhatók.

A programozható logikai vezérlő (PLC) az irányítórendszer agya. Ez egy kisméretű ipari számítógép, ami egy termelő létesítményi környezetben megbízhatóan üzemel. Az irányítórendszer építőelemei a különféle érzékelők, intelligens szelepek, programozható logikai vezérlők, és a központi felügyelő, irányító és adatgyűjtő (SCADA) rendszerek. Ezek a komponensek a termelő folyamathoz vannak kapcsolva, ami lehetővé teszi, hogy a termelő folyamat rendszer minden funkciója magas fokú pontossággal üzemeljen. Az automatizálás —a vezérlő rendszernek a termelési rendszerbe való befoglalása— hatékonyan csökkenti az ezen bonyolult berendezés üzemeltetéséhez kapcsolódó munkát, megbízható és konzisztens működést eredményez.

A PLC figyeli a digitális és analóg érzékelőket, kapcsolókat (az inputokat), olvassa a vezérlő programokat, matematikai számításokat végez, és ezek eredményeképpen irányítja a különféle

hardvereket (az outputokat), szelepeket, optikai modulátorokat és szervomotorokat, mindezt milliszekundumok alatt.

A PLC képes az üzemeltetői felületekkel (ember-gép kezelőfelület (HMI), SCADA rendszerek) folytatott információcserére. A létesítmény üzleti szintjén (információs szolgáltatások, könyvelés, ütemezés) folytatott információcseréhez rendszerint egy külön SCADA csomaggal való együttműködés szükséges.

Adatkezelés

Az üzemelési adatokat olyan infrastruktúra gyűjti és kezeli, ami rendszerint magában foglalja az üzem érzékelőit és műszereit, a végső szabályozó elemeket, mint pl. a szelepek valamint programozható logikai vezérlőket, SCADA-t és elosztott irányító rendszereket is tartalmaz. Ezek a rendszerek együttesen kellő időben, használható adatokat tudnak szolgáltatni más számítási rendszereknek és az üzemeltetőknek/mérnököknek.

A felügyeleti irányító és adatgyűjtő rendszerek lehetővé teszik a tervező mérnök számára az adatok gyűjtését és a képességek archiválását egy adott irányítórendszerben. Ezen túlmenően a SCADA rendszer komplexebb vezérlést, pl. statisztikai folyamatokat is lehetővé tesz.

A SCADA az irányítórendszer felépítésének nélkülözhetetlen eleme, a felhasználónak „valós idejű ablakot” nyit a folyamatra. A SCADA rendszer úgy is kialakítható, hogy egy távoli felhasználónak —a szó szerint a berendezés előtt álló üzemeltetővel—, azonos hozzáférést biztosítson.

A mérőeszközök tisztítása

A termelő iparágakban kiterjedten alkalmazott és az irányítórendszerekbe integrált vezérlők (és pontosságuk) fontosságát nem lehet eléggé hangsúlyozni. Számos eszköz és mérőberendezés vagy érzékelő, pl. ellenállás működése függ a hőmérséklettől, a pH vagy vezetőképesség-mérők, árammérők, időzítők, szintérzékelő és riasztók a folyamatban használt gázokkal vagy folyadékokkal állnak kapcsolatban, és a hatékony és pontos működésükhöz rendszeres tisztítást igényelnek. Ez elvégezhető manuálisan, karbantartások alkalmával, vagy automatikus beépített tisztítórendszerekkel (CIP).

A teljesen automatizált irányítórendszernek időt kell biztosítania a körfolyamatok öblítésére és leengedésére, és a különböző tisztító folyadékok visszakeringetésére. A rendszernek képesnek kell lennie a tisztító folyadékok hőmérsékletének, átfolyó mennyiségének, összetételének és koncentrációjának változtatására.

A fő vezérlőegység a PLC berendezésen alapul, gyakran az üzemeltetői munkaállomáson, a szelepet és a ki/bekapcsolást szolgáló többszörös panelként. A folyamatirányítási rendszer nagyon fontos a hidraulikus sokk megfékezésében vagy minimalizálásában, ami a CIP egységekben gyakran jelentkező probléma és megrövidíti a CIP egység élettartamát.

Pontos lefutástervezés vagy „pulzálás” szükséges a berendezésekben a szelepek, fésűs tömítések, o-gyűrűk, szelepülések tisztításához.

A folyamatirányítási rendszerek valamennyi IPPC létesítményben alkalmazhatók. A választék az időzítőktől, hőmérséklet-szabályozóktól, takarmányadagolás-szabályozóktól (pl. kisebb intenzív állattartó telepeken) a pl. az élelmiszeriparban, vegyiparban, bányászatban vagy papírgyártásban használatos komplex rendszerekig terjed.

Esettanulmányok azt mutatták, hogy az előnyök költséghatékonyan elérhetők. Tipikusan egy éves vagy még attól is rövidebb a megtérülési idő, különösen ott, ahol már van modern szabályozó és monitoring infrastruktúra, pl. elosztott vezérlés (DCS), vagy központi felügyelő irányító és adatgyűjtő (SCADA) rendszer. Néhány esetben néhány hónapos, sőt hetes megtérülési idő is előfordult.

3.2.8 *Karbantartás*

A strukturált karbantartás és az energiát fogyasztó és/vagy az energiafogyasztást szabályozó berendezések lehető legkorábban történő megjavítása elengedhetetlen a hatékonyság megvalósításához és fenntartásához (ld. lentebb és az 1. BAT pontnál).

15. BAT a létesítményben karbantartás lefolytatása az energiahatékonyság optimalizálása érdekében, a következők szerint:

- a. a karbantartás megtervezése és lefolytatása során a felelőségek világos kijelölése
- b. strukturált karbantartási program kidolgozása a berendezések műszaki leírására, a normákra stb. valamint a berendezések meghibásodására és annak következményeire alapozva. Némelyik karbantartási tevékenységet célszerű az üzem leállításának idején elvégezni.
- c. a karbantartási program támogatása a feljegyzések megfelelő megőrzésével és diagnosztikus tesztekkel,
- d. a rutinszerű karbantartás, üzemzavarok és/vagy üzemszerűtől eltérő állapotok során az energiahatékonyság lehetséges veszteségeinek illetve annak megállapítása, hol lehetne javítani az energiahatékonyságon,
- e. az energiafogyasztást befolyásoló szivárgások, sérült berendezések, elkopott csapágyak stb. beazonosítása és lehető leghamarabbi megjavítása.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Egy vagy több technika együttes alkalmazása is megfelelő lehet. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. a részletesség mértéke) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ. Ahol lehet, a hibák azonnali kijavítását a termék minőségének és a folyamat stabilitásának fenntartásával, valamint a működő üzemben (ami pl. mozgó és/vagy forró alkatrészeket stb. is tartalmazhat) végzett javítási munkák munkaegészségügyi és biztonsági vonatkozásaival egyensúlyba kell hozni.

Részletes leírás — Karbantartás

A minden üzemre és berendezésre kiterjedő karbantartás elengedhetetlen, és részét képezi az energiamenedzsment rendszernek (ld. 1. BAT pont).

Fontos, hogy a karbantartásnak legyen egy menetrendje és hogy minden ellenőrzésről és karbantartási tevékenységről készüljön feljegyzés.

A modern megelőző karbantartás célja az, hogy a termelő és a termeléshez kapcsolódó folyamatokat teljes üzemelési élettartamuk alatt használhatóan tartsa. A megelőző karbantartási programok hagyományosan papíron vagy tervezőtáblán készültek, ma már könnyedén, számítógépes szoftverek használatával kezelhetők. Azáltal, hogy az elvégzendő karbantartási munkákat napról napra megjelöli, míg azokat el nem végzik, a karbantartási szoftver elősegíti, hogy semmilyen karbantartási munka ne maradjon elvégzetlenül.

Fontos, hogy a szoftver adatbázisa és a berendezések műszaki adatait tartalmazó file-ok más karbantartási (és irányító) programokkal könnyen kapcsolatba hozhatók legyenek. Az olyan indikátorok, mint pl. a „Karbantartás a termelő iparágakban” szabványok gyakran használatosak a munka osztályozására és jelentések készítésére. Az ISO 9000 szabvány karbantartási követelményei segítségül szolgálhatnak a szoftver specifikációban.

A szoftverhasználat elősegíti a problémák rögzítését, a hibákról, gyakoriságukról és előfordulásukról statisztika készítését. Szimulációs eszközök a hibák előrejelzésénél és a berendezések megtervezésénél nyújthatnak segítséget.

A technológiai folyamatok üzemeltetőinek helyi gondos üzemvezetési intézkedéseket kell megvalósítaniuk és előre nem tervezett karbantartás esetén segíteni kell annak irányításában:

- eltömődött felületek és csövek tisztítása
- az állítható berendezések optimalizálásának biztosítása (pl. nyomdagépeknél)
- a berendezés kikapcsolása, amikor nincs használatban vagy nincsen rá szükség
- szivárgások, elfolyások (pl. sűrített levegő, gőz), törött berendezések és csövek stb. azonosítása és jelentése
- elkopott csapágyak kellő időben történő cseréjének kérése.

A fenti intézkedések az energia-megtakarításon túl a zaj csökkenését is eredményezik.

A megelőző karbantartási programok létesítményfüggőek. Az energiafogyasztást befolyásoló szivárgások, sérült berendezések, elkopott csapágyak stb. beazonosítását és kijavítását a lehető leghamarabb el kell végezni.

A gondos üzemvezetési intézkedések alacsony költségűek és jellemzően az éves bevételből fizetik, nem igényelnek tőkebefektetést.

A karbantartási intézkedések növelik az üzem megbízhatóságát, csökkentik a leállások idejét, növelik a teljesítményt, és hozzájárulnak a jobb minőséghez.

3.2.9 Monitoring

A monitoring és a mérés elengedhetetlen az energia menedzsment PDCA rendszer ellenőrzési részében (ld. 1. BAT pont). Része a folyamatok hatékony irányításának is (ld. 14. BAT pont).

16. BAT az energiahatékonyságra jelentős hatást gyakorló üzemelések és tevékenységek főbb jellemzőinek rendszeres monitoringjára és a méréseire dokumentált eljárások kidolgozása és fenntartása.

Alkalmazhatóság: Minden létesítményben alkalmazható. Egy vagy több technika együttes alkalmazása is megfelelő lehet. A technika alkalmazásának kiterjedése (pl. a részletesség mértéke) a létesítmény jellegétől, méretétől és bonyolultságától, valamint az egyes komponenseket alkotó rendszerek és folyamatok energiaigényétől függ.

Részletes leírás — Monitoring és mérés

A monitoring és a mérés elengedhetetlen az energia menedzsment ellenőrzési részében, ahogyan minden PDCA menedzsment rendszerben. Az alábbiakban az energiahatékonyságra jelentős hatást gyakorló üzemelések és tevékenységek főbb jellemzőinek mérésére, számítására és monitoringjára és méréseire használható technikát mutatunk be. Az 5. BAT pontnál található az adatgyűjtés, az adatbázisok, az irányítórendszer és a berendezések automatizálásának leírása, különös tekintettel néhány egymáshoz kapcsolódó rendszerre, hogy energiafogyasztásuk optimalizálható legyen.

A mérés és a monitoring valószínűleg a folyamatirányítás (ld. 14. BAT pont) és az auditok (ld. 3. BAT pont) részét képezi. Fontos, hogy a mérés képes legyen az energiahatékonyságot befolyásoló tényezőkről megbízható és nyomon követhető információt szerezni, mennyiség (pl. MWh, kg gőz stb.) és minőség (hőmérséklet, nyomás stb.) tekintetében egyaránt, a hordozónak (gőz, meleg víz, hűtés stb.) megfelelően. Néhány hordozó esetében ugyanolyan fontos az energia vektor paramétereit a visszatérő körökben és hulladék kibocsátásokban (pl. füstgáz, hűtővíz kibocsátás) is ismerni, hogy energiaelemzések és -mérlegek készülhessenek.

A monitoring és a mérés fő aspektusa az, hogy lehetővé tegye, hogy a költségek könyvelése a valós energiafogyasztáson alapuljon, és ne tetszőleges vagy becsült értékeken (amelyek már időszerűtlenek is lehetnek). Ez szolgáltathatja a hajtóerőt az energiahatékonyság megvalósításához szükséges fejlesztésekhez. Meglévő létesítményekben azonban bonyolult lehet új monitoring eszközök üzembe helyezése, ú.m. nehézségekbe ütközhet egy megfelelő hosszú csőszakaszt találni az áramlásmérő számára, ahol nincsen turbulencia. Ilyen esetekben, amikor a berendezés vagy tevékenység energiafogyasztása arányosan kicsi (ahhoz a nagyobb rendszerhez vagy létesítményhez viszonyítva, amelyben található), továbbra is használhatók becslések vagy számítások.

Az anyagáramot gyakran a folyamat irányításának céljaira is mérik, és ezek az adatok felhasználhatók energiahatékonysági indikátorok megállapítására (ld. a 2.4 alfejezetet).

Indirekt mérési technikák

A nehéz gépi berendezések infravörös szkennelése az energiaveszteségeket okozó helyi túlmelegedés és a mozgó részekre nehezedő indokolatlan nyomás fényképes bizonyítékát szolgáltatja. Felhasználható az audit részeként.

Az energiafogyasztást kritikusan befolyásoló berendezések, pl. csapágyak, kondenzátorok (ld. a 21. BAT pontot) és egyéb berendezések üzemi hőmérséklete monitorozható folyamatosan vagy rendszeres időközönként: amikor a csapágy vagy kondenzátor meghibásodik, a ház hőmérséklet megemelkedik.

Egyéb mérések végezhető az energiaveszteség egyéb formáiból, pl. a zaj megnövekedéséből stb.

A megelőző karbantartás részeként elvégezhető:

- segít elkerülni az üzem váratlan leállítását
- lehetővé teszi a tervezett cserék végrehajtását
- növeli a berendezés élettartamát stb.

Becslések és számítások

Az energiafogyasztási becslések és számítások berendezésekre és rendszerekre végezhető el, rendszerint a gyártók vagy a tervezők által megadott specifikáció alapján. A számítások gyakran egy könnyen mérhető paraméteren alapulnak, mint pl. a motorok és szivattyúk üzemideje. Ilyen esetekben azonban más paramétereket, pl. a terhelést, nyomómagasságot vagy fordulatszámot is ismerni kell (vagy ki kell számolni), mivel ezeknek közvetlen hatása van az energiafogyasztásra. A berendezés gyártója ezeket az adatokat is meg tudja adni.

Számos különféle kalkulátor érhető el az interneten, amelyek rendszerint egy adott berendezésnél lehetséges energia-megtakarítást becsülik meg.

A technikát széles körben alkalmazzák. A kalkulátorok alkalmazását a pontosabb mérésekkel elérhető költségmegtakarításokkal szemben kell mérlegelni, ha csak időlegesen is.

Az online kalkulátorok használatánál a következőkre kell vigyázni:

- lehet az a funkciójuk, hogy a különböző szolgáltatók által szolgáltatott energia közvetítő közegek árát hasonlítsa össze
- az összes berendezést figyelembe kell venni, amit használnak, nemcsak egy egyedi berendezést
- az online kalkulátorok nagyon leegyszerűsítőek is lehetnek, és lehet, hogy nem veszik figyelembe a terhelést, nyomómagasságot stb.

A becslésekkel és számításokkal az a probléma, hogy ismételten, évről évre alkalmazhatók, és közben az eredeti alapok elvesznek vagy hiányossá válnak. A számítások alapját rendszeresen felül kell vizsgálni.

Elvégzésükhöz nem szükséges berendezés beszerzésére költeni, azonban figyelembe kell venni a pontos számítások elvégzésére fordított időt és az esetleg elkövetett hibák által képviselt kockázatot.

A kalkulátorok listáját ld. az 5. BAT pontnál.

Mérés és fejlett mérőrendszerek

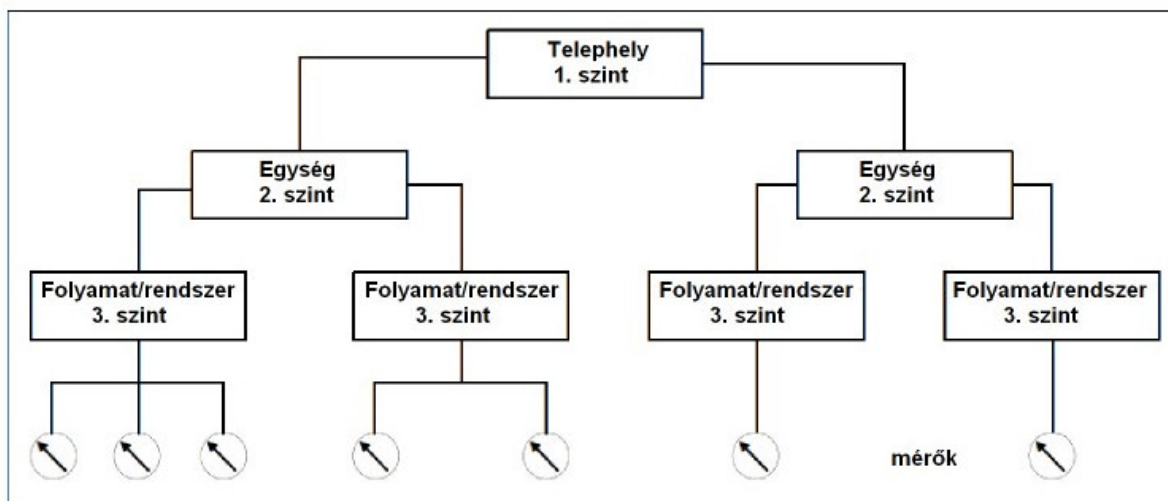
A hagyományos energia közvetítő közeg mérőberendezések egyszerűen a létesítményben felhasznált energiahordozó mennyiségét mérik. Az ipari létesítmények energiaszámláinak előállításához használatosak, és rendszerint manuálisan olvassák le őket. Mindazonáltal a modern technológiai fejlődés olcsóbb mérőberendezések kifejlődését eredményezte,

amelyeket az energiaellátás megzavarása nélkül is be lehet építeni (ha osztott magvú áramlásérzékelőkkel szerelik fel), és sokkal kevesebb helyet foglalnak el, mint a régi mérők.

A fejlett mérő infrastruktúra (AMI) vagy fejlett mérési menedzsment (AMM) kifejezések olyan rendszereket jelölnek, amelyek fejlett készülékek —áram-, gáz- és/vagy víz mérők— segítségével mérik az energiafogyasztást, az adatokat gyűjtik és analizálják, különféle kommunikációs médiumon keresztül, kérésre vagy egy előre meghatározott menetrend szerint. Ez az infrastruktúra kommunikációs, ügyfélhez kapcsolódó rendszereket és a mért adatok kezelését szolgáló hardvert és szoftvert is magában foglalja.

A telephelyen az energia könyvelési központ az a hely, ahol az energiafogyasztást a termelést jellemző változóhoz, p. a teljesítményhez viszonyítják (ld. a 2.4 alfejezetet). Egy fejlett mérőrendszer felépítésének példája látható a 3.15. ábrán.

A fejlett mérőrendszer elengedhetetlen az automatizált energiamenedzsment rendszerekhez (ld. az 5. BAT pontot.).



3.15 ábra: Egy fejlett mérőrendszer felépítése

Minden üzemben alkalmazható, ahol egynél több energiafogyasztó egység van.

Számos tanulmány mutatta ki azt, hogy az egyik legnagyobb akadálya az energiahatékony technikák bevezetésének az, hogy az egyes egységek vezetői nem képesek azonosítani és ellenőrizni saját energia költségeiket. Így semmilyen, általuk bevezetett intézkedésnek nem látják a hasznát.

Alacsony nyomásesű áramlásmérés csővezetékben

Folyékony és gáz halmazállapotú nyersanyagok és termékek, víz (nyers víz, kazántápvíz és technológiai víz stb.), gőz stb. mérésére áramlásmérést alkalmaznak. A folyadékokat általában egy fojtóperemes áramlásmérőn, Venturi-csatornán, Pitot-csőves vízsebességmérőn vagy induktív áramlásmérőn keresztül mesterségesen létrehozott nyomásesés segítségével mérik. Ez hagyományosan, különösen a fojtóperemes áramlásmérő és a Venturi-csatorna esetében állandó nyomásesést, vagyis a rendszerben energiaveszteséget okoz.

Az új generációs áramlásmérő eszközök jelentősen csökkentik a nyomásesést, a pontosság megnövekedése mellett.

Ultrahang-vezető és meglehetősen jól formált (nem turbulens) áramlással rendelkező folyadékok esetében ultrahangos mérés is alkalmazható, ami lehet állandó vagy a csővezetékre erősített. Ez utóbbi funkció hasznos meglévő áramlásmérők ellenőrzésére, szivattyúrendszerek ellenőrzésére és kalibrálására stb. Mivel ezek az eszközök nem avatkoznak be a rendszerbe, nem okoznak nyomásesést. Az ultrahangos mérőeszközök 0,5% mért értéknél 1-3% pontosságúak lehetnek, a kalibráció az alkalmazás módjától függ.

Az új generációs fojtóperemes áramlásmérők és Pitot-csöves vízsebességmérők nagyon pontosak, és a hagyományos fojtóperemes áramlásmérőhöz képest 1 +/- 2%-kal, a hagyományos Pitot-csöves vízsebességmérőhöz képest 8%-kal képesek csökkenteni a nyomásesést (ld. 3.4 táblázat).

Alapadat	Erőmű magas nyomású gőzzel	Hulladékégető túlhevített gőzzel
Q _{max} (t/ó)	200	45
T (°C)	545	400
P (abszolút bar)	255	40
Cső átmérő (mm)	157	130,7
Nyomáskülönbség millibar-ban (kb.)		
fojtóperemes áramlásmérő	2 580	1 850
Pitot-csöves vízsebességmérő mostanáig	1 770	595
új generációs Pitot-csöves vízsebességmérő	1 288	444
Állandó nyomásesés millibar-ban és mérőrendszerenként millibar-ban (kb.)		
fojtóperemes áramlásmérő	993	914
Pitot-csöves vízsebességmérő mostanáig	237	99
új generációs Pitot-csöves vízsebességmérő	19,3	7,3
Mozgási energia veszteség mérőrendszerenként kWh/h-ban (100 bar \cong 67,8 kWh/h) (kb.)		
fojtóperemes áramlásmérő	673	320
Pitot-csöves vízsebességmérő mostanáig	161	67
új generációs Pitot-csöves vízsebességmérő	13	5

3.4 táblázat: Példák a különböző mérőrendszerek által okozott nyomásesésre

A technika új létesítményekben vagy jelentős felújítások esetén alkalmazható.

Az ultrahangos méréseknél gondot kell fordítani arra, hogy a mérendő folyadékban minimális legyen a turbulencia vagy az egyéb hatások (pl. a lebegő anyagok által okozott interferencia). Egy új generációs mérőberendezés költsége beszereléssel együtt kb. 10 000 EUR. A költség a beépített berendezések számától függően változhat. A beruházás megtérülése általában kevesebb, mint egy év.

3.3 ENERGIAFELHASZNÁLÓ RENDSZEREK, FOLYAMATOK, TEVÉKENYSÉGEK VAGY BERENDEZÉSEK ENERGIAHATÉKONYSÁGÁT SZOLGÁLÓ LEGJOBB ELÉRHETŐ TECHNIKÁK

Bevezetés

A 3.2.2.3 alfejezet elmagyarázza, miért fontos a létesítményt mint egészet vizsgálni, és ezen belül kezelni az egyes rendszerek szükségleteit és céljait, valamint a hozzájuk kapcsolódó energiákat és a rendszerek kölcsönhatásait. A 7. BAT pont bemutat néhány példát a létesítmények többségében megtalálható rendszerekre.

A 3.2 alfejezetben felsorolt BAT-ok általában minden rendszerre, folyamatra és kapcsolódó tevékenységre alkalmazhatóak, és magukban foglalják:

- a rendszer és a rendszerteljesítmény elemzését és a viszonyítási alapok meghatározását (1., 3., 4., 8. és 9. BAT pont)
- az energiahatékonyság optimalizálásával kapcsolatos tevékenységek és beruházások tervezését, a költség-megtérülés vonatkozások és a környezeti elemek közti kölcsönhatások figyelembe vételével (2. BAT pont)
- új rendszerek esetében az energiahatékonyság optimalizálását már a létesítmény, egység vagy rendszer tervezése, illetve a folyamatok megválasztása során (10. BAT pont)
- meglévő rendszerek esetében a rendszer energiahatékonyságának optimalizálását az üzemeltetésen és a menedzsmenten keresztül, ideértve a rendszeres monitorozást és karbantartást (14., 15. és 16. BAT pont)

A jelen alfejezetben részletezett BAT-ok ezért azt feltételezik, hogy a 3.2 alfejezetben leírt általános BAT-ok az alábbiakban bemutatott rendszerekben az optimalizálási folyamat elemeiként már bevezetésre kerültek.

3.3.1 Égetés

Az égetés széles körben alkalmazott eljárás, mind a közvetlen fűtésre (mint pl. a cement-, mész-, vagy acélgyártás során) mind közvetett fűtésre (mint pl. a gőzkazán rendszerek hőellátásához vagy a villamos energia termelésben). Az égetéses eljárásokban alkalmazott energiahatékonysági technikákat ezért a vonatkozó ágazati BREF dokumentumok tárgyalják. Egyéb esetekben, mint pl. a kapcsolódó tevékenységek során végzett égetés esetében az LCP BREF dokumentumban a Dokumentum hatálya alfejezet szerint az alábbiak érvényesek:

„...lehetséges adott üzem kisebb egységekkel történő növelése egy nagyobb, 50 MW-ot meghaladó teljesítményű létesítmény kiépítése érdekében. Ez azt jelenti, hogy jelen dokumentum (azaz az LCP BREF) a hagyományos erőművek minden, mechanikai energiát és hőt termelő típusát (kapcsolt hő- és áramtermelő erőművek, távfűtőművek) lefedi.”

17. BAT az égetés energiahatékonyságának optimalizálása a megfelelő technikákkal, amelyek

- adott ágazatra specifikusak, és szerepelnek annak ágazati BREF dokumentumában
- szerepelnek a 3.5 táblázatban.

	Technikák olyan ágazatok és kapcsolódó tevékenységek számára, melyeknél az égetést az ágazati BREF dokumentum nem fedi le				
	A 2006. júliusában megjelent LCP BREF dokumentumban szereplő technikák, tüzelőanyag-típus és alfejezet szerint				Jelen dokumentumban (ENE BREF) szereplő technikák, alfejezetek szerint
	Szén és lignit	Biomassza és tőzeg	Folyékony tüzelőanyagok	Gáznemű tüzelőanyagok	
Lignit előszárítás	4.4.2				
Szén-elgázosítás	4.1.9.1. 4.4.2. 7.1.2.				
Tüzelőanyag szárítás		5.1.2. 5.4.2. 5.4.4.			
Biomassza elgázosítás		5.4.2. 5.4.4.			
Fenyőkéreg préselés				7.1.1.7.1.2. 7.4.1.7.5.1.	
Turboexpanderek, a magasnyomású gázok energiatartalmának hasznosítására	4.5.5. 6.1.8.	5.3.3. 5.5.4.	4.5.5.6.1.8.	7.1.6.7.5.2.	Kapcsolt termelés, ld. 20. BAT pont
Égési körülmények fejlett számítógépes vezérlése a kibocsátások csökkentése és a kazánteljesítmény javítása érdekében	4.2.1. 4.2.1.9. 4.4.3. 4.5.4.	5.5.3.	6.2.1.6.2.1.1. 6.4.2.6.5.3.1.	7.4.2.7.5.2.	
Füstgázok hőjének felhasználása a távfűtésben	4.4.3.				
Alacsony légfelesleg	4.4.3. 4.4.6.	5.4.7.	6.4.2.6.4.5.	7.4.3.	Füstgázok tömegáramának csökkentése a légfelesleg csökkentésével (ld. lejjebb)
Kipufogógáz hőmérsékletének csökkentése	4.4.3.		6.4.2.		A füstgáz hőmérsékletének csökkentése (ld. lejjebb)
A füstgáz alacsony CO tartalma	4.4.3.		6.4.2.		
Hőakkumuláció			6.4.2.	7.4.2.	
Hűtőtorony szennyvize	4.4.3.		6.4.2.		
Különböző hűtési technikák (ld. az Ipari Hűtőrendszerek BREF) dokumentumot)	4.4.3.		6.4.2.		

Tüzelőgáz előmelegítése hulladék hő felhasználásával				7.4.2.	A füstgáz hőmérsékletének csökkentése: <ul style="list-style-type: none"> a tüzelőanyag előmelegítése füstgázokkal. Megjegyzendő, hogy a magas lánghőmérsékletet igénylő eljárások (pl. üveg- vagy cementgyártás) esetében szükségessé válhat a levegő előmelegítése
Égéslevegő előmelegítése				7.4.2.	A füstgáz hőmérsékletének csökkentése: <ul style="list-style-type: none"> füstgázokból hőcserével hőt elvonó levegő előmelegítő beiktatása. Megjegyzendő, hogy a magas lánghőmérsékletet igénylő eljárások (pl. üveg- vagy cementgyártás) esetében szükségessé válhat a levegő előmelegítése
Rekuperátoros és regeneratív égők					Rekuperátoros és regeneratív égők
Égők szabályozása és vezérlése					Égők szabályozása és vezérlése
Tüzelőanyag megválasztása					Vegyük figyelembe, hogy a nem fosszilis tüzelőanyagok használata a fenntarthatóság szempontjából még akkor is jobb megoldás, ha használatuk során az ENE alacsonyabb
Oxigéntüzelés					Oxigéntüzelés
Hővesztések csökkentése szigeteléssel					Hővesztések csökkentése szigeteléssel
Kemenceajtó okozta veszteségek csökkentése					A kemence nyílásain át fellépő veszteségek csökkentése
Fluidágyas égetés	4.1.4.2.	5.2.3.			

3.5 táblázat: Tüzelési technikák az energiahatékonyság javítására

Részletes leírás — Füstgázok tömegáramának csökkentése a légfelesleg csökkentésével

A légfelesleg úgy minimalizálható, hogy a levegő térfogatáramát a tüzelőanyag térfogatáramához igazítjuk, ezt nagymértékben segíti a füstgázok oxigéntartalmának automatizált mérése. Attól függően, hogy a folyamat hőigénye milyen gyorsan változik, a légfelesleg manuálisan illetve automatikusan is vezérelhető. Elégtelen mennyiségű levegő a tűz kialakítását okozhatja, az ezt követő újraindítás és a lángvisszacsapás károkat okozhat a létesítményben. Biztonsági okokból ezért valamennyi felesleges levegőnek mindig kell lennie a rendszerben (gázok esetében általában 1-2%, folyékony tüzelőanyagok esetében pedig 10% légfelesleggel számolhatunk).

Ha a légfelesleg csökken, el nem égett összetevők, pl. széntartalmú részecskék, szén-monoxid és szénhidrogének maradnak vissza, esetleg olyan mennyiségben, amely meghaladja a kibocsátási határértékeket, ez pedig behatárolja az energiahatékonyság javításának

lehetőségeit a légfelesleg csökkentésén keresztül. A gyakorlatban a légfelesleget olyan értékekre állítják be, ahol a kibocsátások még a határértékek alatt maradnak.

A lehetőségeket a nyersgázoknak a légfelesleg csökkentésével kapcsolatos hőmérséklet-növekedése is korlátozza: a túlságosan magas hőmérséklet az egész rendszert károsíthatja. A légfelesleg tényező minimális értékét a kibocsátások adott égő-kialakítás és folyamat melletti fenntarthatósága határozza meg.

Vegyük figyelembe, hogy szilárd hulladékok égetése esetén a légfelesleg növekedni fog, viszont a hulladékégetők kialakítása kimondottan a hulladékégetést szolgálja, ahol a rendszert a hulladékra, mint tüzelőanyagra optimalizálják.

A tüzelőanyag megválasztását gyakran annak költsége határozza meg, ezenkívül a jogszabályok és az egyéb előírások is befolyásolhatják.

A légfelesleg tényező csökkentésével magasabb hőmérséklet érhető el, különösen közvetlen (direkt) tüzelés esetében.

Részletes leírás — A füstgázok hőmérsékletének csökkentése

Az égési folyamatok során fellépő potenciális hőveszteségek csökkentésének egyik lehetséges módja a kéményen át távozó füstgázok hőmérsékletének csökkentése. Ez az alábbi módokon valósítható meg:

- méretezés a maximális teljesítmény figyelembevételével, és kiszámított biztonsági ráhagyással
- a folyamat irányába történő hőátadás fokozása, akár a hőátadás mértékének növelésével (keverődoboz vagy egyéb eszközök alkalmazása a hőcserélő folyadék turbulenciájának fokozására), akár a hőátadó felületek minőségének vagy méretének fokozásával
- hőhasznosítás valamilyen kiegészítő folyamat beiktatásával (pl. gőzfejlesztés tápvíz előmelegítők használata mellett, ld. a 18. BAT pontot), a füstgázok hulladékhőjének hasznosítására
- levegő- vagy víz-előmelegítő beiktatása, illetve előmelegítés a tüzelőanyag és a füstgázok közti hőcserével. Megjegyzendő, hogy a magas lánghőmérsékletet igénylő eljárások (pl. üveg- vagy cementgyártás) esetében szükségessé válhat a levegő előmelegítése. Az előmelegített víz kazánok tápvizeként vagy forróvízes rendszerekben (pl. távfűtésben) is felhasználható
- a magas hőátadási hatékonyság érdekében az olyan hőátadó felületek tisztítása, melyeket az idő előrehaladtával ellep a hamu vagy az elszenesedett részecskék. Korom lefúvók rendszeres használatával a hővezetési zónák tisztán tarthatók. A hőcserélő felületek megtisztítása az égetési zónában rendszerint az átvizsgálás és karbantartás miatti leállások során történik, de egyes esetekben a tisztítás üzemelés közben is elvégezhető (pl. olajfinomítók melegítő rendszerei)
- annak biztosítása, hogy az égetési folyamatból kivett hő lefedi (és nem haladja meg) a hőigényt. A hőtermelés az égő termikus teljesítményének csökkentésével szabályozható, a tüzelőanyag térfogatáramának mérséklésével, pl. folyékony tüzelőanyagok esetében kevésbé erős befecskendező eszközök alkalmazása révén, illetve gáz halmazállapotú tüzelőanyagoknál a betáplálási nyomás csökkentésével.

A füstgáz hőmérsékletének csökkentése esetenként ütközhet a levegőminőségi követelményekkel, pl.:

- az égéslevegő előmelegítésén magasabb láng hőmérsékletre vezet, ami növeli az NO_x képződést, ez pedig a vonatkozó határértékek túllépéséhez vezethet. Egy meglévő tüzelőberendezés átalakítása az égéslevegő előmelegítéséhez nem minden esetben indokolható, a helyigény, a további ventilátorok szükségessége, és —a határértékek túllépése esetén— a NO_x leválasztó rendszer iránti igény miatt. Megjegyzendő, hogy az ammónia vagy karbamid befecskendezésén alapuló NO_x leválasztási módszerek esetében fennáll a veszélye annak, hogy az ammónia bekerül a füstgázokba, márpedig az ammónia leválasztása csak költséges szenzorok és szabályozási kör beépítésével lehetséges, illetve nagyon változatos terhelési mutatók esetében bonyolult befecskendezési rendszerre van szükség az NO_x leválasztásához használt hatóanyag megfelelő hőmérsékleti zónába injektálásához (pl. két befecskendező, különböző szinteken)
- az NO_x és az SO_x leválasztó rendszerekhez hasonló gáztisztító rendszerek csak adott hőmérséklet-tartományban működnek megfelelően. Mikor ezeket a rendszereket a határértékek betartásának érdekében be kell szerelni, a füstgáz-tisztító és hővisszanyerő rendszerek elrendezése bonyolultabb lesz, és a beruházás gazdasági szempontból már nem biztos, hogy indokolható
- egyes esetekben a helyi hatóságok meghatározzák a minimális kémény hőmérsékletet a füstgázok megfelelő eloszlásának és a csóvaképződés megakadályozásának érdekében. Ezt az intézkedést gyakran azért hozzák meg, hogy a létesítmény jó benyomást tegyen, mert a kéményből előtörő füstcsóva azt a látszatot keltheti a lakosságban, hogy az üzem szennyezi a környezetet, míg füstcsóva hiánya tiszta üzemelés benyomását kelti. Bizonyos időjárási körülmények közt egyes üzemek (pl. hulladékégetők) a füstgázokat, mielőtt azok a kéményt elhagynák, földgáz felhasználásával újramelegítik. Ez a gyakorlat energiapocsékolás.

Minél alacsonyabb a füstgáz hőmérséklete, annál jobb az energiahatékonyság. Azt is figyelembe kell venni azonban, hogy a füstgáz hőmérsékletének adott szint alá csökkentése bizonyos hátulütőkkel járhat. Ez különösen akkor válik fontossá, amikor a hőmérséklet a savak harmatpontja alá csökken, mert ilyenkor a fémfelszínek károsodhatnak (a harmatpont az a hőmérséklet, ahol a víz és a kénsav kondenzációja beindul, tipikusan 110 és 170 °C között, az érték főként a tüzelőanyag kéntartalmától függ). Ilyenkor korrózióálló anyagok használhatók. Ezek az olaj-, hulladék- és gáztüzelésű egységekhez rendelkezésre állnak, bár a savas kondenzátum gyűjtést és kezelést igényelhet.

A fentiekben bemutatott stratégiák, a hőátadó felületek rendszeres tisztításától eltekintve, járulékos beruházást igényelnek, legjobb a vonatkozó berendezéseket már a létesítmény tervezése és létrehozása során beépíteni. Ugyanakkor a már meglévő létesítmények átalakítása is lehetséges, ha ehhez elegendő hely áll rendelkezésre.

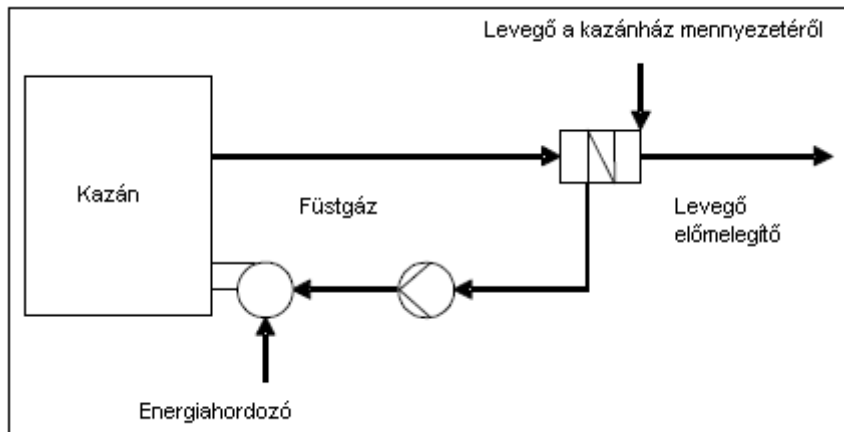
Egyes esetekben az alkalmazási lehetőségek a folyamat bemeneti hőmérséklete és a véggáz hőmérséklete közt fennálló különbségek miatt korlátozottak lehetnek. A különbség számszerű értékét az energiahasznosítás és a berendezések költségei közti kompromisszum határozza meg.

A hővisszanyerés mindig a megfelelő felhasználási lehetőség meglététől függ.

A beruházás 5 éven belül megtérülhet, de a megtérülés akár 50 évet is igénybe vehet, ez sok tényező függvénye, mint pl. a létesítmény mérete vagy a füstgázok hőmérséklete.

Részletes leírás — Előmelegítők beépítése (vízhez vagy levegőhöz)

A tápvíz-előmelegítő mellett (ld. a 18. BAT pontot) levegő előmelegítő (levegő-levegő hőcserélő) is alkalmazható. A levegő előmelegítő a kemencébe áramló levegőt melegíti fel. Ez azzal jár, hogy a füstgázok még nagyobb mértékben lehűthetők, mivel a levegő hőmérséklete gyakran a környezet hőmérsékletével egyezik meg. A magasabb léghőmérséklet javítja az égetést, a kazán általános hatékonysága pedig megnő. Általánosságban a füstgáz hőmérsékletének minden 20 °C-os emelkedése 1%-kal növeli hatékonyságot. A levegő előmelegítést alkalmazó égetési rendszer látható a 3.16. ábrán.



3.16 ábra: Levegő előmelegítést alkalmazó égetési rendszer sematikus ábrája

Az előmelegítés kevésbé hatékony de egyszerűbb módja lehet az égő levegőellátó rendszerének beszívó nyílását a kazánház mennyezetén elhelyezni, ahol a levegő általában 10-20 °C-kal melegebb, mint a külső hőmérséklet. Ez a megoldás részben pótolhatja a hatékonysági veszteségeket.

Egy másik megoldásban a levegőt csöves hőcserélőben vezetik az égőhöz. A füstgázok a belső csövön át hagyják el a kazánházat, míg az égéslevegő a külső csőben áramlik, így a füstgázok hővesztesége előmelegíti a levegőt.

Alternatíva lehet még levegő-víz hőcserélő beépítése is.

Az előmelegítő a hatékonyságot 3-5%-kal növelheti.

A levegő előmelegítő további előnyei:

- a meleg levegő száraz tüzelőanyaghoz is használható, különösen a szén vagy a szerves tüzelőanyagok esetében
- ha az előmelegítést, mint lehetőséget már a tervezés során figyelembe veszik, kisebb kazán is elegendő
- az előmelegítő rendszer a nyersanyagok előmelegítésére is használható.

A levegő előmelegítő rendszerhez ugyanakkor kapcsolódnak bizonyos gyakorlati hátrányok is, melyek gyakran megakadályozzák a rendszer beépítését:

- a levegő előmelegítő egy gáz-gáz hőcserélő, ezért helyigénye nagy. A hőcsere hatásfoka kisebb, mint gáz-víz hőcserélők esetében
- a füstgázok nagyobb nyomásesése miatt az égő ventilátorának nagyobb nyomást kell biztosítania
- az égőnek biztosítania kell a rendszer előmelegített levegőhöz jutását. A meleg levegő térfogata nagyobb, ami a lángstabilitás szempontjából problémákat okoz
- a magasabb lánghőmérséklet nagyobb NO_x kibocsátásokat okozhat.

Az égők előmelegített levegővel való ellátása hatással van a kazánban jelentkező, füstgázok által képviselt veszteségekre.

A füstgázvesztéseket rendszerint a Siegert képlettel határozzák meg:

$$W_L = \frac{H_g}{H_f} = c \frac{T_{gáz} - T_{lev}}{\%CO_2}$$

3.1 egyenlet

Ahol

- W_L = füstgáz-vesztések az égési érték %-ában (%)
- c = Siegert együttható
- $T_{gáz}$ = füstgáz mért hőmérséklete (°C)
- T_{lev} = betáplált levegő hőmérséklete (°C)
- $\%CO_2$ = a füstgázok mért CO₂ koncentrációja, százalékban kifejezve

A Siegert együttható a füstgázok hőmérsékletétől, a CO₂ koncentrációtól és a tüzelőanyag típusától függ. A különböző értékeket az alábbi táblázat mutatja be:

Tüzelőanyag típusa	Siegert együttható
Antracit	$0,6459 + 0,0000220 \times t_{gáz} + 0,00473 \times CO_2$
Nehézolaj	$0,5374 + 0,0000181 \times t_{gáz} + 0,00717 \times CO_2$
Benzin	$0,5076 + 0,0000171 \times t_{gáz} + 0,00774 \times CO_2$
Földgáz (alacsony fűtőértékű)	$0,385 + 0,00870 \times CO_2$
Földgáz (magas fűtőértékű)	$0,390 + 0,00860 \times CO_2$

3.6 táblázat: A Siegert együttható kiszámítása különböző tüzelőanyagokra

Példa: egy jó minőségű földgázzal fűtött gőzkazán az alábbi füstgáz jellemzőkkel rendelkezik: $t_{gáz} = 240$ °C, $CO_2 = 9,8\%$. A betáplált levegőt előmelegítéséhez a levegőt a kazánház mennyezeténél veszik. Előzőleg a betáplált levegő hőmérséklete megegyezett a külső hőmérséklettel.

Az átlagos külső hőmérséklet 10 °C, míg az évi átlaghőmérséklet a kazánház mennyezetének közelében 30 °C.

A Siegert együttható ebben az esetben: $0,390 + 0,00860 \times 9,8 = 0,4743$

Az előmelegítés bevezetése előtt a füstgázok okozta veszteség:

$$W_R = 0.4743 \times \frac{240 - 10}{9.8} = 11.1\% \text{ volt.}$$

Az előmelegítés bevezetése után ez:

$$W_R = 0.4743 \times \frac{240 - 30}{9.8} = 10.2\% \text{ értékre módosult.}$$

Ez az érték a hatékonyság 0,9%-os javulását jelzi, melyet egyszerű módszerekkel, pl. a levegő bevezetés helyének módosításával lehet elérni.

A levegő előmelegítés bevezetése új kazánok esetében lehet költséghatékony megoldás. A levegőellátás módosítása, vagy a levegő előmelegítő beszerelése gyakran technikai vagy tűzbiztonsági akadályokba ütközik. A levegő előmelegítés utólagos bevezetése már meglévő kazán mellé gyakran túlságosan bonyolult, és hatékonysága korlátozott.

A levegő előmelegítők gáz-gáz hőcserélők, melyek kialakítása a hőmérséklet-tartománytól függ. A levegő előmelegítése atmoszferikus égők esetében nem lehetséges.

Az előmelegített víz kazánok tápvizeként vagy forró vizes rendszerekben (pl. távfűtésben) hasznosítható.

A gyakorlatban az égéslevegő előmelegítésével az előállított gőztérfogat több százalékának megfelelő megtakarítások érhetők el, ld. a 3.7 táblázatot. Emiatt az energia-megtakarítás még kisebb kazánok esetében is elérheti az évi több GWh értéket. Egy 15 wattos kazán esetében az éves megtakarítás nagyjából 2 GWh, azaz kb. 30 000 EUR/év, és évente körülbelül 400 tonnával kevesebb CO₂ kerül a levegőbe.

	Mértékegység	Érték
Energia-megtakarítás	MWh/év	Több ezer
CO ₂ csökkenés	t/év	Több száz
Megtakarítás EUR-ban	EUR/év	Több tízezer
Üzemórák éves száma	ó/év	8 700

3.7 táblázat: Az égéslevegő előmelegítésével elérhető lehetséges megtakarítások

Részletes leírás — Égők szabályozása és vezérlése

Az automatikus égőszabályozás és vezérlés segítségével az égetés a tüzelőanyag-áram, a légáram, a füstgázok oxigénszintje és a hőigény folyamatos mérésének alapján vezérelhető (ld. még a 14. és 17. BAT pontokat.).

Az égők szabályozásával és vezérlésével a légfelhasználás csökkentésén és a tüzelőanyag-felhasználás optimalizálásán keresztül energiát takaríthatunk meg, mert így optimalizálható a kiégetés, és az égetés csak annyi hőt termel, amennyi az adott folyamathoz szükséges. A technika ezenkívül felhasználható az NO_x keletkezésének minimalizálására is az égetés során. Az égők szabályozása és vezérlése beüzemelési időszakot igényel, melynek során az automatikus vezérlést időszakonként újrakalibrálják. A szabályozást és vezérlést széles

körben alkalmazzák, a megoldás költséghatékony, a tüzelőanyag szempontjából költségtakarékos, a megtérülés pedig a létesítménytől függ.

Részletes leírás — Oxigéntüzelés (oxyfuel technológia, égetés oxigén-légkörben)

Az eljárás során a légköri levegő helyett oxigént használnak, melyet a levegőből vagy helyben vonnak ki, vagy pedig, az általánosabban használt megoldásban, nagy tételben szállítják a létesítménybe.

A technika használatának számos környezeti előnye van:

- a megnövelt oxigéntartalom miatt emelkedik az égetési hőmérséklet, megnövekszik a folyamat felé történő energiaátadás, melynek révén a kiégetetlen üzemanyag mennyisége csökken —az energiahatékonyság tehát javul— miközben a NO_x kibocsátások is csökkennek
- mivel a levegőt egyébként 80%-ban nitrogén alkotja, az oxigéntartalom növelése csökkenti a gázok tömegáramát, ezáltal pedig a későbbiekben a füstgázok tömegáramát is
- a NO_x kibocsátások mennyisége szintén csökken, hiszen a nitrogén mennyisége az égéstérben jelentősen alacsonyabb
- a füstgázok tömegáramának csökkenése kisebb méretű, emiatt alacsonyabb energiafogyasztású véggáz-kezelő rendszer alkalmazását teszi lehetővé, pl. a NO_x gázok (ahol erre még szükség van) vagy a por stb. kezelésére
- ahol az oxigént helyben állítják elő, a levegőből leválasztott nitrogén felhasználható, pl. légkeverésre és/vagy olyan kemencék inert égéslevegőjének biztosítására, ahol egyébként oxidációs folyamatok zajlanának le (mint amilyenek pl. a pirofóros reakciók a színesfém iparban)
- a jövőben előnnyel járhat a gázok mennyiségének csökkenése (és a magas CO_2 koncentráció), ami megkönnyítené a CO_2 leválasztását és megkötését, illetve valószínűleg csökkentené az ilyen folyamatok energiaigényét.

A levegőből származó oxigén kinyerése jelentős energiaigénnyel jár, amit az energiával kapcsolatos számítások során figyelembe kell venni.

Az üvegiparban az üvegolvasztási kapacitások, üvegfajták és üvegolvasztó kemencék széles választékával találkozhatunk. Az oxigéntüzelésre való áttérés (pl. a rekuperációs kemencék alkalmazásáról aránylag kisméretű, speciális üvegeket előállító kemencék használatára) számos esetben az átfogó energiahatékonyság javulását eredményezi (figyelembe véve természetesen az oxigén előállításához szükséges elsődleges energia-ekvivalenst is) Más esetekben viszont az oxigén előállításához szükséges energia annyi, sőt, több, mint a megtakarított energia. Ez különösen akkor jellemző, amikor az oxigéntüzelésű üvegolvasztó kemencék átfogó energiahatékonyságát a nagy tételben csomagolóüveget előállító U lángú kemencékével hasonlítjuk össze. Az oxigéntüzelésű üvegolvasztó kemencék további várható fejlődése ugyanakkor várhatóan az energiahatékonyság javulásával jár majd a közeljövőben. Az energia-megtakarítás nem minden esetben fedezi az oxigén beszerzésének költségeit.

A tiszta oxigénáram esetében fokozottabb a robbanásveszély, mint a levegőáramnál, ezért speciális biztonsági intézkedésekkel kell számolni.

Az oxigén kezelése további biztonsági óvintézkedéseket követel meg, mert az oxigént szállító csővezetékek nagyon alacsony hőmérsékleten üzemelnek.

Az oxigéntüzelést nem minden ágazat használja kiterjedten. Az üvegyiparban a gyártók a hőmérsékletet az üvegolvasztó kemencék égésterében próbálják meg az alkalmazott tüzálló anyagoknak, illetve a megkívánt minőségű üveg olvasztásának megfelelően szabályozni. Az oxigéntüzelésre való átállás általában nem jár a kemence-hőmérséklet emelkedésével (a hőálló falazat vagy az üveg hőmérsékletét tekintve), de javíthatja a hőátadást. Oxigéntüzelés esetében a kemence-hőmérséklet szigorúbb szabályozása válhat szükségessé, de a hőmérséklet nem lesz magasabb, mint a levegőtüzeléses kemencékben (a legmagasabb láng hőmérséklet emelkedhet).

Az oxigén beszerzési ára magas, helyszíni előállítása pedig nagy mennyiségű villamos energiát igényel. A levegő-szétválasztó egység létrehozása jelentős beruházást igényel, amely alapvetően meghatározza az oxigéntüzelés költséghatékonyságát.

A kevesebb füstgáz miatt kisebb füstgázkezelő rendszer is elégséges, pl. az NO_x kezelése miatt. Ez az előny azonban csak új létesítmények esetében érvényesül, vagy ott, ahol hulladékkezelő üzemek létrehozását vagy cseréjét tervezik.

Részletes leírás — Hővesztések csökkentése szigeteléssel

Az égetési rendszer falain át fellépő hővesztéseket a csövek átmérője és a szigetelés vastagsága határozza meg. Minden esetben specifikusan meg kell határozni azt az optimális szigetelőanyag-vastagságot, amely megfelel mind az energiafogyasztás, mind a gazdaságosság követelményeinek.

A hatékony, falakon át fellépő hővesztéseket a minimumon tartó hőszigetelést általában a létesítmény kialakításakor hozzák létre. A szigetelőanyag azonban az idő előrehaladtával elhasználódik, ezért a karbantartási programok részeként elvégzett ellenőrzések nyomán ki kell cserélni. Az infravörös képalkotást felhasználó egyes technológiák jól használhatók a szigetelés sérüléseinek kívülről történő felderítésében, a tüzelőberendezés működése közben, így a leállások alatti javítások előre tervezhetők. A technikával energia takarítható meg.

A rendszeres karbantartás és az időszakonként elvégzett ellenőrzés fontos annak kiderítéséhez, hogy vannak-e rejtett (szigetelés alatti) szivárgások. Alacsony nyomású rendszerekben a szivárgás megnövelheti a rendszerben lévő gáz mennyiségét, és ennek következményeként a ventilátorok villamos energia igényét.

A rendszer szigeteletlen részei ezenkívül balesetveszélyesek is lehetnek, ott ahol

- az üzemeltető érintkezésbe kerülhet a szigeteletlen résszel
- a hőmérséklet meghaladja az 50 °C-ot.

A szigetelés költsége alacsony, főleg ha a leállások alatt végzik el. A szigetelés javítása munkaidény alatt is elvégezhető.

Részletes leírás — A kemence nyílásain át fellépő veszteségek csökkentése

A sugárzási veszteségek a kemence táplálására/ürítésére szolgáló nyílásokon is felléphetnek. Ez az 500 °C felett üzemelő kemencék esetében különösen jelentős lehet. A nyílások magukban foglalják a kemencék füstcsöveit és kéményeit, a folyamatok vizuális ellenőrzésére szolgáló kémlelőnyílásokat, a túlméretes töltetek befogadása kedvéért részlegesen nyitva hagyott ajtókat, illetve az anyagok és/vagy tüzelőanyagok betáplálásának és kiürítésének idejére kinyitott ajtókat.

A veszteségek különösen nyilvánvalóak az infravörös kamerákkal készített felvételeken. A kialakítás javításával az ajtóknál és kémlelőnyílásoknál fellépő veszteségek minimalizálhatók.

3.3.2 Gőzrendszerek

A gőz széles körben használt közvetítő közeg, mert nem toxikus, stabil, olcsó, nagy a hőkapacitása és sokoldalúan felhasználható. A gőzhasználat hatékonyságát gyakran nem veszik figyelembe, mivel nem mérhető olyan könnyen, mint a kazánok termikus hatékonysága. A gőzhasználat hatékonyságát az 5. BAT pontban bemutatott eszközökkel lehet mérni, a megfelelő monitoringgal egybekötve (ld. a 16. BAT pontot)

18. BAT a gőzrendszerekhez, az energiahatékonyság optimalizálása az alábbi technikák alkalmazásával:

- az ágazati BREF dokumentumokban bemutatott ágazat-specifikus technikák
- a 3.8 táblázatban szereplő technikák

Technikák az olyan szektorokhoz és kapcsolódó tevékenységekhez, ahol a gőzrendszereket a vertikális BREF dokumentum nem fedi le		
ENE BREF dokumentumban szereplő technikák		
	<i>Előnyök</i>	<i>Cím/referencia</i>
TERVEZÉS		
Energiahatékonyságra törekvő tervezés és a gőzelosztó csőrendszer ennek megfelelő kialakítása	Energia-megtakarítások optimalizálása	Energiahatékony tervezés
Fojtás és ellennyomású turbinák használata	Alacsony nyomású folyamatokhoz a gőznyomás csökkentésének hatékonyabb módja. Akkor használható, ha a méret és a gazdaságosság indokolja a turbina használatát.	
ÜZEMELTETÉS ÉS VEZÉRLÉS		
Üzemeltetési eljárások és kazánvezérlés javítása	Energia-megtakarítások optimalizálása	Üzemeltetési és vezérlési technikák
Szekvenciális kazánvezérlés (csak olyan létesítményekre vonatkozik, ahol egynél több kazánt használnak)	Energia-megtakarítások optimalizálása	Üzemeltetési és vezérlési technikák
Füstgázszelep beépítése (csak olyan létesítményekre vonatkozik, ahol egynél több kazánt használnak)	Energia-megtakarítások optimalizálása	Üzemeltetési és vezérlési technikák
GŐZTERMEELÉS		
Előmelegített tápvíz használata az alábbiak segítségével: <ul style="list-style-type: none"> • hulladékhő, pl. valamilyen folyamatból • égéslevegőt felhasználó tápvíz-előmelegítők • a sztrippelés során használt gőz kondenzálása és a gáztalanító felé áramló tápvíz melegítése, hőcserélővel 	A véggázok hasznosítható hőjének visszanyerése és visszajuttatása a rendszerbe, a tápvíz melegítésén keresztül	Tápvíz előmelegítése (ideértve a tápvíz előmelegítők használatát is) Ld. még a 17. BAT pont vonatkozó részeit

A hőcserélő felületeken keletkező kazánkö lerakódások megelőzése és eltávolítása (A kazán hőátadó felületeinek tisztántartása)	Hőátadás javítása a véggázok és a gőz közt	A hőcserélő felületeken keletkező kazánkö lerakódások megelőzése és eltávolítása
Lefűtás nyomán fellépő veszteségek csökkentése, a vízelőkezelés javításával. Automatizált „összes oldott anyag” ellenőrzés beépítése	Az összes oldott anyag mennyiségének csökkentése a tápvízben, ezáltal csökken a lefűtás iránti igény, tehát alacsonyabb az energiaveszteség	Lefűtás nyomán fellépő veszteségek csökkentése
Hőálló réteg kialakítása/helyreállítása a kazánban	A kazán hőveszteségeinek csökkentése, kazán hatékonyságának javítása	Ld. a 17. BAT pontot Karbantartás
A gáztalanító nyílás méretének optimalizálása	Elkerülhető gőzveszteségek minimalizálása	A gáztalanító nyílás méretének optimalizálása
A kazánok "rövidre zárás" okozta veszteségeinek minimalizálása ("rövidre zárás" : túlságosan nagyteljesítményű kazán a rendszer hőigényét hamar kielégíti, majd leáll)	Energia-megtakarítások optimalizálása	A kazánok "rövidre zárás" okozta veszteségeinek minimalizálása
Kazánok karbantartása		Karbantartás (Ld. a 15. BAT pontot)
GŐZELOSZTÓ RENDSZEREK		
Gőzelosztó rendszerek optimalizálása (az alábbiakban felsoroltakra különös tekintettel)		Karbantartás és gőzelosztó rendszerek optimalizálása
Annak megakadályozása, hogy a gőz a használaton kívüli csövekbe jusson	Elkerülhető gőzveszteségek minimalizálása és a gőzelvezetésből származó illetve berendezések felszínén jelentkező veszteségek csökkentése	Gőzelosztó rendszerek optimalizálása
Gőzcsövek és visszatérő vezetékek szigetelése (Megfelelő szigetelés biztosítása a gőzrendszer csöveinél, a szelepeknél, a szerelvényeknél és a tartályoknál)	Gőzelvezetésből származó illetve berendezések felszínén jelentkező veszteségek csökkentése	Gőzcsövek és visszatérő vezetékek szigetelése, Eltávolítható szigetelő tömítések, illetve szelepek és szerelvények alkalmazása
Kondenzvíz leválasztók ellenőrzési és javítási programja	A gőz bejutásának megakadályozása a kondenzrendszerbe, ezáltal a végfelhasználónak tekintett hőátadó berendezés üzemelési hatékonyságának javítása. Elkerülhető gőzveszteségek minimalizálása	Kondenzvíz leválasztók (gőzcsapdák) vezérlési és javítási programja
GŐZVISSZANYERÉS		
A kondenzvíz összegyűjtése és visszavezetése, újrafelhasználásra (Kondenzvíz visszanyerés optimalizálása)	A kondenzvíz termikus energiájának visszanyerése, a vízpótlás csökkentése, energia-megtakarítás, kevesebb kémiai vízkezelés	A kondenzvíz összegyűjtése és visszavezetése a kazánba, újrafelhasználásra

A nedves gőz újrafelhasználása. (Alacsony nyomású gőz előállítás magas nyomású kondenzvízből)	A visszatérő kondenzvíz hasznosítható energiájának kihasználása	A nedves gőz újrafelhasználása		
Energiavisszanyerés a lefűvátás során	A lefűvátáshoz használt gőz hasznosítható energiájának visszavezetése a rendszerbe, ezáltal csökkentve az energiaveszteséget	Energiavisszanyerés a lefűvátás során		
A 2006. júliusi LCP BREF dokumentumban bemutatott technikák tüzelőanyag-típus és alfejezet szerint				
	<i>Szén és lignit</i>	<i>Biomassza és tőzeg</i>	<i>Folyékony tüzelőanyagok</i>	<i>Gáz halmazállapotú tüzelőanyagok</i>
Turboexpanderek, a magasnyomású gázok energiataralmának hasznosítására				7.4.1. 7.5.1.
Turbinalapátok cseréje	4.4.3.	5.4.4.	6.4.2.	
Modern anyagok használata a magas gőzparaméterek eléréséhez	4.4.3.		6.4.2.	7.4.2.
Szuperkritikus gőzparaméterek	4.4.3., 4.5.5.		6.4.2.	7.1.4.
Újrahevítés	4.4.3., 4.5.5.		6.4.2., 6.5.3.1.	7.1.4., 7.4.2., 7.5.2.
Regenerációból származó tápvíz	4.2.3., 4.4.3.	5.4.4.	6.4.2.	7.4.2.
Füstgázok hőjének felhasználása a távfűtésben	4.4.3.			
Hőfelhalmozás			6.4.2.	7.4.2.
A gázturbina és az utána következő hőhasznosító kazánok modern, számítógépes vezérlése				7.4.2.

3.8 táblázat: Energiahatékonyság javítását szolgáló technikák a gőzrendszerek esetében

Részletes leírás — Üzemeltetési és vezérlési technikák

Az üzemeltetési eljárások és a kazánvezérlés javítása

A 3.17 ábra egy, a kazánhasználatot optimalizáló modern vezérlő rendszert mutat be. Az ilyen vezérlési rendszereket a 7. BAT pont vonatkozó alfejezete részletezi.

Szekvenciális kazánvezérlés

Amikor a létesítményben egynél több kazán üzemel, elemezni kell a gőzigényt, és a kazánokat optimális energiafelhasználás mellett kell használni, pl. "rövidre zárás" csökkentése stb.

Füstgázszelepek beépítése (csak olyan rendszerekre vonatkozik, ahol egynél több kazánt használnak, közös kéménnyel)

Az egynél több kazánt üzemeltető létesítmények esetében feltételezhető, hogy a létesítménynek változó igényeknek kell megfelelnie a munkaciklus során. Az igény-görbének, a ciklusidőnek stb. megfelelően a kazánok különböző típusúak lehetnek.

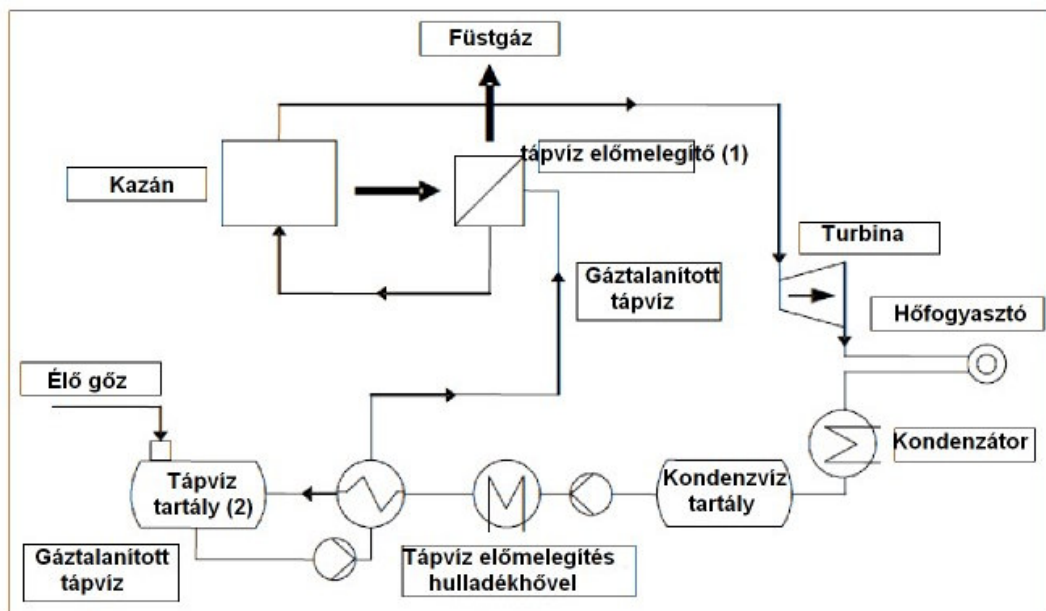
Amikor garantálni kell, hogy a gőz mindig rendelkezésre álljon, a kaszkádkazánok alkalmazhatósága korlátozott lehet.

Részletes leírás — Tápvíz előmelegítése (ideértve a tápvíz előmelegítők használatát is)

A gáztalanítóból a kazánba általában körülbelül 105 °C-s hőmérsékleten tér vissza a víz. A kazánban lévő, magasabb nyomású víznek a hőmérséklete is magasabb. A gőzkazánba a rendszerveszteségek pótlására, a kondenzvíz hasznosítására stb. tápvizet vezetnek. A tápvíz előmelegítésével hőt hasznosíthatunk, ezáltal csökkentve a gőzkazán tüzelőanyag-igényét.

A tápvíz előmelegítés négyféle módon oldható meg:

- hulladékhő hasznosítása (pl. valamilyen folyamatból): a tápvíz a rendelkezésre álló hulladékhővel melegíthető, pl. víz/víz hőcserélő segítségével
- tápvíz előmelegítő alkalmazása: a tápvíz előmelegítő (a 3.17. ábrán az 1. szám jelöli) egy olyan hőcserélő, amely a füstgázok hőjét a beérkező tápvízbe vezetve csökkenti a gőzkazán tüzelőanyag igényét
- légtelenített tápvíz használata: ezen kívül a kondenzvíz légtelenített tápvízzel előmelegíthető, mielőtt a (3.17. ábrán a 2. számmal jelölt) tápvíz tartályba ér. A kondenzvíz tartályból (3.17/3) érkező víz hőmérséklete alacsonyabb, mint a tápvíz-tartályból (3.17/2) áramló légtelenített tápvízé. Egy hőcserélő segítségével a légtelenített tápvíz tovább hűthető, az innen származó hő pedig a kondenzvízbe vezethető. Ennek eredményeként a tápvíz-szivattyú által továbbított, légtelenített tápvíz hidegebb, mikor a tápvíz előmelegítőn (3.17/1) keresztülráramlik. A tápvíz előmelegítő hatékonysága ezáltal megnő (hiszen a hőmérséklet-különbség nagyobb), a füstgázok hőmérséklete, azaz a füstgázok okozta energiaveszteség pedig csökken. A rendszer összességében nagynyomású gőzt takarít meg, mivel a tápvíz a tápvíz-tartályban melegebb, tehát a gáztalanításhoz kevesebb nagynyomású gőz szükséges.



3.17 ábra: Tápvíz előmelegítése

- hőcserélő beiktatása a gáztalanítóba érkező tápvízáramba, és a tápvíz előmelegítése a sztrippeléshez használt gőz kondenzálásával (ld. lejjebb, a gáztalanításról szóló alfejezetet).

Ezek az intézkedések növelhetik az átfogó hatékonyságot, azaz adott mennyiségű gőz előállításához kevesebb energiára lesz szükség.

Az elérhető energiahasznosítás a füstgázok (vagy a főfolyamat) hőmérsékletétől, a hőcserélő felszín megválasztásától, illetve nagymértékben a gőznyomástól függ.

Széles körben elfogadott megfigyelés, hogy a tápvíz-előmelegítő a gőzfejlesztés hatékonyságát 4%-kal növelheti. A tápvíz-előmelegítő folyamatos működéséhez a vízellátást szabályozni kell.

A gyártók leírásai szerint a legtöbb tápvíz-előmelegítő névleges kimenő teljesítménye 0.5 MW. A bordáscsöves megoldású tápvíz-előmelegítőket 2 MW-os névleges kimenő teljesítményig használják, míg a bordázott csöveket 2 MW feletti névleges kimenő teljesítménynél alkalmazzák. 2 MW feletti teljesítményeknél a kiszállított nagyméretű csöves kazánok 80%-át tápvíz-előmelegítővel szerelik fel, mert ez még egyműszakos üzemelés mellett (60-70%-os rendszerterhelésnél) is megéri.

A füstgázok hőmérséklete a telített gőz hőmérsékletét rendszerint kb. 70 °C-kal haladja meg. A szabványos ipari gőzgenerátorok füstgázának hőmérséklete 180 °C körül van. A füstgáz hőmérsékletének alsó határát a benne található savak harmatpontja szabja meg. A hőmérséklet a felhasznált tüzelőanyagtól és/vagy a tüzelőanyag kéntartalmától függ (nehézzolaj esetében ez kb. 160 °C, könnyűolaj esetében 130 °C, földgáznál 100 °C, szilárd hulladéknál pedig 110 °C). Fűtőolajjal fűtött kazánokban könnyebben fellép a korrózió, ezért itt a tápvíz-előmelegítőt eleve úgy kell megtervezni, hogy egy része cserélhető legyen. Ha a füstgáz hőmérséklete jelentősen a harmatpont alá csökken, a tápvíz-előmelegítők használata korrózióhoz vezethet, ami rendszerint akkor lép fel, ha a tüzelőanyag jelentős mennyiségű ként tartalmaz.

Hacsak az üzemeltető nem tesz különleges lépéseket, a kéményben ezen a hőmérsékleten lerakódik a korom, ezért a tápvíz-előmelegítőket gyakran elkerülő szelep vezérlővel látják el. Ha a kéményben a füstgázok hőmérséklete túlságosan lecsökken, a füstgázok egy része az elkerülő szelepen keresztül a tápvíz-előmelegítő mellett elhaladva közvetlenül kerül a kéménybe.

Annak az elvnek az alapján, mely szerint a füstgáz hőmérsékletének 20 °C-os csökkenése a hatékonyságot 1%-kal emeli, a gőz hőmérsékletétől és a hőcserélő okozta hőmérséklet-csökkenéstől függően a hatékonyság akár 6-7%-kal is nőhet. A melegítendő tápvíz hőmérséklete a tápvíz-előmelegítőben tipikusan 103 °C-ról kb. 140 °C-ra emelkedik.

Egyes, már meglévő üzemekben a tápvíz-előmelegítő rendszerek beintegrálása problémákat okozhat. A gyakorlat a tápvíz-előmelegítést légtelenített tápvíz esetében ritkán alkalmazza.

Nagy mennyiségű terméket előállító üzemek esetében a tápvíz-előmelegítő használata szabvány megoldásnak számít. Ebben az összefüggésben viszont a hőmérséklet-különbség növelésével a tápvíz-előmelegítő hatékonysága akár 1%-kal is javítható. A legtöbb létesítményben más folyamatok hulladék hőjének felhasználása szintén lehetséges, ez a megoldás a kisebb kapacitású üzemekben is alkalmazható lenne.

A tápvíz-előmelegítő használatával megtakarítható energia mennyisége számos körülménytől függ, mint pl. a helyi rendszerkövetelményektől, a kémény állapotától vagy a füstgáz minőségétől. Adott gőzelosztó rendszer megtérülése az üzemórák számától, a tüzelőanyag mindenkori árától és a helyszíntől függ.

A gyakorlatban a tápvíz előmelegítése az előállított gőztérfogatra számítva több százaléknyi megtakarítással járhat. Emiatt az energia-megtakarítás értéke még kisebb kazánok esetében is elérheti az évi több GWh-t. Egy 15 MW-os kazánál például az éves megtakarítás nagyjából 5 GWh, azaz kb. 60 000 EUR, és évente 1 000 tonna CO₂ köthető meg. Ezek az értékek az üzem méretével arányosak, ami azt jelenti, hogy nagyobb üzemek esetében nagyobbak lesznek a megtakarítások is.

A kazán füstgázai gyakran 100-150 °C-kal magasabb hőmérsékleten kerülnek a kéménybe, mint az előállított gőz hőmérséklete. Általánosságban a füstgáz hőmérsékletének minden 40 °C-os csökkentése 1%-kal növeli a kazán hatékonyságát. A hulladékhő hasznosításával a tápvíz-előmelegítő használata a tüzelőanyag szükségletet 5-10%-kal is csökkentheti, így a befektetés kevesebb mint 2 év alatt megtérül. A 3.9 táblázat a hőhasznosításban rejlő lehetőségeket mutatja be.

Kazánok füstgázaiból hasznosítható hő körülbelüli mennyisége				
Kiindulási füstgázhőmérséklet a kéményben, °C	Hasznosítható hő (kW)			
	Kazán termikus kimenő teljesítmény (kW)			
	7 322	14 640	29 290	58 550
205	381	762	1 552	3 105
260	674	1 347	2 694	5 389
315	967	1 904	3 807	7 644

3.9 táblázat: Földgáz tüzelőanyag alapján, 15% légfelesleg mellett, vég hőmérséklet a kéményben a 120 °C

Részletes leírás — A hőcserélő felületeken keletkező kazánkö lerakódások megelőzése és eltávolítása

A gőzfejlesztő kazánokban és a hőcserélő csövekben egyaránt kazánkö lerakódások jelentkezhetnek a hőcserélő felületeken. Ez a lerakódás-típus akkor jelenik meg, mikor a kazánvízben lévő oldható anyag reakcióba lép, és lerakódás réteget hoz létre a kazán hőcserélő csöveinek vízzel érintkező felületein.

A kazánkö azért okoz problémát, mert rendszerint legalább egy nagyságrenddel kisebb a hővezető képessége, mint a tiszta acélfelületé. Mikor a hőcserélő felületen az adott összetételű lerakódás-réteg elér egy bizonyos vastagságot, a hőátadás a felületen a lerakódás vastagságától függően lecsökken. Emiatt még a kisebb lerakódások is képesek hatékony hőszigetelőként működni, ennek következményeként pedig csökkenteni a hőátadást. Ennek eredményeként a kazán csöveinek anyaga túlhevül, a cső működésében zavar áll be, és az energiahatékonyság csökken. A lerakódás eltávolításával könnyen érhetünk el megtakarításokat az energiafelhasználásban és az éves működési költségekben.

A kazánkö miatti felesleges tüzelőanyag-használat vízcsöves kazánoknál elérheti a 2%-ot, tűzcsöves kazánoknál pedig akár az 5%-ot is.

A kazán szintjén a kazánkö lerakódások eltávolítása jelentős energia-megtakarítással járhat.

A 3.10 táblázat a hőcserélő felületen kialakuló kazánkö lerakódás nyomán fellépő hőátadási veszteségeket mutatja be:

Kazánkö réteg vastagsága (mm)	Hőátadásban mért különbség ¹⁹ (%)
0,1	1,0
0,3	2,9
0,5	4,7
1	9,0

3.10 táblázat: Hőátadási különbségek

Ha a tápvizet a kazánkö lerakódások elkerülése érdekében kezelik, nőhet a vegyianyag-felhasználás.

A kazánkö lerakódások eltávolítása idején a kazán nem működhet.

A kazánkö lerakódás eltávolításának illetve megelőzésének különböző módszerei ismertek:

- ha csökken a nyomás, a hőmérséklet szintén alacsonyabb lesz, ami csökkenti a kazánkö lerakódást, ez az egyik oka annak, hogy miért kell a gőznyomást a lehető legalacsonyabban tartani
- a kazánkö eltávolítható a karbantartás alatt is, akár mechanikai úton, akár savas tisztítással
- ha a lerakódás rövid időn belül ismét megjelenik, át kell gondolni a tápvíz-kezelés módszerét, lehetséges, hogy jobb tisztításra vagy extra adalékanyagokra van szükség.

A kazánkö lerakódás megjelenésének közvetett indikátora a füstgáz hőmérséklete. Ha a füstgáz hőmérséklete emelkedik (miközben a kazán terhelése és a légfelesleg állandó) ez valószínűleg a kazánkö jelenlétének következménye.

A kazánkö eltávolításának szükségessége a karbantartás alatt egyszerű szemrevételezéssel ellenőrizhető. Általánosságban elmondható, hogy magas nyomású (50 bar) berendezéseknél a megfelelő hatást évente több karbantartás biztosítja. Alacsony nyomású berendezésekben (2 bar) az évente végzett karbantartás ajánlható.

A kazánkö lerakódás a vízminőség javításával elkerülhető (pl. áttérés lágy vagy ioncserélt víz használatára). A lerakódások eltávolítására végzett savas kezelést gondosan meg kell fontolni, különösen magas nyomású gőzkazánokban.

¹⁹Az itt szereplő értékeket acélcsőves kazánban végbemenő hőátadásra határozták meg. A hőátadás a füstgázoktól a tápvíz felé értendő. A számítások feltételezik, hogy a lerakódás jellemzői nem változnak.

A kazánkó probléma kezelésének gazdaságossága módszertől, illetve más tényezőktől függően (mint amilyen pl. a nyers tápvíz kémiai tulajdonságai, a kazán típusa stb.) függ. A megtérülés a tüzelőanyag megtakarításban, a gőzrendszer javuló megbízhatóságában és a kazánrendszer növekvő életciklusában (megtakarítások a kieső termelési időn és tőkeveszteségen) egyaránt jelentkezhet.

Részletes leírás — Lefúvatás nyomán fellépő gőzveszteségek csökkentése

A lefúvatási veszteségek csökkentése jelentősen csökkentheti az energiaveszteségeket, mivel a lefúvatás hőmérséklete közvetlen összefüggésben van a kazánban előállított gőz hőmérsékletével.

Miközben a gőz előállítása során a kazánban a víz elpárolog, a vízben oldott anyagok a vízben maradnak, ez pedig megnöveli a kazánban lévő oldott anyagok koncentrációját. A lebegő szilárd részecskék üledéket képezhetnek, amely rontja a hőátadást (ld. az előző pontot). Az oldott anyagok habzást idézhetnek elő, illetve elősegíthetik a kazánvíz bejutását a gőzbe.

A lebegő részecskék és az összes oldott anyag mennyisége kétféle módszerrel csökkenthető elfogadható szintre, ezek manuálisan és automatizált módon egyaránt elvégezhetők:

- a fenékléfúvatást a kazán hőátadásának javításához végzik. Ezt általában manuálisan végzik el, sok órás időközönként néhány másodpercre
- a felületi vagy fölzék lefúvatást a folyadék felszínéhez közel összegyűlő oldott anyagok eltávolítására alkalmazzák, ez gyakran folyamatosan zajló folyamat.

A sómaradékok lefúvatása a kazánból további veszteségeket okoz, erre a műveletre a felhasznált gőz 1-3%-a fordítódik. Ráadásul további költségekkel járhat, ha a lefúvatási maradékot a hatóságok által előírt hőmérsékletre kell hűteni.

A lefúvatáshoz használt gőz mennyiségének csökkentésére számos lehetőség kínálkozik:

- a kondenzvíz hasznosítása (ld. a 18. BAT pontot). A kondenzvíz eleve tisztított, tehát nem tartalmaz szennyező anyagokat, melyek a kazánban felhalmozódhatnak. Ha a kondenzvíz felének hasznosítása esetén a lefúvatási veszteség 50%-kal csökken.
- a tápvíz minőségétől függően vízlágyító anyagokra, karbonát sók eltávolítására és demineralizációra lehet szükség, ezenkívül a tápvizet légteleníteni kell és kondicionáló szereket kell hozzáadni. A lefúvatási veszteség a tápvízben nagyobb koncentrációban eleve előforduló, vagy hozzáadott összetevők függvénye. Közvetlen tápvízbevezetés esetén 7-8%-os lefúvatási veszteséggel lehet számolni, előkezelt víz esetében ez 3%-ra csökkenthető.
- automatikus lefúvatás szabályozó rendszer (amely rendszerint a vezetőképesség mérésére épül) kiépítése is megfontolandó megoldás lehet. Ennek segítségével a megbízhatóság az energiaveszteségek figyelembe vételével optimalizálható. A lefúvatási veszteséget a legnagyobb koncentrációban jelen lévő összetevő határozza meg, ahol figyelembe kell venni a kazánban lehetséges maximális koncentrációt is (TAC max. a kazánban, 38 °C-on, 130 mg/l kvasav, <600 mg/l klorid). A további részleteket ld. az EN 12953-10 szabványban.
- a lefúvatás elgőzöltetése nyomáscsökkentéssel közepes vagy alacsony nyomáson egy másik módja a lefúvatásból kinyerhető energia hasznosítására. Ez a technika akkor alkalmazható, ha a létesítmény gőzhálózata alacsonyabb nyomáson üzemel, mint az a

nyomás, melyen a gőzt előállítják. Exergetikai szempontból ez a megoldás kedvezőbb lehet, mint a lefúvatás hőjének pusztán hőcserélőkkel végzett hasznosítása.

A kigőzölögtetéssel végzett túlnyomásos gáztalanítás további veszteségeket okoz, melyek értéke 1-3% közé esik. A folyamat során a friss vízből a CO₂-t és az oxigént távolítják el (103 °C-on, enyhe túlnyomás mellett). Ez a veszteség a gáztalanító nyílás méretének optimalizálásával minimalizálható (ld. később).

Az energia mennyisége a kazánban uralkodó nyomástól függ. A lefúvatás energiáját a 3.11 táblázat mutatja be. A lefúvatási veszteséget a táblázat a teljes tápvízigény százalékában adja meg. Az 5%-os lefúvatási veszteség tehát azt jelenti, hogy a kazán tápvizének 5%-a veszik el a lefúvatás során, és a maradék 95% gőzzé alakul. Ez azonnal nyilvánvalóvá teszi, hogy a lefúvatás gyakoriságának csökkentésével megtakarításokat érhetünk el.

A lefúvatás energiája a termelt gőz kJ/kg-jában					
Lefúvatási veszteség (kazán által termelt gőz %-ában)	Kazán üzemi nyomása				
	2 barg	5 barg	10 barg	20 barg	50 barg
1	4,8	5,9	7,0	8,4	10,8
2	9,6	11,7	14,0	16,7	21,5
4	19,1	23,5	27,9	33,5	43,1
6	28,7	35,2	41,9	50,2	64,6
8	38,3	47,0	55,8	66,9	86,1
10	47,8	58,7	69,8	83,6	107,7

3.11 táblázat: Lefúvatás energiája

A lefúvatás gyakoriságának csökkentésével a szennyvíz mennyisége is mérsékelhető, ezáltal pedig megtakarítható az ilyen szennyvíz hűtésére egyébként fordítandó hűtővíz vagy energia.

Az optimális lefúvatási veszteséget több tényező határozza meg, mint pl. a tápvíz minősége és az ezzel kapcsolatos kezelések, az újrafelhasznált kondenzvíz mennyisége, a kazán típusa, és az üzemelési körülmények (térfogatáram, üzemi nyomás, tüzelőanyag típus stb.). A lefúvatási veszteség friss vízre számítva rendszerint 4-8% közé esik, de akár a 10%-ot is elérheti, ha a pótvíz nagy mennyiségű oldott anyagot tartalmaz. Optimalizált kazánházak esetében a lefúvatási veszteség 4%-nál alacsonyabb lehet. A lefúvatási veszteséget inkább a kezelt vízben jelenlévő habzástgátlóknak és oxigénmegkötő anyagoknak kell meghatározniuk, mintsem a vízben oldott sók mennyiségének.

Ha a lefúvatást a kritikus gyakoriságnál ritkábban végzik el, ismét felléphet a habzás és a kazánkő problémája. A leírásban szereplő egyéb intézkedések (kondenzvíz-hasznosítás, tápvíz előkezelés) ezt a kritikus értéket csökkenthetik.

A nem kellően hatékony lefúvatás a létesítmény leromlásához vezethet, a túlzásba vitt lefúvatás viszont energiapocsékolást jelent.

A lefúvatás optimalizálásával jelentős mennyiségű energia, vegyi anyagok, tápvíz és hűtőkapacitás takarítható meg, ami a módszert mindig alkalmazhatóvá teszi.

Részletes leírás — A gáztalanító nyílás méretének optimalizálása

A gáztalanítók olyan mechanikai eszközök, melyek segítségével a tápvízből az abban oldott gázok eltávolíthatók. A gáztalanítás megóvja a gőzrendszert a korrózív gázok káros hatásaitól, úgy, hogy az oldott oxigén és szén-dioxid mennyiségét olyan szintre csökkenti, ahol a korrózió minimális. A legnagyobb nyomású (>13,79 barg) kazánokban az oldott oxigén szintjét 5 ppb alatt kell tartani a korrózió megakadályozásához. Bár az alacsonyabb nyomáson üzemelő kazánokban az oxigénkoncentráció 43 ppb-s értékei is megengedettek lehetnek, a berendezések életciklusa alacsony költségek mellett, sőt akár ingyen megnövelhető, ha az oxigénkoncentráció felső határát 5 ppb-ben szabják meg. A gáztalanítón keresztül az oldott szén-dioxidnak alapvetően a teljes mennyiségét el kell távolítani.

A hatékony gáztalanító rendszer kialakítása az eltávolítandó gáz mennyiségétől és a végső gáz (O₂) koncentrációra vonatkozó követelményektől függ, melyek viszont a pótvíz és a hasznosított kondenzvíz arányától, illetve a gáztalanító üzemi nyomásától függenek.

A gáztalanító gőzt használ a víz teljes telítődési hőmérsékletre melegítéséhez (mely a gáztalanítóban uralkodó gőznyomáshoz igazodik), illetve az oldott gázok kimosásához és elvezetéséhez. A gőzárám a vízárámhoz képest párhuzamos, keresztáramú vagy ellenáramú lehet. A gáztalanító rendszer gáztalanító részből, táptartályból és elszívó csőből áll. A gáztalanító részben a gőz átbuborékol a vízben, miközben felmelegíti és felkeveri azt. A gőzt a beáramló víz lehűti és az elszívócsőnél lévő kondenzátoron kondenzálja. A nem kondenzálható gázok és a gőz egy része az elszívó csövön keresztül távozik. Az elszívó cső méretét viszont a kielégítő sztrippelő hatás és a gőzvesztés minimalizálása érdekében optimalizálni kell.

A szabad vagy „flash” gőz mennyiségének hirtelen emelkedése a táptartályban a nyomás csúcsértékeit idézheti elő, ami a tápvíz oxigéntartalmának újbóli megnövekedéséhez vezet. Ennek elkerülésére egy erre a célra szolgáló nyomásszabályozó szelepet kell használni, amely a gáztalanítóban egyenletes nyomást biztosít.

A gáztalanítóba áramló gőz fizikai sztrippelést végez, és a hasznosított kondenzvíz és pótvíz keverékét telítési hőmérsékletre hevíti. A gőz legnagyobb része kondenzálódik, de egy kis hányadát (általában 5-14%) a sztrippelési folyamatok igényeinek megfelelően ki kell vezetni a gáztalanítóból. A tervezés során rendszerint kiszámítják a hevítéshez szükséges gőz mennyiségét, és megbizonyosodnak róla, hogy a gőzárám a sztrippelés igényeit is kielégíti majd. Ha a kondenzvíz hasznosítási aránya magas (>80%) és a kondenzvíz nyomása a gáztalanító üzemi nyomásához képest magas, a hevítés nagyon kevés gőzt igényel, ebben az esetben esetleg intézkedések tehetők a felesleges flash gőz kondenzálására.

A sztrippelési folyamatokhoz használt gőz energiája úgy hasznosítható, ha ezt a gőzt kondenzálják, és a hőt hőcserélőn át a gáztalanítóba áramló tápvízbe vezetik (ld. a 18. BAT pontot).

A gáztalanítóban használt gőzre vonatkozó követelményeket a gőzelosztó rendszerben és a kondenzvíz-visszavezetésben végzett minden átalakítás után, illetve a hőhasznosítási és energiatakarékossági intézkedéseket követően felül kell vizsgálni.

A rendszerbe az oldott oxigén mennyiségét folyamatosan nyomon követő eszközök is beépíthetők, melyek segítségével azonosíthatók azok az üzemeltetési megoldások, melyek eredményeként az oxigén eltávolításának hatékonysága gyengül.

A gáztalanító feladata a kazánba áramló vízben oldott oxigén eltávolítása, a rendszerbe bekerülő levegő problémáját nem képes kezelni. A „szabad levegő” a szivattyúk szívóoldalának laza csőcsatlakozásainál, nem megfelelő tömítéseknel juthat be.

A módszer minden olyan létesítményben alkalmazható, amely gőzrendszerében gáztalanítót alkalmaz. Az optimalizáció rendszeres karbantartási tevékenység.

Részletes leírás — A kazánok ”rövidre zárás” okozta veszteségeinek minimalizálása

A ”rövidre zárás” minden alkalommal fellép, amikor a kazánt rövid időre kikapcsolják. A kazánciklus tisztítási, tisztítás utáni, üzemén kívüli, tisztítás előtti és visszaüzemelési szakaszokból áll. A tisztítási és az üzemén kívül töltött szakaszok képviselte veszteségek a modern, jól szigetelt kazánokban alacsonyabbak lehetnek, de ezek a veszteségek a régebbi, rosszul szigeteket kazánokban meredeken emelkedhetnek.

A ”rövidre zárás” okozta veszteségek a gőzkazánokban megnövekedhetnek, ha a kazán a kívánt gőzkapacitást nagyon rövid idő alatt képes előállítani, azaz akkor, amikor a kazán üzemkapacitása jóval nagyobb, mint amekkorára rendszerint szükség van. A folyamatok gőzigénye időben változhat és rendszeres újraértékelést igényel (ld. a 6. BAT pontot). A teljes gőzigény az energiatakarékossági intézkedések nyomán csökkenhetett. Az is lehetséges, hogy a kazánt egy későbbi bővítést is figyelembe véve építették be, amely azonban soha nem valósult meg.

A létesítmény tervezése során legelőször a kazán típusát kell figyelembe venni. A tűzcsöves kazánok jelentős termikus tehetetlenséggel bírnak, és vízterük nagy. Kialakításuk a folyamatos gőzbiztosítást, és a jelentős csúcsterhelések elviselését szolgálja. A gőzfejlesztő vagy vízcsöves kazánok ellenben nagy mennyiségű gőzt is képesek szolgáltatni. A vízcsöves kazánok viszonylag alacsonyabb vízszintje megfelelőbbé teszi ezeket a berendezéseket az erősen ingadozó terhelésű létesítmények kiszolgálására.

A ”rövidre zárás” úgy kerülhető el, ha több, kisebb kapacitású kazánt használunk egy nagy kapacitású berendezés helyett. Ennek eredményeként mind a rugalmasság, mind a megbízhatóság növekszik. A gőzfejlesztési hatékonyság és a gőzfejlesztés marginális költségeinek automatizált vezérlése az összes kazán esetében a kazán irányítási rendszer alapjául szolgálhat. Ennek folytán a pluszban jelentkező gőzigények kielégítését ez a kazán rendszer biztosítja a legalacsonyabb marginális költségek mellett.

Ha a létesítmény rendelkezik készenléti kazánnal, egy másik megoldás is lehetséges. Ebben az esetben a kazán hőmérséklete úgy tartható fenn, hogy a másik kazán vizét közvetlenül a készenléti kazánon keresztül keringtetik, ami minimalizálja a készenléti állapot füstgázok okozta veszteségeit. A készenléti kazánnak kielégítő szigeteléssel, és az égő számára megfelelő légszeleppel kell rendelkeznie.

A kazán készenlétkben tartása a megfelelő hőmérsékleten egész évben folyamatos energiaellátást igényel, amely a teljes kazánkapacitás kb. 8%-ának felel meg. A megbízhatósági és energiatakarékossági intézkedések hasznát pontosan meg kell határozni.

A "rövidre zárás" negatív hatása akkor válik nyilvánvalóvá, amikor a teljes kazánkapacitásnak csak kis részét, kevesebb, mint 25%-át használják ki. Ebben az esetben érdemes megfontolni a kazánrendszer cseréjét.

Részletes leírás — Gőzelosztó rendszerek optimalizálása

A kazánból a különböző végfelhasználási pontokhoz a gőzt a gőzelosztó rendszer szállítja el. Bár a gőzelosztó rendszer passzívnak tűnhet, valójában ezek a rendszerek szabályozzák a gőz megfelelő helyre jutását és reagálnak a változó hőmérséklet- és nyomásigényekre. Ennek következményeként a gőzelosztó rendszer megfelelő működése körültekintő tervezést és hatékony karbantartást igényel. A csővezetékeket megfelelő méretűre kell tervezni, gondoskodni kell kielégítő támogató tevékenységekről és szigetelésről, konfigurációjuk kialakításakor pedig a megfelelő rugalmasságot is figyelembe kell venni. A nyomásszabályozó eszközök, mint pl. a nyomáscsökkentő szelepek és ellennyomású turbinák konfigurációját úgy kell elvégezni, hogy ezek az eszközök megfelelő gőzegyensúlyt biztosítsanak a különböző fővezetékek közt. A gőzelosztó rendszert ezenkívül úgy kell kialakítani, hogy a kondenzvíz kielégítő elvezetése lehetővé váljon, ehhez pedig a megfelelő kondenzátum elvezető csonk kapacitás és a kondenzvíz leválasztók helyes kiválasztása szükséges.

Fontos a rendszer karbantartása is, különös tekintettel a következőkre:

- gőzcsapdák megfelelő működése (ld. 18. BAT pontot)
- szigetelés elvégzése, szigetelő réteg karbantartása (ld. a 18. BAT pontot)
- szivárgások felderítése és szisztematikus kezelése, a tervszerű karbantartások során. Ezt elősegítendő az üzemeltetők jelentik a szivárgásokat, és a szivárgási problémákat azonnal kezelik. A szivárgások közé tartozik a levegőszivárgás is a szivattyúk szívóoldalán.
- használaton kívüli gőzvezetékek felderítése és megszüntetése.

A gőzt a gőzvezetékek juttatják el a kazántól a végfelhasználási pontokig. A jól megtervezett gőzvezetékek jellemzői a megfelelő méretkialakítás, konfiguráció és támogató tevékenységek. A nagyobb átmérőjű csövek beépítése többbe kerülhet, de adott térfogatáram mellett kisebb lesz a nyomásesés. Emellett a nagyobb csőátmérő csökkenti a gőz áramlásával járó zajt is, emiatt a csőátmérő megválasztásakor figyelembe kell venni a környezetet is, ahol a gőz vezetése zajlik majd. A konfigurációt befolyásoló fontos tényezők a rugalmasság és a kondenzvíz elvezetés. A rugalmasság tekintetében a csővezetékeknek el kell viselniük a rendszerindításokkal és leállásokkal kapcsolatos termikus reakciókat (különösen a berendezések kapcsolódási pontjainál). A csővezetékeket ezen kívül megfelelő számú és méretű kondenzátum elvezető csonkkal kell felszerelni, a hatékony kondenzvíz elvezetés érdekében. A csővezetéket továbbá úgy kell lejtetni, hogy a kondenzvíz a csonkokhoz folyjék. A kondenzvíz elvezető pontok tipikusan az üzemelési körülmények két típusának vannak kitéve —normális üzemelés és üzemindítás—, ahol a tervezés kezdeti szakaszában mind a kétféle terhelést figyelembe kell venni.

A módszer minden gőzrendszerben alkalmazható. A csővezetékek megfelelő méretezése, a szűk kanyarok számának minimalizálása stb. legmegelőbbben a tervezés és a kivitelezés során oldható meg (ideértve a jelentős javításokat, változtatásokat és modernizációt is).

- a megfelelő méretezés a tervezési fázisban a rendszer életrajza során jól megtérül

- a karbantartási intézkedések (pl. a szivárgások minimalizálása) szintén gyorsan megtérülnek.

Részletes leírás — Gőzcsövek és visszatérő vezetékek szigetelése

A szigeteletlen gőzcsövek és visszatérő vezetékek olyan állandó hőveszteséget jelentenek, melyet könnyű megszüntetni. Az összes magas hőmérsékletű felület szigetelése többnyire könnyen kivitelezhető, ezenkívül a szigetelés lokális sérülései könnyen kijavíthatók. Elképzelhető, hogy a szigetelést a karbantartás vagy a javítási munkálatok során eltávolították, illetve nem helyezték vissza. A szelepek és egyéb szerelvények elmozdítható szigetelése hiányozhat.

A nedves vagy megmerevedett szigetelést ki kell cserélni. A szigetelés nedvesedését gyakran a szivárgó csővezetékek vagy csövek okozzák. A szivárgást még a szigetelés cseréje előtt meg kell szüntetni.

A 3.12 táblázat a szigeteletlen gőzvezetékek okozta veszteségeket mutatja be, különböző gőznyomás-értékek mellett.

Vezeték átmérője (mm)	Becsült hőveszteség 30 méteres szigeteletlen gőzvezeték szakaszon (GJ/év)			
	Gőznyomás			
	1	10	20	40
25	148	301	396	522
50	248	506	665	886
100	438	897	1 182	1 583
200	781	1 625	2 142	2 875
300	1 113	2 321	3 070	4 136

3.12 táblázat: Hőveszteség 30 méteres szigeteletlen gőzvezeték szakaszon

Az energiaveszteségek mérséklése jobb szigeteléssel csökkentheti a vízfelhasználást is, ezáltal növelve a vízkezeléssel kapcsolatos megtakarításokat.

Minden 200 °C felett üzemelő, 200 mm feletti átmérővel rendelkező vezeték alapvetően szigetelni kell, a szigetelés megfelelő állapotát pedig rendszeresen ellenőrizni kell (pl. a visszatérő szakaszok előtt, a csővezeték-rendszer infravörös vizsgálatával). Ezen felül minden olyan felületet, ahol a hőmérséklet meghaladja az 50 °C-ot és fennáll a kockázata annak, hogy a személyzet közvetlen kapcsolatba kerülhet vele, szigetelni kell.

A szigetelés gyorsan megtérül, de a megtérülési idő függ az energiaáraktól, energiaveszteségektől és a szigetelés költségeitől.

Részletes leírás — Eltávolítható szigetelő tömítések, illetve szelepek és szerelvények alkalmazása

A karbantartás során a csöveket, szelepeket és szerelvényeket fedő szigetelés gyakran megsérül, vagy a szigetelést eltávolítják és nem helyezik vissza.

A különböző elemeken adott létesítményen belül gyakran eltérően szigetelést alkalmaznak. Egy modern kazánban a kazán maga rendszerint megfelelően van szigetelve, viszont a szerelvények, szelepek és egyéb csatlakozások rendszerint nem olyan jól szigeteltek. A hőt kibocsátó felületeken újra felhasználható és eltávolítható szigetelőpárnák alkalmazhatók.

E technika hatékonysága magán az alkalmazáson múlik, de a szigetelés gyakori sérülései nyomán fellépő hőveszteségeket gyakran alábecsülik.

A 3.13 táblázat a szigetelő szelepfedél tömítésekkel elérhető energia-megtakarítást mutatja be különböző szelepméret és üzemhőmérsékletek mellett. Ezeket az értékeket egy olyan számítógépes program segítségével határozták meg, mely megfelel az ASTM C 1680 szabvány által meghatározott hőveszteség és felszíni hőmérséklet számításoknak. Az energia-megtakarítást úgy határozták meg, mint az azonos hőmérsékleten üzemelő szigeteletlen és szigetelt szelepek közti energiaveszteség-különbséget.

Eltávolítható szelepfedél tömítésekkel elérhető becsült energia-megtakarítás (W)						
Üzemhőmérséklet °C	Szelepméret (mm)					
	75	100	150	200	255	305
95	230	315	450	640	840	955
150	495	670	970	1 405	1 815	2 110
205	840	985	1 700	2 430	3 165	3 660
260	1 305	1 800	2 635	3 805	4 950	5 770
315	1 945	2 640	3 895	5 625	7 380	8 580

3.13 táblázat: Eltávolítható szelepfedél tömítésekkel elérhető becsült energia-megtakarítás (W)

A szelepfedél tömítések megfelelő alkalmazásával a zaj is csökkenthető.

Az eltávolítható szigetelő tömítéseket széles körben alkalmazzák az ipari létesítményekben a peremek, szelepek, dilatációs hézagok, hőcserélők, szivattyúk, turbinák, tartályok és egyéb szabálytalan felületek szigetelésére. A tömítések rugalmasak, rezgésállóak és vízszintesen illetve függőlegesen felszerelt, illetve nehezen hozzáférhető berendezések esetében egyaránt használhatóak.

A megoldás bármely magas hőmérsékletű csővezeték vagy berendezés esetében alkalmazható, melyet a hőveszteség vagy a hőkibocsátás csökkentése, illetve a biztonság növelése érdekében szigetelni kell. Általános szabály, hogy minden olyan felületet, melynek hőmérséklete meghaladhatja az 50 °C-ot és fennáll a veszélye annak, hogy valaki megérintheti, a személyzet biztonsága érdekében szigetelni kell (ld. az előző pontot, a szigetelésről). A szigetelő tömítések a rendszeres ellenőrzések vagy karbantartási munkálatok alkalmával szükség esetén könnyen eltávolíthatóak és visszahelyezhetőek. A szigetelő tömítések zajvédelmi célokból akusztikus szigetelő hatást biztosító anyagokat is tartalmazhatnak.

A kondenzvíz leválasztók szigetelése kiemelt figyelmet igényel. A különböző típusú kondenzvíz leválasztók csak akkor működnek megfelelően, ha csak korlátozott mennyiségű gőz kondenzálódhat vagy ha meghatározott mennyiségű hőt kibocsáthatnak (pl. egyes termostikus és termodinamikus kondenzvíz leválasztók esetében).

A kondenzvíz leválasztók túlzott szigetelése akadályozhatja a működést, ezért szigetelés előtt konzultálni kell a gyártóval vagy más szakértővel.

A szigetelő tömítések alkalmazása gyorsan megtérül, de a megtérülés ideje az energiától, az árártól és a szigetelendő területtől függ.

Részletes leírás — Kondenzvíz leválasztók (gőzcsapdák) vezérlési és javítási programja

A szivárgó kondenzvíz leválasztók jelentős gőzvesztéseket okozhatnak, ami nagy energiavesztésekkel jár. Ezek a veszteségek megfelelő karbantartással hatékonyan csökkenthetők. Azokban a gőzrendszerekben, ahol a kondenzvíz leválasztókat az elmúlt 3-5 évben nem ellenőrizték, a leválasztóknak akár kb. 30%-án át is szökhet a gőz. A rendszeresen végrehajtott karbantartási programmal rendelkező rendszerekben az összes kondenzvíz leválasztónak kevesebb mint 5%-ánál várható szivárgás.

Sok különböző kondenzvíz leválasztót használnak, minden típus saját jellegzetességekkel és használati feltételekkel rendelkezik. A szivárgó gőz ellenőrzése akusztikus, vizuális, áramvezetési vagy termikus módszereken alapul.

A kondenzvíz leválasztók cseréjekor lehetőség nyílt a leválasztók kilépőnyíláson elhelyezett venturi gőzcsapdákra cserélésére. Egyes tanulmányok szerint bizonyos körülmények között az ilyen leválasztók használatakor kisebb a gőzvesztés és hosszabb a berendezés élettartama. A szakértők véleménye a kilépőnyíláson elhelyezett venturi gőzcsapdák használatát illetően mindazonáltal megoszlik. Azt mindenképp figyelembe kell venni, hogy az ilyen típusú leválasztó nem más, mint egy folyamatos szivárgás, ezért csak nagyon specifikus feladatokra szabad használni (pl. olyan gőzfejlesztőknél, melyek a tervezett kapacitásuknak mindig legalább az 50-70%-án teljesítenek).

A 3.14 táblázat a szivárgások nyomán fellépő becsült gőzvesztéseket mutatja be, különböző átmérők mellett.

Leválasztó nyílásának körülbelüli átmérője (mm)	Becsült gőzvesztés (kg/ó)			
	Becsült gőznyomás (barg)			
	1	7	10	20
1	0,38	1,5	2,1	-
2	1,5	6,0	8,6	16,4
3	6,2	24	34,4	65,8
4	13,9	54	77	148
6	24,8	96	137	263
8	55,8	215	309	591

3.14 táblázat: Szivárgó kondenzvíz leválasztóknál megszökő gőz mennyisége

Az éves ellenőrzés során minden leválasztót átvizsgálunk. A különböző funkció-kategóriákat a 3.15 táblázat mutatja be.

Rövidítés	Rövidítés jelentése	Meghatározás
OK	Rendben van	Előírás szerint működik
E	Ereszt	A leválasztónál szökik a gőz, a gőzvesztés maximális. Cserélni kell.
SZ	Szivárog	A leválasztónál gőzszivárgás tapasztalható. Javítani vagy cserélni kell.
GyC	Gyors ciklus	A termodinamikus leválasztó ciklusa túl gyors. Javítani vagy cserélni kell.
D	Dugulás	A leválasztó el van záródva, a kondenzvíz nem képes átfolyani rajta. Cserélni kell.
TT	Túlterhelt	A leválasztó nem képes megbirkózni a kondenzvíz-árammal. Megfelelő méretű leválasztóra kell cserélni.
NM	Nem működik	A vezeték nem működik.
NE	Nem ellenőrizték	A leválasztó nem hozzáférhető, ezért nem ellenőrizték.

3.15 táblázat: Kondenzvíz leválasztók különböző üzemelési állapotai

A leválasztóra eső gőzvesztés becslésének módja:

$$L_{t,y} = \frac{1}{150} \times FT_{t,y} \times FS_{t,y} \times CV_{t,y} \times h_{t,y} \times \sqrt{P_{in,t}^2 - P_{out,t}^2}$$

Ahol:

- $L_{t,y}$ = t leválasztónál y idő alatt tapasztalt gőzveszteség
- $FT_{t,y}$ = t leválasztó y idő alatti üzemelési tényezője
- $FS_{t,y}$ = t leválasztó y idő alatt mért terhelési tényezője
- $CV_{t,y}$ = t leválasztó y idő alatt mért áramlási együtthatója
- $h_{t,y}$ = t leválasztó y idő alatti üzemóráinak száma
- $P_{in,t}$ = t leválasztó bemenő nyomása (atm)
- $P_{out,t}$ = t leválasztó kimenő nyomása

Az $FT_{t,y}$ üzemelési tényező a 3.16 táblázatból kereshető ki.

	Típus	FT
E	Ereszt	1
SZ	Szivárog	0,25
GyC	Gyors ciklus	0,20

3.16 táblázat: Üzemelési tényezők kondenzvíz leválasztók gőzveszteségének becsléséhez

A terhelési tényező a gőz és a kondenzátum kölcsönhatását veszi figyelembe. Minél több kondenzvíz áramlik keresztül a leválasztón, annál kevesebb helyen képes a gőz átjutni. A kondenzvíz mennyisége a 3.17 táblázatban bemutatott módon függ az alkalmazástól:

Alkalmazás	Terhelési tényező
Standard folyamat alkalmazás	0,9
Csepp és nyomjelző kondenzvíz leválasztók	1,4
Gőzáram (nincs kondenzátum)	2,1

3.17 táblázat: Terhelési tényezők kondenzvíz leválasztók gőzveszteségének becsléséhez

Az áramlási tényezőt a fentiekén kívül a cső mérete is befolyásolja:

- $CV = 3,43 D^2$
- ahol D = a nyílás átmérője (cm)

Példaszámítás:

- $FT_{t,y} = 0.25$
- $FS_{t,y} = 0,9$ mert a leválasztón áthaladó gőz kondenzált állapotban van, de a leválasztó kapacitásával összehasonlítva korrekt (ld. feljebb, a 3.17 táblázatot)
- $CV_{t,y} = 7.72$
- $h_{t,y} =$ évi 6000 óra
- $P_{be,t} = 16$ atm

- $P_{ki,t} = 1 \text{ atm}$

A fentiek értelmében a kondenzvíz leválasztó éves gőzvesztése 1 110 tonna.

Ha mindez egy olyan létesítményben történik, ahol a gőz tonnánként 15 euróba kerül, a veszteségek végösszege évente 16 650 EUR.

Ha a gőz nem csak szivárog, hanem teljes mennyisége elveszik (a leválasztó ereszt) a költségek akár a 6 6570 EUR/év-et is elérhetik.

Ezek a veszteségek azonnal igazolják egy hatékony vezérlési és irányítási rendszer bevezetését, amely a létesítmény valamennyi kondenzvíz leválasztóját lefedi.

Minden gőzrendszer esetében szükség van egy olyan programra, amelynek révén a szivárgó leválasztók kiszűrhetők és a leválasztó cseréjének szükségessége eldönthető.

A kondenzvíz leválasztók ellenőrzésének gyakorisága a létesítmény méretétől, a gőz tömegáramától, az üzemi nyomás(ok)tól, a leválasztók számától és méretétől és a rendszer illetve a leválasztók korától és állapotától, valamint a már működő karbantartási programoktól függ. A nagyszabású ellenőrzések végrehajtásának és programok megváltoztatásának költségét és hasznát e tényezők figyelembe vételével kell egyensúlyba hozni. (Egyes létesítményekben 50, vagy még annál is kevesebb, jól hozzáférhető leválasztó működik, míg máshol akár 10 000 leválasztó is üzemben lehet.)

Egyes források szerint a nagyméretű kondenzvíz leválasztókkal rendelkező berendezéseket (pl. az óránként kb. 1 tonna gőzárammal, vagy még ennél is nagyobb mennyiséggel dolgozó berendezések), különösen azokat, melyek magas nyomáson működnek, évente egyszer kell ellenőrizni, míg a kevésbé kritikus berendezések ellenőrzését érdemesebb többéves program keretében végrehajtani, ahol minden évben a leválasztók 25%-át vizsgálják meg (azaz egy-egy leválasztót 4 évente legalább egyszer ellenőriznek). Ez hasonló az LDAR programokhoz, melyek bevezetését az ilyen létesítményekben egyre több kormány követeli meg. Előfordult, hogy egy létesítményben, ahol a leválasztók karbantartását esetleges jelleggel végezték, a leválasztók 20%-a hibásan működött. Évente végzett ellenőrzések mellett a szivárgó leválasztók aránya 4-5%-ra csökkenthető. Ha minden leválasztót minden évben ellenőriznek, 5 év után a szivárgások száma lassan 3%-ra csökken (ahogy a régebbi modelleket újakra cserélik).

A leválasztók ellenőrzése során minden esetben bevált gyakorlat a megkerülő szelepek ellenőrzése is. Ezeket néha megnyitják, részint, hogy a gőzvezetékben elkerüljék a túlnyomást és az ezzel kapcsolatos károsodásokat (főleg a nyomjelző vezetékben), részint olyankor, mikor a kondenzvíz leválasztók nem képesek a kondenzátum teljes mennyiségét elvezetni, illetve üzemeltetési célokból. Általában hatékonyabb megoldás az eredeti probléma kiküszöbölése és a megfelelő javítások elvégzése (ami kiadásokkal járhat) mint, a rendszert rossz energiahatékonysággal üzemeltetni.

Automatizált vezérlő mechanizmusok minden típusú kondenzvíz leválasztónál alkalmazhatók. Az automata kondenzvíz leválasztó vezérlés különösen praktikus az alábbi esetekben:

- nagy üzemi nyomáson üzemelő leválasztók, ahol bármilyen szivárgás gyors ütemben nagy energiavesztéseket okozhat

- az üzemelés szempontjából kulcsfontosságú leválasztók, melyek eltömődése károkat vagy termelési veszteségeket okozhat.

A leválasztók cseréjének költsége általában jelentősen alacsonyabb, mint a hibás működésből származó veszteség. A megoldás költségei, a szivárgás mértékétől függően, hamar megtérülnek (ld. a feljebb bemutatott példát).

Részletes leírás — A kondenzvíz összegyűjtése és visszavezetése a kazánba, újrahasználatra

Ahol valamilyen folyamattal hőcserélő segítségével hőt közlünk, a gőz látens hő formájában energiát szolgáltat, amikor forró vízzé kondenzálódik. Ez a víz kikerül a rendszerből, vagy (ez a gyakoribb eset) összegyűjtik és visszavezetik a kazánba. A kondenzvíz újrahasználatát négyféle célból végzik:

- a forró kondenzátum energiájának hasznosítása
- a (nyers) pótvíz költségének megtakarítása
- a kazánvíz kezelésével járó költségek megtakarítása (a kondenzátumot kezelni kell)
- a szennyvíz kibocsátással járó költségek megtakarítása (ahol ez értelmezhető)

A kondenzvizet légköri, vagy alacsony nyomáson gyűjtik össze. A kondenzvíz sokkal magasabb nyomáson üzemelő berendezések gőzéből is származhat.

Ahol az ilyen kondenzvíz nyomását a légköri értékre csökkentik, spontán nedves gőz keletkezik. Ez szintén hasznosítható (ld. a következő pontban).

A kondenzátum újrahasználatra a vízkezeléshez használt vegyi anyagok, valamint a felhasznált és kiengedett víz mennyiségét is csökkenti.

Negatív nyomású rendszerekben légtelenítésre van szükség.

A technika nem alkalmazható azokban az esetekben, mikor a visszanyert kondenzátum szennyezett, vagy ha a kondenzátum újrahasznosítása nem lehetséges, mert a folyamatba a gőzt fecskendezés útján juttatták be.

Az új kialakításoknál bevált gyakorlat, a kondenzátum szétválasztása potenciálisan szennyezett és tiszta kondenzvíz áramokra. A tiszta kondenzvíz áramok olyan forrásokból származnak, melyek elvileg soha nem szennyeződhetnek (pl. gőzfejlesztőkből, ahol a gőznyomás magasabb, mint a folyamat nyomás, tehát ha a szivárgás lép fel a csövekben, inkább a gőz kerül be a folyamatba és nem a folyamat összetevői jutnak a gőzt szolgáltató részbe). A potenciálisan szennyezett kondenzátumok azok, melyek üzemzavar esetén szennyeződhetnek (pl. csőtörés a gőzfejlesztőnél, ahol a folyamat-oldali nyomás nagyobb, mint a gőzoldali nyomás). A tiszta kondenzátum további elővigyázatossági intézkedések nélkül felhasználható. A potenciálisan szennyezett kondenzátum is hasznosítható, ha csak a folyamatos mérés (pl. TOC mérő) nem mutat ki szennyeződést (pl. gőzfejlesztő szivárgását).

A kondenzvíz hasznosítása jelentős haszonnal jár, és alkalmazását minden lehetséges esetben figyelembe kell venni, kivéve, ha a kondenzvíz mennyisége nagyon alacsony (pl. ahol a folyamathoz gőzt adnak).

Részletes leírás — A nedves gőz újrafelhasználása

Nedves gőz akkor keletkezik, amikor a kondenzátum térfogata magas nyomáson megnő. Ahogy a kondenzátumot ismét alacsony nyomásra hozzák, egy része elpárolog és nedves gőzzé alakul. A nedves gőz a tiszta vizet, és a kondenzátumban továbbra is jelen lévő hasznosítható energia nagy részét egyaránt tartalmazza.

Ez az energia úgy hasznosítható, ha hőcserélőn keresztül a pótvízbe vezetjük. Ha a lefűtatáskor keletkező vizet előzőleg egy lepárló tartályban alacsony nyomásra hozzuk, a gőz alacsonyabb nyomáson alakul ki. Ez a nedves gőz közvetlenül a gáztalanítóba vezethető, így összekeverhető a friss pótvízzel. A nedves gőz nem tartalmaz oldott sókat, ezen kívül a gőz képviseli a lefűtési energia nagy részét.

A nedves gőz ugyanakkor sokkal nagyobb térfogatú, mint a kondenzvíz. A visszatérő csöveknek ezt a térfogatot nyomásnövekedés nélkül kell elvezetniük, máskülönben a kialakuló ellennyomás megakadályozhatja a kondenzvíz leválasztók, és egyéb, a folyamatsorban előbb elhelyezkedő elemek működését.

A kazánházban a nedves gőz, akár csak a kondenzvíz, a gáztalanítóban felhasználható a friss tápvíz melegítésére. Az egyéb felhasználási lehetőségek közt szerepel még a levegő melegítése nedves gőzzel.

A kazánházon kívül a nedves gőz az egyes rendszeremlék 100 °C alatti melegítésére használható. A gyakorlatban a gőzt 1 barg nyomáson is használják, a nedves gőz tehát ezekbe a csövekbe fecskendezhető. A nedves gőz a levegő előmelegítésére stb. is felhasználható.

Az alacsony nyomású folyamatok gőzkövetelményei általában a magas nyomású gőz fojtásával elégíthetők ki, de a folyamatkövetelmények egy része a magas nyomású kondenzátum-gőzre és vízre való szétválasztásával olcsóbban teljesül. Ez az eljárás ott lehet különösen előnyös, ahol a magas nyomású kondenzvíz visszavezetése a kazánba gazdasági okokból nem megvalósítható.

A nedves gőz használatának előnyei az adott esettől függenek.

1 bar nyomáson a kondenzvíz hőmérséklete 100 °C, entalpiája pedig 419 kJ/kg. Ha a nedves gőzt vagy a párologtatás utáni gőzt hasznosítják, annak teljes energiataralma a létesítmény terhelésétől függ. A gőzrendszert a kondenzátumban elhagyó energiakomponens értékeit a 3.18 táblázat mutatja be, a kondenzátumban és a nedves gőzben lévő energia relatív mennyiségei mellett. Magas nyomáson az energia többségét a nedves gőz tartalmazza.

Abszolút nyomás (bar)	Kondenzátumban, légköri nyomáson (%)	Kondenzátumban + gőzben, párologtatás után, kazán nyomásán (%)	Részesedés a nedves gőzből hasznosítható energiából (%)
1	13,6	13,6	0,0
2	13,4	16,7	19,9
3	13,3	18,7	28,9
5	13,2	21,5	38,6
8	13,1	24,3	46,2
10	13,0	25,8	49,4
15	13,0	28,7	54,7
20	12,9	30,9	58,2
25	12,9	32,8	60,6

40	12,9	37,4	65,4
Megjegyzés: A létesítmény által használt tápvíz éves átlaghőmérséklete gyakran 15 °C körül van. a fenti adatok arra a helyzetre vonatkoznak, ahol a vizet a létesítménynek 15 °C-on (63 kJ/kg entalpia) szolgáltatják.			

3.18 táblázat: A kondenzátumban (légköri nyomáson) és a nedves gőzben mért teljes energiatartalom százalékos megoszlása

Ahol a nagynyomású kondenzvízből nedves gőzt állítanak elő, a kazánba visszavezetett kondenzátum hőmérséklete (és energiatartalma) csökken. Ha alkalmaznak tápvíz előmelegítőt, ez a csökkenés azzal a potenciális előnnyel járhat, hogy a tápvíz előmelegítő így több energiát hasznosíthat a kémény felé tartó füstgázokból a visszatérő/tápvíz áram melegítésére, és a kazán hatékonysága nő: energiahatékonysági szempontból ez a legjobb kombináció. Az alacsony nyomású nedves gőznek viszont valahol hasznosulnia kell, azt is figyelembe véve, hogy az alacsony nyomású gőz (bárhonnan is származik) csak korlátozott távolságokra szállítható. Sok esetben (pl. olajfinomítóknak és vegyipari üzemekben) fölös mennyiségű alacsony nyomású gőz keletkezik, és a flash eljárásból származó nedves gőzre nincs szükség. Ezekben az esetekben a legjobb megoldás a kondenzvíz visszavezetése a gáztalanítóba, mivel a nedves gőz légkörbe juttatása energiapocsékolás. A kondenzvízzel kapcsolatos problémák elkerülése érdekében a kondenzvíz helyileg, speciális egységben vagy tevékenység keretében összegyűjthető és a gáztalanítóba szivattyúzható.

Bármelyik megoldást válasszuk is, annak létrehozása a szükséges csővezetékek és egyéb berendezések kiépítésének költség/megtérülés arányától függ (ld. 2.1.6.).

A nedves gőz hasznosítása sok esetben lehetséges, gyakran a 100 °C alatti hőmérsékletekre történő melegítésre. A hasznosításra számos lehetőség létezik.

Nedves gőz összegyűjtése a kondenzvezetékben. A létesítmény életciklusa során adott folyamatsor többféle elemmel bővíthető, és a kondenzátumot vezető visszatérő cső többé esetleg nem lesz képes elvezetni a hasznosítandó kondenzvizet. A legtöbb esetben a kondenzvizet légköri nyomáson nyerik vissza, ezért a csövet legnagyobb részét nedves gőz tölti ki. Ha megnő a kondenzátum mennyisége, a csövekben a nyomás 1 barg fölé emelkedhet. Ez a folyamat megelőző lépéseiben problémákhoz vezethet, akadályozhatja a kondenzvíz leválasztók működését stb.

Nedves gőz elvezetése a visszatérő cső mentén egy megfelelő ponton kialakított nedves gőz tartályba. A nedves gőz ezután, helyben előmelegítésre, illetve a 100 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű melegítő rendszerekben hasznosítható. Ezzel párhuzamosan a kondenzátum visszatérő csőben a nyomás a normális szintre csökken, ezzel pedig elkerülhetővé válik a kondenzátum visszavezető rendszer bővítése.

Már meglévő hálózat átalakítása esetén megfontolandó lehetőség a kondenzvíz alacsonyabb nyomáson történő visszavezetése. Ez több nedves gőz képződésével jár és a hőmérséklet is 100 °C alá csökken.

A gőz felhasználása során, pl. 100 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletre melegítés esetén, lehetséges, hogy a fűtőkörben a beszabályozás után a nyomás 1 bar alá csökken. Ilyenkor a fűtőkör a kondenzvizet beszívhatja, és a víz eláraszthatja a csöveket. Ezt a kondenzvíz alacsony nyomáson történő visszanyerésével kerülhetjük el. Az alacsony nyomás miatt nagyobb mennyiségű nedves gőz keletkezik, és a kondenzvízből több energia hasznosul. Az ilyen, alacsony nyomáson működő alkotóelemek külön hálózatba vihetők. Ugyanakkor

további szivattyúkat is be kell állítani az alacsony nyomás fenntartására és a kívülről a csövekbe esetlegesen beszivárgó levegő eltávolítására.

Ez a technika akkor használható, mikor a létesítmény gőzrendszere alacsonyabb nyomáson üzemel, mint amekkora nyomáson a gőzt előállítják. Ilyenkor a nedves gőz hasznosítása exergetikailag kedvezőbb lehet, mint a hő hasznosítása a lefűtás során, hőcserélő beiktatásával.

Elméletileg bármilyen, alacsonyabb hőmérsékleten energiát felhasználó folyamat potenciálisan hasznosíthatja a nedves gőzt, a friss gőz helyett. Ezen a területen számos lehetőség vár kivizsgálásra, bár a megvalósítás nem mindig egyszerű. A megoldást széles körben alkalmazzák a petrokkémiában.

A nedves gőz hasznosításával megtakarítható a friss pótvíz és annak kezelése, bár a legnagyobb költségmegtakarítás az energiával kapcsolatos. A nedves gőz hasznosítása sokkal nagyobb energia-megtakarításhoz vezet, mint a folyékony kondenzátum egyszerű összegyűjtése.

Részletes leírás — Energiavisszanyerés a lefűtás során

A kazán lefűtása során energia nyerhető vissza, ha a kazán pótvizének előmelegítésére hőcserélőt alkalmazunk. Minden olyan kazán esetében, ahol a lefűtás folyamatos és a gőznek több, mint 4%-át használják erre a célra, érdemes megvizsgálni a lefűtásból származó hulladékhő hasznosításának lehetőségét. A nagyobb nyomáson üzemelő kazánoknál nagyobb energia-megtakarítás figyelhető meg.

Egy másik megoldásban a lefűtás kondenzvizéből nedves gőzt állítanak elő, így értékesítve a hasznosítható energiát (ld. ez előző pontot).

A lefűtás hőjének hasznosításából potenciálisan nyerhető energia mennyiségeit a 3.19 táblázat mutatja be.

Kazán gőztermelésének lefűtésre használt része (%)	Lefűtési veszteségekből visszanyert energia (MJ/h ²⁰)				
	Kazán üzemi nyomása				
	2 barg	5 barg	10 barg	20 barg	50 barg
1	42	52	61	74	95
2	84	103	123	147	190
4	168	207	246	294	379
6	252	310	368	442	569
8	337	413	491	589	758
10	421	516	614	736	948

²⁰A mennyiségeket 10t/ó gőzt termelő kazánra határozták meg, 20 °C-os átlagos kazánvíz hőmérséklet és a lefűtás hőjének 88%-os hatásfokú hasznosítása mellett.

3.19 táblázat: Lefúvatási veszteségekből visszanyert energia

A lefúvatási hőmérséklet csökkentésével könnyebben biztosítható a megfelelés azoknak a környezetvédelmi követelményeknek, melyek a szennyvíz kibocsátására felső hőmérsékleti határértéket írnak elő.

A technika olyan hatékony, hogy a költségek néhány éven belül megtérülnek.

3.3.3 Hőhasznosítás

A hőhasznosító rendszerek legfontosabb típusai:

- hőcserélők (ld. lejjebb)
- hőszivattyúk (ld. lejjebb)

A hőcserélő rendszereket számos ipari szektorban és rendszerben, széles körben, jó eredményekkel alkalmazzák, és kiterjedten használják őket az 5. és a 11. BAT pontokban foglaltak megvalósításához. A hőszivattyúk használata terjedőben van.

A „hulladék” vagy felesleges hő használata a fenntarthatóság szempontjából jobb megoldás lehet, mint az elsődleges tüzelőanyagoké, még akkor is, így az energiahatékonyság csökken.

A hőhasznosítás nem alkalmazható, ha nincs igény az így megtermelt hőmennyiségre. Ugyanakkor a hőhasznosítást egyre szélesebb körben alkalmazzák, az alkalmazások köre pedig gyakran a létesítményen kívülre is kiterjed.

A hűtési technikákat és az azokkal kapcsolatos BAT-okat az Ipari hűtőrendszerek BREF dokumentum mutatja be, ideértve a hőcserélők karbantartásának technikáit is.

19. BAT a hőcserélők hatékonyságának fenntartása, az alábbi két technika együttes alkalmazásával:

- a hatékonyság rendszeres időközönként végzett megfigyelése
- kazánkö lerakódások megakadályozása vagy eltávolítása

Részletes leírás —Hőcserélők

A hő közvetlen visszanyerését hőcserélőkkel végzik. A hőcserélő olyan eszköz, amelyben az energia valamilyen folyadékból vagy gázból egy szilárd felület közbeiktatásával egy másik folyadékba/gázba adódik át. A hőcserélőket a folyamatok vagy rendszerek felmelegítésére illetve hűtésére használják. A hőátadás részint konvekcióval (hőáramlással) részint kondukciónal (hővezetéssel) történik.

A hőleadás relatíve alacsony hőmérsékleteken, pl. 70 °C-on történik, de számos iparágban ez az érték elérheti az 500 °C-ot is, mint pl.:

- vegyi anyagok, ideértve a polimereket is,
- élelmiszerek és italok,
- papír és karton,

- textil és szövet előállítás.

Ebben a hőmérséklet-tartományban az alábbi hőhasznosító eszközök (hőcserélők) használhatóak, a folyamatban alkalmazott közegektől (pl. gáz-gáz, gáz-folyadék, folyadék-folyadék) és az adott alkalmazástól függően:

- forgó regenerátor (adiabatikus kerék)
- tekercs
- fűtőcső / termoszifon hőcserélő
- csöves rekuperátor
- tápvíz előmelegítő
- kondenzációs tápvíz előmelegítő
- keverőkondenzátor (direkt folyadék-hőcserélő)
- csőköteges hőcserélők
- lemezes hőcserélők
- „lemezköteg köpenyben” hőcserélő.

Magas (400 °C feletti) hőmérsékletek esetén a feldolgozóiparban (mint pl. vas, vas és acél, réz, alumínium, üveg és kerámia) a gázok hulladékhőjének hasznosítására az alábbi eszközök állnak rendelkezésre:

- lemezes hőcserélők
- csőköteges hőcserélők
- sugárzócsövekkel kombinált rekuperátorok
- konvekciós csövekkel kombinált rekuperátorok
- rekuperátoros égő rendszer és energiavisszanyerő égők
- álló regenerátorok
- forgó regenerátorok
- termikus regeneratív utóégetők (kerámia ággal)
- pulzáló (impulzus) tüzelés regeneratív égővel
- radiális lemezes rekuperatív égők
- osztatlan ágy regenerációs égők. A fluidágyakat zord munkakörülmények közt használják, ahol fennáll az eltömődés veszélye, pl. cellulóz- és papírmalmokban
- energiaoptimalizációs kemence.

A dinamikus vagy kapart felületű hőcserélőket főleg a nagy viszkozitású termékek hűtésére és melegítésére, kristályosítási folyamatokban, párologtatásban illetve az eltömődés nagyfokú kockázatával járó folyamatokban használják.

A hőcserélőket legszélesebb körben a klimatizálásban használják, ld. a 24. BAT pontot. Ezek a rendszerek tekercsket alkalmaznak (az elnevezés a körkörös belső csővezetésre utal).

Hatékonyság

A hőcserélőket a specifikus energia optimalizálási alkalmazásoknak megfelelően alakítják ki. A hőcserélők ezt követő, különböző vagy változó üzemi körülmények közötti működtetése csak bizonyos határok közt lehetséges. Ez változásokat eredményez az átadott energia mennyiségében, a hőátbocsátási együtthatóban (U-érték) és a közeg nyomásesésében.

A hőátbocsátási együtthatót, ezáltal az átadott energiát, a hővezetés valamint a felület minősége és a hővezető anyag vastagsága befolyásolja. A megfelelő mechanikai kialakítás és az anyagok megválasztása javíthatja a hőcserélő hatékonyságát. A költségek és a mechanikai terhelés szintén fontos szerepet játszanak az anyagok és a szerkezeti kialakítás kiválasztásában.

A hőcserélő által közvetített energia mennyisége nagymértékben függ a hőcserélő felszínétől. A hőcserélő felülete bordákkal növelhető (pl. bordás hőcserélők, lamellás hőcserélők). Ez a megoldás különösen hasznos az alacsony hőátadási együttható csökkentésére (pl. gáz hőcserélők).

A hőcserélők felszínén felgyülemelő szennyeződések csökkentik a hőátadást. A szennyeződések mennyisége csökkenthető a megfelelő anyagok használatával (nagyon sima felszín), a szerkezeti kialakítással (pl. spirális hőcserélők), vagy az üzemelési körülmények megváltoztatásával (pl. nagy folyadékáramlási sebesség). Ezen kívül a hőcserélők tisztíthatóak, illetve automata tisztító rendszerekkel szerelhetők fel (dinamikus vagy kapart felületű hőcserélők).

A nagyobb tömegáram növeli a hőátbocsátási együttható értékét. A megnövelt tömegáram ugyanakkor a nyomásesést is növeli. Az erős áramlás turbulencia javítja a hőátadást, viszont a nyomásesés csökkenését eredményezi. A turbulencia sajtoló hőcserélő lemezek használatával, vagy terelőlemezek beszerelésével fokozható.

Az átadott energia a hőközvetítő közeg állapotától (hőmérsékletétől, nyomásától) is függ. Ha az elsődleges közeg levegő, ez a hőcserélőbe kerülés előtt nedvesíthető, ami fokozza a hőátadást.

A hőcserélők használata energia-megtakarítással jár, mert a másodlagos energiaáramok hasznosíthatóvá válnak.

A hőhasznosító rendszereket jó eredményekkel, széles körben használják, számos iparágban és ipari rendszerben ld. a fenti leírást (ld. még a 17. BAT pontot a kazánokról.).

A hőhasznosítást egyre több esetben alkalmazzák, számos megoldás a létesítményen kívüli energiafelhasználással kapcsolatos (ld. a 20. BAT pontot a kapcsolt termelésről.). A hőhasznosítás nem alkalmazható azokban az esetekben, ahol az igények nem fedik le a visszanyert hő mennyiségét.

A beruházás megtérülése mindössze 6 hónaptól akár 50 vagy több évig terjedhet. Az osztrák papír- és cellulóziparban a különböző komplex rendszerek megtérülési ideje egy és kb. három év közt változott.

A költség-haszon arány és a megtérülés (amortizáció) kiszámítható, erre az Gazdasági kérdések és környezeti elemek közti kölcsönhatások REF mutat be példát.

Egyes esetekben, főleg ott, ahol a hőt a létesítményen kívül használják, a beruházás esetleg valamilyen energiahatékonysági programból is finanszírozható.

A módszer bevezetését az alábbiak indokolhatják:

- energiaköltségek csökkentése, kibocsátások mérséklése, a beruházás gyakran gyors megtérülése
- javuló folyamatüzemeltetés, pl. felületi szennyeződések csökkenése (kapart felületű rendszerek esetében), meglévő berendezések/áramok javuló működése, nyomásesés csökkenése (ennek révén a potenciális legnagyobb üzemi áteresztő képesség növekedése)
- szennyvízkibocsátással kapcsolatos megtakarítások.

Részletes leírás —Hőcserélők megfigyelése és karbantartása

A hőcserélő csövek állapotának figyelemmel követése örvényáram ellenőrzéssel lehetséges. Ezt gyakran numerikus áramlástan szimuláció segítségével végzik. Az infravörös leképezés (ld. 16. BAT pont) a hőcserélők külső felületének vizsgálatához szintén felhasználható, a jelentős hőmérséklet-változások vagy a helyi túlmelegedés kimutatásában.

Az eltömődés komoly problémát jelenthet. A hűtéshez gyakran folyókból, torkolatokból vagy tengerekből származó vizet használnak, az ezzel bejutó biológiai üledék pedig rétegekben lerakódhat. A másik probléma a kazánkő, ami vegyi anyagok (pl. kalcium-karbonát vagy magnézium-karbonát) lerakódásából keletkezik (ld. a 18. BAT pontot). A folyamat hűtése szintén kazánkő lerakódással járhat, ld. pl. a timföld kohókban lerakódó szilícium-dioxidot. A technika javítja a hőhasznosításhoz szükséges hőátadást.

Az üzemeléssel kapcsolatban az alábbiakat kell figyelembe venni:

- a lemezes hőcserélőket rendszeres időszakonként tisztítani (azaz szétszedni, tisztítani és újból összeszerelni) szükséges
- a csöves hőcserélők savval, tisztítógolyókkal vagy nagynyomású vízszugárral tisztíthatók (az utóbbi kettő szabadalmaztatott technika lehet)
- a hűtőrendszerek működtetését és hűtését az Ipari hűtőrendszerek BREF dokumentum részletezi.

A technika minden hőcserélőre alkalmazható, de a konkrét megoldásokat mindig az adott esettől függően kell megválasztani.

A hőcserélők állapotának műszaki dokumentáció szerinti fenntartása optimalizálja a megtérülést.

Hőszivattyúk (ideértve a mechanikus pára-kompressziót is)

A hőszivattyúk fő feladata az energia átalakítása adott hőfokszintről egy magasabb hőfokszintre. A hőszivattyúk a hőt csak szállítani képesek (előállítani nem), mesterséges hőforrásokból, pl. ipari folyamatokból vagy környező természetes illetve mesterséges hőforrásokból (levegő, föld, vagy víz) háztartási, kereskedelmi vagy ipari alkalmazások számára. A hőszivattyúkat ugyanakkor leggyakrabban a hűtőrendszerekben, hűtőkben stb. használják. Ezekben az esetekben a hőt az ellenkező irányba szállítják, azaz a hűtött alkalmazástól a környezet felé. Néha a hűtés során felszabaduló hőt az ugyanabban az időben máshol jelentkező hőigény kielégítésére használják. A hőszivattyúkat a kapcsolt energia és hőtermelés illetve a CCHP is hasznosítja, ezek azok a rendszerek, melyek egyszerre szolgáltatnak hűtést és fűtést, változó szezonális követelmények mellett (ld. a 16. BAT pontot).

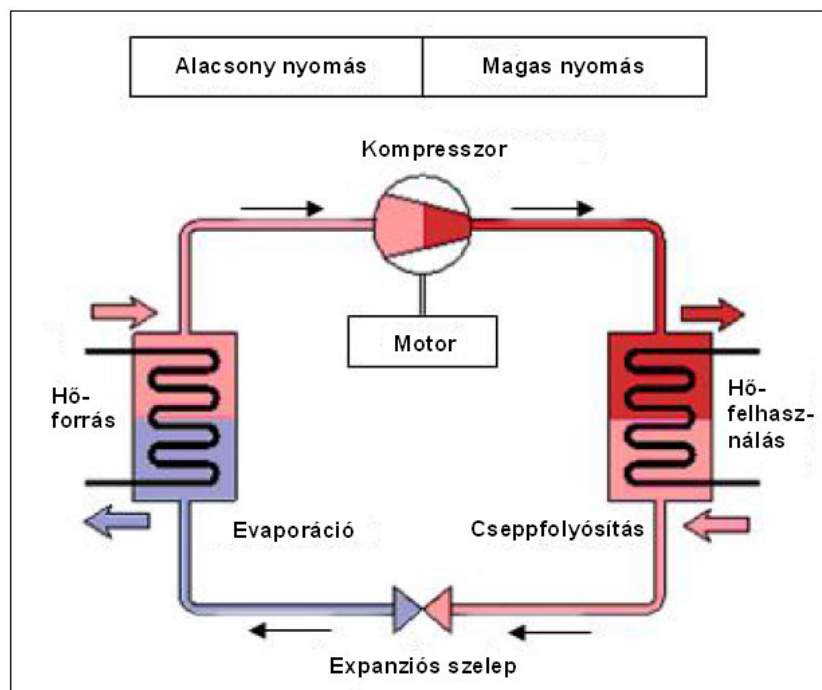
Ahhoz, hogy a hő a hőforrástól a hőigény helyéhez kerüljön, külső energiára van szükség, amely a hőszivattyút hajtja. A meghajtás típusa bármilyen lehet, pl. villanymotor, belsőégésű motor, turbina vagy abszorpciós hőszivattyúk esetében valamilyen hőforrás.

Kompressziós hőszivattyúk (zárt ciklusú hőszivattyúk)

Ez a legismertebb hőszivattyú típus. Ezt használják például a hűtőgépekben, légkondicionálókban, fagyasztókban, páratlanítóknak, de a kőzetek, a föld, a víz és a levegő energiájának fűtéshez való felhasználásához szintén hőszivattyúkat alkalmaznak. A szivattyút rendszerint villanymotor működteti, de nagyobb létesítményekben gőzturbina által működtetett kompresszorokat is használhatnak.

A kompresszoros hőszivattyú működése az óramutató járásával ellentétes körüljárású Carnot-ciklusra alapul (hideg gőz folyamat), a párologtatás, kompresszió, kondenzáció és tágulás fázisaiból álló zárt körfolyamat.

A kompressziós hőszivattyú működési elvét a 3.18 ábra mutatja be. Az evaporátorban (elpárologtatóban) a keringő folyadék alacsony nyomáson és hőmérsékleten, pl. hulladékhő hatására elpárolog. Ezután a kompresszorban megnöveli a nyomást és a hőmérsékletet. A párából ismét folyadék lesz és a hasznosítható hőt leadja. A folyadékot ezek után alacsony hőmérsékleten tágulásra kényszerítik, a folyadék pedig párologása során a hőforrástól hőt vesz fel. Így az alacsony hőfokszintű energia (pl. szennyvíz, füstgázok energiája) magasabb hőfokszintre kerül, és más folyamat vagy rendszer számára felhasználhatóvá válik.



3.18 ábra: Kompresszoros hőszivattyú működési elve

A kompresszoros hőszivattyúban a hatékonyság fokát a teljesítmény együttható (COP) jelző, amely a kimenő hő és a bemenő energia (pl. a kompresszor motorját hajtó energia) arányát adja meg. A szükséges bemenő energiát a kompresszor motorjának hajtásához szükséges villamos energia formájában adjuk meg.

A kompressziós hőszivattyú COP értékét az alábbiak szerint számíthatjuk ki:

$$COP_h = \frac{Q_h}{Q_m - Q_h}$$

3.2 egyenlet

$$COP_{hsz} = \frac{Q_m}{Q_m - Q_h}$$

3.3 egyenlet

ahol:

a COP_h és a COP_{hsz} a hűtőrendszerek és a hőszivattyúk együttthatói, míg a Q_h és a Q_m a hideg és a meleg rendszerekkel cserélt hő mennyiségét jelölik.

A Carnot hatékonyság állandónak tekinthető, ha a hőmérséklet csak kismértékben változik.

A kompressziós hőszivattyúk COP értéke a 6-ot is elérheti, ami azt jelenti, hogy a kompresszorba bemenő 1 kWh villamos energia segítségével 6 kWh kimenő hő állítható elő. A hulladékból energiát termelő létesítményekben a kimenő hő és a kompresszor energiájának aránya (hő/energia arány) 5 körüli érték lehet.

A COP ugyanakkor csak egyetlen, állandósult állapotra érvényes. Emiatt az együtttható nem mindig alkalmas a hőszivattyú hatékonyságának értékelésére, hiszen az állandósult állapot nem képvisel hosszabb időtartamokat. A gyakorlatban a hőszivattyú hatékonyságát csak a szezonális átfogó hatékonyság írja le megfelelően. Mindezekon kívül a hőszivattyú energiahatékonyságának jellemzése során figyelembe kell venni a hőforrás energiájának kinyeréséhez felhasznált kiegészítő energiát is.

A jó szezonális átfogó hatékonyság eléréséhez az alábbi követelményeket kell szem előtt tartani:

- magának a hőszivattyúnak a kielégítő minősége
- a hőforrás magas és állandó hőmérséklete (hőforrásként a hőfelesleg jobb, mint a környező levegő)
- alacsony hűtési (kimenő) hőmérséklet
- az összes alkotó (hőszivattyú, hőforrás, hőnyelő, vezérlés, hőelosztás) integrálása egy egészszet alkotó, optimalizált rendszerbe.

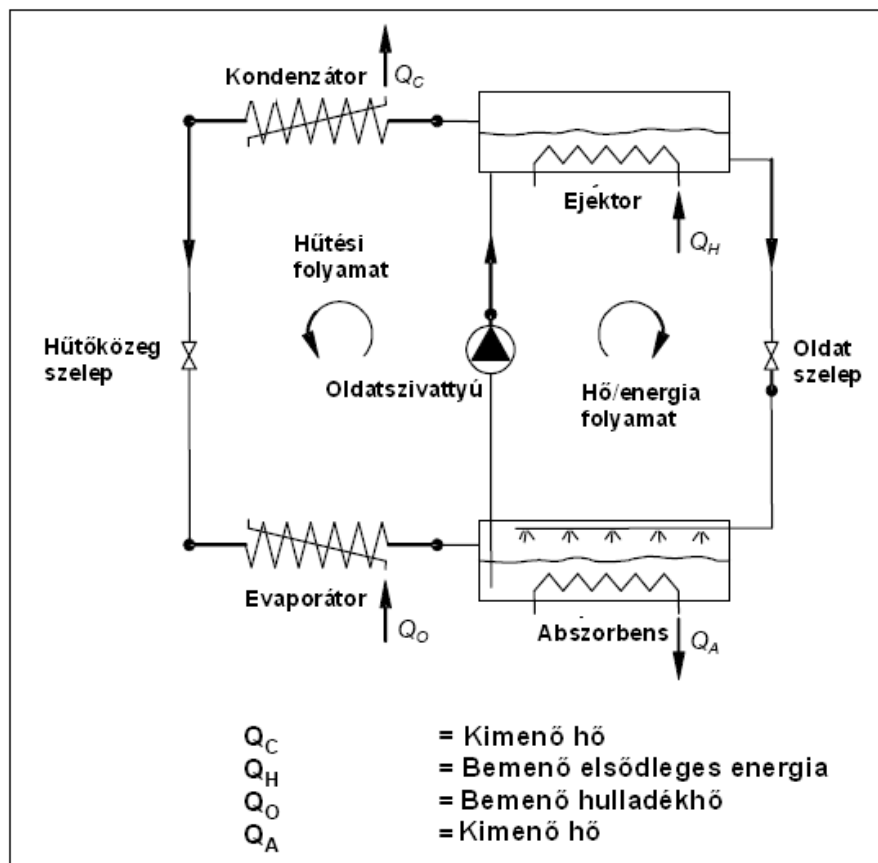
Abszorpciós hőszivattyúk

Az abszorpciós hőszivattyúkat nem használják olyan elterjedten, főleg ipari alkalmazásokban. Akárcsak a kompresszoros hőszivattyút, eredetileg az abszorpciós megoldást is hűtési célokra

fejlesztették ki. A kereskedelmi hőszivattyúk vízzel működnek, a vizet zárt körben áramoltatják generátoron, kondenzátoron, elpárologatón és abszorberen keresztül. Kompresszió helyett az áramlást az tartja fenn, hogy a vizet az abszorberben valamilyen sóoldat, rendszerint lítium-bromid abszorbeálja.

A 3.19 ábra az abszorpciós hőszivattyú működési elvét mutatja be. Az abszorpciós hőszivattyúban az evaporátorból érkező, gáz-halmazállapotú (hűtő)közeget folyékony oldószerben nyeletik el, a folyamat során pedig hő keletkezik. A dúsított folyadékot megnövelt nyomáson az ejektorhoz szivattyúzzák, ahol a (hűtő)közeget külső hőforrás (pl. földgáz égő, cseppfolyós földgáz (LPG) vagy hulladékhő) alkalmazásával kivonják a két anyag keverékéből álló folyadékból. Az abszorber/ejektor kombináció növeli a nyomást (termikus kompresszor). A gáz-halmazállapotú közeg az ejektort magas nyomáson hagyja el, és a kondenzátorba kerül, ahol cseppfolyósodik, és a hasznosítható hőt leadja a folyamatba.

Az oldószer szivattyú üzemeltetésének energiaigénye a kompresszoros hőszivattyú kompresszorának üzemeltetéséhez szükséges energiához képest alacsony. (A folyadék szivattyúzásához kevesebb energia szükséges, mint a szállítógázok kompressziójához).



3.19 ábra: Abszorpciós hőszivattyú működési elve

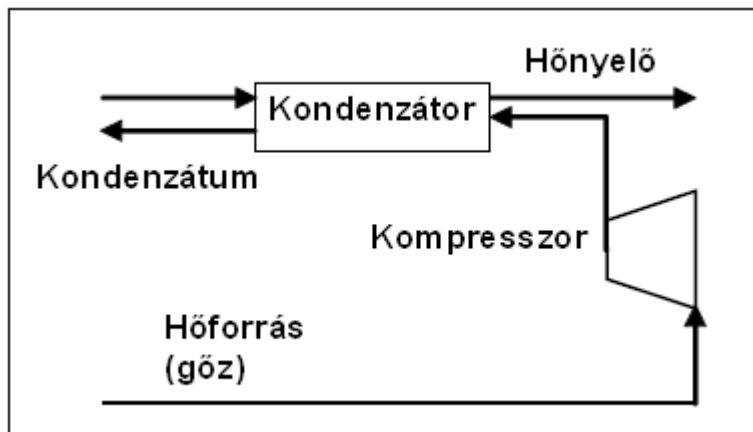
Az abszorpciós hőszivattyúkban a hatékonyságot a hőhatékonysági együttható mutatja. A hőhatékonysági együttható a kimenő hő és a bemenő tüzelőanyag energiájának hányadosa. Ha az ejektorban hőforrásként hulladékhőt használnak, a hőhatékonysági együttható helyett a termikus együtthatót alkalmazzák. A termikus együttható definíció szerint a kimenő hő és a bemenő hulladékhő hányadosa. A modern abszorpciós hőszivattyúk a hőhatékonysági együttható 1,5-ös értékeit is elérhetik. A kimenő hő és az abszorpciós teljesítmény hányadosa rendszerint 1,6 körül van. A jelenleg használatos, közegként víz/lítium bromid oldat keveréket alkalmazó rendszerek 100 °C-os kimenő hőmérsékletet biztosítanak, a hőmérséklet

emelkedése pedig 65 °C. Az új generációs rendszerek magasabb kimenő hőmérsékletek (260 °C-ig) elérésére lesznek képesek, és a hőmérséklet-emelkedés is magasabb lesz.

Mechanikus pára-kompresszió

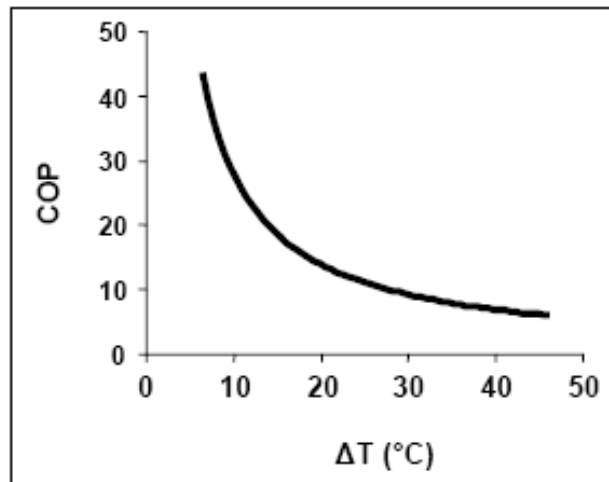
A mechanikus pára-kompresszió voltaképpen egy nyílt vagy félig nyílt rendszerű hőszivattyúnak felel meg. Az ipari folyamatok alacsony nyomású hulladék gőzeit (pl. kazánokból, evaporátorokból, forralókból) összenyomják majd kondenzálják. A pára így magasabb hőmérsékleten adja le a hőt ezért helyettesítheti a gőzt vagy más elsődleges energiaforrást. A kompresszor meghajtásához szükséges energia rendszerint csak a szolgáltatott hő 5-10%-át teszi ki. A mechanikus pára-kompresszió egyszerűsített folyamata a 3.20 ábrán látható.

Ha a pára nem szennyezett, közvetlenül is felhasználható, de a szennyezett pára esetében közbülső hőcserélőt (gőzfejlesztőt) kell alkalmazni. A mechanikus pára-kompresszió voltaképpen egy félig nyílt hőszivattyú rendszert jelent.



3.20 ábra: Egyszerű mechanikus pára-kompressziós rendszer

A mechanikus pára-kompresszió során, mivel egy vagy két hőcserélő hiányzik a rendszerből (más hőszivattyús megoldásokban ez az evaporátor és/vagy a kondenzátor lenne) a hatékonyság rendszerint magas. A hatékonyságot megint csak a teljesítmény együtthatóval (COP) fejezhetjük ki. A COP ebben az esetben a kimenő hő és a kompresszorba érkező hasznos teljesítmény hányadosa. A 3.21 ábrán a mechanikus pára-kompressziós berendezések tipikus COP értékeit ábrázoltuk a hőmérséklet emelkedés ellenében. A mechanikus pára-kompressziós berendezések normális COP értékei a 10-30 tartományba esnek.



3.21 ábra: Tipikus mechanikus pára-kompressziós berendezés COP értékei a hőmérséklet emelkedés függvényében

A mechanikus pára-kompressziós berendezések COP értékei a 3.4 egyenlet alapján számíthatók ki.

$$\text{COP} > \frac{\eta_{\text{kazán}}}{\eta_{\text{erőmű}} \eta_{\text{elosztás}}}$$

3.4 egyenlet

A 3.4 egyenletben:

- $\eta_{\text{kazán}}$ az üzemben/iparágban használt kazán hatékonysága
- $\eta_{\text{erőmű}}$ az országos hálózat számára villamos energiát termelő erőmű hatékonysága
- $\eta_{\text{elosztás}}$ a villamos energia hálózat elosztási veszteségeit képviseli

Az energiahatékonysághoz a COP értékének ezek szerint mindig nagyobbak kell lennie, mint mondjuk 3, ha a villamos energiát kondenzációs erőműben termelik. A gyakorlatban az összes mechanikus pára-kompressziós berendezés esetében ennél jóval magasabb COP értékekkel számolhatunk.

A hőszivattyúk képesek a hőt alacsony hőmérsékleten is hasznosítani, úgy, hogy az elsődleges energiafogyasztásuk alacsonyabb marad, mint a kimenő energia (a COP-tól függően, illetve ha a kielégítő átfogó szezonális hatékonyság követelményei teljesülnek). Ez lehetővé teszi az alacsony hőmérsékleten hozzáférhető hő hasznosítását különféle alkalmazásokban, mint pl. a létesítmény fűtésében, vagy a közelben élők fűtési igényének kielégítésére. Így csökkenthető az egyes alkalmazások elsődleges energia fogyasztása és az ehhez kapcsolódó gázkibocsátások, mint pl. a szén-dioxidé (CO_2), a kén-dioxidé (SO_2) és a nitrogén-oxidoké (NO_x).

Minden hőszivattyú hatékonysága erősen függ a megkívánt hőmérséklet emelkedéstől a hőforrás és a hőnyelő közt.

A környezeti elemek közti kölcsönhatásokat a szivárgások, vagy a kompressziós/abszorpciós hőszivattyúk leszerelése következtében környezeti kihatásokat okozó hűtőközeg használata képviseli (különös tekintettel az üvegházhatást okozó anyagokra).

A kompresszoros rendszereknél az alkalmazott közeg miatt a kimenő hőmérséklet rendszerint nem haladhatja meg a 120 °C-ot.

Az abszorpciós rendszerekben a víz/lítium-bromid közeggel 100 °C-os kimenő hőmérséklet érhető el, 65 °C-os hőmérséklet emelkedés mellett. Az új generációs rendszerek magasabb kimenő hőmérsékletek (260 °C-ig) elérésére lesznek képesek, és a hőmérséklet-emelkedés is magasabb lesz.

A jelenleg alkalmazott mechanikus pára-kompressziós rendszerek 70-80 °C-os hőforrás hőmérsékletek mellett használhatóak és 110-150 °C-ig képesek kimenő hőt biztosítani, bár ez utóbbi egyes esetekben a 200 °C-ot is elérheti. Leggyakrabban a gőzt vetik alá kompresszióknak, bár más gáznemű folyamattermékek is használhatók erre a célra, főleg az olajiparban.

A kapcsolt villamos energia és hőtermelést folytató iparágakban a helyzet összetettebb. Ellennyomású turbinák esetében például a kieső munkával is számolni kell.

A hőszivattyúkat a hűtőberendezésekben és -rendszerekben alkalmazzák (ahol az elvezetett hő gyakran szétszóródik, ld. a 2.3.9. alfejezetet). Ez azt jelenti, hogy a technológiák nagy méretekben is alkalmazhatók és fejlettek. A hőszivattyúk a hőhasznosítás keretében sokkal szélesebb körben alkalmazhatóak, pl. az alábbi területeken:

- térfűtés
- folyamatáramok fűtése és hűtése
- víz melegítése mosáshoz, fertőtlenítéshez és tisztításhoz
- gőzfejlesztés
- szárítás/páramentesítés
- párologtatás
- desztilláció
- koncentráció (vízmentesítés).

A hőszivattyúkat a kapcsolt villamos energia és hőtermelésben és a CCHP rendszerekben is alkalmazzák.

Az iparban a hulladékhő áramok leggyakrabban hűtőfolyadék, szennyvíz, kondenzvíz, nedvesség és a hűtőüzemek kondenzátorhőjének formájában jelennek meg. Mivel a hulladékhő hozzáférhetősége változó, nagyméretű (szigetelt) tartályok használata válhat szükségessé, melyek biztosítják a hőszivattyú egyenletes üzemelését.

Az abszorpciós (és nem adszorpciós) hőszivattyúk olyan hűtőrendszerekben alkalmazhatóak, ahol a létesítményben nagy mennyiségű hulladékhő áll rendelkezésre.

A legtöbb mechanikus pára-kompressziós berendezés bizonyos (pl. desztilláló, párologtató vagy szárító) egységekben üzemel, de gyakran alkalmazzák őket a gőzelosztó hálózatok részére történő gőztermelésben is.

Az iparban viszonylag kevés hőszivattyút alkalmaznak a hőhasznosítás terén, a hőszivattyúkat rendszerint az új üzemek vagy létesítmények kialakítása, illetve a jelentős felújítások során építik be.

A hőszivattyúk költséghatékonysága olyankor a legkedvezőbb, amikor az üzemanyag ára magas. A hőszivattyús rendszerek gyakran összetettebbek, mint a fosszilis tüzelőanyaggal működő rendszerek, bár a technológia nagy méretekben is alkalmazható.

A hőszivattyúk gazdaságossága erősen függ a helyi viszonyoktól. Az iparban az amortizációs idő a legjobb esetben is legfeljebb két év. Ezt egyrészt a hőszivattyúkkal elérhető megtakarításokat minimalizáló alacsony energiaköltségek, másrészt a magas beruházási költségek magyarázzák.

A mechanikus pára-kompressziós berendezések gazdaságosságát a tüzelőanyag és villamos energia árakon kívül a beállítás költségei határozzák meg. A svédországi Nymöllában például egy ilyen berendezés beállítási költsége 4,5 millió eurót tett ki, amiből a Svéd Energia Hivatal 1 millió eurót biztosított. A beállítás idején a berendezéssel elérhető éves megtakarítások kb. 1 millió euróra rúgtak.

A technika bevezetését az üzemeltetés energiaköltségeinél jelentkező megtakarítások indokolják. Ezenkívül a hőszivattyúk segítségével a termelés úgy növelhető, hogy nem kell új kazánra beruházni, amennyiben a termelést az eddigiekben a kazán mérete korlátozta.

3.3.4 Kapcsolt termelés

A kapcsolt termelés iránt nagy az érdeklődés, melyet európai közösségi szinten a kapcsolt termelés támogatásáról szóló 2004/8/EK irányelv és a villamos energia közösségi adóztatási keretének átszervezéséről szóló 2003/96/EK irányelv, valamint nemzeti szinten különböző programok és kezdeményezések támogatnak. A viszonylag kisebb méretű üzemek megvalósítása jelenleg már gazdaságilag is megéri és lehetőség nyílt különböző támogatások megszerzésére is. A kapcsolt termelés sikeres bevezetését számos esetben a helyi hatóságok segítségével tette lehetővé.

Az energiaközvetítő rendszerek modellezése, melyet a 12. BAT pont mutat be, elősegítheti az energiatermelő és hőhasznosító rendszerek optimalizálását valamint a többletenergia adásvételét.

20. BAT A kapcsolt termelés lehetőségeinek felkutatása, a létesítményen belül és/vagy azon kívül

Alkalmazhatóság: Az együttműködést és megállapodást valamely harmadik féllel nem feltétlenül az üzemeltető irányítja, ezért ezek kívül eshetnek azt IPPC engedély hatályán.

A kapcsolt termelés legalább akkora eséllyel függ a gazdasági körülményektől, mint az energiahatékonyság optimalizációjától. A kapcsolt termelésre nyíló alkalmakat akár az áramtermelő, akár a potenciális vevők részéről jelentkező befektetési lehetőségek, illetve a lehetséges partnerek, vagy gazdasági változások (pl. hő- és tüzelőanyag árak) azonosítása révén kell felkutatni.

A kapcsolt termelés lehetőségét általában akkor lehet figyelembe venni, ha:

- *a hőre és energiára vonatkozó igények egyszerre jelentkeznek*

- a hőigényt (a létesítményen belül vagy kívül) a mennyiség (üzemelési idő az év során), a hőmérséklet stb. tekintetében a CHP üzem képes fedezni, valamint nem várható jelentős hőigény csökkenés.

A kapcsolt termelés alkalmazását, a CHP üzemek különböző típusait és az egyes esetekre vonatkozó alkalmazhatóságukat a részletes leírás fejt ki.

A kapcsolt termelés sikeres bevezetése a megfelelő tüzelőanyagoknak és/vagy a hőnek a villamos energiához viszonyított árán múlhat. Számos esetben ezek a megállapodások a (helyi, regionális vagy nemzeti szintű) hatóságok közreműködése nyomán jönnek létre, illetve a harmadik fél maga a hatóság.

A hasznos hőigényen alapuló kapcsolt energiatermelés belső energiapiacra való támogatásáról szóló 2004/8/EK irányelv a kapcsolt energiatermelést az alábbiak szerint definiálja: „egy folyamaton belül történő termikus és elektromos és/vagy mechanikus energia termelés”. A hő- és villamos energia együttes előállítását kapcsolt energiatermelésnek, „kombinált hő és energiatermelés”-nek (CHP) is nevezik. A kapcsolt energiatermelés iránt nagy érdeklődés mutatkozik, amit uniós szinten az energiatermékek és a villamos energia közösségi adóztatási keretének átszervezéséről szóló 2003/96/EK irányelv bevezetése támogat. Ez az irányelv a kapcsolt energiatermelés számára kedvező környezetet teremt. Az energiahatékonyságról szóló Zöld Könyv bemutatja a villamos energia termelés és szétosztás veszteségeit, a hőhasznosítást és lokalizált kapcsolt energiatermelést pedig, mint az ilyen veszteségek kiküszöbölésének módszereit emeli ki.

Ez az alfejezet a különböző kapcsolt energiatermelési megoldásokkal foglalkozik, és részletezi ezek alkalmazhatóságát az egyes esetekben. A fejlettség jelenlegi szintje olyan megoldások alkalmazását is lehetővé teszi, melyek kis méretekben is költséghatékonyak.

3.3.4.1 A kapcsolt energiatermelés különböző típusai

A kapcsolt erőművek (CHP) egyszerre termelnek hőt és energiát. A 3.20. táblázat a különböző kapcsolt energiatermelési technikákat, és ezek általános villamos energia /hő arányát mutatja be.

Kapcsolt energiatermelési technika	Általános villamos energia /hő arány
Kombinált ciklusú gázturbinák (hulladékhő-hasznosító kazánokkal kombinált gázturbinák és a táblázatban lejjebb említett gózturbinák egyike)	0,95
Gózturbina üzemek (ellennyomás)	0,45
Elvételes kondenzációs turbina (ellennyomás, nem szabályozott elvételes kondenzációs turbínák, elvételes kondenzációs turbínák)	0,45
Gázturbinák hőhasznosító kazánnal	0,55
Belsőégésű motorok (Otto vagy dízel (dugattyús) motorok hőhasznosítással)	0,75
Mikroturbinák	
Stirling motorok	
Tüzelőanyagcellák (hőhasznosítással)	
Gőzgépek	

Organikus Rankine ciklus	
Egyéb típusok	

3.20 táblázat: Kapcsolt energiatermelési technológiák és ezek általános energia/hő arányának listája

A megtermelt villamos energia mennyiségét a megtermelt hő mennyiségéhez hasonlítják, és rendszerint, mint villamos energia/hő arányt fejezik ki. Ha a megtermelt villamos energia mennyisége kevesebb, mint a megtermelt hő mennyisége, ez az érték kisebb, mint 1. A villamos energia/hő arány kiszámításakor valós adatokat kell használni. A CHP technika kiválasztásához és méretezéséhez az éves terhelés időbeli alakulásának görbáját vehetjük alapul.

Hulladékból energiát termelő üzemek

A hulladékból energiát termelő üzemekhez mind a Hulladékégetés BREF dokumentum, mind a hulladék keretirányelv tartalmaz (egyenértékű) tényezőket és értékeket, melyek az alábbi számításokban használhatók fel:

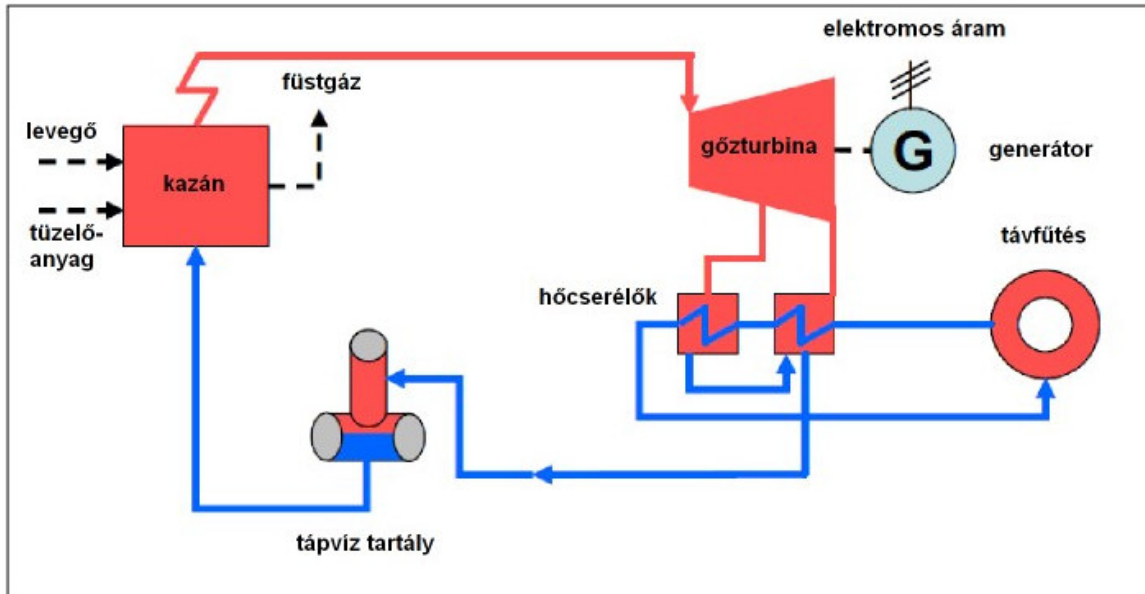
- energiahasznosítási hatékonyság együtthatóinak (hasznosítási mutató) kiszámítása és/vagy az üzemre vonatkozó hatékonysági tényezők megadása
- ott, ahol különböző energiaminőségek összesítésére van szükség, pl. a benchmarking során. Ily módon a különböző energiatípusok értékelhetővé és összesíthetővé válnak, és energiamix (pl. hő, gőz és villamos energia) formájában jeleníthetők meg. Ezek a konverziós tényezők éppen ezért a hulladékból energiát termelő létesítmények esetében lehetővé teszik a helyben termelt energia összehasonlítását a létesítményen kívül termelt energiával. Ez exportálásra villamos energiát termelő erőműveknél a konverziós hatékonyság egész Európára számított 38%-os átlagát feltételezi, míg az exportálásra hőtermelő erőműveknél ugyanez a feltételezett érték 91%. Az energiatárolásra, pl. tüzelőanyagok vagy gőz formájában, a lehetséges hasznosítási arány 100%. Az energia különböző mértékegységeinek —MWh, MWhe, MWhe— összehasonlítása szintén figyelembe vehető.

Ellennyomás

A kapcsolt energiatermelést végző üzemek legegyszerűbb típusa az ún. „ellennyomású erőmű”, ahol a villamos energia és a hő kapcsolt termelését gőzturbinával végzik (ld. a 3.22 ábrát). Az ellennyomású gőzturbinát alkalmazó erőművek villamos energia kapacitása általában néhány tucat megawatt. Az energia/hő arány rendszerint 0,3-0,5 közé esik. A gázturbinás erőművek kapacitása általában valamivel magasabb, az energia/hő arány viszont gyakran 0,5 körül van.

Az ipari ellennyomású energia mennyisége adott folyamat hőfogyasztásától és magas, közepes vagy ellennyomású gőz tulajdonságaitól függ. Az ellennyomású gőz termelését alapvetően az energia/hő arány határozza meg.

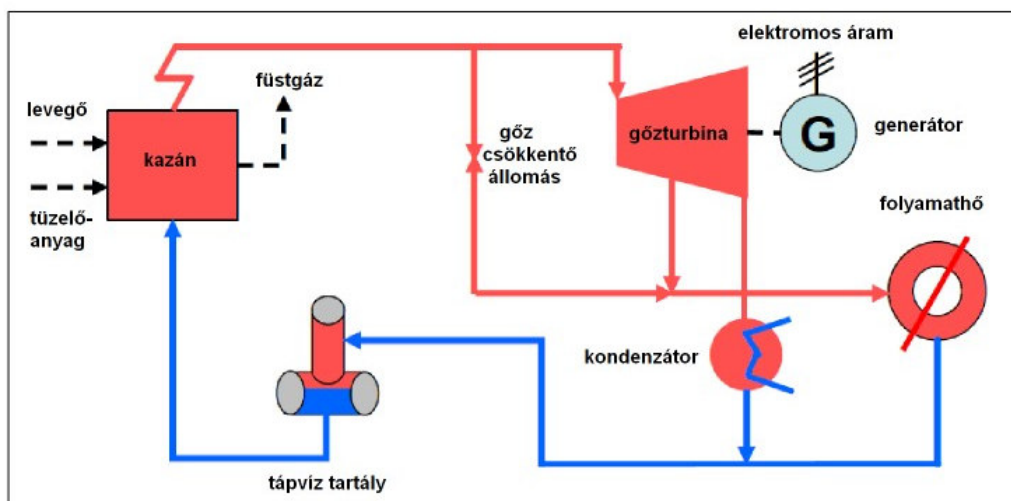
A távfűtőművekben a gőzt a gőzturbiná alatti hőcserélőkben kondenzálják, és forró víz formájában juttatják el a fogyasztókhoz. Ipari üzemekben az ellennyomású erőműből érkező gőzt ismét betáplálják az üzemi folyamatokba, ahol a gőz a benne rejlő hőt leadja. Távfűtőművek esetében az ellennyomás alacsonyabb, mint az ellennyomású ipari üzemekben. Ez magyarázatul szolgál arra, hogy az ellennyomású ipari üzemek energia/hő aránya miért alacsonyabb a távfűtőművek esetében mérhető értékeknél.



3.22 ábra: Elennyomású erőmű

Elvételes kondenzálás

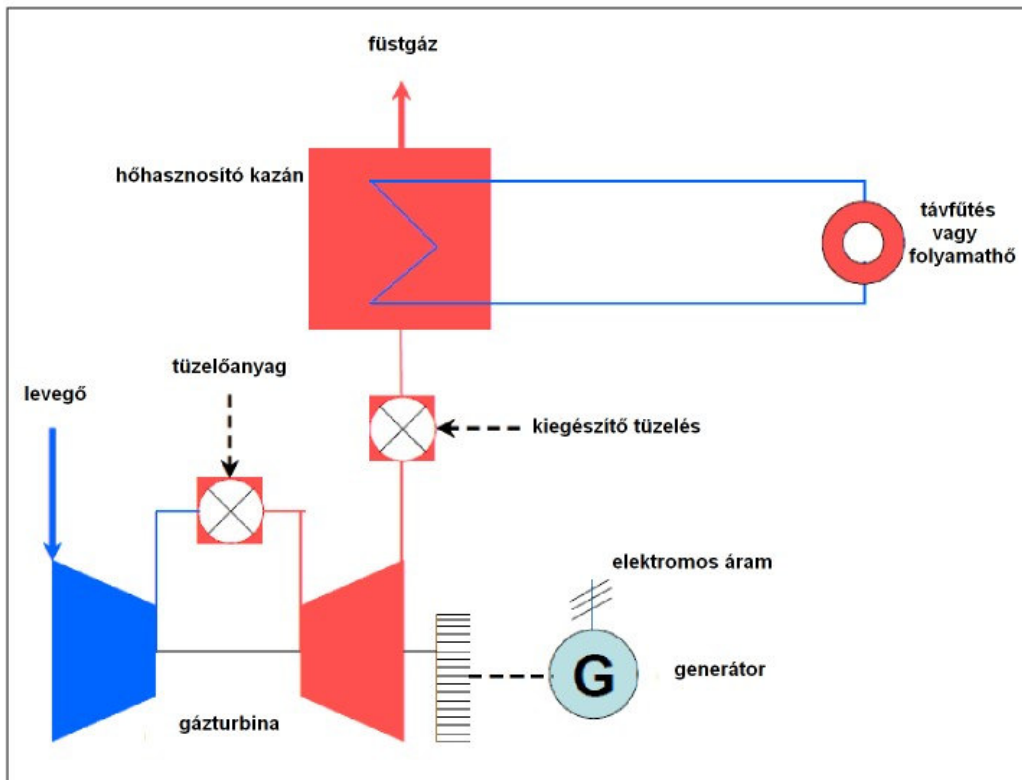
A kondenzációs erőművek csak villamos energiát termelnek, míg az elvételes kondenzációs erőművek esetében a gőz egy részét elveszik a turbináról és hőt fejlesztenek vele (ld. a 3.23 ábrát).



3.23 ábra: Elvételes kondenzációs erőmű

Gázturbina hőhasznosító kazánnal

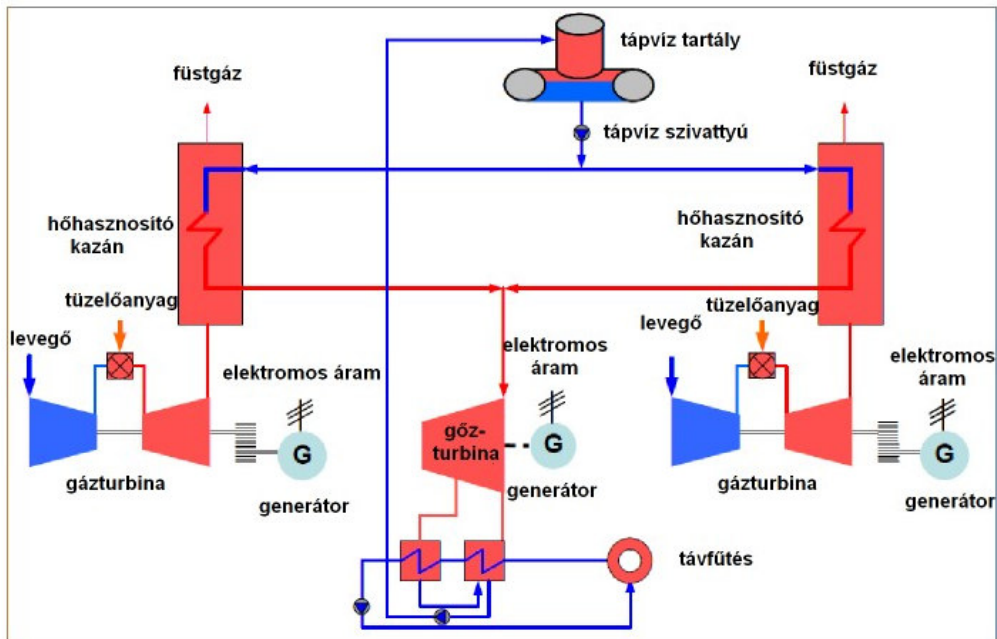
A hőhasznosító kazánnal kombinált gázturbináknál a hőt a turbina forró füstgázai segítségével termelik (ld. a 3.24 ábrát). A tüzelőanyag a legtöbb esetben földgáz, olaj vagy ezek kombinációja. A gázturbinákban elgázosított szilárd anyagok vagy folyékony tüzelőanyagok is használhatók.



3.24 ábra: Gázturbina hőhasznosító kazánnal

Kombinált ciklusú erőmű

A kombinált ciklusú erőmű egy vagy több gázturbinából áll, melyeket egy vagy több gőzturbinával kapcsolnak össze (ld. a 3.25 ábrát). A kombinált ciklusú erőműveket gyakran használják kapcsolt villamos energia- és hőtermelésre. A gázturbina kipufogó gázainak hője a gőzturbina-folyamatban hasznosul. A hasznosított hő sok esetben fűtés helyett a továbbiakban szintén villamos energia termelésre fordítódik. A rendszer előnye a magas energia/hő arány és a nagyfokú hatékonyság. Az égetési technológiák terén megjelent legújabb vívmány, a szilárd tüzelőanyagok elgázosítása, szintén összekapcsolható a kombinált ciklusú erőművekkel és a kapcsolt energiatermeléssel. Az elgázosítás a hagyományos égetési technikákhoz képest jelentősen csökkenti a kén és nitrogén-oxid kibocsátásokat, azoknak a gázkezelési lehetőségeknek köszönhetően, melyek a folyamatsorban az elgázosítás után és a gázturbinás kombinált ciklus előtt helyezkednek el.



3.25 ábra: Kombinált ciklusú erőmű

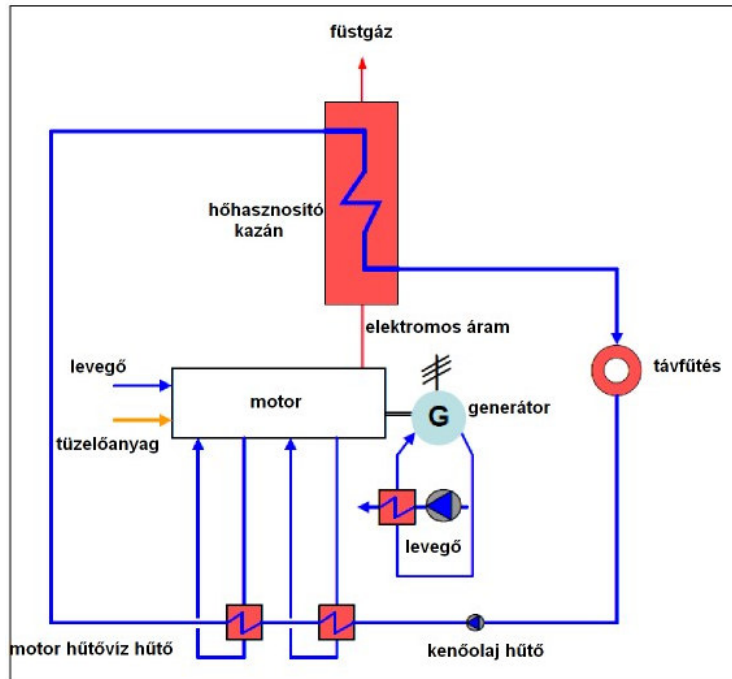
Belsőégésű (dugattyús) motorok

A belsőégésű vagy dugattyús motorokban a hő a kenőolajból és a motor hűtővizéből, illetve a kipufogó gázokból nyerhető vissza (ld. a 3.26 ábrát).

A belső égésű motorok a tüzelőanyag kémiai kötéseinek energiáját égetéssel hőenergiává alakítják. A füstgázok hőtágulása a hengerben zajlik, és mozgásra kényszeríti a dugattyút. A dugattyú mozgásának mechanikai energiáját a főtengely a lendkerékhez közvetíti, ahol ez az energia a lendkerékhez csatlakoztatott generátor révén villamos energiává alakul. A magas hőmérsékleten zajló hőtágulás mechanikai energiává, majd villamos energiává való közvetlen átalakítása miatt a termikus hatékonyság (egységnyi felhasznált tüzelőanyagból előállított villamos energia) az egyciklusú erőgépeknél a belsőégésű motorok esetében a legmagasabb, azaz a fajlagos CO₂ kibocsátás itt a legalacsonyabb.

Az alacsony fordulatszámú (<300/perc) kétütemű motorok 80 MW_e egység méretig kaphatók. A közepes fordulatszámú (300/perc–1 500/perc) négyütemű motorok legnagyobb egység mérete 20 MW_e. A közepes fordulatszámú motorokat általában a folyamatos működésű energiatermelő alkalmazásokhoz használják. A magas fordulatszámú (>1 500/perc) négyütemű motorokat kb. 3 MW_e-ig gyártják, és legtöbbször csúcsterheléses alkalmazásokban használják őket.

A leggyakrabban használt motortípusok további kategóriái a dízel motorok, szikra/micro pilot gyújtású és kettős üzemanyag-rendszerű motorok. A motorokban igen sokféle alternatív üzemanyag felhasználható: földgáz, olajkísérő gázok, hulladékokból nyert gázok, bányászati (szénágyas) gázok, biogázok, sőt, akár a pirolízis gázok vagy a folyékony bioüzemanyagok is, dízelolaj, nyersolaj, nehéz tüzelőolajok, tüzelőanyag emulziók és az olajfinomítás melléktermékei.



3.26 ábra: Belsőégésű vagy dugattyús motor felépítése

A stabilmotort (azaz nem mobil áramfejlesztőket) alkalmazó üzemekben általában több, motorhajtású áramfejlesztő részleg működik párhuzamosan. A több motorral rendelkező berendezések, ahol a motorok képesek részleges terhelés mellett is jó hatékonysággal üzemelni, az üzemeltetést rugalmasá teszik, mert a különböző terhelési igényeket optimálisan párosítják a kiváló rendelkezésre állási mutatókkal. A hidegindításhoz szükséges idő a szén-, olaj- vagy gáztüzelésű kazánokat alkalmazó gőzturbinás üzemek vagy a kombinált ciklusú gázturbinás üzemek indításához szükséges időhöz képest rövid. A járó motor képes gyorsan reagálni a hálózatra ezért felhasználható a hálózat gyors stabilizálására.

Ehhez a technológiához zárt vízhűtés alkalmazható, a stabil motort használó üzemekben ezáltal a vízfogyasztás nagyon alacsony szinten tartható.

A kompakt kialakítás miatt a motort alkalmazó üzemek a városi és ipari területeken, az energia- és hőfelhasználók közelében elhelyezve részt vehetnek az elosztásra termelő kapcsolt villamos energia- és hőtermelésben. A közelség miatt a transzformátoroknál és a vezetékekben, illetve hővezetékekben fellépő járulékos energiaveszteségek csökkennek. A központosított villamos energiatermelés tipikus átadási veszteségei az átlagosan a megtermelt energia 5-8%-át teszik ki, ennek megfelelően a távfűtőhálózatok hőveszteségei nem feltétlenül érik el a 10%-ot. Figyelembe kell venni, hogy a legnagyobb átadási veszteségek általában az alacsony feszültségű hálózatoknál és a házon belüli kiszolgáló csatlakozásoknál jelentkeznek. Másrészt az is igaz, hogy a nagyobb üzemek általában hatékonyabban képesek előállítani a villamos energiát.

Az egy cikluson belüli magas hatékonyság a kipufogó gázok és a hűtővíz viszonylag magas hőmérsékletével kombinálva a belsőégésű motorokat ideálissá teszi a CHP megoldások számára. A tüzelőanyag elégetése során felszabaduló energiának rendszerint kb. 30%-a kerül a kipufogó gázokba, és 20%-a a hűtővíz-áramba. A füstgázok energiája a folyamatsorban a motor után beiktatott kazánal hasznosítható, amely gőzt, forró vizet vagy forró olajat állít elő. A forró füstgázok energiája ezenkívül közvetve vagy közvetlenül hőcserélőkkel is hasznosítható, pl. a szárítási folyamatokban. A hűtővíz áramok magas és alacsony

hőmérsékletű körökre választhatók szét. A hasznosíthatóság attól a legalacsonyabb hőmérséklettől függ, amit a hőhasználó még hasznosítani tud. A hűtővíz teljes energiapotenciálja az alacsony visszatérő hőmérsékletű távfűtő hálózatokban hasznosítható. A motor hűtéséből származó hőforrások (füstgázt hasznosító kazánnal és tápvíz előmelegítővel), a folyékony tüzelőanyag energiájának 85%-os kihasználását is lehetővé teszik (villamos energia és hő formájában), gáz állapotú tüzelőanyagoknál ez az érték a 90%-ot is elérheti.

A hőenergia a felhasználók felé gőz (általában legfeljebb 20 bár nyomású túlhevített gőz), forró víz vagy forró olaj formájában továbbítható, a végfelhasználó igényeitől függően. A hő az abszorpciós hűtésben is használható, hűtött víz előállítására.

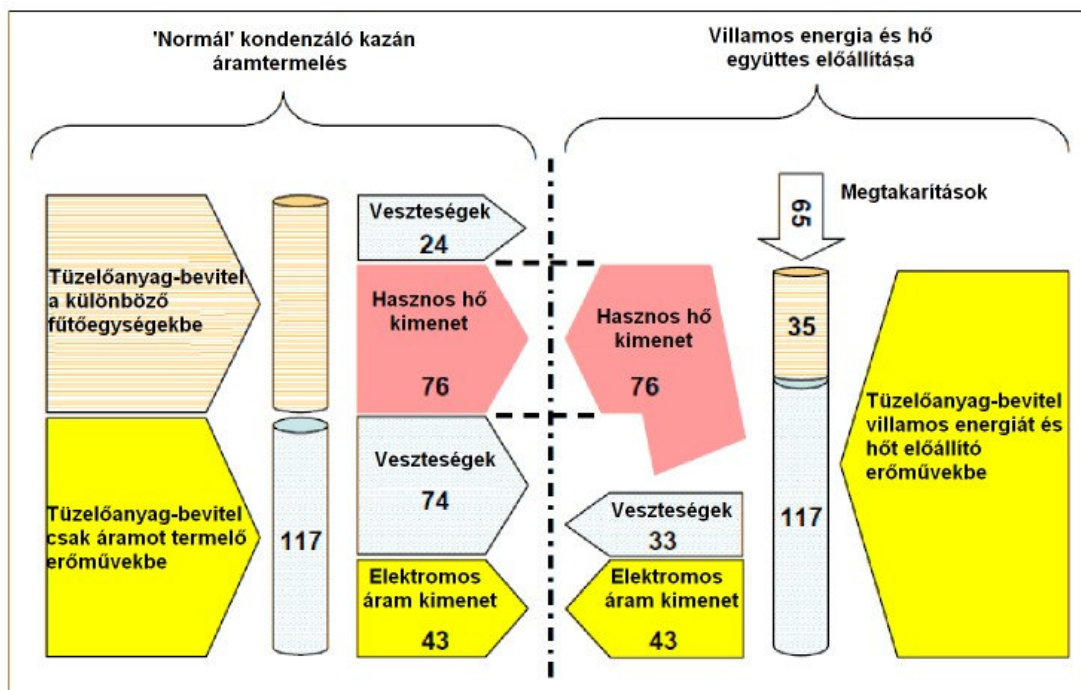
A motor alacsony hőmérsékletű hűtőköréből az energia abszorpciós hőszivattyúval is átvihető magasabb hőmérsékletre, melyet aztán a magas visszatérő hőmérsékletű távfűtő hálózatokban lehet felhasználni.

A villamos energia és fűtési/hűtési igényekben rövidebb időszakokra jelentkező egyenlőtlenségek forró és hűtött vizes hő-akkumulátorokkal stabilizálhatók.

A belsőégésű vagy dugattyús motorok hatékonysága a villamos energia termelést tekintve tipikusan 40-48%, de kapcsolt villamos energia és hőtermelés esetében ez egészen 85-90%-ig feltornázható, ha a hő hatékonyan felhasználható. Összetett energiatermelő, fűtő és hűtőrendszerekben (CCHP) a rugalmasság a forró és a hűtött víz tárolásával, illetve a kompresszoros hűtők vagy a direkt tüzelésű segédkazánok által biztosított feltöltés vezérléssel fokozható.

A CHP rendszerek jelentős gazdasági és környezetvédelmi előnyöket képviselnek. A kombinált ciklusú erőművekben a tüzelőanyag energiája a villamos energia- és hőtermelésben maximálisan hasznosul, a lehető legkisebb energiaveszteségek mellett. Az üzemek hatékonysága a tüzelőanyag energiájának hasznosítására nézve 80-90%-os, míg a hagyományos kondenzációs üzemekben a hatékonyság továbbra is csak 35-45%-os, és még a kombinált ciklusú erőművekben sem éri el az 58%-ot.

A CHP folyamatok magas hatékonysága igen jelentős energia-és kibocsátás-megtakarításokat eredményez. A 3.27 ábra egy szénttüzelésű CHP erőmű tipikus értékeit mutatja önálló, csak hőt termelő kazánnal illetve egy szénttüzelésű, villamos energiát termelő erőművel összehasonlítva. Más tüzelőanyagok vizsgálata esetében hasonló eredményeket kaphatunk. A 3.27 ábra értékei mértékegység nélküli energia egységek. Ebben a példában a különálló illetve a kapcsolt termelési egységek ugyanannyi hasznos outputot termelnek, de a különálló termelés esetében összesen 98 egységnyi energia vész el, míg a CHP esetében ez csak 33 egység. A tüzelőanyag energiájának hasznosulása a különálló termelésben 55%, míg a kapcsolt villamos energia és hőtermelésben eléri a 78%-ot. Ennek értelmében a CHP termelés kb. 30%-kal kevesebb tüzelőanyagot igényel ugyanannyi hasznos energia előállításához. A CHP termelésben éppen ezért ennek megfelelő mennyiséggel csökkennek a levegőbe történő kibocsátások is. Ugyanakkor ezek az értékek a helyi energiamixtől (villamos energia és/vagy hőenergia-gőztermelés) is függenek.



3.27 ábra: Kondenzációs erőmű és CHP erőmű hatékonyságának összehasonlítása

Akárcsak a villamos energia termelésben, a kapcsolt termelésben is igen sokféle tüzelőanyag felhasználható, pl. hulladék, megújuló energiaforrások (pl. biomassza) és fosszilis tüzelőanyagok (pl. olaj, gáz).

A villamos energia termelés csökkenhet, ha az üzemet hőtermelésre optimalizálják (pl. a hulladékból energiát előállító üzemekben, ld. a Hulladékégetés BREF dokumentumban.) Kimutatható például, hogy egy pl. 18%-ban villamos energia termelést végző üzem (a hulladék keretirányelvben ez 0,468-nak felel meg) megfelel egy olyan üzemnek, ahol a termelődő hő 42,5%-ban a távfűtésben hasznosul (a hulladék keretirányelvben ez 0,468-nak felel meg) vagy egy olyan üzemnek, amely 42,5%-ban kereskedelmi forgalmazásra gőzt állít elő (a hulladék keretirányelvben ez 0,468-nak felel meg) (a megfeleltetések a hulladék keretirányelvet és a Hulladékégetés BREF dokumentumot követik).

A CHP technika megválasztása egy sor különböző tényezőtől függ, és nincs két egyforma létesítmény, még ha a rájuk vonatkozó energiakövetelmények hasonlóak is. Ha kapcsolt termelés bevezetése mellett döntünk, ezt rendszerint az alábbi tényezők miatt tesszük:

- alapvető fontosságú, hogy a hőre mennyiség, hőmérséklet stb. vonatkozásában olyan igények legyenek, melyeket a CHP erőműben megtermelt hő ki tud elégíteni
- a létesítmény alapterhelésen jellemző villamos energia igénye (vagyis az a szint, amelynél alacsonyabb villamos energia igény csak ritkán jelentkezik)
- a hő- és villamos energia igények egyszerre jelentkeznek
- a tüzelőanyag ára a villamos energia árához képest kedvező
- magas éves üzemidő (lehetőleg több mint 4-5 000 óra teljes terhelésen).

Általánosságban a kapcsolt termelés azokban az üzemekben alkalmazható, ahol jelentős hőigény mutatkozik a közepes vagy alacsony nyomású gőzre jellemző hőmérséklet-tartományban. Adott üzem kapcsolt termelési lehetőségeinek meghatározásánál meg kell bizonyosodni arról, hogy nem várható a hőigény jelentős csökkenése. Máskülönben a kapcsolt

termelés műszaki hátterét túlságosan nagy hőigényre terveznék meg, ezért a létesítmény rossz hatékonysággal üzemelne.

2007-ben a viszonylag kis méretű CHP alkalmazások voltak gazdaságosak. A következő bekezdések arra világítanak rá, hogy az egyes esetekben általában mely CHP alkalmazások tekinthetők megfelelőnek. Az alkalmazást behatóan számadatok ugyanakkor csak tájékoztató jellegűek és a helyi viszonyoktól is függhetnek. A villamos energia általában eladható az országos elosztó hálózatnak, a létesítmény igényeinek változásaitól függően. Az energiaközvetítő rendszerek modellezése (ld. a 12. BAT pont b. pontjának utalásait) segítik a hőtermelő és hőhasznosító rendszerek optimalizálását, illetve a többlet-energia eladását és vásárlását.

A CHP típus kiválasztása

Az alábbi létesítmények esetében a megfelelő választás a gőzturbina lehet:

- a villamos energia alapterhelés 3-5 MW_e fölötti
- alacsony értékű folyamatgőz-igény, továbbá az energia/hő arány nagyobb az 1:4 értéknél
- olcsó üzemanyag áll rendelkezésre
- megfelelő hely áll rendelkezésre
- rendelkezésre áll valamilyen magas hőmérsékleten zajló folyamat hulladékhojje (pl. kemencékből vagy égetőkből)
- a meglévő kazánrészleg cseréjére szorul
- az energia/hő arányt minimalizálni kell. Az energia/hő arány maximalizálásához CHP erőművekben az ellennyomás szintjét minimalizálni kell, a magas nyomás szintjét pedig a lehető legmagasabbra kell állítani, különösen megújuló tüzelőanyagok esetében.

A megfelelő megoldás a gázturbina lehet az alábbi esetekben:

- az energia/hő arányt maximalizálni kívánják
- az energiaigény folyamatos, és 3 ME_e felett van (jelen dokumentum összeállításának idején a kisebb gázturbinák még épp csak megjelentek a piacon)
- földgáz áll rendelkezésre (bár ez nem korlátozó tényező)
- a közepes/magas nyomású gőzre vagy forró vízre nagy igény mutatkozik, különösen 500 °C feletti hőmérsékleteken
- igény van a 450 °C-os, vagy az azt meghaladó hőmérsékletű gázokra —a füstgázok környezeti levegővel lehűthetők, vagy hőcserélőbe vezethetők. (Gőzturbina alkalmazása mellett, kombinált ciklusban is figyelembe vehető az alkalmazása.)

A belsőégésű vagy dugattyús motorok az alábbi létesítményekben alkalmazhatók:

- az energiahasználat vagy a folyamatok, ciklusosak vagy nem folyamatosak
- alacsony nyomású gőzre, vagy alacsony/közepes hőmérsékletű forró vízre van igény
- az energiaigény/hőigény arány magas
- földgáz áll rendelkezésre —a gázüzemű belsőégésű motorokat előnyben részesítik
- földgáz nem áll rendelkezésre – a tüzelőolaj vagy LPG üzemű dízelmotorokat részesítik előnyben
- az elektromos terhelés alacsonyabb, mint 1 MW_e —szikragyújtás (0,003-10 MW_e egységek vannak forgalomban)

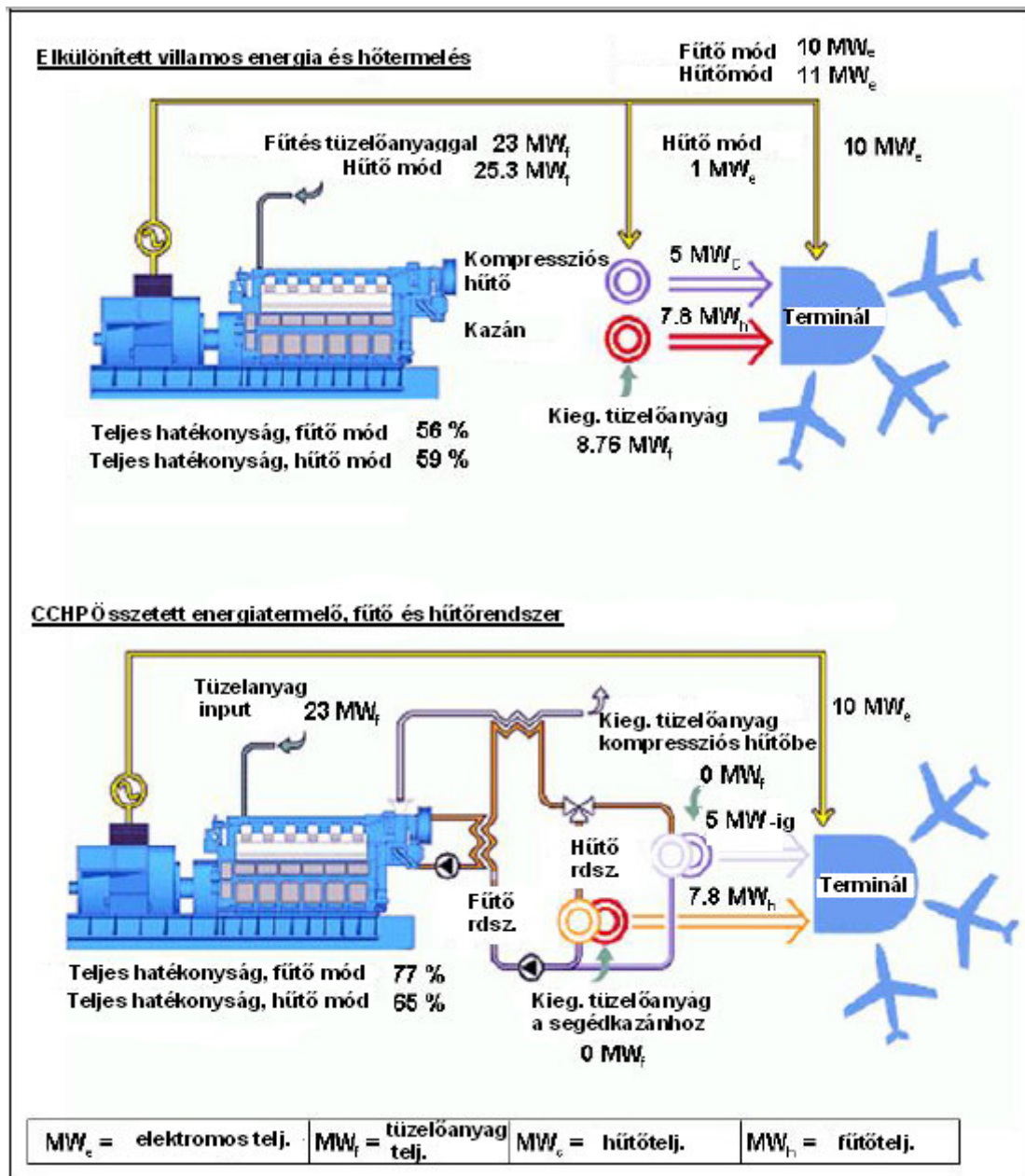
- az elektromos terhelés magasabb, mint 1 MW_e —kompressziós gyújtás (3-20 MW_e egységek vannak forgalomban).

A CHP gazdaságossága a tüzelőanyag és a villamos energia árak arányától, a hő árától, a terhelési tényezőtől és a hatékonyságtól függ. A gazdaságosság ezeken kívül függ még a hosszútávú hő- és villamos energia szolgáltatási kilátásoktól is. A politikai támogatás és a piaci mechanizmusok, mint pl. a kedvező adóztatás vagy az energiapiac liberalizációja jelentős befolyással bírhatnak.

Összetett energiatermelő, fűtő és hűtőrendszerek (CCHP)

CCHP termelésen rendszerint azt értik, amikor a tüzelőanyagból három hasznos termék: villamos energia, forró víz vagy gőz és hűtött víz keletkezik. A CCHP rendszer voltaképp egy CHP rendszer, egy abszorpciós hűtővel kombinálva, amely a hő egy részének segítségével hűtött vizet állít elő (ld. a 3.28 ábrát).

A 3.28 ábra a hűtött víz előállításának két koncepcióját hasonlítja össze: a kompresszoros hűtést, amely villamos energiát használ, és a CCHP megoldást, ahol a hő lítium-bromid abszorpciós hűtőben hasznosul. Mint látható, a hőhasznosítás két ponton, a füstgázoknál és a forró motor hűtését végző körben zajlik. A CCHP rugalmassága a forró és a hűtött víz tárolásával, illetve a kompresszoros hűtők vagy a direkt tüzelésű segédkazánok által biztosított feltöltés vezérléssel fokozható.

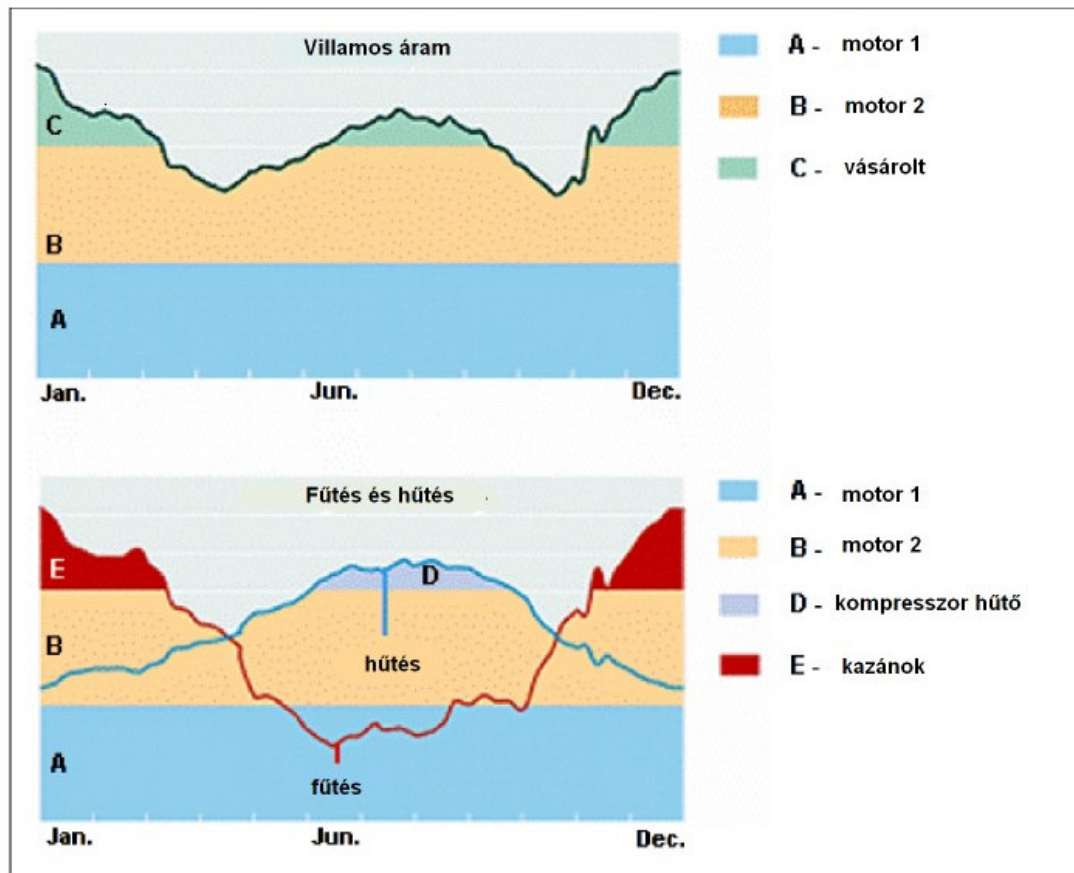


3.28 ábra: CCHP és elkülönített villamos energia és hőtermelés összehasonlítása egy nagyobb repülőtéren

Az egyszeres lítium-bromid abszorpciós hűtők képesek akár a mindössze 90 °C hőmérsékletű forró vizet is energiaforrásként hasznosítani, míg a kétszeres effektusú lítium-bromid abszorpciós hűtőknek kb. 170 °C-ra van szükségük, ami azt jelenti, hogy rendszerint gőzzel üzemelnek. Az egyszeres lítium-bromid abszorpciós hűtők teljesítmény együtthatója (COP) 6-8 °C-os víz előállításánál 0,7, míg a kétszeres effektusú hűtőknél ez 1,2. Ez azt jelenti, hogy ezek a hűtők a hőforrás kapacitásához képest 0,7 vagy 1,2-szeres hűtőkapacitást képesek produkálni.

Motorhajtású CHP erőművekben egyszeres és kétszeres effektusú rendszerek alkalmazhatók. Mivel azonban a motor maradékhője megoszlik a kipufogó gázok és a hűtőrendszer között, az egyszeres hűtő jobb megoldás, mert több hő hasznosítható, illetve adható át az abszorpciós hűtőnek.

A CCHP legnagyobb előnye, hogy ugyanazt az outputot, amit az elkülönített energia és hőtermelés biztosít, jelentősen kevesebb tüzelőanyag bevitelle mellett képes megtermelni. Az a rugalmasság, melyet a visszanyert hő hasznosítása a fűtésben (télen) illetve a hűtésben (nyáron) biztosít, lehetővé teszi, hogy az üzemórák számát hatékonyan maximalizáljuk a teljes üzem magas hatékonysága mellett, ami mind a tulajdonos, mind a környezet számára előnyt jelent (ld. a 3.29 ábrát.).



3.29 ábra: A CCHP lehetővé teszi az optimalizált üzemeltetést az egész év folyamán

Az üzemeltetési filozófia és a vezérlési stratégia fontos tényezők, és megfelelően kell őket értékelni. Az optimális megoldás ritkán alapul olyan elrendezésen, ahol a teljes vízűtési kapacitást abszorpciós hűtők biztosítják. A légkondicionálásban például az éves hűtési igény 70%-a a hűtési csúskapacitással fedezhető, míg a maradék 30%-nál a kompressziós hűtést is igénybe lehet venni.

Ezzel az elrendezéssel a hűtők teljes beruházási költsége minimalizálható.

CCHP és az elosztásra termelt áram

Mivel a forró vagy hűtött víz elosztása jóval nehezebb és költségesebb a villamos energiáénál, a CCHP automatikusan elosztásra termel áramot, hiszen a CCHP üzemnek közel kell elhelyezkednie a forró vagy hűtött víz felhasználóihoz.

Az üzem tüzelőanyag-hatékonyságának maximalizálásához az üzemeltetés a forró és a hűtött víz közösen jelentkező igényén alapul. Egy olyan üzem esetében, mely a forró és hűtött víz fogyasztókhoz közel helyezkedik el, a villamos energia elosztás költségei is alacsonyabbak. Nyilvánvalóan nem származik előny az extra befektetésekből, ha az összes visszanyert hő hatékonyan hasznosítható az üzem működése során.

Az extra befektetés viszont máris megtérülést mutat, ha vannak olyan időszakok, amikor az üzem nem képes az összes hőt felhasználni, vagy amikor nincs igény hőre, viszont a hűtött vizet vagy levegőt fel lehet használni. A CCHP-t például gyakran használják épületek klimatizálására, télen fűtésre, nyáron pedig hűtésre, illetve adott terület fűtésére és másik terület hűtésére.

Számos ipari létesítmény és középület fűtési és hűtési igénye mutat ilyen kevert jelleget, ezek közül négy példát emelnénk ki, ezek a sörfőzdék, a bevásárlóközpontok, a repülőterek és a kórházak.

3.3.5 Villamos energia ellátás

Az energiahatékonyságot befolyásolhatja a villamos energia ellátás minősége és az áramhasználat módja. Ez talán nehezen érthető, és gyakran nem is veszik figyelembe. Az energiaveszteségek a létesítményen belül illetve a külső ellátó hálózatban gyakran nem produktív energia formájában jelennek meg. A létesítmény áramelosztó rendszerében is jelentkezhetnek kapacitás veszteségek, melyek feszültségeséshez, túlmelegedéshez és a motorok és egyéb berendezések korai meghibásodásaihoz vezetnek. Még az áramdíjak növekedését is eredményezheti, mikor a létesítmény az áramot vásárolja.

21. BAT A teljesítménytényező javítása a helyi villamos energia elosztó követelményeinek megfelelően, a 3.21 táblázatban bemutatott technikák felhasználásával, az alkalmazhatóság függvényében.

Technika	Alkalmazhatóság
Kondenzátorok bekötése a váltakozó áramú áramkörökbe a meddő teljesítmény csökkentésére	Minden esetben. Alacsony költség és hosszú élettartam, de alkalmazása hozzáértést igényel.
Üresen járó vagy könnyű terhelésű motorok üzemelésének minimalizálása	Minden esetben.
A berendezések névleges feszültségük feletti üzemeltetésének elkerülése	Minden esetben.
Motorok cseréje esetén energiahatékony motorok használata	A csere idején.

3.21 táblázat: Elektromos teljesítménytényező javításának technikai az energiahatékonyság javítása érdekében

Részletes leírás — Villamos energia ellátás

A közüzemi villamos energia szolgáltatásban magas feszültségű hálózatokat alkalmaznak, ahol feszültség és az áramerősség időbeli alakulását három 50 Hz-es szinuszfüggvény írja le, melyek fáziseltérése páronként 120 fok. A magasfeszültséget az áramvezetés során fellépő áramerősség-veszteségek elkerülése indokolja. Az alkalmazott berendezéstől függően az áram feszültségét a létesítménybe történő belépéskor, illetve az adott fogyasztó közelében letranszformálják, ipari felhasználáshoz általában 440 V-ra, míg irodák stb. esetében a feszültség rendszerint 240 V.

Az energia szállítását és felhasználását különböző tényezők befolyásolják, ideértve a szállítórendszer ellenállását és egyes berendezések és alkalmazások hatását az energiaellátásra. Az energiarendszerekben kiemelkedően fontos követelmény az állandó feszültség és a szabályos hullámforma.

A 25 EU tagországban a 2002. évi villamos energia fogyasztás 2 641 TWh-t tett ki, amihez 195 TWh hálózati veszteség adódik. A legnagyobb fogyasztó az ipar volt, 1 168 TWó-val (44%), ezután a lakossági fogyasztás következett (717 TWh – 27%), majd a szolgáltatások (620 TWh – 23%). A három ágazat együttesen a fogyasztás 94%-át adta.

A teljesítménytényező javítása

Számos elektromos készülékben találhatunk példát az induktív terhelésre, mint pl.:

- váltakozó áramú egyfázisú és háromfázisú villanymotorok (ld. a 24. BAT pontot)
- változtatható fordulatszámú hajtások (ld. a 24. BAT pontot)
- transzformátorok (ld. a 23. BAT pontot)
- nagynyomású gázkisüléssel lámpák (ld. a 28. BAT pontot).

A fenti eszközök működtetéséhez mind aktív, mind reaktív elektromos teljesítményre szükség van. Az aktív elektromos teljesítmény hasznos mechanikai munkává alakítható, míg a reaktív elektromos teljesítmény az eszköz mágneses mezejének fenntartásához szükséges. A reaktív elektromos teljesítmény periodikusan ide-oda áramlik a generátor és a terhelés között (ugyanazon a frekvencián, mint maga az áram).

A kondenzátortelepek és a földkábelek szintén reaktív elektromos teljesítményt használnak.

A látszólagos teljesítmény a valós (aktív) teljesítmény és a reaktív teljesítmény vektorainak összege. Az elektromos energia termelő műveknek és a hálózatüzemeltetőknek a látszólagos teljesítményt hozzáférhetővé kell tenniük és át kell adniuk. Ez azt jelenti, hogy a generátorokat, transzformátorokat, vezetékeket, kapcsolókat stb. úgy kell méretezni, hogy nagyobb teljesítményt is képesek legyenek kezelni, mint ha a terhelés csak aktív elektromos teljesítményt igényelne.

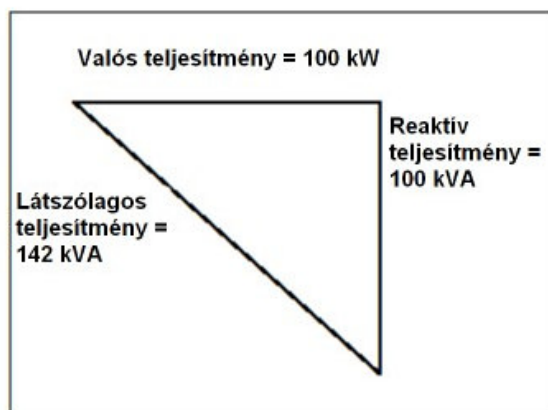
Az áramszolgáltató rendszereknek (mind a létesítményen belül, mind azon kívül) a fentiek miatt extra kiadásokat jelentenek a berendezések és a járulékos energiaveszteségek. A külső szolgáltatók ezért felárat fizettetnek a reaktív teljesítményért, ha az egy bizonyos határértéket meghalad. Rendszerint egy bizonyos 1.0 és 0.9 (fáziskésés) közé eső $\cos\varphi$ cél teljesítménytényezőt határoznak meg, ahol a reaktív energiaigény jelentősen csökkentett.

$$\text{(Elektromos) teljesítmény tényező} = \frac{\text{Valós teljesítmény}}{\text{Látszólagos teljesítmény}}$$

Példaként a 3.28 ábra egy teljesítmény háromszöget mutat be. Ha

- valós teljesítmény = 100 kW és látszólagos teljesítmény = 142 kVAr akkor
- a teljesítménytényező = $100/142 = 0,70$.

Ez azt jelzi, hogy az villamos energia termelő által biztosított áramnak csak 70%-a fordítódik hasznos munkára.



3.28 ábra: Reaktív és látszólagos teljesítmény

Ha a teljesítménytényezőt javítjuk, pl. a terhelésnél egy kondenzátor beiktatásával, ez teljesen vagy részlegesen megszünteti a reaktív teljesítmény elvonását az áramszolgáltatótól. A teljesítménytényező úgy javítható a leghatékonyabban, ha az erre szolgáló eszköz fizikailag közel helyezkedik el a terheléshez és a lehető legmodernebb technikai kialakítást használjuk.

A teljesítménytényező időben változhat, ezért időközönként ellenőrizni kell (létesítménytől, felhasználástól függően ezeknek az ellenőrzéseknek a gyakorisága 3 és 10 év között akármilyen intervallum lehet) mivel a (feljebb) felsorolt berendezések és az ellátás változhat az idők során. A teljesítménytényező javítására használt kondenzátorok szintén elöregednek, ezért ezeket is rendszeresen ellenőrizni kell (ez legkönnyebben úgy oldható meg, hogy megvizsgáljuk, felhevülnek-e a kondenzátorok az üzemelés során).

Egyéb szükséges intézkedések:

- üresen járó vagy alacsony terhelésű motorok üzemeltetésének minimalizálása (ld. a 24. BAT pontot)
- A berendezések névleges feszültségük feletti üzemeltetésének elkerülése
- Tönkrement motorok cseréje esetén energiahatékony motorok használata (ld. a 24. BAT pontot)
- ugyanakkor a teljesítménytényezőt még energiahatékony motorok használata esetén is jelentősen befolyásolja a terhelés ingadozása. Ahhoz, hogy a teljesítménytényezőt jelentősen növelő kialakítás jótékony hatása érvényesülhessen, a motort névleges teljesítményéhez közeli értéken kell üzemeltetni (ld. a 24. BAT pontot).

A 3.22 táblázat azt mutatja be, milyen hatással jár, ha az EU teljes ipara eléri a 0,95-ös (fáziskésés) teljesítménytényező értéket.

25 EU tagország ipari teljesítménytényezője	Aktív energia TWh	Cosφ	Reaktív energia TVA _r h	Látszólagos energia TVA _h
Becsült teljesítménytényező	1 168	0,71	1 192	1 669
Kitűzött teljesítménytényező	1 168	0,95	384	1 229

3.22 táblázat: Az EU 25 tagországának becsült villamos energia fogyasztása 2002-ben

Ha az iparban javítanák a teljesítménytényezőt, akkor a becslések szerint az EU egészére számítva 31 TWh teljesítményt lehetne megtakarítani, bár ezt a lehetőséget már részben

megvalósították. A számítás azon alapul, hogy 2002-ben a 25 EU tagország teljes villamos energia fogyasztása az iparban és a szolgáltatói szektorban 1 788 TWh volt, melynek 65%-áért az ipar volt felelős.²¹

Ha adott létesítményben az üzemeltető a teljesítménytényező javítást 0,73-ról 0,95-re emeli, a felhasznált villamos energia 0,6%-át takarítja meg (0,73 az iparra és a szolgáltatásokra vonatkozó becsült adat).

Ha nem javítják a teljesítménytényezőt, a létesítmény elosztórendszerében teljesítményveszteségek jelennek meg. A teljesítményveszteségek növekedésével feszültségesegek léphetnek fel. A nagyarányú feszültségesezés a motorok és egyéb indukciós berendezések túlmelegedését és korai meghibásodását okozhatja.

Ha a létesítményben a teljesítménytényező javítása 0,95 alatt van, a külső szolgáltatók a nagyarányú reaktív teljesítményért felárat számíthatnak fel.

A teljesítménytényező javításának költsége alacsony. Némely új berendezés (pl. nagy hatékonyságú motorok) a teljesítménytényező javítását célozza.

A technika bevezetését az alábbiak indokolják:

- villamos energia megtakarítás mind a létesítményen belül, mind a külső ellátó hálózatban (ahol igénybe veszik)
- belső elektromos ellátó rendszer kapacitásának növekedése
- berendezések javuló megbízhatósága, leállások időtartamának csökkenése.

22. BAT a villamos energia ellátás harmonikus tartalmának ellenőrzése, szükség esetén szűrők alkalmazása

Részletes leírás — Harmonikus tartalom

Egyes nem lineáris terhelést képviselő elektromos berendezések a villamos energia ellátásban harmonikus torzítást generálhatnak (a szinuszos hullám torzulását okozzák). Nem lineáris terhelést okoznak például az egyenirányítók, az elektromos világítás egyes típusai, az ívkemencék, a hegesztő berendezések, a kapcsolóüzemű tápegységek, számítógépek stb.

A harmonikus torzítás csökkentésére vagy megszüntetésére szűrők alkalmazhatók. Az EU a teljesítménytényező javítása érdekében korlátozza a harmonikus torzítás mértékét, és bizonyos szabványok, mint pl. az EN 61000-3-2 vagy az EN 61000-3-12, kapcsolt üzemű tápegységekhez előírják a harmonikus szűrők használatát.

A harmonikus torzítás hatásai:

²¹A 31 TWh több mint 8 millió háztartásnak, kb. 2 600 szélenergiának, nagyjából 10 gáztüzelésű erőműnek illetve 2-3 atomerőműnek felel meg. 31 TWh ezenkívül 12 Mt CO₂-t jelent.

- a megszakítók túlterhelés miatti aktiválódása
- üzemzavar a szünetmentes (UPS) rendszerekben és generátor rendszerekben
- mérési problémák
- számítógépek hibás működése
- túlfeszültség.

A harmonikus torzítást szabványos ampermérővel nem lehet kimutatni, erre a célra csak a valódi effektív érték (true RMS) mérők alkalmasak.

A harmonikus torzítást okozó berendezéseket minden létesítményben azonosítani kell.

A technika bevezetését az alábbiak indokolják:

- berendezések javuló megbízhatósága
- leállások időtartamának csökkenése
- harmonikus torzítás mellett a földelésben csökken az áramerősség
- harmonikus torzítás jelenlétében a földelés tervezése során figyelembe vett biztonsági értékek érvényüket veszítik.

23. BAT a villamos energia ellátás hatékonyságának optimalizálása a 3.23 táblázatban felsorolt, és hasonló technikákkal, az alkalmazhatóság függvényében:

Technika	Alkalmazhatóság
A kábelek energiaigénynek megfelelő méretezése	Amikor a berendezést nem használják, pl. leálláskor, vagy a berendezés elhelyezése vagy áthelyezése esetén
A méretezési teljesítmény 40-50%-a feletti terhelés esetén online transzformátorok üzemeltetése	<ul style="list-style-type: none"> • meglévő létesítményekben: mikor az aktuális terhelés 40% alatt van, és egynél több transzformátor üzemel • csere esetén alacsony veszteségű transzformátor alkalmazása
Nagy hatékonyságú, kis veszteségű transzformátorok használata	A csere alkalmával, vagy ahol a kedvezményes költség az életciklusra szól
Nagy feszültségigényű berendezések energiaforráshoz (pl. transzformátorhoz) minél közelebb való elhelyezése	Berendezések elhelyezése vagy áthelyezése során

3.23 táblázat: Villamos energia ellátással kapcsolatos technikák az energiahatékonyság javítására

Részletes leírás — A villamos energia ellátás optimalizálása

A kábelekben ellenállási veszteségekkel kell számolnunk, a nagy energiafelhasználású berendezéseket éppen ezért a nagyfeszültségű ellátó rendszerhez minél közelebb kell elhelyeznünk, pl. a megfelelő transzformátor a berendezéshez legyen a lehető legközelebb.

A berendezés kábeleit a felesleges ellenállás és az emiatt hő formájában fellépő veszteségek elkerülése érdekében ráhagyással kell méretezni. Az ellátó rendszer nagy hatékonyságú berendezésekkel, pl. transzformátorokkal optimalizálható.

Az egyéb nagy hatékonyságú berendezéseket (pl. motorok, kompresszorok, szivattyúk) a későbbi alfejezetek tárgyalják.

Az üzemeltetésről az alábbiak mondhatók el:

- minden nagyméretű berendezést úgy kell megtervezni, hogy az ellátó transzformátor mellett kaphassanak helyet
- a kábelezést minden létesítményben ellenőrizni kell, és szükség esetén ráhagyást kell biztosítani.

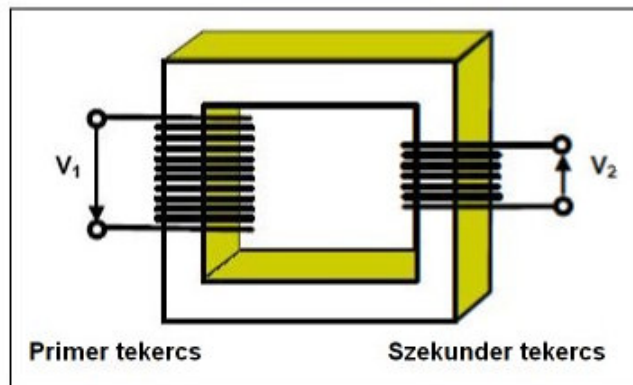
A technika biztosítja:

- a berendezések javuló megbízhatóságát
- a leállások miatti veszteségek csökkenését
- költségek működési életciklusra szóló figyelembe vételét.

Részletes leírás — Transzformátorok energiahatékony üzemeltetése

A transzformátorok a szolgáltatott elektromos áram feszültség szintjét változtatják meg. Erre azért van szükség, mert a feszültség az elosztó hálózatban általában magasabb, mint amekkora az ipari gépek üzemeltetéséhez szükséges: az elosztó rendszerben a magasfeszültség csökkenti az elosztó vonalakban az energiaveszteségeket.

A transzformátorok mozgó alkatrészt nem tartalmaznak, egy vasmagot tartalmaznak, amely ferromágneses lapokból áll, a vasmag ellenkező oldalain helyezkedik el a primer és a szekunder tekercs. A feszültségtranszformációs arányát a V_2/V_1 arány adja meg (ld. a 3.29 ábrát).



3.29 ábra: Transzformátor felépítése

Az energiaegyensúly:

$$P_1 = P_2 + P_L$$

3.5 egyenlet

formában írható fel, ahol P_1 a transzformátorba bemenő elektromos áram, P_2 a kimenő elektromos áram, P_L pedig a veszteségeket jelöli.

A transzformátor hatékonyságát az alábbi egyenlet adja meg:

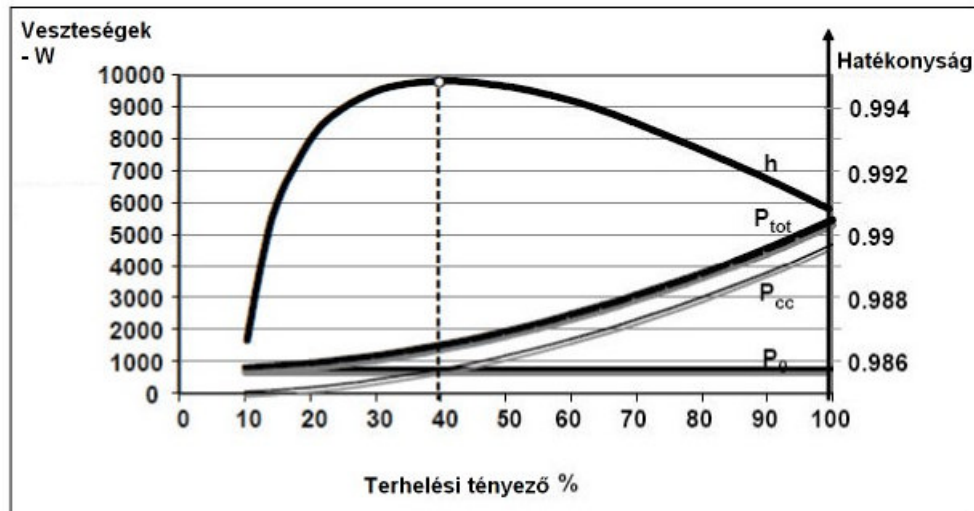
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - P_L}{P_1}$$

3.6 egyenlet

A veszteség két helyen, mégpedig a vas alkotókban és a réz alkotókban fellépő veszteségek formájában jelentkezhet. A vas alkotókban fellépő veszteségeket a hiszterézis és a ferromágneses magban keletkező örvényáramok okozzák, ezek a veszteségek V^2 -tel

arányosak és a névleges teljesítmény (P_n) 0,2-0,5%-ának felelnek meg (P_2). A réz alkotókban a veszteségek oka a réztekercsben fellépő Joule hatás, ezek a veszteségek I^2 -tel arányosak, és a becslések szerint a nominális teljesítmény durván 1-3%-ának felelnek meg (100%-os terhelés mellett).

Mivel a transzformátorok rendszerint 100%-nál alacsonyabb χ terhelés mellett üzemelnek ($P_{\text{effektív}} = \chi P_n$), igazolható, hogy a transzformációs hatékonyság és a terhelési tényező kapcsolata a 3.30. ábrán látható görbével írható le (250 kVA-es transzformátor esetében). Ebben az esetben a transzformátor hatékonysága kb. 40%-os terhelési tényező mellett éri el a maximumát.



3.30 ábra: Összefüggés a vas- és réz alkotókban fellépő veszteségek, a hatékonyság és a terhelési tényező között

Bármekkora legyen is a transzformátor teljesítménye, a hatékonyság és a terhelési tényező által megadott görbének mindig van maximuma, rendszerint a névleges terhelés átlagosan 45%-a körüli értéken.

E megkülönböztető jellegzetesség lehetővé teszi az elektromos áram (transzformátor) alállomásokon az alábbi opciók értékelését:

- ha az össz-elektromos terhelés alacsonyabb, mint 40-50% P_n , egy vagy több transzformátor kikapcsolásával energiát takaríthatunk meg, mert így a többi transzformátor az optimális terheléshez közelebbi szinten üzemelhet
- ellenkező esetben (75% P_n -nél nagyobb össz-elektromos terhelésnél) csak a kiegészítő kapacitás beállítása vehető számba
- a transzformátor alállomás modernizálása vagy újrabekötése esetén, amikor *alacsony veszteségű*, a veszteségeket lehetőleg 20-60%-kal csökkentő transzformátorok állíthatók be.

A transzformátor alállomásokat általában többlet elektromos energiával látják el, ezért az átlagos terhelési tényező rendszerint alacsony. Történelmi okok miatt az energiaközvetítő rendszerek irányítói ezt a többletet azért tartják fenn, hogy egy vagy több transzformátor meghibásodása esetén is folyamatos legyen az energiaellátás.

Az optimalizálás feltételei minden transzformátorház esetében érvényesek. A terhelés optimalizálása a becslések szerint az esetek 25%-ában alkalmazható.

Az iparban évente a becslések szerint a transzformátorok 5%-át cserélik le, ezekben az esetekben figyelembe vehető az alacsony veszteségű transzformátorok alkalmazása.

A „rendes” transzformátorokhoz képest alacsony veszteségű transzformátorok beállítása esetén, illetve amikor a jelenleg használt alacsony hatékonyságú transzformátorok kiváltásakor a megtérülési idő rendszerint rövid, ha figyelembe vesszük, hogy a transzformátorok üzemóráinak éves száma igen magas.

A technika alkalmazását az energia- és költségmegtakarítások indokolják.

3.3.6 Villanymotor-meghajtású alrendszerek²²

A villanymotorokat kiterjedten használják az iparban. Az energiahatékonyság javítása szempontjából a legegyszerűbb megoldás az energiahatékony, elektronikus vezérlésű motorok és a változó fordulatszámú hajtás alkalmazása a motorok lecserélésekor. A motor lecserélésekor azonban a motort magában foglaló egész rendszert figyelembe kell venni, máskülönben az alábbi kockázatokkal leszünk kénytelenek számolni:

- a rendszerek használatának és méretezésének optimalizálásából származó potenciális előnyök elvesztése
- energiavesztés, ha a változó fordulatszámú hajtást nem a megfelelő környezetben alkalmazzuk.

A villanymotort alkalmazó legfontosabb rendszerek:

- sűrített levegő rendszerek
- szivattyúzás
- fűtés, szellőztetés és légkondicionálás
- hűtés (ld. az Ipari hűtőrendszerek BREF dokumentumot).

Részletes leírás — Sűrített levegő rendszerek

A sűrített levegő az atmoszférikus nyomásnál magasabb nyomáson tárolt és használt levegő. A sűrített levegő rendszer egy adott mennyiségű, adott helyet elfoglaló levegőt kisebb helyre nyomja össze.

A sűrített levegő felel az ipari villamos energia fogyasztás 10%-áért, vagy az EU-15 viszonylatában 80 TWh/év fogyasztásért.

A sűrített levegőt kétféle módon használják:

²²Jelen dokumentumban a „rendszer” olyan, egymással összeköttetésben álló tárgyak és eszközök összességét jelöli, melyeket adott cél érdekében —pl. szellőztetés, sűrített levegő rendszerek— együttesen működtetnek. Ld. még a rendszerhatárok fogalmának részletezését a 2.3.5. és 2.5.1. alfejezetekben. Ezek a rendszerek többnyire magukban foglalnak valamilyen a motoros hajtás alrendszert (vagy alkotó rendszert) is.

- az ipari folyamatok integrált részeként, pl.:
 - alacsony tisztaságú nitrogén ellátás a technológiai folyamathoz inert atmoszféra biztosításához
 - alacsony tisztaságú oxigén ellátás oxidáló folyamatokhoz, pl. szennyvíztisztítás
 - tiszta helyiségekhez, a szennyezőanyagok elleni védelemre stb.
 - magas hőmérsékletű folyamatokban, pl. acél- és üvegyártás, keverésre
 - üvegszál és üvegedények fúvására
 - műanyag préselésre
 - pneumatikus válogatásra.

- energiaközvetítő közegként, pl.:
 - sűrített levegős szerszámok meghajtására
 - sűrített levegős vezérlő elemek (pl. szelepek) meghajtására.

Döntő többségben a sűrített levegő használata IPPC alkalmazásokban az ipari folyamatok integrált része. A nyomást, a sűrített levegő tisztaságát és a sűrített levegő iránti igényt maga a folyamat határozza meg.

A sűrített levegő lényegében tiszta és biztonságos, mivel a meggyulladás és a robbanás kockázata akár közvetlenül, akár a hőt visszatartó részekről alacsony, és emiatt a vegyiparban és hasonló iparágakban veszélyes területeken széles körben használják. A villamos energiával ellentétben, nincsen szüksége 'visszatérő' csőre/vezetékre, és amikor eszközök meghajtására használják, nagy teljesítménysűrűséget, és —térfogat-kiszorításos/kényszerlökötű eszközöknél— még alacsony fordulatszámnál is állandó forgatónyomatékokot és nyomást biztosít. Ez számos alkalmazásban előnyt jelent az elektromos eszközök használatával szemben. Könnyű adaptálni a változó termelési követelményekhez (ami gyakran nagy mennyiségű termelési helyzetekben válik szükségessé), és saját pneumatikus logikai vezérlőkkel használható. Könnyen beépíthető (bár lassan feleslegessé válik, minthogy elérhető lett az olcsóbb elektronikai vezérlés).

A pneumatikus mechanikus eszközöket gyakran használják rövid, gyors, nem nagy erejű lineáris mozgásoknál vagy alacsony sebességű nagy erejű mozgásoknál, mint pl. (manuális vagy automatizált) összeszerelő szerszámok meghajtásánál. Ugyanerre a célra elektromos eszközök is rendelkezésre állnak: rövid gyors mozgásokhoz ott vannak a hajtómágnesek, és a menetes rudas meghajtású motorok nagy erő kifejtéshez. A pneumatikus eszközök azonban a teljesítményükhöz képest kicsi súlyuk miatt kényelmesek, mert hosszú ideig lehet őket túlmelegedés nélkül és alacsony karbantartási költség mellett működtetni.

Mindazonáltal, azokban az esetekben, ahol nincsenek más hajtóerők, meg kell vizsgálni a sűrített levegő használatának alternatíváit is.

A sűrített levegő ellátás gyakran az üzemi kivétel integrált részét képezi, és a létesítmény összes sűrített levegő igényével együtt kell elemezni. IPPC alkalmazásokban a sűrített levegő rendszer fontos energia felhasználó, a létesítmény által felhasznált összes energia 5-25%-t is kiteheti. Energiahatékonysági érdekből, a kompresszorok és kapcsolódó berendezések gyártói kifejlesztettek technológiákat és eszközöket a meglévő sűrített levegő rendszerek optimalizálására, valamint új, hatékonyabb alternatívák tervezésére.

Manapság a beruházásokat az életciklus költségek irányítják, különösen egy új sűrített levegő rendszer kiépítésénél. A sűrített levegő rendszer kialakításánál az energiahatékonyság döntő fontosságú szempont, és a meglévő sűrített levegő rendszerek optimalizálásában is van még potenciál. Egy nagy kompresszor életciklusát 15-20 évre becsülik. Ennyi idő alatt a létesítmény igénye változhat és újra kell értékelni, és ezen túlmenően új technológiák is elérhetővé válnak a meglévő rendszerek energiahatékonyságának javítására.

Általánosságban, az energia közvetítő közeg (pl. sűrített levegő rendszer) kiválasztása mindig az alkalmazás számos paraméterétől függ és esetenként külön vizsgálandó.

A sűrített levegő rendszerek energiahatékonysága

A legtöbb termelő iparágban a sűrített levegő az ipari folyamat integrált összetevője. Az ilyen alkalmazások többségében az adott helyzetben, ú.m. jelentősebb átalakítás nélkül ez az egyetlen könnyen elérhető technológia a folyamat lefolytatására. Ezekben az esetekben a sűrített levegő rendszer energiahatékonyságát elsősorban vagy kizárólag a sűrített levegő előállításának, kezelésének és elosztásának hatékonysága határozza meg.

A sűrített levegő előállítás, kezelés és elosztás energiahatékonyságát a rendszer tervezésének előállításának és karbantartásának minősége határozza meg. A szakértő tervezés célja az alkalmazás igényeinek megfelelő sűrített levegő biztosítása. Az energiahatékony technikák bevezetését megelőzően az alkalmazás és a sűrített levegő igény megfelelő ismeretét kell bizonyítani. Ezeket az energiahatékony technikákat célszerű egy energia menedzsment rendszerbe beépíteni, ahol a megbízható sűrített levegő auditot jó minőségű adatbázis támogat (ld. 1. és 5. BAT pont).

2000-ben, az Európai SAVE program keretében készítettek egy tanulmányt a sűrített levegő rendszerek energiahatékonysági potenciáljának elemzésére. Annak ellenére, hogy ez a tanulmány mindenfajta alkalmazást lefed, és az IPPC létesítményekben alkalmazott sűrített levegő rendszerek rendszerint nagyobbak, mint az átlagos ipari sűrített levegő rendszerek, jó áttekintést ad a sűrített levegő rendszerek energiahatékonysága fejlesztésének releváns intézkedéseiről.(ld. 3.24 táblázatot).

Energiatakarékosági intézkedés	Alkalmazhatóság % (1)	Nyereség % (2)	Potenciális hozzájárulás % (3)	Megjegyzések
Rendszer beépítése vagy felújítása				
A meghajtók fejlesztése (nagy hatékonyságú motorok)	25	2	0,5	A legköltséghatékonyabb kis (<10 kW) rendszereknél
A meghajtók fejlesztése (a sebesség szabályozása)	25	15	3,8	Változó terhelésű rendszerekhez alkalmas. Több gépet tartalmazó létesítményekben csak egy gépet kell változó sebességű meghajtóval felszerelni. A becsült nyereség az egész rendszerre érvényes, legyen az egy vagy több gépből álló.
A kompresszor korszerűsítése	30	7	2,1	
Kifinomult szabályozórendszer használata	20	12	2,4	
A hulladékhő hasznosítása egyéb célokra	20	20-80	4,0	Megjegyzendő, hogy a nyereség energiában és nem elektromos áram fogyasztásban van kifejezve, mert az áram hasznos

				hővé alakul át.
A hűtés, szárítás és szűrés fejlesztése	10	5	0,5	A gyakoribb szűrőcserét nem beleértve (ld. lentebb)
Átfogó rendszer kialakítás, beleértve a többnyomású rendszereket	50	9	4,5	
A súrlódási nyomásvesztések csökkentése (pl. a csőátmérő növelésével)	50	3	1,5	
Bizonyos végfelhasználó készülékek optimalizálása	5	40	2,0	

A rendszer üzemeltetése és karbantartása				
A levegő szűrés csökkentése	80	20	16,0	A legnagyobb potenciális nyereség
Gyakoribb szűrőcsere	40	2	0,8	
ÖSSZESEN		32,9		
Jelmagyarázat: (1) sűrített levegő rendszerek %-a, ahol a technika alkalmazható és költséghatékony (2) az éves energiafogyasztás csökkenése % (3) potenciális hozzájárulás= alkalmazhatóság * csökkenés				

3.24 táblázat: Energiatakarékosági intézkedések sűrített levegő rendszereknél

Amikor a sűrített levegőt szerszámok meghajtására használják, figyelembe kell venni, hogy a 'gépi erő' definíciója 'a szerszám tengelyén mért erő osztva a szerszám által fogyasztott sűrített levegő előállításához szükséges teljes bemenő elektromos energiával', és ez jellemzően 10-15%-ot tesz ki.

A sűrített levegő rendszerek kialakítására vagy módosítására használt legtöbb technika célja a rendszer energiahatékonyságának növelése. A sűrített levegő rendszerek energiahatékonyságának növeléséből származó előnyök lehetnek még a zajkibocsátás és a hűtővíz felhasználás csökkenése. A sűrített levegő rendszerek és kompresszorok életciklus kilátása relatíve magas, ezért a cserekészülékekben az anyagfelhasználás mértéke alacsony. A sűrített levegő rendszerek zajt és olajködöt bocsátanak ki. A sűrített levegő rendszerek egyéb környezeti hatásai az energiahasználathoz képest kicsik.

A legtöbb létesítményben a sűrített levegő rendszerek független alrendszerek. A rendszerek legtöbb módosítása más rendszereket vagy folyamatokat nem érint. A sűrített levegő rendszerek energiafogyasztását figyelembe kell venni, ha más rendszerben használják (ld. a 2.3 alfejezetet.).

A sűrített levegő rendszerek összetevői

A sűrített levegő rendszerek az alkalmazástól független négy alrendszerből állnak:

- sűrített levegő előállítás
- sűrített levegő tárolás
- sűrített levegő kezelés
- sűrített levegő elosztás.

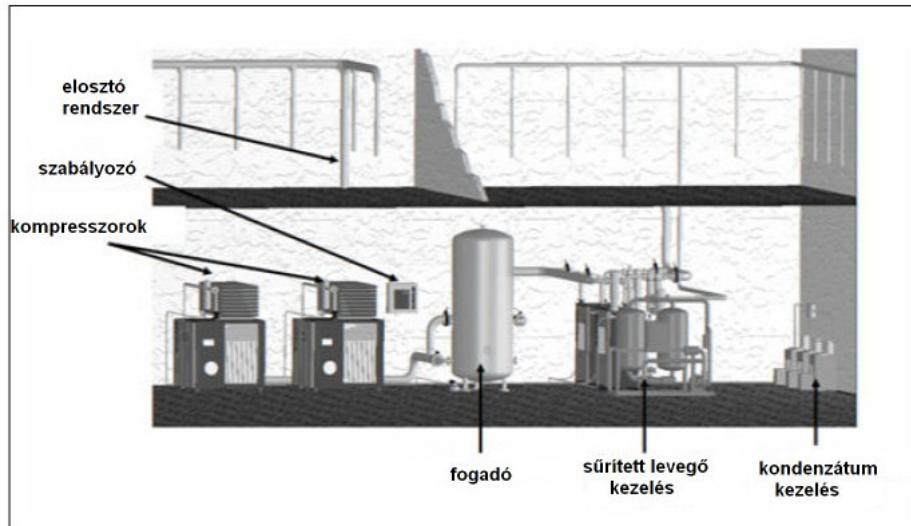
Ezen túlmenően vannak a segédrendszerek, mint pl. a hőhasznosítás és a kondenzátum kezelés.

Az alrendszerek jellemző összetevőit mutatja a 3.25 táblázat:

Előállítás	Tárolás	Kezelés	Elosztás	Segédrendszerek
Kompresszor	Fogadó	Szárító	Csővezeték	Hőhasznosítás
Szabályozó		Szűrő	Szelepek	Kondenzátum elvezetés
Hűtő				

3.25 táblázat: A sűrített levegő rendszerek jellemző összetevői

A sűrített levegő rendszerek jellemző összetevőinek elrendezését mutatja a 3.31 ábra.



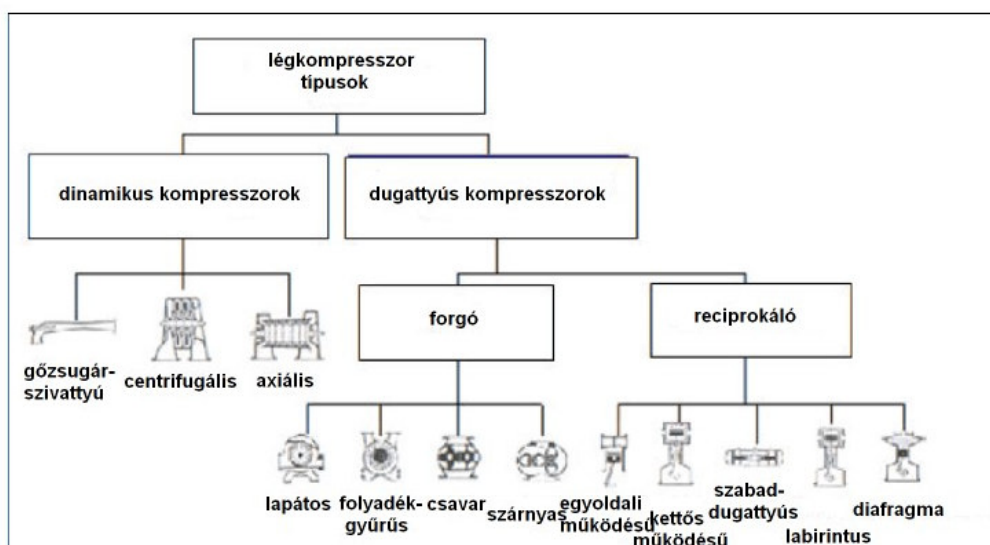
3.31 ábra: A sűrített levegő rendszerek jellemző összetevői

A létesítmények többsége több kompresszorból álló állomással, központi sűrített levegő kezeléssel és nagy elosztó rendszerrel rendelkezik. Ezen túlmenően néhány gép, mint pl. a szövőszekek vagy az üvegyártó berendezések gyakran rendelkeznek beépített, arra a célra kialakított sűrített levegő rendszerekkel. A speciális alkalmazásokhoz nincsen szabványos rendszer. A folyamatról és a paramétereikről függően kell kiválasztani a megfelelő összetevőket és vezérelni az együttműködésüket.

Kompresszortípusok

A kompresszor típusától és kialakításától függően változik a hatékonysága. A hatékonyság, és ennél fogva az üzemeltetési költségek kulcsfontosságú tényezők a kompresszor kiválasztása során, de a döntést a szükséges sűrített levegő minősége és mennyisége határozhatja meg.

A légkompresszor technológia két alapvető csoportból áll, a dugattyús kompresszorokból és a dinamikus kompresszorokból. Ezek tovább tagolódnak további kompresszortípusokra, ahogyan azt a 3.32 ábra és az alábbi szöveg mutatja.



3.32 ábra: Kompresszortípusok

- a **dugattyús kompresszorok** adott mennyiségű levegő nyomását növelik meg úgy, hogy a levegő által az eredeti nyomáson elfoglalt helyet csökkentik le. Ennek a kompresszornak két alapvető típusa van, a reciprokáló és a forgó. Mindkét alaptípus ezután további technológiákra oszlik:
 - a reciprokáló kompresszorokban egy dugattyú mozog egy hengerben, hogy az alacsony nyomású levegőt magas nyomásúvá nyomja össze. Egyoldali és kettős működésű kivitelben készülnek.
 - a forgócsavaros kompresszorok a 40 (30 kW) 500 (373 kW) hp tartományban a legelterjedtebb ipari kompresszorok. Olajos kenésű és olajmentes kivitelben is elérhetők. A forgócsavaros kompresszorok népszerűsége a relatíve egyszerű kivitelnek, a könnyű beszerelésnek, az alacsony rutin karbantartási igénynek, a könnyű karbantartásnak, a hosszú élettartamnak és a kedvező árak köszönhető.
- a **dinamikus kompresszorok** forgó, folyamatos áramú gépek, amelyben a gyorsan forgó rész felgyorsítja a levegőt, miközben az áthalad ezen a részen, a sebességmagasságot nyomássá alakítva, részben a forgó részben, részben helyhez kötött diffúzorokban vagy tárcsákon. A dinamikus kompresszor kapacitása a munkanyomással arányosan számottevően változik.

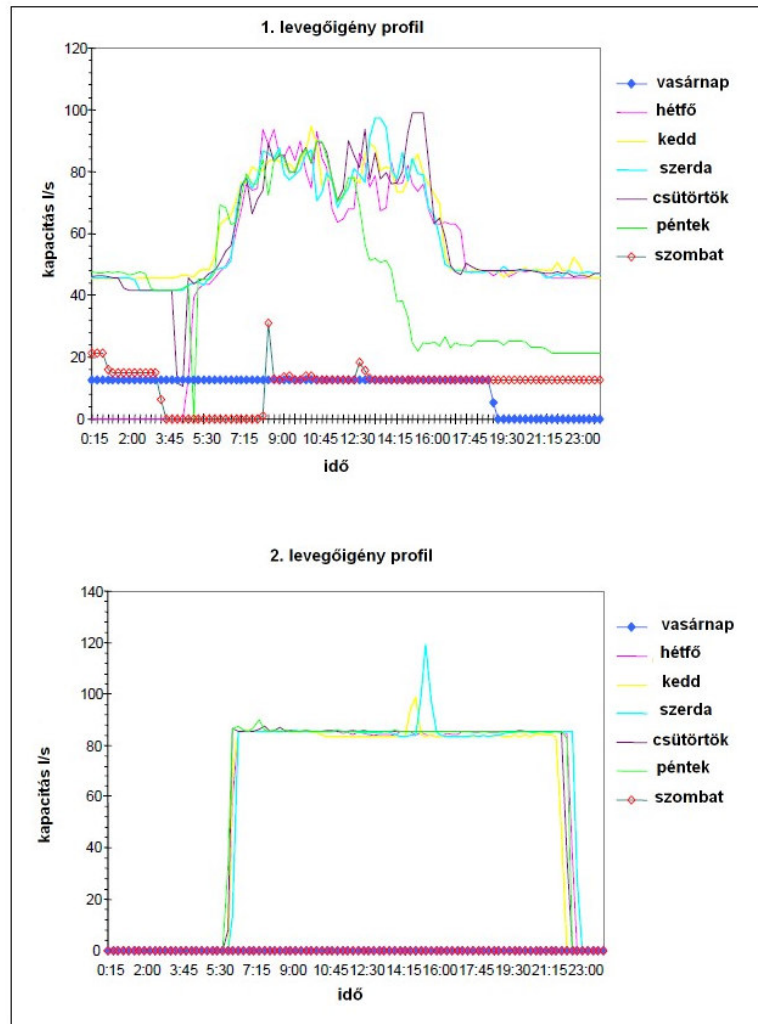
Minden sűrített levegő rendszer egy komplex alkalmazás, amelynek kialakítása, és a különböző technikák alkalmazása nagy szakértelmet igényel. A kialakítás számos tényezőtől függ, úgymint:

- igény (a csúcsigényeket is beleértve)
- megkívánt sűrített levegő minőség
- nyomás
- az épület és/vagy az üzem által képviselt térbeli megszorítások.

Példaképpen, az ISO 8573 szabvány a sűrített levegő minőségét három szennyező anyag szerint osztályozza. Különböző osztályok vannak, ami mutatja, hogy a különböző felhasználási területeken a szennyezőanyagok vonatkozásában milyen tisztaságot kell elérni:

- | | | |
|------------------------------|----|---------|
| • por | 8 | osztály |
| • nedvesség és folyékony víz | 10 | osztály |
| • összes olajtartalom | 5 | osztály |

Ezen túlmenően, az energiahatékony technikák teljesen eltérő rendszerekre történő alkalmazását nem lehet értékelni. Ez a 3.33 ábrán bemutatott módon, két igény profil ábrázolásával illusztrálható:



3.33 ábra: Különböző igény profilok

A következő alfejezetekben leírt technológiák rövid áttekintést adnak a választási lehetőségekről. Egy új sűrített levegő rendszer kialakításának vagy a meglévő optimalizálásának előfeltétele egy szakértő rendszer- és igényfelmérés.

A sűrített levegő ára Európa-szerte cégről cégre igen eltérő, 0,006-0,097 EUR/m³-ig terjed (figyelembe véve, hogy 2006-ban az elektromos áram ára: 0,052 EUR/ kWh (Finnország) és 0,1714 EUR/ kWh (Dánia) között változott). A becslések szerint ennek 75%-a az energiaigényre megy el, és csak 13% a beruházásra és 12% karbantartásra (öt éven át évi 6 000 üzemórára alapozva). A költségek változását főleg az eredményezi, hogy optimalizált vagy még nem optimalizált létesítményről van szó. Ezt a kulcsfontosságú paramétert alapvetően figyelembe kell venni új létesítmény kialakításánál és meglévő létesítmény üzemeltetésénél egyaránt.

A sűrített levegő energiaköltségét speciális energiafogyasztásban (SEC), Wh/Nm³-ban fejezzük ki. Megfelelően méretezett és jól irányított létesítményben a névleges áramon és 7 bar-os nyomáson üzemelésnél a következő tekinthető referenciának:

$$85 \text{ Wh/Nm}^3 < \text{SEC} < 130 \text{ Wh/Nm}^3$$

Az arány a kivitel minőségét és a sűrített levegő berendezés szabályozását reprezentálja. Fontos ennek az értéknek az ismerete és nyomon követése, mert gyorsan leromolhat és ez a levegő árának jelentős emelkedéséhez vezethet.

A tagállamok szervezetei és gyártói már tettek kezdeményezéseket az energiahatékonyság fejlesztése terén. A programok azt mutatták, hogy a leírt technikák bevezetése jó megtérülést eredményezett.

A technikák alkalmazásának releváns motiváló tényezői a normál piaci erők, az energiahatékonyság fejlesztése rövid amortizációs idővel kombinálva.

Szivattyúrendszerek

A világ villamos energiaigényének közel 20%-át a szivattyúrendszerek használják el, és bizonyos iparágakban ez az arány 25-50%-ot is kitesz. A szivattyúrendszereket különböző ágazatokban elterjedten használják:

- ipari szolgáltatások, pl.:
- élelmiszerfeldolgozás
- vegyipar
- petrokémia
- gyógyszeripar
- kereskedelmi és mezőgazdasági szolgáltatások
- lakossági vízszolgáltatás/szennyvízrendszerek
- háztartási alkalmazások.

A szivattyúk két fő csoportba tartoznak a folyadékmozgatás módszere alapján: örvényszivattyúk és dugattyús szivattyúk. Az iparban a legtöbb szivattyú elektromos meghajtású, de nagy ipari alkalmazásokban gőzturbinával is meghajthatók (vagy akár magában álló dugattyús motorokkal is).

Az *örvénszivattyúkban* (rendszerint centrifugális szivattyúk) lapátkerekek forognak a folyadékban, és így a folyadékot tangenciális gyorsulásra kényszerítik, ezáltal a folyadék energiája megnő. A szivattyú célja ezen energia átalakítása a folyadék nyomási energiájává, amit a csatlakozó csővezetékrendszerben hasznosítani lehet. A motorok után a szivattyúk a világ legerjedtebb gépei, és jelentős energiafelhasználók.

A *dugattyús szivattyúk* a folyadékot úgy mozgatják, hogy egy fix mennyiségű folyadékot leválasztva azt a kilépő csővezetékbe nyomják (helyezik át). A dugattyús szivattyúk tovább osztályozhatók:

- forgó típus (pl. forgólapátos szivattyú). A forgólapátos szivattyúk közé tartoznak magas nyomású hidraulikus szivattyúk és alacsony vákuum alkalmazások, mint a légkondicionáló hűtővonalainak leürítésére szolgáló szivattyúk.
- dugattyús típus (pl. a membránszivattyú). A membránszivattyúknak jó a szívómagassága, némelyikük alacsony nyomású szivattyú alacsony áramlási sebességgel. Jók a szárazon futási jellemzőik, némelyikük alacsony nyíróhatású szivattyú (ú.m. nem darabolja fel a szilárd részecskéket). Képesek a magas szilárd anyag tartalom kezelésére, mint pl. az iszapok és zagyok, még magas szemcsetartalom mellett is. A teflon membrános golyós visszacsapószelepes, és hidraulikus indító szerkezetes membránszivattyúkat használnak vegyi anyagok pontos mennyiségének magas nyomáson (akár 350 bar) ipari kazánokba

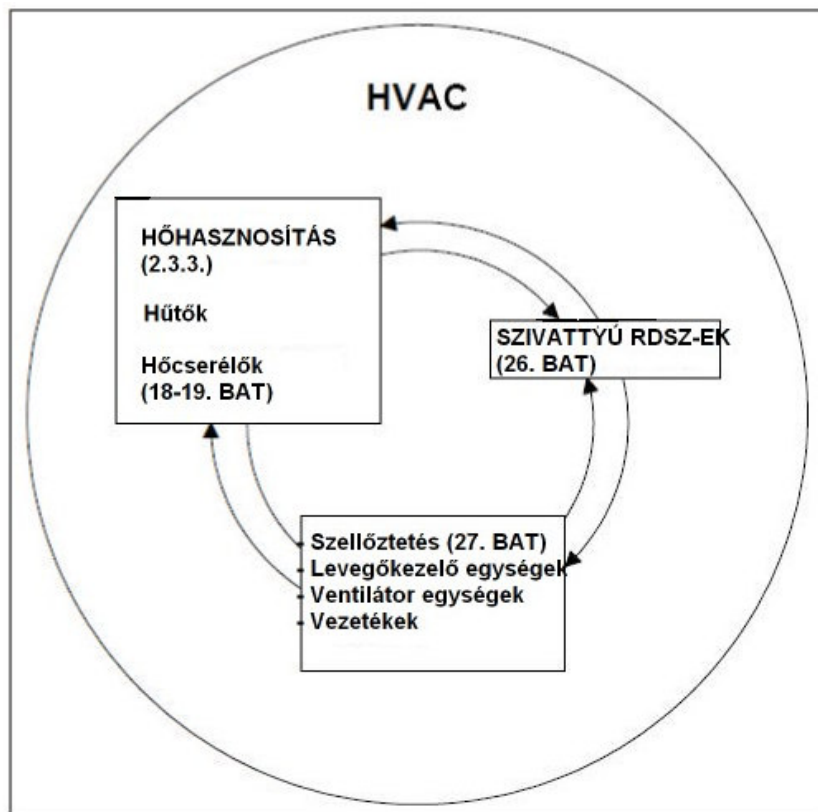
vagy technológiai reaktortartályokba szállítására. A membránszivattyúk képesek egészségügyi, gyógyszerészeti és élelmiszerekkel kapcsolatos célokra, olajmentes levegő biztosítására.

A szivattyúrendszerek által használt energia és anyagok a szivattyú és a létesítmény kialakításától, és a rendszert üzemeltetésének módjától függenek. Általában a legolcsóbb választás a centrifugálszivattyú. A szivattyúk lehetnek egylépcsősek vagy többlépcsősek, alacsonyabb/magasabb nyomás elérésére. Kritikus alkalmazásokban gyakran párban állnak, egy üzemelő és egy tartalék szivattyú.

Részletes leírás — Fűtő, szellőztető és klíma rendszerek

Egy tipikus HVAC rendszer hűtő vagy fűtő berendezésekből (ld. a 3.3.8 alfejezetet) szivattyúkból (ld. a 3.3.6. alfejezetet) és/vagy ventilátorokból, csővezetékekből, hűtőkből (ld. 27. BAT pont) és hőcserélőkből (ld. a 18. és 19. BAT pontokat) áll, melyek valamilyen térben vagy folyamatban hőt szállítanak, vagy onnan hőt nyelnek el. A 3.34 ábra egy tipikus HVAC rendszert mutat be.

Egyes tanulmányok szerint a HVAC rendszer energiájának mintegy 60%-át a hűtő/hőszivattyú használja fel, a maradék 40% pedig a perifériákon használódik fel.



3.34 ábra: HVAC rendszer sematikus ábrája

24. BAT a villanymotorok optimalizálása, az alábbi sorrendben

1. a motor(oka)t magában foglaló egész rendszer optimalizálása (pl. hűtőrendszeré, ld. a 2.5.1. alfejezetet)

2. ezután következhet a motor(ok) optimalizálása a rendszeren belül, az újonnan meghatározott terhelési követelményeknek megfelelően, a 3.26 táblázatban megadott egy vagy több technika felhasználásával, az alkalmazhatóság figyelembe vételével

A hajtott rendszerben alkalmazott energiatakarékosági intézkedés	Alkalmazhatóság
RENDSZER BEÁLLÍTÁSA VAGY ÁTALAKÍTÁSA	
Energiahatékony, elektronikus vezérlésű motorok (EEM) alkalmazása	Életciklusra szóló költségek csökkentésére
Motorok megfelelő méretezése	Életciklusra szóló költségek csökkentésére
Változó fordulatszámú hajtás (VSD) alkalmazása	A VSD-k alkalmazását a biztonsági és munkabiztonsági követelmények korlátozhatják. Terhelésnek megfelelően alkalmazandó. Megjegyzendő, hogy többgépes rendszerekben, változó terhelés mellett (pl. CAS) érdemesebb lehet csak egy VSD motort alkalmazni
Nagy hatékonyságú átvitelek/fordulatszám csökkentők alkalmazása	Életciklusra szóló költségek csökkenésére
<ul style="list-style-type: none"> • ahol lehetséges, közvetlen tengelykapcsoló használata • ékszíjak helyett szinkronszíjak vagy fogasszíjak használata • csigakerekek helyett ferde fogazású kerekek használata 	Mindig
Energiahatékony motorjavítás vagy a motor energiahatékonyra cserélése	A javítás során
Újratekercselés: az újratekercselés elkerülése, motor energiahatékony motorral való helyettesítése, illetve minősített újratekercselő alvállalkozó megbízása	A javítás során
Energiaellátás minőségének ellenőrzése	Életciklusra szóló költségek csökkenésére
ÜZEMELTETÉS ÉS KARBANTARTÁS	
Kenés, beállítások, hangolás	Minden esetben, ld. a 15. BAT pontot

3.26 táblázat: Villanymotorokkal kapcsolatos energiahatékonyság-javítási technikák

3. mikor az energiafelhasználó rendszereket már optimalizáltuk, az eddigiekben kimaradt (nem optimalizált) motorok optimalizálása következik a 3.25 táblázatban megadott szempontok szerint, pl.:

- i. a nem optimalizált, évente több mint 2000 üzemóraban dolgozó motoroknál elsőbbségi sorrend felállítása az energiahatékony motorra cserélés vonatkozásában
- ii. az olyan, változó terhelés mellett üzemelő villanymotoroknál, melyek üzemidejük több, mint 20%-ában kevesebb, mint 50%-os kapacitással, évente több, mint 2 000 üzemóraban dolgoznak, meg kell fontolni a VSD alkalmazását

Részletes leírás: Villanymotor meghajtású alrendszerek

A motorhajtású rendszerek energiahatékonysága a (termelési) folyamat igényeinek és a hajtott gép üzemeltetésének tanulmányozásával mérhető fel. Ez rendszerszintű megközelítést jelent, és ez biztosítja a legnagyobb energiahatékonyság-javulást (ld. a 2.3.5. és 2.5.1. alfejezeteket). Az ezzel kapcsolatos témákat jelen alfejezet vonatkozó részei tárgyalják. A rendszerszintű megközelítéssel elérhető minimális megtakarítások azok, amelyek az egyedi rendszeralkotók figyelembe vételével érhetőek el, ezek elérhetik a 30%-ot, sőt ennél magasabb értékeket is (ld. a 2.5.1. alfejezetet, illetve pl. feljebb a sűrített levegő rendszereket).

A villanymotor meghajtású alrendszerek az elektromos teljesítményt mechanikai teljesítménnyé alakítják. A legtöbb ipari alkalmazásban a mechanikai munka a meghajtott gépnél, mint forgó mechanikai teljesítmény jelenik meg (forgó tengely közvetítésével). A legtöbb ipari gép —szivattyúk, ventilátorok, kompresszorok, keverők, szállítószalagok, kéreghántó dobok, őrlő berendezések, fűrészek, extruderek, centrifugák, prések, hengermalmok stb.— elsődleges meghajtói villanymotorok.

A villanymotorok energiafogyasztása az egyik legjelentősebb Európában. A becslések szerint a villanymotorok felelősek:

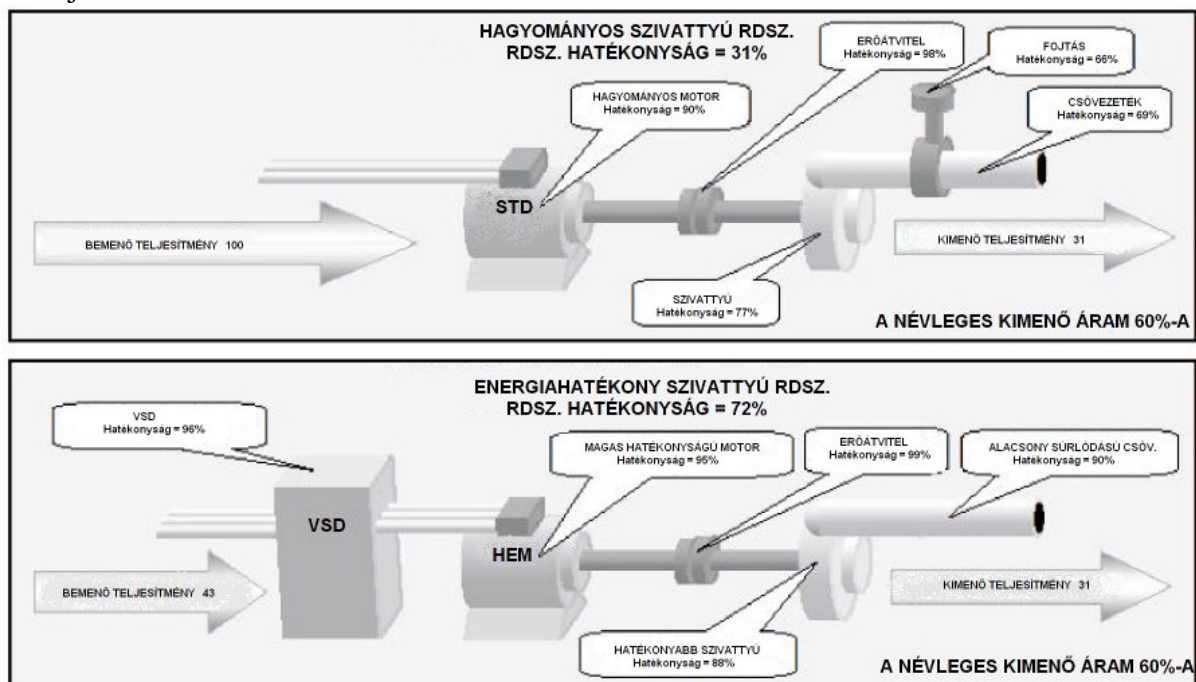
- az iparban felhasznált energia kb. 68%-áért, amely 1997-ben 707 TWh-t tett ki
- a harmadlagos energiafogyasztás 1/3-áért.

Villanymotor meghajtású alrendszerek

Az ilyen alrendszerek vagy rendszeralkotó-láncolatok az alábbiakat foglalják magukban:

- energiaellátó egység
- vezérlőegység, pl. AC meghajtó (ld. lejjebb, a *villanymotorok* részénél)
- villanymotor, rendszerint indukciós motor
- mechanikai erőátvitelt biztosító csatlakozás
- a meghajtott gép, pl. centrifugális szivattyú.

A 3.35 ábra a hagyományos és az energiahatékony szivattyú-rendszerek vázlatos felépítését mutatja be.



3.35 ábra: Hagyományos és energiahatékony szivattyú-rendszerek felépítése

Meghajtott gép

A meghajtott gép (amit terhelt gépnek is neveznek) végzi el azt az értéknövelő feladatot, amely végül is az ipari létesítmény céljainak megvalósulását segíti elő. Az elvégzett feladatok két fő típusba sorolhatók. A meghajtott gép:

- megváltoztat bizonyos tulajdonságokat, pl. nyomást (kompresszió, szivattyúzás), fizikai alak (zúzás, dróthúzás, fémek hengerelese stb.). Jelen dokumentum a meghajtott gépek nagyobb rendszerekben végzett, nyomást megváltoztató munkáját mutatja be részletesebben:
 - szivattyúk (20%) (ld. a 26. BAT pontot)
 - ventilátorok (18%) (ld. a 27. BAT pontot)
 - kompresszorok (17%) (ld. a 2.3.6. alfejezetet)
 - hűtőkompresszorok (11%)
 - anyagok/tárgyak mozgatása, szállítása (szállítószalagok, daruk, felvonók, csörlők stb.)
 - szállítószalagok (4%) és egyéb alkalmazások (30%)
- (A % érték az EU 15 tagországában rendszertípus szerint felhasznált motor-energiára utal.)

A motorrendszerek villamos energia fogyasztását számos tényező befolyásolja:

- motor hatékonysága
- megfelelő méretezés
- motorvezérlés: indítás/leállítás és fordulatszám vezérlés
- energiaellátás minősége
- mechanikai erőátviteli rendszer
- karbantartási gyakorlat
- a végfelhasználó eszköz hatékonysága.

Ahhoz, hogy a potenciális megtakarításokat valóban realizálni tudja, a felhasználónak arra kell törekednie, hogy a motor alrendszer magában foglaló egész rendszert optimalizálja, még a motor részleg vizsgálata előtt (ld. a 2.4.2. és 2.5.1. alfejezeteket).

Mechanikai erőátvitel

A mechanikai erőátviteli rendszer mechanikusan köti össze a motort a meghajtott géppel. Ez megoldható —a gép tengelykimenetét a motorral összekötő— egyszerű, merev kapcsolással, illetve tengelykapcsoló- rendszerrel, lánc- vagy szíjmeghajtással, vagy hidraulikus hajtással. Mindezek a kapcsolási módok a hajtórendszerben további veszteségeket idéznek elő.

Villanymotor

A villanymotorok két nagy csoportba, az egyenáramú (DC) és a váltakozó áramú (AC) motorok típusaiba sorolhatók. Az ipar mind a két típust alkalmazza, de a technológiai változások iránya az utóbbi néhány évtizedben erőteljesen az AC motorok használatát helyezte előtérbe.

Az AC motorok előnyei:

- robusztus, egyszerű kialakítás, alacsony karbantartási igény
- nagyfokú hatékonyság (különösen a nagy teljesítményű motoroknál)
- relatíve olcsók.

Az AC motorok széleskörű elterjedését ezek az előnyök indokolják. Az AC motorok ugyanakkor csak egy adott fordulatszámon képesek üzemelni. Ha a terhelés nem egyenletes, a fordulatszámot változtatni kell, ez pedig energiahatékonysági szempontból úgy oldható meg legjobban, ha a motor elé hajtást iktatnak be.

Az iparban használt villanymotorok leggyakoribb típusa, az egy oldalról táplált villanymotor. Az ilyen motorok egyetlen többfázisú tekercselt forgórészt tartalmaznak, mely aktívan részt vesz az energia átalakítási folyamatban (azaz egy oldalról táplált). Az egy oldalról táplált elektromos gépeket hajtó motorok:

- indukciós (aszinkron) motorok, melyek indítónyomatékot adnak (bár nem nagy hatékonysággal) és önálló gépként is üzemelhetnek. Az indukciós technológia a nagy (számos megawatt) teljesítményű motorok esetében is működik
- szinkron motorok, melyek alapvetően egy adott fordulatszámon üzemelnek. Ezek nem adnak hasznosítható indítónyomatékot és kiegészítő elemeket, pl. elektronikus vezérlést igényelnek az indításhoz és a gyakorlati üzemeléshez. A szinkronmotorokat gyakran a nagy teljesítményt igénylő alkalmazásokhoz, pl. az olajiparban üzemelő kompresszorokhoz használják.

A DC technológia, vagyis az „állandó mágnes”, kefe nélküli szinkronmotorok olyan alkalmazásokhoz használatosak, melyek alacsonyabb fordulatszámot igényelnek, mint amilyen az indukciós motorokkal tipikusan biztosítható. Az ilyen alacsony sebességű (220-600/perc) alkalmazásokban, mint amilyen pl. a papír- és kartongyártó gépek ún. szakaszos hajtása, a mechanikai erőátvitel (tengelykapcsoló) gyakran kiváltható a PM motorok alkalmazásával, amely javítja a rendszer összehatékonyságát.



3.36 ábra: 24 MW névleges teljesítményű kompresszor motor

A DC motorok hagyományos előnye, hogy a fordulatszám elektromos vezérlése egyszerű. A DC motorok nagy indítónyomatékot adnak, ami egyes alkalmazásoknál előnyt jelent. Az AC technológia helyzetén azonban sokat lendített a teljesítményelektronikai alkatrészek és vezérlő algoritmusok gyors fejlődése, ezért a DC technológia a valós teljesítménymutatók

terén immár nem tekinthető felsőbbrendűnek. A modern AC motorok és hajtások számos szempontból jobban teljesítenek, mint DC megfelelőik, más szóval mostanra még a legmegterhelőbb alkalmazások, mint pl. a papírgyártó gépek csévéző hengereinek fordulatszám- és nyomatékvezérlése is kiszolgálható az AC motorokkal és hajtásokkal.

Vezérlőeszközök

Legegyszerűbb formájában a vezérlőeszköz egy kapcsoló vagy érintkező, mellyel a motor lekapcsolható a hálózatról. Ez manuálisan vagy távirányítással, vezérlőfeszültséggel működtethető. Ezek az eszközök a motor védelmét is biztosítják, a hidegindító pedig olyan kapcsoló, amelybe eleve bele vannak építve a biztonsági funkciók.

Fejlettebb módszernek tekinthető a lágyindító (más néven csillag-delta indító) alkalmazása, a motor hálózatra kapcsolásához. Az eszköz lehetővé teszi a motor lágyindítását, mert az indítás során lecsökkenti az ún. behúzóáramot, ezáltal pedig megvédi a mechanikai alkatrészeket és biztosítékokat. A lágyindítási funkció nélkül az AC motor túlságosan gyorsan indul be, illetve gyorsul fel a névleges fordulatszámra. A lágyindító azonban NEM energiatakarékos megoldás, még akkor sem, ha egyes félreértelmezések és források ezt állítják.

A fentiekben bemutatott eszköz egyetlen hozzájárulása az energiahatékonyság javításához abban nyilvánul meg, hogy a motor kikapcsolható, mikor nincs rá szükség.

A „valódi” motorvezérlő eszközök képesek szabályozni a villanymotorok teljesítményét (fordulatszámát és nyomatékát). Az AC hajtás működési elve az, hogy a hálózati áram frekvenciája (amely Európában 50 Hz) más frekvenciává alakul, hogy a motor fordulatszáma változtatható legyen. Az AC motorok vezérlő eszközére az alábbi elnevezéseket használják:

- frekvencia-átalakító
- változó fordulatszámú hajtás (VSD)
- állítható frekvenciájú hajtás (AFD)
- a kettő kombinációját (ASD, VFD) gyakran alkalmazzák ugyanannak az eszköznek a leírására
- motor inverter, vagy csak inverter – az ipari felhasználók rendszerint ezt a kifejezést használják.

A motorhajtású rendszerek az EU ipari energiájának 65%-át használják fel. Az EU-15 SAVE tanulmány szerint a 15 EU tagország AC meghajtást alkalmazó iparágában az energiatakarékosági potenciál 43 TWh/év, ha pedig maguknál a motoroknál javítják az energiahatékonyságot, a potenciál 15 TWh/év.

Motorhajtású rendszerekben legalább két különböző megközelítést alkalmazhatunk az energiahatékonyság javítására. Az első szerint az egyes alkotó elemeket, illetve ezek hatékonyságát kell megvizsgálnunk, és biztosítanunk kell, hogy csak magas energiahatékonyságú berendezéseket alkalmazunk. A másik, vagyis a rendszerszintű megközelítés esetében, mint azt jelen alfejezet bevezetőjében is láthattuk, a rendszer egészére vonatkozó megtakarítások jóval nagyobbak lehetnek.

Részletes leírás — Energiahatékony, elektronikus vezérlésű motorok alkalmazása

Az energiahatékony motorok és a magas hatékonyságú motorok jobb energiahatékonyságot biztosíthatnak. Az energiatakarékosági kategóriától (azaz a felhasznált többlet acéltól és réztől) függően a 20 kW-nál nagyobb teljesítményű motoroknál a beszerzési ár 20-30%-kal

több, vagy még ennél is magasabb lehet, míg 15 kW-nál alacsonyabb teljesítményű motoroknál ez elérheti az 50-100%-ot. Az 1-15 kW-os motoroknál ugyanakkor az energia-megtakarítás elérheti a 2-8%-ot.

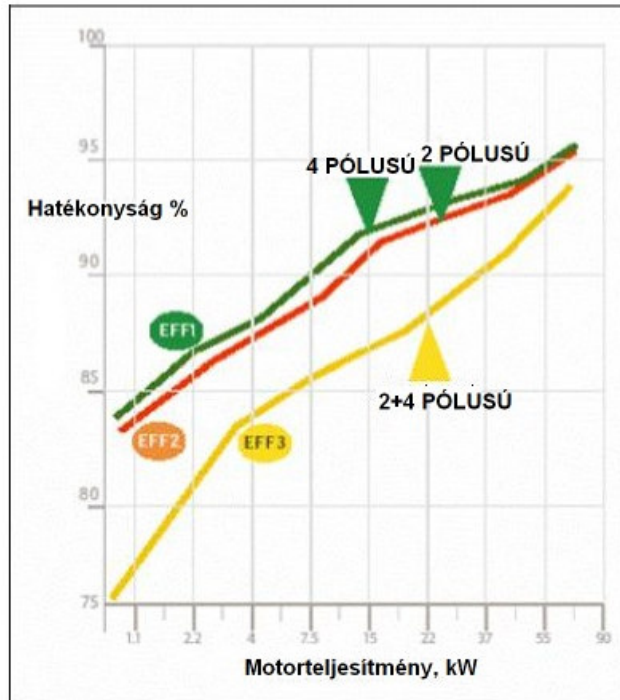
Mivel a veszteségek mérséklése a motor hőmérsékletének csökkentett emelkedésével jár, a tekercselés szigetelés és csapágycsapatok élettartama megnő. Emiatt sokszor:

- nő a megbízhatóság,
- a leállásokkal és karbantartással kapcsolatos költségek csökkennek,
- a hőstressz-tűrés fokozódik,
- a túlterhelést a motor jobban viseli,
- a motor jobban viseli a normálistól eltérő üzemelési körülményeket – alacsony- és túlfeszültség, fázisegyensúly megváltozása, torzult áram hullámformák (pl. harmonikus torzítás) stb.,
- teljesítménytényező javul,
- zajszint csökken.

Az Elektromos Gépek és Teljesítményelektronikai Eszközök Gyártóinak Európai Bizottsága (CEMEP) és az Európai Bizottság közt létrejött, Európa egészére vonatkozó megállapodás biztosítja, hogy az Európában gyártott legtöbb villanymotor hatékonyságát jól láthatóan feltüntessék. Az európai motorosztályozási rendszer a 100 kW-nál alacsonyabb teljesítményű motorokra vonatkozik, és alapvetően három hatékonysági osztályt határoz meg, mellyel a motorgyártókat arra ösztönzi, hogy jobb hatékonyságú modelleket gyártsanak:

- EEF1 (magas hatékonyságú motorok),
- EEF2 (szabványos hatékonyságú motorok),
- EEF3 (rossz hatékonyságú motorok).

Ezek a hatékonysági szintek a piaci eladások legnagyobb részét kitevő 2 és 4 pólusú, háromfázisú, kalickás forgórészrel rendelkező, folyamatos üzemű (S1) indukciós AC motorokra vonatkoznak, 400 V és 50 Hz névleges értékek mellett, 1,1 és 90 kW közé eső teljesítménynél. A 3.37 ábra a három motortípus energiahatékonyságát mutatja a motor által leadott teljesítmény függvényében.



3.37 ábra: Háromfázisú indukciós AC motorok energiahatékonysága

Az EcoDesign (EuP) irányelv 2011-ig valószínűleg kivonja a forgalomból az EFF3 és EFF2 osztályú motorokat. A Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) jelen dokumentum elkészítése idején egy új nemzetközi osztályozási rendszer bevezetésén dolgozik, ahol a legalsó osztályt az EFF2 és EFF# motorok közösen képviselik, és az EFF1 felett egy új, még jobb minőséget jelentő osztály jelenik meg.

A legmegfelelőbb motor kiválasztását nagyban elősegítheti az erre alkalmas számítógépes szoftverek használata, mint pl. a Motor Master Plus²³ és az EuroDEEM²⁴, melyeket az EU-SAVE PROMOT project ajánl.

A megfelelő megoldást jelentő motorok az EuroDEEM adatbázisának²⁵ segítségével választhatók ki, amely 24 gyártó több, mint 3 500 motor típusának hatékonysági adatait tartalmazza.

Részletes leírás — A motorok megfelelő méretezése

Valós terhelésükhöz képest a villanymotorokat gyakran túlméretezik, a motorok ritkán üzemelnek teljes terhelésen. Az Európai Unióban az üzemi vizsgálatok azt jelzik, hogy a motorok átlagosan a névleges terhelésüknek körülbelül 60%-án üzemelnek.

²³Szponzor: Az USA Energiaügyi Minisztériuma

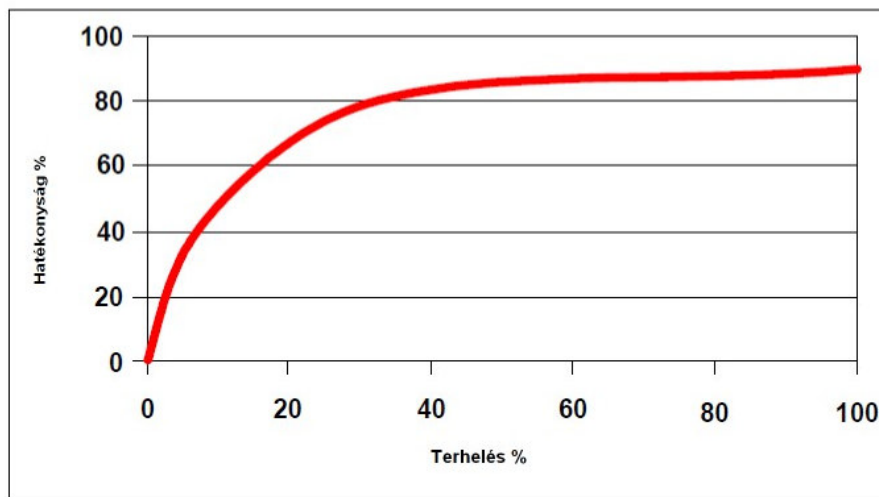
²⁴Az Európai Bizottság – DG TREN (Energia- és Közlekedésügyi Főigazgatóság) ajánlásával

²⁵Kiadta az Európai Bizottság

A legnagyobb hatékonyság akkor érhető el, mikor a motor a teljes terhelés 60-100%-án üzemel. Az indukciós motorok hatékonysága rendszerint a teljes terhelés 75%-a körül a legnagyobb, 50%-os terhelés felé haladva pedig a hatékonysági görbe relatíve ellaposodik. 40%-os terhelés alatt a villanymotor üzemelési körülményei már nem optimálisak, és a hatékonyság nagymértékben csökken. A nagyobb méretkategóriás motorok a névleges terhelés 30%-ig még viszonylag magas teljesítményen képesek üzemelni.

A megfelelő méretezés:

- javítja a motor hatékonyságát, mert lehetőséget biztosít arra, hogy a motor a legnagyobb hatékonysággal üzemeljen
- az alacsony teljesítménytényező folytán csökkentheti a tápvonal veszteségeit
- kismértékben csökkentheti a ventilátorok és szivattyúk üzemi fordulatszámát, ezáltal pedig a fogyasztást



3.38 ábra: Villanymotorok teljesítménye a terhelés függvényében

Részletes leírás — Változó fordulatszámú hajtás (VSD) alkalmazása

A motor fordulatszámának szabályozása a változó fordulatszámú hajtás segítségével jelentős energia-megtakarításokat eredményezhet, a jobb folyamatirányítással, a mechanikus alkatrészek kisebb mértékű kopásával és a zajszint csökkenésével egyidejűleg. Változó terhelés mellett a VSD csökkentheti az elektromos energiafogyasztást, különösen a centrifugális szivattyúknál, kompresszoroknál és ventilátoroknál, a csökkenés rendszerint a 4-50%-os tartományba esik. A feldolgozó alkalmazásoknál, mint pl. centrifugák, malmok és szerszámgépek, csakúgy, mint az anyagkezelés és mozgatás gépeinél, mint pl. a csévlőgépek, szállítószalagok és felvonók, szintén pozitív hatásokat eredményezhet a VSD használata, mind az energiafogyasztás, mind pedig az átfogó teljesítmény tekintetében.

A VSD használat egyéb pozitív hatásai:

- megnőhet a hajtott eszköz hasznos üzemelési tartománya
- a motorok a folyamsorról lekapcsolhatók, ami csökkentheti a motor igénybevételét és nem hatékony működését
- több motor pontosan szinkronizálható
- a változó üzemelési körülményekre adott válasz sebessége és megbízhatósága javul.

A VSD-k nem használhatóak minden alkalmazáshoz, különösen ott nem, ahol a terhelés állandó (pl. fluidágyak levegőbefúvó ventilátorai, oxidációs levegőkompresszorok stb.), mivel a VSD-nél a bemenő energia 3-4%-a elveszik (a fázis egyenirányítása és beállítása).

Részletes leírás — Erőátviteli veszteségek

Az erőátviteli berendezéseket, ideértve a tengelyeket, szíjakat, láncokat és fogaskerekeket, megfelelően kell beállítani és karbantartani. A motor és a terhelés közti erőátvitel a veszteségek egyik forrását jelenti. E veszteségek nagysága 0 és 45% közötti, jelentősen eltérő értékeket mutathat. Amikor lehetséges, az ékszíjak helyett használjunk szinkronszíjakat. A fogasszíjak hatékonyabbak, mint a hagyományos ékszíjak. A ferdefogazású kerekek sokkal hatékonyabbak, mint a csigakerekek. A lehető legjobb megoldás a közvetlen tengelykapcsoló alkalmazása (ahol ez technikailag megoldható) és az ékszíjak mellőzése.

Részletes leírás — Motorjavítás

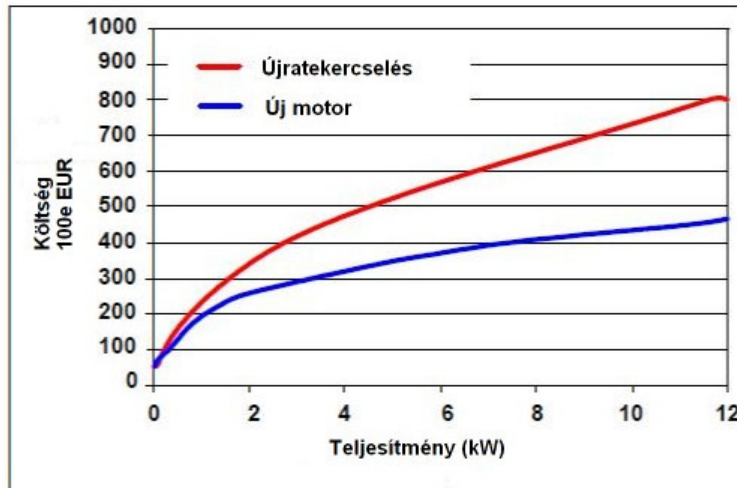
Az 5 kW feletti teljesítményű motorok meghibásodhatnak, és életciklusuk alatt gyakran többször is javításra szorulnak. Laboratóriumi vizsgálatok szerint a helytelen motorjavítási gyakorlat a motor hatékonyságát többnyire 0,5-1%-kal rontja, idősebb motorok esetében ez az érték néha akár a 4%-ot is elérheti.

Ha választanuk kell a javítás és a csere között, a döntés során figyelembe kell vennünk a kWh-ra számított villamos energia költséget, a motorteljesítményt, az átlagos terhelési tényezőket és az üzemórák éves számát. A javítási folyamatra és a javítást végző cég megválasztására megfelelő figyelmet kell fordítani, a javítást az eredeti gyártó által elismert cég végezze (amely energiahatékony motorok javítására jogosult).

A hibás motor lecserélése és új energiahatékony motor vásárlása tipikusan az olyan motorok esetében számít jó megoldásnak, amelyek magas üzemóra-szám mellett dolgoznak. Egy évi 4 000 üzemórában dolgozó üzemben, ahol a villamos energia ára 0,06 EUR/ kWh, a 20 és 130 kW közé eső motorok energiahatékony motorokkal való helyettesítése kevesebb mint 3 év alatt megtérül.

Részletes leírás — Újratekerceselés

A motorok újratekerceselése az iparban széles körben elterjedt eljárás, mert olcsóbb és akár gyorsabb is, mint egy új motor beszerzése. Az újratekerceselés azonban permanensen több, mint 1%-kal csökkentheti a motor hatékonyságát. A javítási folyamatra és a javítást végző cég megválasztására megfelelő figyelmet kell fordítani, a javítást az eredeti gyártó által elismert cég végezze (amely energiahatékony motorok javítására jogosult). Az új motor beszerzésének többletköltsége a jobb energiahatékonyság folytán hamar megtérülhet, ezért az életciklusra eső költségek figyelembevételével az újratekerceselés már nem feltétlenül gazdaságos. A 3.39 ábra az új motor és az újratekerceselés költségeinek a teljesítmény függvényében végzett összehasonlítását mutatja be.



3.39 ábra: Az új motor és az újratekercselés költségeinek összehasonlítása

Elért környezeti haszon, környezeti elemek közti kölcsönhatások, alkalmazhatóság és egyéb megfontolások a 24. BAT pontban bemutatott energiahatékony technikákhoz

A 3.27 táblázat a motorhajtású alrendszereknél potenciálisan alkalmazható energiatakarékosági intézkedéseket mutatja be. Bár a táblázatban megadott értékek tipikusnak mondhatók, az intézkedések alkalmazhatósága a létesítmény speciális körülményeitől függ.

Energiatakarékosági intézkedések motorhajtású alrendszerekben	Tipikus megtakarítás
Rendszer beállítása vagy felújítása	
Energiahatékony motorok	2-8
Megfelelő méretezés	1-3
Energiahatékony motorjavítás	0,5-2
Változó fordulatszámú hajtás (VSD)	-4-50
Nagy hatékonyságú erőátviteli berendezések/fordulatszám csökkentők alkalmazása	2-10
Energiaellátás minőségének ellenőrzése	0,5-3
Rendszerüzemeltetés és karbantartás	
Kenés, beállítások, hangolás	1-5

3.27 táblázat: Motorhajtású alrendszerekben alkalmazható energiatakarékosági intézkedések

A fordulatszám szabályozók stb. okozta harmonikus torzítás veszteségeket okozhat a motorokban és transzformátorokban. Az energiahatékony motorok gyártása több természetes erőforrást (pl. rezet és vasat) igényel.

Villanymotort gyakorlatilag minden olyan ipari üzemben használnak, ahol az elektromos áram rendelkezésre áll.

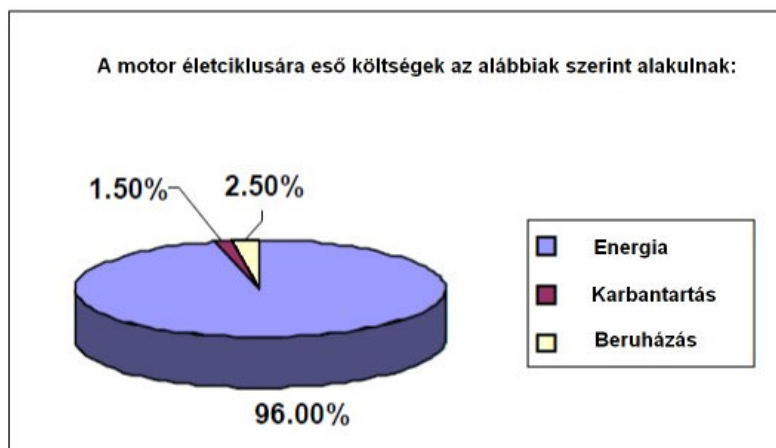
Adott technika alkalmazhatósága és az alkalmazás révén elért energia-megtakarítás a létesítmény méretétől és jellegétől függ. Mind az egész létesítmény, mind az azon belül található, a motort magában foglaló rendszer igényeinek felmérése alkalmazható és megfizetődő. A felmérést képzett hajtórendszer szolgáltatónak vagy képzett helyben dolgozó mérnöknek kell elvégeznie. Ez különösen a VSD és az energiahatékony motor alkalmazásoknál fontos, ahol fennáll a veszélye annak, hogy a technika több energiát fogyaszt, mint amennyit megtakarít. Fontos, hogy az új meghajtások kialakítását a meglévő alkalmazások alkatrészeinek cseréjétől elkülönítve kezeljük. A felmérés eredményei

meghatározzák a rendszerben alkalmazható intézkedéseket, és becslést adnak a megtakarításokra, az intézkedés költségeire és a megtérülési időre.

Az energiahatékony motorok például több anyagot (rezet és acélt) tartalmaznak, mint az alacsonyabb hatékonyságú motorok. Ennek eredményeként az energiahatékony motor nagyobb hatékonysággal működik, de alacsonyabb a szlipfrekvenciája (ami kisebb fordulatszámot okoz) és magasabb indítóáramot igényel, mint a hagyományos hatékonyságú motorok. Az alábbi példák olyan eseteket mutatnak be, ahol nem az energiahatékony motor jelenti az optimális megoldást:

- ha egy HVAC rendszer teljes terhelés mellett dolgozik, a motor energiahatékonyra cserélése növeli a ventilátorok sebességét (az alacsonyabb szlip miatt) ezáltal növeli a nyomatékterhelést. Ebben az esetben az energiahatékony motor alkalmazása nagyobb energiafogyasztással jár, mint egy szabvány hatékonyságú motoré. A kialakítással arra kell törekedni, hogy a végső fordulatszám ne növekedjen
- ha az alkalmazás évi 1 000-2 000 óránál kevesebbet működik (szakaszos hajtás) az energiahatékony motornak esetleg nem lesz jelentős hatása az energia-megtakarításra
- ha az alkalmazásnak gyakran le kell állnia illetve újra kell indulnia, a megtakarításokat ellensúlyozhatja az energiahatékony motor magas indítóáram igénye
- ha az alkalmazás többnyire részterhelésen üzemel (pl. szivattyúk), viszont hosszabb időszakokban, az energiahatékony motor használatával elért megtakarítások elenyészőek lesznek, ilyenkor az energia megtakarítások VSD alkalmazásával növelhetők.

Az energiahatékony motorok ára kb. 20%-kal haladja meg a hagyományos motorokét. Teljes életciklusa alatt a motor üzemeltetésének becsült költségei a 3.40 ábrán bemutatottak szerint alakulnak:



3.40 ábra: Villanymotor üzemeltetésének költségei a teljes életciklusra

Motor vásárlása vagy javítása esetén nagyon fontos figyelembe venni az energiafogyasztást, amit az alábbiak szerint kell minimalizálni:

- AC meghajtásnál a megtérülés ideje akár egy év, sőt annál kevesebb is lehet
- a nagy hatékonyságú motorok energia-megtakarításban jelentkező megtérülési ideje hosszabb.

Az energiahatékony technika (pl. nagyobb hatékonyságú motor beszerzése a meghibásodott hagyományos motor helyett) megtérülését az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$kW \times H \times \frac{ktsg_{HEM} - ktsg_{old}}{ktsg_{vill}} \times \left[\frac{1}{\eta_{újratek.}} - \frac{1}{\eta_{HEM}} \right]$$

3.7 egyenlet

Ahol:

$ktsg_{HEM}$ = az új, nagyobb hatékonyságú motor költsége

$ktsg_{old}$ = a régi motor újratekerceselésének költsége

$ktsg_{vill}$ = a villamos energia költsége

kW = a motor átlagos bemenő teljesítménye működés közben

- Az AC motorokat gyakran a mechanikai vezérlés javítása érdekében építik be
- a motor megválasztásánál fontos egyéb tényezők: pl. biztonság, minőség és megbízhatóság, reaktív teljesítmény, karbantartási időközök.

3.3.7 Sűrített levegő rendszerek

A sűrített levegőt széles körben alkalmazzák akár folyamatok részeként, akár a mechanikus energia biztosításához. Robbanás- vagy tűzveszélyes helyeken elterjedten használják. A sűrített levegő számos esetben a folyamat szerves részét alkotja (pl. alacsony minőségű nitrogén biztosítása inert atmoszféra létrehozásához, illetve fűtatási, öntési vagy keverési feladatokhoz), mechanikai hatékonyságának felmérése pedig nem egyszerű. Egyes esetekben, pl. ahol a sűrített levegő kisméretű turbinákat hajt (pl. összeszerelő szerszámok), az átfogó hatékonyság alacsony, és ahol ezt munkaegészségügyi és biztonsági korlátozások nem akadályozzák, érdemes lehet másfajta hajtást alkalmazni (ld. a 3.6.3. pontot a sűrített levegő rendszerekről).

25. BAT Sűrített levegő rendszerek optimalizálása, a 3.28 táblázatban megadott technikákkal, az alkalmazhatóság figyelembe vételével:

Technika	Alkalmazhatóság
RENDSZER KIALAKÍTÁSA, BEÁLLÍTÁSA VAGY ÁTALAKÍTÁSA SORÁN	
Átfogó rendszerkialakítás, ideértve a többnyomású rendszereket is	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Kompresszor modernizálása	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Hűtés, szárítás és szűrés javítása	A gyakrabban elvégzett szűrőcsere nem ide tartozik, ld. lejjebb
Súrlódási nyomásesés okozta veszteségek csökkentése (pl. a csőátmérő növelésével)	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Hajtás javítása (magas hatékonyságú motorok)	A kisméretű (<10 kW) rendszerekben a leghatékonyabb
Hajtás javítása (fordulatszám szabályozás)	Változó terhelésű rendszerekben alkalmazható. Többgépes rendszerekben csak egy gép szerelhet fel VSD-vel

Kifinomult vezérlőrendszerek alkalmazása	
Hulladék hő hasznosítása más funkcióknál	Megjegyzendő, hogy a haszon az energiafelhasználás, és nem az áramfogyasztás terén jelentkezik, mivel az elektromos áram hasznos hővé alakul
Táplálás hideg külső levegővel	Ahol hozzáférhető
Sűrített levegő tárolása a nagyon változó terhelést jelentő felhasználók közelében	Minden esetben
RENDSZERÜZEMELTETÉSEK KARBANTARTÁS	
Egyes végfelhasználó berendezések optimalizálása	Minden esetben
Levegőszívárgás csökkentése	Minden esetben. Legnagyobb potenciális haszon.
Gyakrabban elvégzett szűrőcsere	Minden esetben átnézendő
Üzemelési nyomás optimalizálása	Minden esetben

3.28 táblázat: CAS rendszerekkel kapcsolatos energiahatékonyság-javítási technikák

Részletes leírás — A rendszer kialakítás

Napjainkban számos meglévő sűrített levegő rendszerek nincs mindenre kiterjedően modernizálva. A létesítmény élettartama alatt a további kompresszorok és különféle alkalmazások beillesztése, az eredeti rendszer párhuzamosan futó újratervezése nélkül, a sűrített levegő rendszerek gyakorta az optimális szint alatt teljesítenek.

A sűrített levegő rendszereknél az egyik alapvető paraméter a nyomás értéke. Az alkalmazástól függő számos nyomás igény miatt gyakran kompromisszumos helyzet alakul ki: alacsony nyomás, ami energiahatékonyabb és magas nyomás csak ott, ahol kisebb és olcsóbb berendezések használhatók. A legtöbb fogyasztó 6 bar(g) körüli nyomást használ, de vannak akár 13 bar(g)-os nyomásigények is. A nyomást gyakran úgy választják meg, hogy a valamennyi berendezés legmagasabb nyomásigényének feleljen meg.

Fontos tekintettel lenni arra, hogy a túl alacsony nyomás bizonyos berendezések meghibásodását okozhatja, míg a szükségesnél magasabb nyomás nem, csak a hatékonyság csökken. Számos esetben 8-10 bar(g) a rendszernyomás, de a legtöbb levegőt nyomáscsökkentő szelepekkel 6 bar(g)-re fojtják le.

A legkorszerűbb megoldás az, ha olyan nyomást választunk, ami az összes igény 95%-ának megfelel, és a fennmaradó igények kielégítésére kis nyomásnövelő berendezést használunk. Az üzemeltetők próbálják elkerülni a 6 bar(g)-nál nagyobb igényű berendezéseket, vagy két különböző, eltérő nyomású rendszert használnak, egy magas nyomásút és a 6,5 bar(g)-sat.

A másik alapvető paraméter a tároló térfogat megválasztása. Mivel a sűrített levegő iránti igény rendszerint számos különböző berendezésből érkezik, amelyek leginkább szakaszosan üzemelnek, a levegőigényben fluktuáció mutatkozik. A tároló térfogat segít a fluktuáció kiegyenlítésében és a rövid ideig tartó csúcsigények kielégítésében (ld. a 25. BAT pontot).

A kiegyenlített igény lehetővé teszi, hogy a kisebb kompresszorok egyenletesebben működjenek, kevesebb üresjáráttal, így kisebb lesz az energiaigény. A rendszerekben több levegő felhasználó is lehet. A felhasználók stratégiailag a rövid ideig tartó csúcsigények forrásához közelebbi elhelyezése is hatékony lehet, a berendezések csúcsigényének kielégítése és a rendszernyomás alacsonyabban tartása érdekében.

A harmadik alapvető kialakítási kérdés egy sűrített levegő rendszer esetében a csőhálózat méretezése és a kompresszorok elhelyezése. A rendszerben bármilyen akadály, szűkület vagy

egyenetlenség ellenállást okoz a légáramban és nyomáseséshez vezet, szintúgy, mint a túl hosszú csövek. Az elosztórendszerben a legnagyobb nyomásesés rendszerint a használati pontokon, beleértve az alulméretezett tömlőket, csöveket, a toló-illesztéseket, a szabályozókat és a kenőberendezéseket, fordul elő. A hegesztett csővezetékek használata a súrlódási veszteséget is csökkentheti.

Néha az évek múlásával a levegőigény 'organikusan' nő meg, és a csővezeték egy korábbi — kisebb átmérőjű— mellékágának kell nagyobb levegőáramot szállítania, ami nyomásvesztéshez vezet. Néhány esetben előfordulnak tovább már nem használt berendezések. Az ehhez a nem használt berendezéshez vezető légáramot az elosztórendszerben a berendezéstől a lehető legtávolabb kell megszüntetni, anélkül, hogy ez befolyásolná az üzemelő berendezéseket.

A megfelelően kialakított rendszerben a kompresszor nyomócsonki nyomásának kevesebb, mint 10% lehet a nyomásvesztés a felhasználási pontig. Ez a következőképpen érhető el: rendszeres nyomásvesztés monitoring, névleges terhelésen alacsony nyomásvesztésű szárítók, szűrők, tömlők és toló-illesztések kiválasztása, a levegő útjának lecsökkentése az elosztórendszerben, új igények felmerülésekor a csőátmérők újraszámítása.

Az 'átfogó rendszerkialakítás' címszó alatt rendszerint valójában a sűrített levegő használatának megtervezését értjük. Ritkán előfordulhat nem megfelelő használat, pl. túlnyomást követő kitágulás a megfelelő nyomás eléréséhez. Az iparban manapság a legtöbb ember tisztában van azzal, hogy a sűrített levegő fontos költségtényező.

Sok sűrített levegő rendszer, a becslések szerint az összes rendszer 50%-a fejleszhető lenne a kialakítás átfogó felülvizsgálatával, 9%-nyi, a nyomás csökkentéséből és a tartály méretének csökkentéséből adódó nyereséggel (a rendszerek felénél), és 3%-nyi, a csővezetékek nyomásvesztésének csökkentéséből adódó nyereséggel (a rendszerek felénél), ami összesen $6\% = 0,5 \times (0,09 + 0,03)$ energia-megtakarítást eredményez.

A rendszerkialakítás néhány végfelhasználó berendezés optimalizálását is magában foglalhatja, jellemzően a rendszerek 5%-ánál lehetséges az igény csökkentése mintegy 40%-al, ami 2% (ú.m. $0,5 \times 0,4$) energia megtakarítást eredményez.

A sűrített levegő rendszer felülvizsgálatának és a következőképpen elvégzendő nyomásbeállítások valamint csővezeték-felújítások költségét nem könnyű kiszámítani, és ezek a költségek nagy mértékben az adott üzem körülményeitől függenek. Egy közepes, 50 kW-s rendszer esetében fellépő költségek a következőképpen becsülhetők:

$$50 \text{ kW} \times 3\,000 \text{ óra/év} \times 0,08 \text{ EUR/ kW} \times 10\% = 1\,200 \text{ EUR/év}$$

Egy ilyen rendszer nagyobb felújítása, egy kritikus fogyasztóhoz közel egy 60 l-es tartály és egy ritkán használt lekapcsoló szelep beépítése, 20 m cső, 10 tömlő és lecsatoló kicserélése kb. 2 000 EUR, a megtérülési idő kifizetődő, 1,7 év. A költségek gyakran alacsonyabbak, ha csak néhány nyomásbeállítást kell végezni, de minden esetben alaposan meg kell fontolni, mi az igényeknek még megfelelő megengedhető legalacsonyabb nyomás.

A sűrített levegő rendszerek felülvizsgálatának hajtóereje gazdasági. A legnagyobb hátráltató tényező az ismeretek és/vagy a sűrített levegő rendszerekért felelős képzett munkaerő hiánya. A műszaki személyzet lehet, hogy tudja, hogy a sűrített levegő drága, de a hatékonyság hiánya nem igazán nyilvánvaló, és lehet, hogy az üzemeltetőnek nincsenek elég mélyreható ismeretekkel rendelkező dolgozói.

Az EU számos tagállamában vannak kezdeményezések, amik erősen támogatják a sűrített levegőre vonatkozó ismeretek terjesztését, s ezáltal 'win-win-win' szituációk kialakítását: a sűrített levegő rendszerek üzemeltetői alacsonyabb üzemeltetési költségeket, a kompresszorok és más berendezések szállítói magasabb jövedelmet, a környezet pedig alacsonyabb erőművi kibocsátásokat nyerne.

Részletes leírás — Változó fordulatszámú hajtás (VSD)

A kompresszoroknál változó fordulatszámú hajtás főként akkor alkalmazható, ha a felhasználók levegőigénye fluktuál, egy napon belül vagy egy hét napjai között. A hagyományos kompresszor vezérlő rendszerek, mint a terhelés/terhelés megszüntetése, moduláció, kapacitásszabályozás, és egyebek, próbálják követni a levegőigény változásait. Ha ez magas kapcsolási frekvenciájúhoz és sok üresjárathoz vezet, az energiahatékonyság csökken. A változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszoroknál az elektromotor sebessége a sűrített levegő igénynek megfelelően változik, ami magas szintű energia megtakarítást eredményez.

Tanulmányok azt mutatják, hogy a legtöbb sűrített levegő alkalmazás közepes-nagy levegőigény fluktuációt mutat, és így változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorok alkalmazásával nagy energia megtakarításra nyílik lehetőség. Független laboratórium által lefolytatott tesztek tipikus levegőigény mintákkal lefuttatva magas szintű energia megtakarítást mutattak.

Változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorok alkalmazása az energia megtakarításon kívül még további előnyökkel is jár:

- a nyomás nagyon stabil, és ez néhány érzékeny folyamatnál stabilizálja az üzemeltetést
- a teljesítménytényezők sokkal magasabbak, mint hagyományos meghajtóknál. Ez alacsonyan tartja a reaktív teljesítményt.
- az induló áramok sosem haladják meg a motor teljes terhelési áramait. Ennek következtében a felhasználók csökkenthetik az elektromos összetevők terhelését. A felhasználók —ahol ez vonatkozik— elkerülhetik a közműszolgáltató vállalatok által kiszabott áram büntetést, mivel el tudják kerülni az indításkori csúcs-áramokat. A csúcsokból eredő megtakarítás automatikus.
- a változó fordulatszámú hajtás-technológia alacsony fordulatszámú, egyenletes indítást tesz lehetővé, áram és forgatónyomaték csúcsok nélkül, így csökken a mechanikus elhasználódás és az elektromos terhelés, és megnő a kompresszor üzemelési élettartama
- csökken a zajszint, mert a kompresszor csak akkor megy, ha szükséges.

A változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorok iparágak széles körében, pl. fém-, élelmiszer-, textil-, gyógyszer-, vegyiüzemek stb. számos alkalmazásra megfelelnek, ahol a sűrített levegő iránti igényben nagy fluktuációk mutatkoznak. Ha a kompresszor folyamatosan teljes kapacitásán vagy ahhoz közel üzemel, nincs igazán előnye a változó fordulatszámú hajtásnak.

A változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorok beilleszthetők meglévő sűrített levegő berendezésbe. Lehetséges változó fordulatszámú hajtás szabályozókat beépíteni fix sebességű kompresszorokba: mindazonáltal jobb teljesítmény érhető el, ha a szabályozót és a motort együtt szállítják, mivel ezek úgy vannak illesztve, hogy az adott sebességtartományban a legnagyobb hatékonyságot adják. A változó fordulatszámú hajtást csak a modernebb

kompresszorokhoz érdemes alkalmazni, mivel idősebb kompresszoroknál problémák léphetnek fel. Kétség esetén a gyártóval vagy egy sűrített levegő rendszer szakértővel kell konzultálni.

Sok sűrített levegő rendszer már változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorokkal dolgozik, így ezeknek a további ipari alkalmazhatósága mintegy 25%. A megtakarítások a 30%-ot is elérhetik, bár egy sűrített levegő rendszerben az átlagos haszon egy változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszor hozzáadása esetén kb. 15%. Valószínű, hogy számos sűrített levegő rendszernek szolgálna előnyére a változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszorok alkalmazása.

A kompresszor élettartam-költségeinek jellemzően mintegy 80%-át az energia teszi ki, a fennmaradó 20% a beruházás és a karbantartás. Egy létesítmény, ahol (hagyományos becsléssel) 15% energia-megtakarítást ér el változó fordulatszámú hajtás alkalmazásával, az élettartam-költség 12%-át takarítja meg, míg a változó fordulatszámú hajtással rendelkező kompresszor beruházási többletköltsége (egy hagyományos kompresszorhoz képest) csak az élettartam költség 2-5%-a.

Részletes leírás — Magas hatékonyságú motorok

Bár nem létezik hivatalos definíció a magas hatékonyságú motorok meghatározására, ezeket az összetevőket általában úgy határozzák meg, mint olyan motorok, ahol a veszteségeket az abszolút minimumra csökkentették. A magas hatékonyságú motorok minimalizálják az elektromos és mechanikus veszteségeket, és energiát takarítanak meg. Világszerte különböző osztályozások léteznek a magas hatékonyságú motoroknak a többitől való megkülönböztetésére.

A motor veszteségek függetlenek attól, hol és mire használják a motort. Ez azt jelenti, hogy a magas hatékonyságú motorok szinte mindenütt használhatók. Magas hatékonyságú motorokat használnak már a legtöbb nagy felhasználónál (75%); a fennmaradó 25% kisebb rendszer.

Még a látszólag kicsi, 1-2%-os nyereség is arányos megtakarításhoz járul hozzá a motor teljes élettartama alatt. A kumulatív megtakarítások jelentősek lehetnek.

Részletes leírás — Sűrített levegő rendszer főszabályozó rendszerek

A legtöbb IPPC alkalmazásban a sűrített levegő rendszerek több kompresszorból álló berendezések. Az ilyen több kompresszorból álló berendezések energiahatékonysága sűrített levegő rendszer főszabályozó rendszerek alkalmazásával jelentősen javítható. A főszabályozó rendszer üzemelési adatokat cserél a kompresszorokkal, és részben vagy teljes mértékben szabályozza az egyedi kompresszorok üzem módját.

Az ilyen főszabályozó rendszerek hatékonysága nagy mértékben függ a kommunikációs kapcsolat képességeitől, ami egy egyszerű lebegő relés kapcsolattól automatizálási protokollt használó hálózatig terjedhet. A kommunikációs képességek javítása nagyobb szabadsági fokot ad a kompresszor üzemelési adatainak megszerzésére, az egyedi kompresszorok üzem módjának szabályozására és a sűrített levegő rendszer egésze energiafogyasztásának optimalizálására.

A főszabályozó rendszer szabályozási stratégiájának figyelembe kell vennie az egyedi kompresszorok jellemzőit, különösen a szabályozás módját. Ennek illusztrálására néhány

megjegyzést teszünk a leggyakoribb kompresszortípusok szabályozási módjával kapcsolatban. A kompresszorok legelterjedtebben használt szabályozási módjai:

- kapcsolás terhelés, üresjárat és leállás között, és
- frekvencia szabályozás.

A kifinomult kompresszor és főszabályozók a következőképpen foglalhatók össze:

- fejlett kommunikációs (pl. automatizálási protokollon alapuló) tulajdonságok
- a sűrített levegő rendszer főszabályozó rendszer minden kompresszor üzemelési adataihoz hozzáféréssel bír
- a sűrített levegő rendszer főszabályozó rendszer minden kompresszor üzemelési módot szabályoz
- a főszabályozó stratégia önképző optimalizálása, beleértve a sűrített levegő rendszer tulajdonságok felismerését
- a terhelés alatt álló, üresen járó és álló kompresszorok, és az ezen állapotok közötti átmenet nagyon energiahatékony kombinációjának meghatározása és aktiválása, a teljes szabad levegő szállítási igény kielégítése érdekében
- a változó frekvenciájú kompresszorok hatékony szabályozása a szabad levegő szállítási igény rövid idejű ingadozásainak kompenzálására, a nem hatékony hosszú távú, állandó sebességű üzemelés elkerülése érdekében, különösen alacsony frekvencián
- a kapcsolási frekvenciák és a fix sebességű kompresszorok üresjáratainak minimalizálása
- kifinomult előrejelzési módszerek és modellek a teljes szabad levegő szállítási igény becslésére, beleértve a ciklikus igény-minták felismerését (napi vagy heti váltás, és munkahelyi minták stb.)
- további funkciók, mint pl. távoli monitoring, üzemi adatgyűjtés, karbantartás-tervezés, teleszerviz, és/vagy előre feldolgozott üzemelési adatok szolgáltatása webszerverek révén
- a kompresszorokon túlmenően más sűrített levegő rendszer elemek irányítása.

Egy kompresszorral rendelkező berendezések üzemelési adatai:

- a sűrített levegő rendszer optimális üzemelési feltételei akkor állnak fenn, ha a kompresszor folyamatosan, fix sebességgel üzemel, optimális hatékonysággal. Azonban, ha a levegőigény nem folyamatos, a kompresszor üresjárata/leállítása a hosszú terheletlen időszakokra hatékonyabb megoldás lehet.

A frekvenciaszabályozó nélküli kompresszorokat

- terhelés alatti, üresjárat és leállás állapotok között kell átkapcsolni, hogy fix sebességen üzemeljenek és 100% szabad levegőt szállítsanak terhelés alatt és 0%-ot üresjáraton és ha ki vannak kapcsolva. Néha szükséges lehet a kompresszort kikapcsolás helyett üresjáraton járattatni, ha a nyomásszabályozás 0 és 100% szabad levegőszállítás között gyakrabban változik, mint ahogyan azt a villamos meghajtó motor megengedhető indítási frekvenciája lehetővé teszi.

Az üresjárat áramfogyasztása jellemzően a teljes terhelés melletti fogyasztás 20-25%-a. További veszteségek származnak a kompresszor leállítás utáni kilevegőztetéséből és a meghajtó motor elektromos indítási veszteségéből. Egy kompresszorral rendelkező berendezésekben a szükséges kapcsolási frekvencia közvetlenül a terhelési profiltól, a fogadó (tároló) méretétől, a nyomástartománytól és a kompresszor szabad levegőt szállításától függ.

Ha ezeket a kontrollparamétereket nem megfelelően választják meg, a szakaszosan üzemelő fix sebességű kompresszorok átlagos hatékonysága jelentősen csökkenhet a folyamatosan teljes sebességgel működőkhöz képest. Ilyen esetekben a szakaszosan üzemelő kompresszorok folyamatparamétereinek optimalizálása, kifinomult főszabályozó rendszerekkel hatékony eszköz a sűrített levegő rendszer hatékonyságának javítására. A komplex főszabályozó rendszereket úgy tervezik meg és programozzák, hogy minimalizálják az üresjáratok és kapcsolási frekvenciák számát, különféle stratégiák alkalmazásával, amelyek lekapcsolják a motort, ha a motor (mért vagy becsült) hőmérséklete lehetővé teszi szükség esetén az azonnali visszakapcsolást. A fix sebességű kompresszorok nagyon energiahatékonyak, ha az üresjáratok számát sikerül minimalizálni.

- **frekvenciaszabályozóval rendelkező kompresszoroknál** a kompresszor összetevő üzemelési sebessége a maximum és a minimum sebesség között folyamatosan változik. A szabályozás rendszerint a maximális és minimális közötti sebességtartományban terjed el, kb. 4:1-től 5:1-ig, és a dugattyús kompresszorok (pl. csavarkompresszorok) szabad levegő szállítása durván arányos az üzemelési sebességgel. A frekvencia átalakítóknál fellépő elkerülhetetlen veszteségek, és a szinkron meghajtás által keltett veszteségek miatt magának a meghajtó-rendszernek a hatékonysága a fix sebességű meghajtókhöz képest kisebb (teljes terhelésen 3-4%-kal, részterhelésnél még ennél is többel). Ezen túlmenően a dugattyús kompresszorok (pl. olajbefecskendezésű vagy szárazon futó csavarkompresszorok) hatékonysági tartománya alacsony üzemelési sebességnél jelentősen csökken a tervezési sebességen való üzemeléshez képest.

Egy kompresszoros berendezéseknél ezek a negatív hatások a változó frekvenciájú kompresszor megfelelő szabályozásával kompenzálhatók, mert megszűnnek az üresjáratok, kilevegőztetési és/vagy indítási veszteségek, amelyek egy fix sebességű kompresszornál azonos alkalmazásban fellépnének. A korlátozott szabályozási tartomány miatt (ld. fent) még a változó frekvenciájú kompresszoroknál is előfordul egy kis üresjárat, leállítási és/vagy beindítási veszteség alacsony szabad levegő szállítási igény esetén.

- *több kompresszoros létesítmények:* A több kompresszoros létesítményeknél a fenti következtetés túl leegyszerűsítő, mert a változó összes szabad levegő szállítási igénynek a főszabályozó rendszer számos kompresszor üzemelési módjai, és a közöttük lévő átmenet komplex kombinációi révén felel meg. Ebbe beleértendő a változó frekvenciájú kompresszorok üzemelési sebességének szabályozása, ha van ilyen a rendszerben, hogy jelentős mértékben minimalizálható legyen a fix sebességű kompresszorok üresjárata és a kapcsolási frekvenciájuk.

Változó frekvenciájú kompresszor integrálása egy több kompresszoros létesítménybe nagyon sikeres lehet egy alacsony tárolókapacitással, erősen és/vagy gyorsan változó szabad levegő szállítási igénnyel, kevés kompresszorral és/vagy nem megfelelően szakaszolt kompresszormérettel rendelkező sűrített levegő rendszerekben. Megfelelően szakaszolt kompresszormérettel rendelkező sűrített levegő rendszerekben viszont a főszabályozó rendszer az előállított szabad levegő szállítást és a szabad levegő szállítási igényt pontosan össze tudja hangolni, számos különböző alacsony kapcsolási frekvenciájú és kis üresjáratú kompresszor aktiválásával.

A főszabályozók rendszerint több kompresszort ugyanabban a nyomástartományban üzemeltetnek, hogy egy megfelelő mérési ponton egy meghatározott minimum nyomást meg tudjanak tartani. Ez tiszta energia megtakarítást eredményez a kaszkád rendszerekhez

hasonlítva. A fejlett főszabályozók olyan stratégiákat használnak, amelyek a nyomástartomány szűkítését a kapcsolási frekvenciák és a kompresszorok üresjáratú idejének növelése nélkül lehetővé teszik. A szűk nyomástartomány tovább csökkenti az átlagos ellennyomást, és így csökkenti a terhelt kompresszorok fajlagos energia igényét és az áramlásirányi mesterséges igényt.

A SAVE tanulmány szerint a fejlett főszabályozók utólagos beépítése a meglévő sűrített levegő rendszerek 20%-ában megvalósítható és költséghatékony. Az IPPC létesítményekben előforduló, jellemzően nagy sűrített levegő rendszerekben a fejlett főszabályozók használata csúcstechnológiának tekintendő.

A legnagyobb energia megtakarítást úgy lehet elérni, ha a fejlett főszabályozók beépítését a kezdeti rendszerkialakítási fázisban, a kompresszor kiválasztásával egyidejűleg, vagy valamely fő összetevő (kompresszor) cseréjével együtt tervezik. Ezekben az esetekben figyelmet kell fordítani arra, hogy a főszabályozó és a kompresszorok vezérlése fejlett, mindenre kiterjedő és kompatibilis kommunikációs képességekkel rendelkezzen.

A sűrített levegő rendszerek hosszú élettartama miatt nem mindig áll fenn ez az optimális helyzet, de a meglévő sűrített levegő rendszerek felújítása fejlett főszabályozók beépítésével —ha nincs más progresszív megoldás— a régi kompresszorok lebegő relékkel fejlett főszabályozókra kapcsolása is jelentős energia megtakarítást hozhat.

Újonnan tervezett sűrített levegő rendszerekbe fejlett főszabályozók integrálásának költséghatékonyasága a körülményektől, mint pl. igényprofil, kábelhosszak és kompresszortípusok, függ. Az elérhető átlagos energia megtakarítást kb. 12%-ra becsülik. Felújítás esetén a fejlett főszabályozó meglévő sűrített levegő rendszerbe illesztése, az idősebb kompresszorok integrálása és a rendelkezésre állása ad némi bizonytalanságot, de még így is egy évnél rövidebb megtérülési idő jellemző.

A technika alkalmazásának elsődleges hajtóereje az energia költségek csökkentése, de ezen túl is van néhány említésre méltó. Ha a fejlett főszabályozó és kompresszorvezérlők jobb kommunikációs képességeket biztosítanak, lehetségessé válik a főszabályozóban átfogó üzemelési adatok gyűjtése. Más tulajdonságokkal együtt, ez alapját képezheti a tervezett vagy feltétel-alapú karbantartásnak, teleszerviznek, távoli monitoringnak, üzemi adatgyűjtésnek, a sűrített levegő ára meghatározásának és egyéb hasonló szolgáltatásoknak, amelyek mind hozzájárulnak a karbantartási költségek csökkentéséhez, növelik az üzem üzemképességét és jobban ráirányítják a figyelmet a sűrített levegő előállításának költségeire.

Részletes leírás —Hőhasznosítás

Egy ipari levegőkompresszor által elhasznált energia legnagyobb része hővé alakul és el kell vezetni. Egy megfelelően kialakított hőhasznosító egység ennek a hőenergiának a jelentős százalékát számos esetben hasznosítani képes, és hasznos munkára foghatja, levegő vagy víz melegítésére, ahol erre igény van.

Két különböző hasznosító rendszer áll rendelkezésre:

- levegő melegítése: a léghűtésű blokk-kompresszorok alkalmasak hő hasznosítására térfűtésre, ipari szárításra, az olajégők által beszívott levegő előmelegítésére vagy egyéb meleg levegőt kívánó alkalmazásokhoz. Környezeti levegőt vezetnek keresztül a

kompresszor hűtőin, ahol ez elvonja a sűrített levegő előállításának folyamata során keletkezett hőt.

Mivel a blokk-kompresszorok rendszerint készülékházba zártak és már tartalmazznak hőcserélőket és ventilátorokat, csak csővezetékek és még egy, a csővezeték töltését végző és a kompresszort hűtő ventilátor ellennyomását kiküszöbölő ventilátort kell a rendszerhez hozzáilleszteni. Ezek a hőhasznosító rendszerek egy egyszerű felfüggesztett, termosztátos szabályozású ventilátorral modulálhatók.

- víz melegítése: lehetséges forró víz előállítása, a levegő- és vízhűtésű blokk-kompresszorok kenőanyag hűtőiből hőcserélővel kinyert hulladékhő segítségével. A kialakítástól függően a hőcserélő ivóvizet vagy nem ivóvíz-minőségű (ipari) vizet állít elő. Amikor nincsen szükség a forró vízre a kenőanyagot a szokásos kenőanyaghűtőbe vezetik.

A forró víz felhasználható központi fűtésre, vagy kazánokban, zuhanyrendszerekben, ipari tisztítási folyamatokban, fémbevonat készítésnél hőszivattyúkhöz, mosodában vagy bármely más alkalmazásban, amely forró vizet igényel.

A legtöbb kompresszorhoz kapható a piacon hőhasznosító rendszer, kiegészítő berendezésként, a kompresszorblokkba integráltan vagy külső megoldásként. Meglévő sűrített levegő rendszerbe általában igen könnyen és gazdaságosan beilleszthető. A hőhasznosító rendszerek levegő- és vízhűtésű kompresszorokhoz egyaránt alkalmazhatók.

Egy ipari levegőkompresszor által felhasznált villamos energia 80-95%-a hőenergiává alakul. Egy jól kialakított hőhasznosító egység számos esetben ennek a hőenergiának 50-90%-át képes hasznosítani, és hasznos munkára foghatja, levegő vagy víz melegítésére.

A potenciális energia megtakarítás a sűrített levegő rendszertől, az üzemelési feltételektől és a hasznosítástól függ.

A sűrített levegő rendszerből kinyerhető hő általában nem alkalmas arra, hogy közvetlenül gőzt állítsanak elő vele.

A hűtőlevegő bemenő hőmérsékletétől jellemzően 25-40°C-kal magasabb levegő- és 50-75°C-kal magasabb vízhőmérsékletek érhetőek el.

Egy olajbefecskendezésű csavarkompresszor energia megtakarítási számítása található a 3.29 táblázatban:

Névleges kompresszor teljesítmény	Hasznosítható hő (a névleges teljesítmény kb. 80%-a)	Éves tüzelőolaj megtakarítás évi 4 000 üzemóránál	Éves költségmegtakarítás 0,5 EUR/l tüzelőolaj
kW	kW	liter/év	EUR/év
90	72	36 330	18 165

3.29 táblázat: Példa költségmegtakarításra

$$\text{Éves költségmegtakarítás (EUR/év)} = \frac{\text{névleges kompresszor teljesítmény (kW)} \times 0,8 \times \text{üzemóra} \times \text{tüzelőolaj tüzelőolaj fűtőértéke (kW/l)} \times \text{olajfűtés hatékonysági fajlagos}}{\text{tüzelőolaj fűtőértéke (kW/l)} \times \text{olajfűtés hatékonysági fajlagos}}$$

3.8 egyenlet

Ahol:

- a tüzelőolaj fűtőértéke = 10,57 kWh/l
- olajfűtés hatékonysági fajlagos = 75%

Részletes leírás — A sűrített levegő szivárgásainak csökkentése

A sűrített levegő rendszer szivárgásainak csökkentése rendelkezik messze a legnagyobb potenciális haszonnal az energia szempontjából. A szivárgás egyenesen arányos a rendszer nyomásával. Minden sűrített levegő rendszer szivárog, és nemcsak az üzemelés során, hanem a nap 24 órájában.

A szivárgás révén elvesztett kompresszorkapacitás egy jól karbantartott nagy rendszernél kevesebb mint 10% kell hogy legyen. Kis rendszereknél 5% alatti szivárgási arány ajánlott. Rosszul karbantartott, 'az idők során megnőtt' sűrített levegő rendszerrel a szivárgás akár 25% is lehet.

A sűrített levegő rendszerek megelőző karbantartási programjai emiatt szivárgásmegelőző intézkedéseket és időszakos szivárgásteszteket is magukba kell foglaljanak. Ha megtalálták és kijavították a szivárgásokat, a rendszert újra kell értékelni. A teszteknek a következőkből kell állniuk:

- a szivárgás mennyiségének megbecsülése: a sűrített levegő rendszerekben a szivárgás mennyisége megbecsülésének valamennyi módja levegőigény nélkül történik, ami azt jelenti, hogy minden levegőt fogyasztó berendezés ki van kapcsolva és minden levegőigény a szivárgások miatt lép fel
- ha van beépítve sűrített levegő fogyasztásmérő berendezés, a szivárgás közvetlenül mérhető
- beindítás/leállítás szabályozóval ellátott kompresszorokkal rendelkező sűrített levegő rendszerekben, a szivárgás mennyiségének megbecsülése lehetséges a kompresszor üzemidejének (terhelés alatti idő), a mérés teljes idejéhez viszonyított megállapításával. Reprezentatív érték nyeréséhez a mérés idejének a kompresszor legalább öt indítására ki kell terjednie. A kompresszor kapacitásának százalékában kifejezett szivárgás a következőképpen számolandó:

$$\text{szivárgás \%} = 100 \times \text{üzemidő} / \text{mérés ideje}$$

- más stratégiával rendelkező sűrített levegő rendszerekben a szivárgás akkor becsülhető, ha a kompresszor és a rendszer közé egy szelep van beépítve. Szükséges még a szelepet követően elhelyezkedő teljes rendszer térfogat és nyomás becslése.
- ezután a rendszert üzemi nyomásra (P1) hozzák, kikapcsolják a kompresszort és lezárják a szelepet. Méri az időt (t), ami alatt a nyomás a P1 értékről egy alacsonyabb P2 értékre csökken. A P2-nek az üzemi nyomás (P1) közel felének kell lennie. A szivárgás ezután a következőképpen számolható:

- szivárgás (m³/min) = rendszertérfogat (m³) x P1 (bar) – P2 (bar) x 1,25 / t (min)
- az 1,25-ös szorzó a csökkenő nyomással csökkenő szivárgás korrekciója
- a kompresszor kapacitásának százalékában kifejezett szivárgás a következőképpen számolandó:

$$\text{szivárgás \%} = 100 \times \text{szivárgás (m}^3\text{/min)} / \text{a kompresszor belépő árama (m}^3\text{/min)}$$

- a szivárgás csökkentése: a szivárgás megszüntetése lehet olyan egyszerű is, mint pl. az illesztések meghúzása vagy olyan bonyolult is, mint a hibás alkatrészek (csatlakozók, illesztés, csőszakaszok, tömlők, csatlakozások, csatornák, csapdák) cseréje. A szivárgások számos esetben a rosszul vagy nem megfelelően alkalmazott menet tömítőanyag miatt lépnek fel. A már nem használt berendezéseket vagy rendszerszakaszokat le kell választani a sűrített levegő rendszer aktív részéről.

A szivárgások csökkentésének további módja a rendszer üzemelési nyomásának csökkentése. Az alacsonyabb differenciálnyomás miatt a szivárgás is alacsonyabb.

Azon túl, hogy energiaveszteség forrásai, a szivárgások más üzemelési problémákhoz is hozzájárulnak. A szivárgások nyomásesést okoznak a rendszerben, ami miatt a levegős szerszámok kevésbé hatékonyan, csökkenő termelékenységgel tudnak dolgozni. Továbbá azáltal, hogy a berendezést gyorsabb körforgásra készítetik, a szivárgások szinte valamennyi rendszerösszetevő élettartamát rövidítik (beleértve magát a kompresszorblokkot is). A megnövekedett üzemelési idő további karbantartási igényt jelent és megnő a nem tervezett leállások száma is. A levegőszivárgások végül szükségtelen kompresszorkapacitás beépítését is okozhatják.

A szivárgások az ipari sűrített levegő rendszerekben jelentős energiaveszteség forrásai, néha a kompresszor teljesítményének 20-30%-a kárba veszik. Egy tipikus, nem jól karbantartott üzem szivárgási vesztesége valószínűsíthetően a teljes sűrített levegő kapacitás 20%-át is eléri.

A proaktív szivárgásészlelés és javítás a szivárgást a kompresszor teljesítményének 10%-a alá is csökkentheti, még egy nagyobb sűrített levegő rendszer esetében is.

A szivárgásészlelésre számos módszer létezik:

- a nagyobb lyukak által okozott hallható zaj keresése
- a gyanús területekre ecsettel szappanos víz felvitele
- ultrahangos akusztikus jelzőkészülék használata
- gázszivárgások nyomon követése, pl. hidrogén vagy hélium használatával.

Bár a szivárgások bárhol felléphetnek a rendszerben, a leggyakoribb problémás területek a következők:

- csatlakozások, tömlők, csövek, illesztések
- nyomásszabályozók
- nyitott kondenzátumcsapdák és elzárt szelepek
- csőcsatlakozások, szétkapcsolások és menet tömítőanyagok
- sűrített levegős szerszámok.

A technika általánosan alkalmazható valamennyi sűrített levegő rendszerre.

A szivárgásészlelés és -javítás költsége az adott sűrített levegő rendszertől és az üzemi karbantartó személyzet szakértelmétől függ. Egy 50 kW-os közepes méretű sűrített levegő rendszer esetében a jellemző megtakarítások:

$$50 \text{ kW} \times 3\,000 \text{ óra/év} \times 0,8 \text{ EUR/kWó} \times 20\% = 2\,400 \text{ EUR/év}$$

A rendszeres szivárgásészlelés és -javítás költsége jellemzően 1 000 EUR/év.

Mivel a szivárgáscsökkentés széles körben alkalmazható (80%), és a legnagyobb haszonnal jár (20%), ez a legfontosabb intézkedés a sűrített levegő rendszer energiafogyasztásának csökkentésére.

Részletes leírás — Szűrőkarbantartás

Nyomásesést a rosszul karbantartott szűrők (nem megfelelően tisztított vagy nem elég gyakran cserélt eldobható szűrők) is okozhatnak.

A szűrők karbantartásával elérhető környezeti haszon:

- energia megtakarítás
- kisebb olajköd- és/vagy porkibocsátás.

Részletes leírás — A kompresszorok hideg külső levegővel táplálása

A fő kompresszorállomás gyakran a legtöbb sűrített levegőt kívánó igénybevételek közelében helyezkednek el, a nyomásesés elkerülése érdekében. Nem szokatlan, hogy a fő állomás a földfelszín alatt, vagy a létesítmény belső helyiségében van. Ilyen esetekben nem áll rendelkezésre friss levegő a kompresszor táplálására, és a motorok arra vannak kényszerítve, hogy a környezeti levegőt nyomják össze, aminek a hőmérséklete általában magasabb mint a külső levegőé. Termodinamikai okokból a meleg levegő összenyomása több energiát igényel, mint a hideg levegőé. Műszaki szakirodalomban talált adatok szerint a bemenő levegő hőmérsékletének minden 5°C-kal való emelése 2%-kal növeli a szükséges energiát. Ezt az energiát meg lehet takarítani egyszerűen azáltal, hogy a kompresszort külső levegővel tápláljuk, különösen hideg évszakokban, amikor a kinti és a benti levegő hőmérséklete közötti különbség, a helyszíntől függően 5°C-tól több is lehet. Egy csővezeték alakítható ki a kültér és a kompresszor beömlő vagy a teljes sűrített levegő állomás között. Szüksége lehet egy ventilátorra, a csővezeték hosszától függően, ennek az energiaigényét a tervezés során figyelembe kell venni. A külső beömlőnyílást az északi oldalon kell elhelyezni, de legalábbis az idő nagy részében legyen árnyékban.

A technika alkalmazásának környezeti haszna az elsődleges energiaforrások kevesebb használata. A kompresszorokat rendszerint villamos motorok hajtják.

Mivel jelen van a kompresszor által kibocsátott nagy mennyiségű hő (akár hasznosítják, akár nem), a hőmérséklet a sűrített levegő állomás helyiségében mindig magas. Nem szokatlan a 30-35°C-os hőmérséklet, még télen is. Nyilvánvalóan, minél nagyobb a különbség a külső és a belső hőmérséklet között, annál nagyobb energia megtakarítást lehet elérni; és azt is észben kell tartani, hogy ezt a megtakarítást a normál körülmények között üzemelő kompresszorok üzemidejével meg kell szorozni.

Mindig lehetséges a kompresszor bemenő levegő hőmérsékletének csökkentése a külső hideg levegő betáplálásával. Néha elégséges a falon egy kör alakú nyílást nyitni, és beépíteni egy csövet a külső beömlőnyílás és a kompresszor beömlő közé. Amikor a sűrített levegő állomás elhelyezkedése olyan, hogy nehézségekbe ütközik a hozzáférés a külvilághoz, a helyiség szellőztetését kell javítani. Becslések szerint ez az esetek 50%-ában így van.

A kompresszorba belépő levegő hőmérsékletének csökkentése gazdasági előnyökkel jár: a hideg levegő betáplálás ingyen van, a kompresszorok üzemidejének csökkenése (kWh megtakarítás), elektromos áram felhasználás csökkenése (kW).

A 3.30 táblázat értékeli a technika alkalmazásával elérhető megtakarításokat. A példa egy valóságos energia diagnózisból származik.

	Leírás	Érték	Mértékegység	Képlet	Megjegyzés
A	Jelenlegi beépített kompresszor teljesítmény	135	kW	-	
B	Munkaóra/év teljes terhelésen	2 000	óra/év	-	
C	Szükséges energia	270 000	kWh	A x B	
D	A táplevegő hőmérsékletének elért csökkenése	5	°C	-	Becslés
E	Megtakarítás %	2,00	%	-	Műszaki szakirodalomból
F	Éves villamos energia megtakarítás	5 400	kWó	C x E	
G	kWh ára	0,1328	EUR/ kWh	F x G	
H	Éves gazdasági megtakarítás	717	EUR/év	-	
I	Beruházás	5 000	EUR	-	Cső és ventilátor becslés
L	Belső visszatérülési arány adózás előtt	6,7	%	-	Költség-haszon elemzésből (*)
M	Nettó pozitív érték	536	EUR	-	Költség-haszon elemzésből (*)
N	Megtérülés	7	év	-	Költség-haszon elemzésből (*)

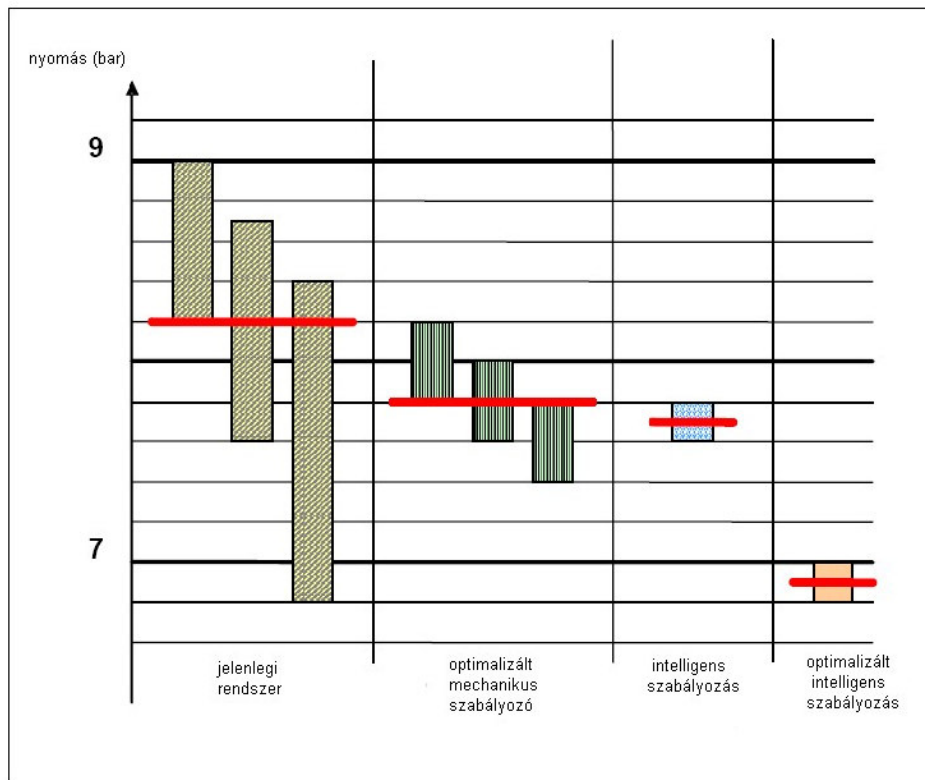
(*) 10 év élettartam és 5% kamatláb

3.30 táblázat: A kompresszorok hideg külső levegővel táplálásával elért megtakarítások

Részletes leírás — A nyomásszint optimalizálása

Minél alacsonyabb az előállított sűrített levegő nyomása, annál költséghatékonyabb az előállítása. Ennek ellenére azonban arról gondoskodni kell, hogy mindig minden aktív fogyasztó hozzájusson a megfelelő nyomású sűrített levegőhöz. A fejlett szabályozórendszerek lehetővé teszik a csúcnyomás csökkentését. Elméletileg számos módja van a nyomástartomány 'szűkítésének', így az előállított sűrített levegő nyomáscsökkentésének. A lehetőségeket az alábbiakban soroljuk fel és a 3.41 ábrán mutatjuk be:

- közvetlen leszabályozás a kompresszorokon elhelyezett mechanikus kapcsolókkal. A kompresszor nyomástartományának állítására a legolcsóbb megoldás a mechanikus nyomáskapcsolók használata. Mivel a beállítás időnként magától megváltozik, ezeket a szabályozó kapcsolókat időről időre újra be kell állítani
- intelligens szabályozás frekvencia konvertáló kompresszor vagy optimális kompresszor méret alkalmazásával. A nyomástartomány beállítása csúcsterhelési kompresszorként használt frekvencia konvertáló kompresszor használatával történik, ami a sebességét az adott sűrített levegő igényekhez mérten állítja be, vagy főszabályozó segítségével, ami a legmegfelelőbb méretű kompresszorra kapcsol át.
- a nyomástartomány teljesen a határértékig csökkentése (optimalizált intelligens szabályozás). Az intelligens szabályozó rendszer a nyomástartományt addig a pontig csökkenti, ahol a kompresszorhálózat éppen az alulműködés határa felett üzemel. A 3.31 ábra a különböző szabályozórendszerek hatékonyságát mutatja.



3.41 ábra: Különböző kompresszor szabályozó típusok

A 3.41 ábra leírása:

- a különböző szabályozó rendszereknél a vízszintes piros vonalak az előállított sűrített levegő átlagos nyomását jelzik
- a jelenlegi rendszer átlagosan vonalazott sárga oszlopai azt mutatják, hogy a sűrített levegő átlagos nyomása 8,2 bar
- a függőlegesen vonalazott zöld oszlopok azt mutatják, hogy a mechanikus nyomáskapcsolók csak 0,4 bar nyomáskülönbségre (az előre meghatározott alsó és felső érték közötti különbség) állíthatók be, a tűréshatárok miatt, így 7,8 bar nyomású sűrített levegőt állítanak elő. Ez azon a feltételezésen alapul, hogy az a pont, ahol az első csúcsterhelési kompresszor bekapcsol, változatlanul 7,6 bar nyomáson marad.
- az intelligens szabályozó rendszer —kék pettyes oszlopok— a teljes kompresszorállomás nyomástartományát 0,2 barra csökkenti le. Ez a szabályozórendszer a nyomásváltozások arányára reagál. Feltéve, hogy az a pont, ahol az első csúcsterhelési kompresszor bekapcsol, a jövőben az előre meghatározott alsó nyomásszint is marad, az átlagos nyomás itt 7,7 bar.

A 7,7 bar nyomás még mindig meglehetősen magas más összehasonlítható kompresszorállomásokhoz képest. Mivel a második csúcsterhelési kompresszor (= következő kompresszor) bekapcsolásának nyomásszintje 6,8 bar, ez tekinthető a sűrített levegő alsó határának. Ez a nyomás megfelel a hasonló kompresszorállomásokénak. Az átlagos nyomás ebben az esetben 6,9 bar.

A gyakorlatban azt mutatták ki, hogy a nyomás minden 1 barral csökkentése 6-8% energia-megtakarítást eredményez. A nyomáscsökkentés a szivárgások csökkenését is magával hozza.

Egy intelligens és optimalizált intelligens szabályozó rendszerekben használható kompresszor VSD-alapú szabályozása rendszerint csak új beszerzés esetén bizonyul költséghatékonyak, mivel a gyártók nem ajánlják a frekvenciakonvertáló utólagos beszerelését meglévő kompresszorba.

Optimalizált intelligens szabályozóval a sűrített levegő nyomása az átlagos 8,2-ről 6,9 barra csökkenthető, ami 9,1% energia megtakarításnak felel meg. A szabályozó optimalizálása csak kis költséggel jár, és több száz MWh/év megtakarítást hozhat, ami több tízezer EUR-nak felel meg (pl. 500 kW beépített kompresszor teljesítménynél 400 MWh/év és 20 000 EUR/év megtakarítás érhető el évi 8 700 üzemóra esetén).

Részletes leírás — A sűrített levegő tárolása a nagyon változó terhelést képviselő felhasználók közelében

A sűrített levegő rendszer azon részeinek közelében, ahol az igény nagyon változó, sűrített levegőt tároló tartályok helyezhetők el.

Így kiegyenlíthetők az igényben mutatkozó csúcsok. A csúcsigények csökkentésével a rendszer kisebb kompresszorkapacitást igényel. A terhelés jobban eloszlik, így a kompresszorok a leghatékonyabb terhelésen üzemelhetnek.

Részletes leírás — Szivattyúrendszerek

A szivattyúrendszerek által felhasznált energia mintegy 30-50%-a megtakarítható a berendezések vagy vezérlőrendszer megváltoztatásával (ld. a szivattyúrendszerekről szóló részt a 3.3.6. alfejezetben).

A szivattyúk hajtására használt villanymotorokkal kapcsolatban (ld. a 24. BAT pontot.). A VSD-k használatát (ami kulcsfontosságú technikának számít) a 3.31 táblázat is említi.

26. BAT Szivattyúrendszerek optimalizálása a 3.31 táblázatban megadott technikákkal, az alkalmazhatóság figyelembevételével

Technika	Alkalmazhatóság	További információk
KIALAKÍTÁS		
A szivattyúk kiválasztása során a túlméretezés elkerülése, túlméretezett szivattyúk cseréje	Új szivattyúknál: minden esetben Meglévő szivattyúknál: Életciklusra szóló költségek csökkentésére	Önmagában a szivattyúzás energiavesztéseinek legjelentősebb forrása
A megfelelően kiválasztott szivattyú kombinálása a feladatra legmegfelelőbb motorral	Új szivattyúknál: minden esetben Meglévő szivattyúknál: Életciklusra szóló költségek csökkentésére	
Csőrendszer kialakítása (Ld. lejjebb, az elosztórendszerrel)		

VEZÉRLÉS ÉS KARBANTARTÁS		
Vezérlő és szabályozó rendszer	Minden esetben	
Igénybe nem vett szivattyúk lekapcsolása	Minden esetben	
Váltakozó fordulatszámú meghajtás (VSD) alkalmazása	Életciklusra szóló költségek csökkentésére. Egyenletes áramoknál nem alkalmazható	Ld. a 24. BAT pontot, ill. a 2.3.6. alfejezetet
Több szivattyú alkalmazása	Ahol a térfogatáram a maximális egyedi kapacitás felénél kevesebb	
Rendszeres karbantartás. Ahol túlságosan gyakran van szükség extra karbantartási munkálatokra, ellenőrizni kell: <ul style="list-style-type: none"> • a kavitációt • a kopást • megfelelő-e a szivattyú típusa 	Minden esetben. A szivattyú szükség szerinti javítása vagy cseréje	
ELOSZTÓRENDSZER		
Szelepek és kanyarok számának minimalizálása, amely megkönnyíti az üzemeltetést és a karbantartást	A kialakítás és a beállítás során minden esetben (ideértve a változtatásokat is). Minősített műszaki szakértőt igényelhet	
Túl sok kanyar (főleg szűk kanyar) használatának elkerülése	A kialakítás és a beállítás során minden esetben (ideértve a változtatásokat is). Minősített műszaki szakértőt igényelhet	
Csővezeték átmérőjének megfelelő (nem túl szűk) méretezése	A kialakítás és a beállítás során minden esetben (ideértve a változtatásokat is). Minősített műszaki szakértőt igényelhet	

3.31 táblázat : A szivattyúrendszerben alkalmazható technikák az energiahatékonyság javítására

Megjegyzendő, hogy a lefojtás szabályozás kevesebb energiaveszteséggel jár, mint a kerülővezeték alkalmazása, illetve ha egyáltalán nem használunk szabályozást. Ugyanakkor az összes ilyen megoldással elveszítünk valamennyi energiát, ezért minden ilyen esetben meg kell fontolni a lecserélést a szivattyú méretének, illetve a használat gyakoriságának megfelelő másik eszközre.

Részletes leírás — A szivattyúrendszerek felmérése és értékelése

(A szivattyúrendszerek energiahatékony technikáinak környezeti hasznára, környezeti elemek közötti kölcsönhatásaira, alkalmazhatóságára vonatkozó információk a vonatkozó külön alfejezetben találhatóak.)

Az alkalmazható energiahatékony technikák azonosításának és a szivattyúrendszer optimalizálásának első lépése a létesítmény szivattyúrendszerének, a kulcsfontosságú üzemeltetési sajátosságainak felmérése. A felmérést két szakaszban lehet elvégezni:

- a rendszer alapszintű leírása: ez lehet egy konzultáns cég jelentése vagy egyszerű mérések lefolytatása, a következő adatok összegyűjtése érdekében:
- pl. az 50 legnagyobb energiafogyasztó szivattyú (az összes szivattyúzási névleges teljesítmény alapján), mérete és típusa listája
- valamennyi szivattyú funkciója
- valamennyi szivattyú energiafogyasztása
- igény profil: napi/heti becsült változás

- a szabályozórendszer típusa
- üzemóra/év, és így az éves energiafogyasztás
- a szivattyúra jellemző problémák vagy karbantartási gondok.

Számos szervezetnél ezeket az adatokat a saját személyzet is össze tudja gyűjteni.

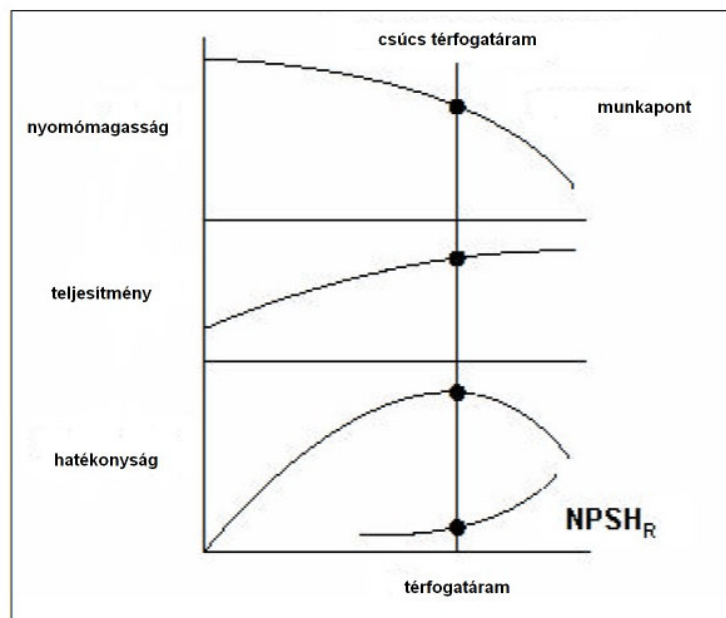
- a rendszer üzemeltetési paramétereinek leírása és mérése: a következő elemek dokumentációja és mérése valamennyi szivattyúrendszer esetében kívánatos, és nagy rendszerek (100 kW felett) elengedhetetlen. Ezeknek az adatoknak az összegyűjtése jelentős műszaki szakértelmet igényel, a létesítmény saját mérnökei vagy egy külső fél részéről.

Részletes leírás — A szivattyú kiválasztása

(A szivattyúrendszerek energiahatékony technikáinak környezeti hasznára, környezeti elemek közötti kölcsönhatásaira, alkalmazhatóságára vonatkozó információk a vonatkozó külön alfejezetben találhatóak.)

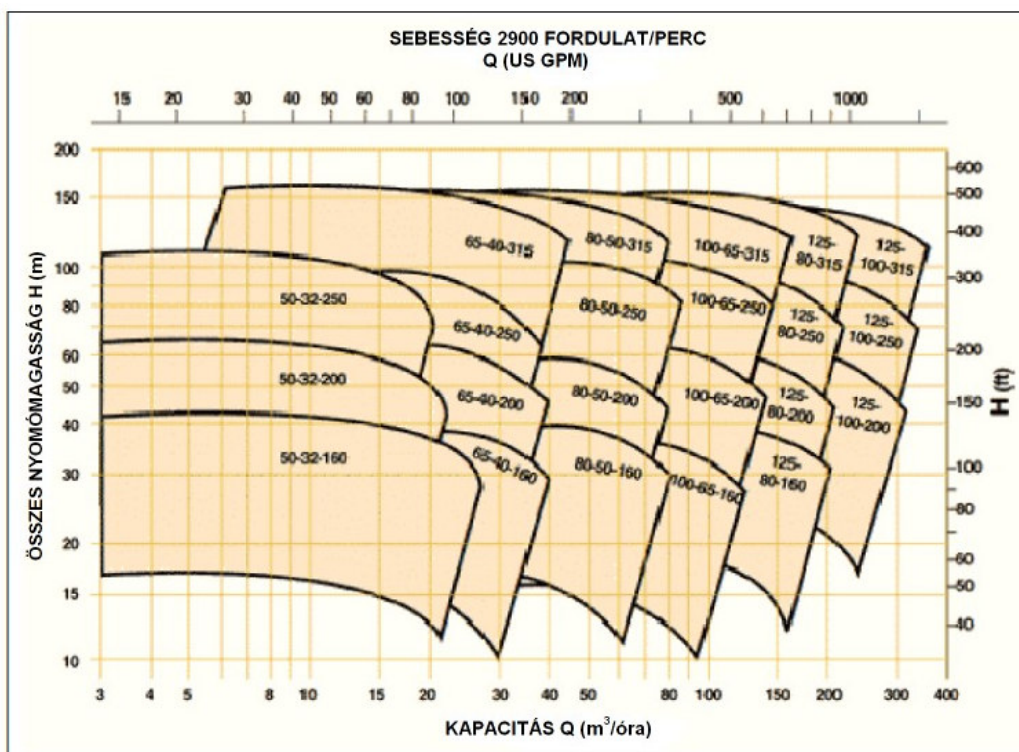
A szivattyúrendszer szíve a szivattyú. Kiválasztásánál a fő szempont a technológiai folyamat igénye, ami először is lehet egy statikus nyomómagasság és egy szállítási teljesítmény. A kiválasztás függ még a rendszertől, a folyadéktól, a légkör sajátosságaitól stb.

Hatékony szivattyúrendszer kialakításához a szivattyú kiválasztását úgy kell végezni, hogy az üzemelési pontja a lehető legközelebb essen a leghatékonyabb ponthoz, ahogyan azt a 3.42 ábra mutatja.



3.42 ábra: A csúcs térfogatáram a nyomómagassággal és a teljesítménnyel összevetve

A 3.43 ábra az összes nyomómagasság tartományt mutatja, a szivattyú teljesítménye függvényeként, adott sebességen, különböző szivattyúk esetében.



3.43 ábra: A szivattyú kapacitása a nyomómagassággal összevetve

Becslések szerint a szivattyúrendszerek 75%-a túlméretezett, sok több mint 20%-kal. A túlméretezett szivattyúk jelentik az elpazarolt szivattyúzási energia legnagyobb forrását.

A szivattyú kiválasztásakor a túlméretezés sem nem költség-, sem nem energiahatékony, mivel:

- magas a beruházási költség
- magas az energiaköltség, mert a szükségesnél több térfogatáramot szivattyúz nagyobb nyomáson. Az energia a túlzott fojtás, a nagy mennyiségű, kerülővezetékre vezetett áram, vagy szükségtelen szivattyúk üzemeltetése miatt kárba veszik.

Ahol túlméretezett szivattyúkat találnak, meg kell fontolni, hogy kicseréljék vagy más módszerekkel, pl. finombeállítással, a munkakerék kicserélésével és/vagy változó sebességszabályozókkal csökkentsék a kapacitást. A centrifugálszivattyú munkakerék finombeállítása a legolcsóbb módja a túlméretezett szivattyú korrigálásának. A nyomómagasság 10-50%-al csökkenthető a munkakerék finombeállítással vagy a munkakerék átmérőjének a termékforgalmazó által a szivattyúházhoz meghatározott határokon belüli csökkentésével.

A teljes rendszer energiaigénye csökkenthető, ha egy nyomáserősítő szivattyút használnak arra, hogy egy kiválasztott felhasználónak magas nyomású térfogatáramot biztosítsanak, és a rendszer fennmaradó része pedig alacsonyabb nyomáson és kisebb teljesítménnyel üzemeljen.

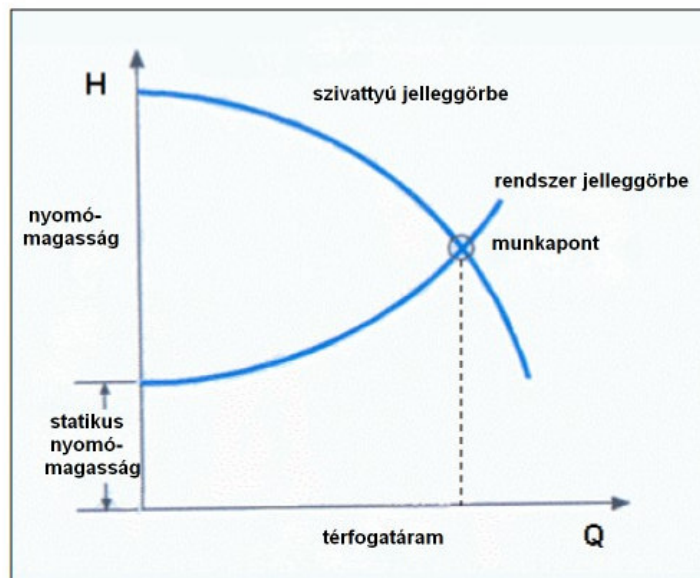
Az Európai Közbeszerzési Vonalak vízszivattyúkhöz ad egy egyszerű módszert a nagyon hatékony szivattyúk kiválasztására, ami a megkívánt munkaponton nagyon hatékony. A módszertan letölthető a következő linkről:

http://er.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU_pumpguide_final.pdf

Részletes leírás — Csővezeték rendszer

(A szivattyúrendszerek energiahatékony technikáinak környezeti hasznára, környezeti elemek közötti kölcsönhatásaira, alkalmazhatóságára vonatkozó információk a vonatkozó külön alfejezetben található.)

A csővezetékrendszer határozza meg a szivattyú teljesítményének megválasztását. Jellemzőit a szivattyú jellemzőivel kell kombinálni, hogy a szivattyú berendezés megkívánt teljesítménye elérhető legyen, ahogyan ezt a 3.44 ábra mutatja.



3.44 ábra: Szivattyú nyomómagassága a térfogatárammal összevetve

A csővezetékhez közvetlenül kapcsolódó energiafogyasztás a folyadék csővezetékekben, szelepeken, és a rendszer más berendezéseiben való mozgatásából adódó súrlódási veszteség következménye. Ez a veszteség a térfogatáram átmérőjével arányos. A súrlódási veszteség csökkenthető:

- a túl sok szelep használatának elkerülésével
- a csővezetékben ne legyen túl sok kanyar (különösen szűk kanyarok)
- a csővezeték átmérője ne legyen túl szűk.

Részletes leírás — Karbantartás

(A szivattyúrendszerek energiahatékony technikáinak környezeti hasznára, környezeti elemek közötti kölcsönhatásaira, alkalmazhatóságára vonatkozó információk a vonatkozó külön alfejezetben található.)

Ha a szivattyú túl sok karbantartásra szorul, az annak a jele lehet, hogy:

- a szivattyúban kavitáció lépett fel
- a szivattyúk elhasználódtak
- a szivattyúk nem megfelelőek az adott használatra.

A szivattyúk állandó nyomómagasságon és térfogatárammal való lefojtása túlzott kapacitást jelez. A szabályozószelepen keresztüli nyomásesés energiapazarlást mutat, ami a nyomáseséssel és a térfogatárammal arányos.

Ha egy szivattyú zajos, az általában kavitációt jelent, ami a túl nagy lefojtásból vagy térfogatáramból ered. A zajos szabályozó- vagy elkerülő szelepek rendszerint nagy nyomásesést jelentenek, ami magas energiaveszteséggel jár.

A szivattyú teljesítménye és hatékonysága idővel romlik. A szivattyú kapacitása és hatékonysága csökken, ahogyan az elhasználódott szivattyú-alkatrészek (talplemez, munkakerék, torok hüvely, csővégek, siklócsapágyak) közötti nagy hézagok miatti belső szívárgás nő. Monitoringtesztel fel lehet ezt állapotot deríteni és méretezhető a kisebb munkakerék, ami lehet új vagy lehet az eredetit forgácsolni, és ezáltal hatalmas energia megtakarítás érhető el. A belső hézagokat meg kell szüntetni, ha a teljesítmény jelentősen megváltozik.

A szivattyúkon bevonatok alkalmazása a súrlódási veszteségeket csökkenti.

Részletes leírás — A szivattyúrendszer vezérlése és szabályozása

(A szivattyúrendszerek energiahatékony technikáinak környezeti hasznára, környezeti elemek közötti kölcsönhatásaira, alkalmazhatóságára vonatkozó információk a vonatkozó külön alfejezetben találhatóak.)

Egy szivattyúnak számos munkapontja lehet, amelyek közül a legnagyobb térfogatáram és/vagy nyomómagasság határozza meg a szivattyú névleges munkapontját. Fontos, hogy a szivattyúrendszerben legyen vezérlő és szabályozó rendszer, hogy a nyomómagassági nyomás és a térfogatáram munka üzemelési körülményeit meg lehessen határozni.

A vezérlő és szabályozó rendszer:

- folyamatszabályozást
 - jobb rendszer megbízhatóságot
 - energia megtakarítást
- biztosít.

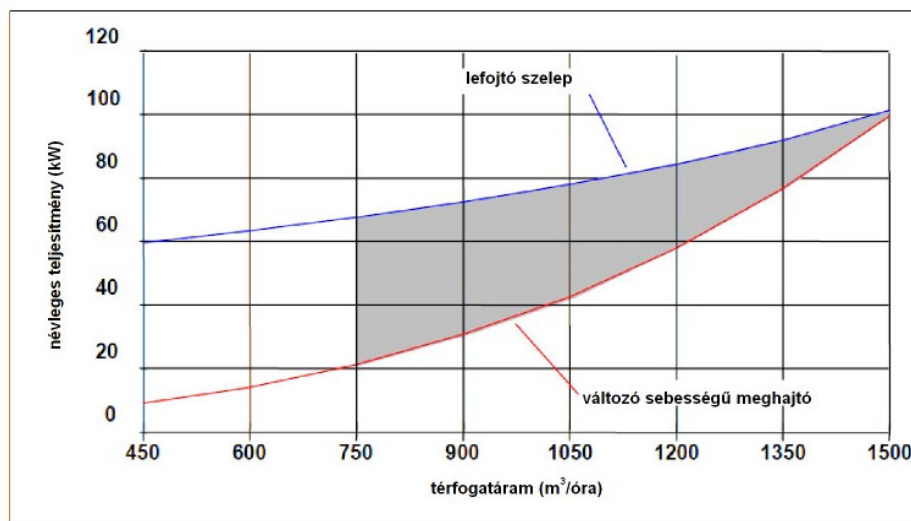
Nagy térfogatáram és nyomásváltozással bíró szivattyúk esetében, amikor a normál térfogatáram és nyomás kisebb, mint a maximum 75%-a, valószínűleg energiaveszteséget okoz a túlzott lefojtás, a túl sok elkerülő vezetékre vezetett áram (a szabályozórendszerből vagy a tápfej védő kilépőnyílásaiból), vagy a szükségtelen szivattyúk működése.

A következő szabályozási technikákat lehet alkalmazni:

- a szükségtelen szivattyúk lekapcsolása. Ezt a nagyon nyilvánvaló, mégis gyakran elhanyagolt intézkedést akkor lehet megtenni, ha jelentős csökkenés következett be az üzem víz- vagy egyéb szivattyúzott folyadék használatában (emiatt kell az egész rendszert felmérni).
- változó fordulatszámú hajtás (a villanymotornál) hozza a legnagyobb megtakarítást a szivattyú kimenetének a változó rendszer követelményekhez való igazításával, de a kapacitás szabályozásának egyéb módszereihez hasonlítva magasabb a beruházási költsége. Nem alkalmazható minden esetben, pl. ott, ahol a terhelés állandó.
- a több szivattyú alkalmazása a változó fordulatszám, kerülővezeték vagy lefojtás-szabályozás alternatívája lehet. A megtakarítások onnan származnak, hogy egy vagy több

szivattyú lekapcsolható, ha a rendszer térfogatárama alacsony, míg a többi szivattyú nagy hatékonysággal képes dolgozni. A több kis szivattyú alkalmazását meg kell fontolni, ha a szivattyúzási terhelés kisebb, mint a maximális egyedi kapacitás fele. Több szivattyús rendszerekben az energiaveszteség rendszerint a felesleges kapacitás elkerülő vezetékre vezetéséből, a szükségtelen szivattyúk működéséből, a túl nagy nyomás fenntartásából vagy a szivattyúk közötti nagy áramnövekedésből származik.

- a centrifugálszivattyú szabályozása a szivattyú kimenet lefojtásával (szelep használatával) energiapazarló. A lefojtás-szabályozás mindazonáltal általában kevésbé energiapazarló, mint két másik széles körben alkalmazott megoldás, a szabályozás hiánya vagy az elkerülés-szabályozás. Így a lefojtás a szivattyúzási energia megtakarítás módja lehet, bár nem ez az optimális megoldás.



3.45 ábra: Örvényszivattyú két szivattyúszabályozó rendszerének energiafogyasztása

Részletes leírás — Motor és erőátvitel

Ld. a villanymotorokkal hajtott alrendszereket a 3.3.6. pontban. Megjegyzés: fontos, hogy a megfelelő szivattyú végezze az adott feladatot (ld. feljebb), és hogy megfelelő legyen a motor mérete a szivattyúzási követelményeknek (szivattyúzási feladat), ld. a 3.3.6. alfejezet vonatkozó részeit.

Szivattyúrendszerek optimalizálásának környezeti haszna, környezeti elemek közti kölcsönhatások, alkalmazhatóság és egyéb megfontolások az energiahatékony technikák alkalmazásával kapcsolatban

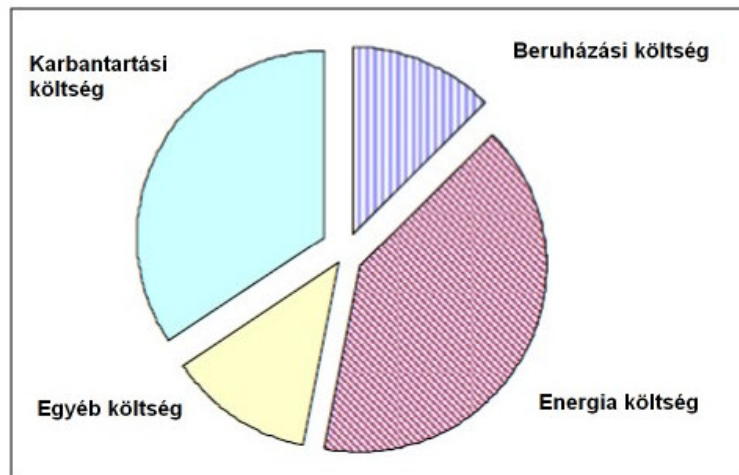
Egyes tanulmányok szerint a szivattyúrendszerek energiafogyasztásának 30-50%-a megtakarítható a berendezések vagy a vezérlőrendszer megváltoztatásával.

Az egyes intézkedések alkalmazhatósága, és a megtakarított költségek nagysága a létesítmény és a rendszer méretétől, és sajátosságaitól függ. Csak a rendszer és a létesítmény igényeinek felmérésevel lehet meghatározni, melyik intézkedés eredményezi a legmegfelelőbb költség-megtérülés arányt. A felmérést képzett szivattyúrendszer szolgáltatónak vagy képzett helyben dolgozó mérnöknek kell elvégeznie.

A felmérés eredményei meghatározzák a rendszerben alkalmazható intézkedéseket, és becslést adnak a megtakarításokra, az intézkedés költségeire és a megtérülési időre

A szivattyúk életciklusa rendszerint 15-20 évet tesz ki, ezért az életciklusra szóló költségek egybevetése a kezdeti (beszerzési) költségekkel fontos szempont.

A szivattyúkat tipikusan, mint önálló rendszerelemet szerzik be, pedig csak a rendszer részeként képes üzemelni, ezért a rendszert magát mindenképp figyelembe kell venni a költség-megtérülés számítások megfelelő elvégzéséhez.



3.46 ábra: Közepes méretű ipai szivattyú tipikus költségei a teljes életciklus során

3.3.8 Fűtő, szellőztető és klíma rendszerek

Egy tipikus HVAC rendszer olyan berendezésekből áll, amelyek biztosítják az alábbi funkciókat (néhányat vagy mindet):

- rendszerfűtés (kazánok, ld. a 17. BAT pontot, hőszivattyúk, ld. lejjebb stb.)
- hűtés (ld. lejjebb)
- szivattyúk (ld. a 26. BAT pontot)
- hőcserélők (ld. a 18. és 19. BAT pontokat), melyek valamilyen térből vagy folyamattól hőt vonnak el
- épületek fűtése és hűtése
- ventilátoros szellőztetés, levegő el- vagy bevezetése vezetékeken a hőcserélők érintésével, és/vagy külső levegő vezetése.

Egyes tanulmányok szerint a HVAC rendszer energiájának mintegy 60%-át a hűtő/hőszivattyú használja fel, a maradék 40% pedig a perifériákon használódik fel. A légkondicionálást Európában, főleg a déli részeken egyre kiterjedtebben használják.

A szellőztetés több ipari létesítményben alapvető fontosságú feladat. A szellőztetés:

- megvédi az alkalmazottakat az épületeken belül jelentkező szennyező anyag- és hőkibocsátásoktól
- a termékminőség biztosítása érdekében tisztán tartja az üzem levegőjét.

Az ezzel kapcsolatos követelményeket a munkaegészségügyi, biztonsági és munkafolyamatokkal kapcsolatos megfontolások szabják meg (ld. a 3.3.6. pontban, a HVAC rendszereknél).

27. BAT a fűtő, szellőztető és klíma rendszerek optimalizálása az alábbi technikák alkalmazásával:

- a szellőztetésre, épületek fűtésére és hűtésére a 3.32 táblázatban szereplő technikák, az alkalmazhatóság figyelembevételével
- a fűtéssel kapcsolatban (ld. a 18. és 19. BAT pontokat)
- a szivattyúzással kapcsolatban (ld. a 26. BAT pontot)
 - a hűtéssel, termékhűtéssel és hőcserélőkkel kapcsolatban (ld. az Ipari hűtőrendszerek BREF dokumentum vonatkozó részeit illetve jelen dokumentum 19. BAT pontját).

Energiatakarékosági intézkedés	Alkalmazhatóság
KIALAKÍTÁS ÉS VEZÉRLÉS	
Átfogó rendszerkialakítás. Az alábbi területek egyenkénti azonosítása és felszerelése: <ul style="list-style-type: none"> • általános szellőztetés • specifikus szellőztetés • technológiai szellőztetés 	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során. Átalakítás során az életciklusra jutó költségeket figyelembe kell venni
Bemenetek számának, alakjának és méretének optimalizálása	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Ventilátoroknál: <ul style="list-style-type: none"> • nagy hatékonyságú eszközök használata • optimális fordulatszámon való üzemelésre kialakított eszközök használata 	Minden esetben költséghatékony
Légáram kezelése, kettős levegőáramoltatás technológia alkalmazásának figyelembe vétele	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Levegőrendszer kialakítása: <ul style="list-style-type: none"> • vezetékek megfelelő méretezése • kör keresztmetszetű vezetékek • túlságosan hosszú vezetékek alkalmazásának, légáram akadályoztatásának (kanyarok, szűk keresztmetszet) elkerülése 	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során
Villanymotorok optimalizálása, VSD alkalmazásának figyelembe vétele (ld. még a 24. BAT pontot)	Minden esetben. Költséghatékony átalakítás.
Automata vezérlő rendszerek alkalmazása. Integráció centralizált műszaki üzemeltetési rendszerekkel	Minden új létesítménynél vagy jelentős modernizáció során. Minden esetben költséghatékony és könnyen modernizálható.
Levegőszűrők beépítése a vezetékekbe, a kipufogó levegő hőjének hasznosítása (hőcserélők)	Új létesítmény kialakítása vagy jelentős modernizálás során. Átalakítás során az életciklusra jutó költségeket figyelembe kell venni. Az alábbi tényezők figyelembevételével: termikus hatékonyság, nyomásvesztés, rendszeres tisztítási igény
Fűtési/hűtési igények csökkentése <ul style="list-style-type: none"> • az épületek szigetelésével • hatékony üvegezéssel • levegőbeszivárgás csökkentésével • automata ajtókkal • rétegződésmentesítéssel • a beállított hőmérséklet csökkentésével a termelésen kívüli időszakban (programozható szabályozás) • beállított hőmérséklet csökkentésével fűtéskor, és növelésével hűtéskor 	Minden esetben megfontolandó, költségmegtérülés arányának megfelelően kell bevezetni

Fűtőrendszer hatékonyságának növelése <ul style="list-style-type: none"> • hulladékhő hasznosítása vagy közvetlen felhasználása (ld. a 3.3.3. pontot és a 19. BAT pontot) • hőszivattyúk • sugárzóhő és helyi fűtőrendszerek kombinálása a beállított hőmérséklet csökkentésével az épületek emberektől nem látogatott részeiben 	Minden esetben megfontolandó, költség-megtérülés arányának megfelelően kell bevezetni
Hűtőrendszerek hatékonyságának javítása szabadhűtés alkalmazásával	Specifikus körülmények közt alkalmazható
KARBANTARTÁS	
Ahol lehetséges, szellőztetés leállítása vagy csökkentése	Minden esetben
Rendszerek légszigetelése, illeszkedések ellenőrzése	Minden esetben
Rendszer kiegyensúlyozottságának ellenőrzése?	Minden esetben
Légáram menedzsment: optimalizálni	Minden esetben
Levegőszűrés, optimalizálni: <ul style="list-style-type: none"> • újrahasznosítási hatékonyságot • nyomásvesztéséget • rendszeres szűrőtisztítást/cserét • rendszer rendszeres tisztítását 	Minden esetben

3.32 táblázat: Fűtő, szellőztető és klíma rendszerekben alkalmazható technikák az energiahatékonyság javítására

Részletes leírás — Épületek fűtése és hűtése

Az IPPC rendszerekben az épületfűtési és hűtési tevékenységek széles skáláját alkalmazzák. Ezek alkalmazása és használata a szektoron, illetve a létesítmény földrajzi elhelyezkedésén múlik, és az alábbi célokat szolgálja:

- kielégítő munkakörülmények fenntartása
- termékminőség fenntartása (pl. hűtőhelyiségek)
- nyersanyagok minőségének és kezelési tulajdonságainak fenntartása, pl. zárt hulladéktároló területek a skandináv államokban, korrózió megakadályozása az alkotórészek felületén a fémek felületkezelését végző iparágakban.

A rendszerek lokálisan (pl. infravörös épületfűtés a tárolóterületek berendezési számára) vagy centralizálva (pl. irodák klímarendszerei) működhetnek.

Az épületek fűtésének/hűtésének energiafogyasztása számottevő. Franciaországban például ez kb. 30 TWh fogyasztást jelent, ami a tüzelőanyag-fogyasztás csaknem 10%-ának felel meg. Nagyon gyakran az ipari épületeket magas hőmérsékletekre fűtik, holott a hőmérséklet 1-2 °C-kal nyugodtan csökkenthető lehetne, ezzel szemben hűtés esetében általános gyakorlatnak számít az olyan alacsony hőmérséklet beállítása, mely a kényelemérzet csökkentése nélkül 1-2 °C-kal magasabb lehetne. Ezek az intézkedések az alkalmazottak számára változásokat jelentenek, ezért információs kampány keretében kell őket bevezetni.

Ezekben a rendszerekben kétféleképpen takarítható meg energia:

- a fűtési/hűtési igények csökkentése az alábbiak segítségével:
 - épületek szigetelése
 - hatékony üvegezés
 - levegőbeszivárgás csökkentése
 - automata ajtók
 - rétegződésmentesítés

- a hőmérséklet alapérték csökkentése a termelésen kívüli időszakban (programozható szabályozás)
- beállított hőmérséklet csökkentése.
- a fűtőrendszerek hatékonyságának növelése az alábbiak segítségével:
 - hulladékhő hasznosítása vagy közvetlen alkalmazása
 - hőszivattyúk
 - sugárzóhő és helyi fűtőrendszerek kombinálása a beállított hőmérséklet csökkentésével az épületek emberektől nem látogatott részeiben.

A beállított hőmérséklet 1°C-os csökkentése fűtéshez, illetve növelése légkondicionáláshoz az energiafogyasztást 5-10%-kal csökkentheti, a belső és a külső hőmérséklet közti különbség függvényében. A légkondicionálás hőmérsékletének növelése általában nagyobb megtakarításokkal jár, mert itt a hőmérsékleti különbségek általában magasabbak. Ezek természetesen általánosítások, és a valós megtakarítások mindig a helyi (regionális) időjárástól függenek majd.

A fűtés/hűtés korlátozása a termelésen kívül eső időszakokban a napi 8 órában dolgozó üzemek esetében a villamos energia fogyasztást 40%-kal csökkentheti. A fűtéskorlátozás kombinálása az emberektől nem látogatott részek tartósan alacsony hőmérsékleten tartásával, illetve a munkahelyeken lokális sugárzó hő fűtéssel közel 80%-os energia-megtakarítást eredményezhet, az emberektől nem látogatott részek arányától függően.

A hőmérséklet beállítását más feltételek is befolyásolhatják, pl. alkalmazottak számára előírt legalacsonyabb hőmérséklet, élelmiszeripari termékek minőségének fenntartásához megengedhető legmagasabb hőmérséklet.

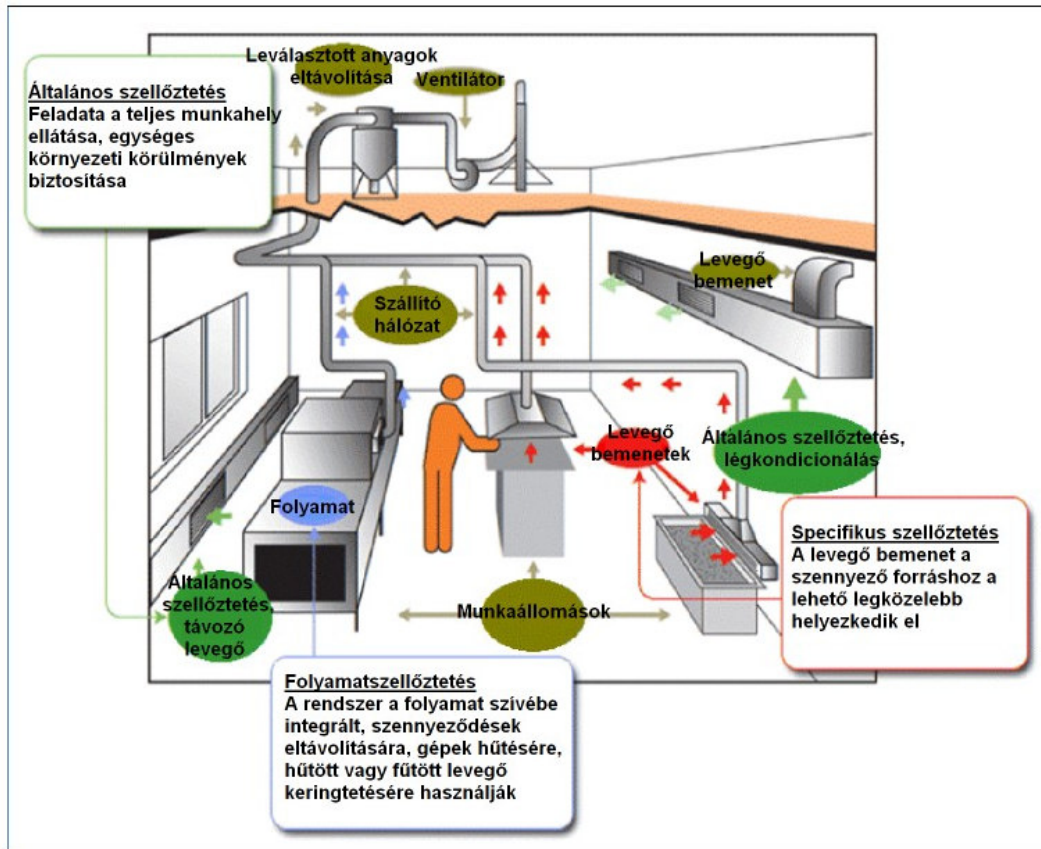
Részletes leírás — Szellőztetés

A szellőztetés létfontosságú számos ipari létesítmény kielégítő üzemeléséhez. A szellőztetés

- megvédi az alkalmazottakat az épületeken belül jelentkező szennyező anyag- és hőkibocsátásoktól
- a termékminőség biztosítása érdekében tisztán tartja az üzem levegőjét.

A szellőztetőüzem számos egymással kölcsönhatásban álló részből áll (ld. 3.47 ábra, pl.:

- levegőrendszer (levegőbemenet, elosztó rendszer, szállítóhálózat)
- ventilátorok (ventilátorok, motorok, erőátviteli rendszerek)
- szellőztetés vezérlő és szabályozó rendszerek (légáram szabályozás, centralizált műszaki üzemeltetés stb.)
- energiahasznosító eszközök
- levegőtisztítás
- különböző típusú kiválasztott szellőztető rendszerek (általános szellőztetés, specifikus szellőztetés, légkondicionálással vagy anélkül stb.).



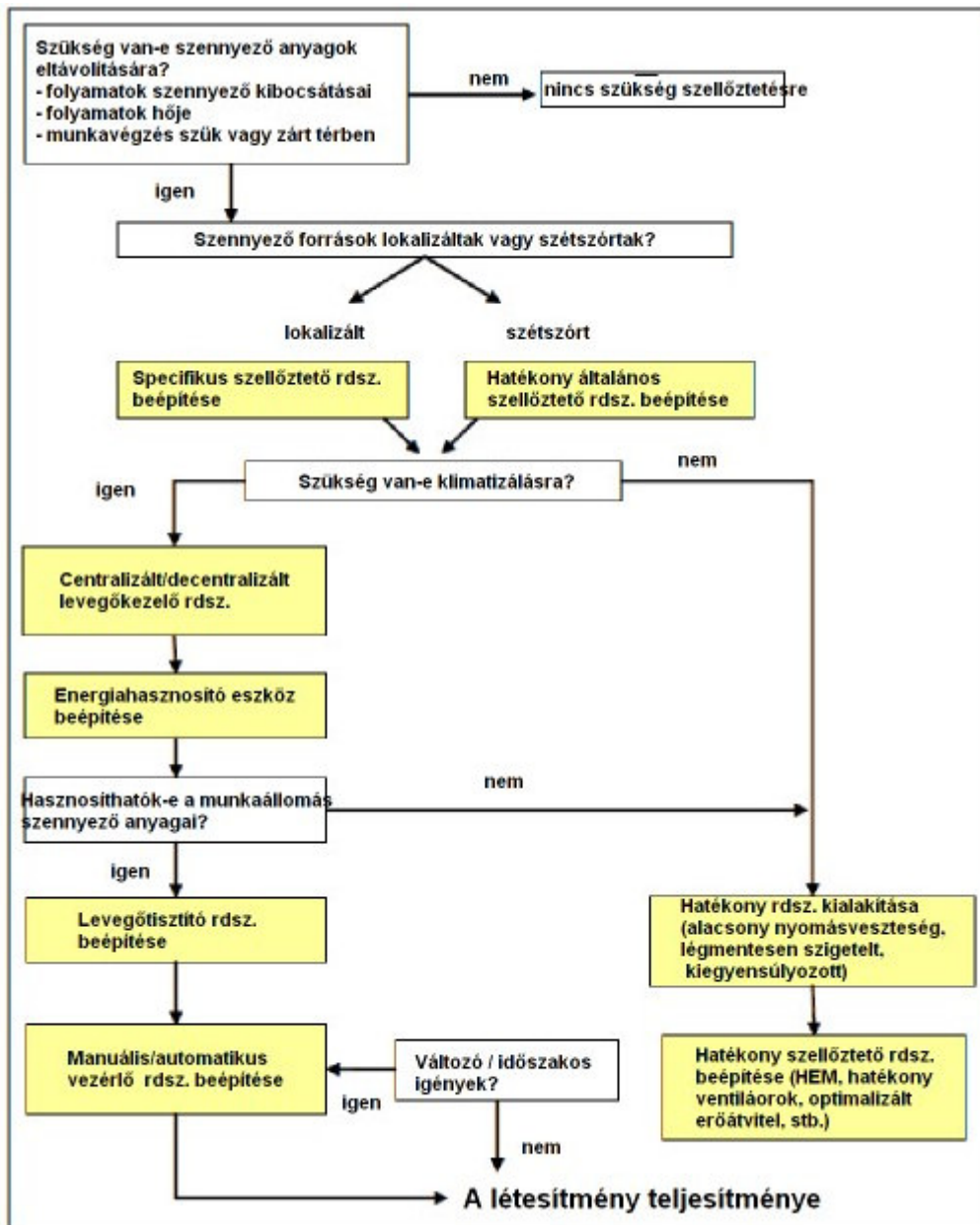
3.47 ábra: Szellőztető rendszer

Részletes leírás — Új vagy modernizált szellőztető rendszer kialakításának optimalizálása

A szellőztető rendszerrel kapcsolatos követelmények részletes ismerete elősegíti a megfelelő választást és a helyes kialakításra vonatkozó döntések meghozatalát. A követelmények az alábbiak lehetnek:

- bemenő tiszta levegő
- környezeti állapotok fenntartása (hőmérséklet, nyomás, páratartalom stb.), akár a kényelemérzet és a munkaegészségügyi körülmények javítása, akár a termék védelme érdekében
- anyagok szállítása
- füst, por, nedvesség és/vagy veszélyes anyagok elszívása.

A 3.48 ábra folyamatdiagramja segítséget nyújthat az adott helyzetben legmegfelelőbb energiahatékony opciók meghatározásában:



3.48 ábra: Folyamatábra szellőztető rendszerek energiafelhasználásának optimalizálásához

A kölcsönhatások (különösen a ventilátor és a levegővezetékek közt) és ezek relatív hatásai adott rendszerben a veszteségek nagy részéért felelősek lehetnek. Az olyan rendszerek kialakítása során, melyek mind a funkcionális előírásoknak, mind az energiahatékonyság követelményeinek megfelelnek, éppen ezért koherens megközelítést kell alkalmazni.

Az alábbi szellőztető rendszerek alkalmazhatóak (ld. a 3.38. ábrát is):

- *Általános szellőztetés:* ezeket a rendszereket nagy légtérrel rendelkező munkahelyek levegőcseréjére használják. A tiszta levegővel végzett szellőztetésre számos megoldás létezik, a szellőztetendő épülettől, a szennyezettségtől, és a klimatizálás szükségességétől függően. Az energiafogyasztást nagymértékben befolyásolja a levegő térfogatárama. Minél kisebb a térfogatáram, annál alacsonyabb az energiafogyasztás
- *Specifikus szellőztetés:* ezeket a szellőztető rendszereket abból a célból alakítják ki, hogy a kibocsátásokat a forráshoz a lehető legközelebb távolítsák el a levegőtől. Az általános

szellőztető rendszerekkel ellentétben ezek a rendszerek lokalizált szennyezés kibocsátásokat céloznak meg. E rendszerek előnye, hogy a szennyező anyagokat specifikus szívóberendezésekkel közvetlenül a kibocsátás után összegyűjtik, megakadályozva, hogy a munkahely egész légtérében szétterjedjenek. A specifikus szellőztetés az alábbi előnyökkel jár:

- az üzemeltető személyzet nem kerül közvetlen kapcsolatba a rendszerrel
- nincs szükség a munkahely összes levegőjének folyamatos cseréjére.

Az elszívott levegő mindkét esetben kezelést igényelhet a légkörbe való kibocsátás előtt (ld. az általános szennyvíz- és füstgázkezelés BREF dokumentumot).

A becslések szerint a vállalatok villamosenergia-fogyasztásának mintegy 10%-át a szellőztető rendszerek fogyasztása teszi ki. Ahol légkondicionálást is alkalmaznak, a szellőztetés és a klimatizálás a vállalat energia-háztartásának még nagyobb részét teszi ki.

- *ventilátorok*: a ventilátorok a létesítmény villamosenergia-fogyasztásának legfontosabb forrásai. Típusuk, méretük és vezérlésük az energiafogyasztás szempontjából alapvető fontosságú tényezők. Megjegyzendő, hogy a megfelelő méretű, nagy hatékonyságú ventilátorok választása azt eredményezheti, hogy kisebb ventilátor beépítése is elegendő, így a beszerzési költségeken megtakarítások érhetőek el. Adott létesítmény kialakítása vagy átalakítása során a legfontosabb szempontok az alábbiak:

- nagy hatékonyságú ventilátorok választása: a ventilátorok maximális hatékonysága a típustól függően általában 60-85% közé esik. A gyártóknál a még ennél is hatékonyabb ventilátorok fejlesztése folyamatosan zajlik
- olyan kialakítás, ahol a ventilátor üzemelés közben az optimális hatékonyságot a lehető legjobban megközelíti: mindössze egy ventilátor alkalmazása esetén a hatékonyság a ventilátor kapacitásának kihasználtságától függően változik. Emiatt alapvető fontosságú a létesítmény számára megfelelő méretű ventilátor választása, amely a maximális hatékonysághoz közeli értéken üzemeltethető.

- *levegőrendszer*: a levegőrendszer kialakítása során bizonyos követelményeket az energiahatékonyság érdekében figyelembe kell venni, ezek az alábbiak:

- a vezetékek átmérője legyen megfelelően nagy (az átmérő 10%-os növelése a felhasznált energiamennyiség 72%-os csökkenését okozhatja)
- kör keresztmetszetű vezetékek, ahol kisebb a nyomásvesztés, jobbak, mint az azonos keresztmetszetű szögletes vezetékek
- hosszú vezetékek és a légáramlás akadályozásának elkerülése (kanyarok, szűk szakaszok stb.)
- rendszer légmentes szigetelésének ellenőrzése, különösen az illesztéseknél
- rendszer kiegyensúlyozottságának ellenőrzése már a kialakítás során, annak biztosítása, hogy minden „felhasználó” megfelelő szellőztetési szolgáltatásban részesül. A már beépített rendszer kiegyensúlyozása azt jelenti, hogy egyes vezetékekbe egyszárnyú szabályozó szelepeket kell beiktatni, melyek növelik a nyomás- és energiavesztéseket.

- *villanymotorok (és a ventilátorok csatlakoztatása)*: megfelelő méretű és típusú motort kell választani (ld. a 24. BAT pontban a villanymotor meghajtású alrendszereket)

- *levegőáram menedzsment*: a szellőztetőrendszerek energiafogyasztásánál a levegő tömegáram alapvető paraméternek számít. A tömegáram 20%-os csökkenésénél például a

ventilátor fogyasztása 50%-kal csökken. A legtöbb szellőztető berendezés nem üzemel folyamatosan maximális kapacitáson, ezért fontos, hogy a ventilátorok fordulatszámát (például) az alábbiaknak megfelelően módosítani lehessen:

- termelés (mennyiség, termék típus, gépek be/kikapcsolt állapota stb.)
- időszak (év, hónap, nap stb.)
- emberek jelenléte a munkahelyen.

Alapvetően fontos az igények felmérése, pl. jelenlét érzékelők, óra, folyamat-alapú vezérlés segítségével és szabályozható szellőztető berendezés beépítése.

A kettős levegő-áramoltató szellőztetés, amely a befűvást (a friss levegő bevitelét) kombinálja az elszívással (azaz a szennyezett levegő eltávolításával), jobb levegőáramlás-szabályozást biztosít, és a vezérlése is egyszerűbb, pl. folyamat-légkondicionálás és energiahasznosítás irányítási rendszer alkalmazásával. Az automata vezérlés lehetőséget biztosít a szellőztető rendszer különböző (mért, meghatározott stb.) paraméterek alapján történő szabályozására és az üzemeltetés mindenkori optimalizálására. A levegő tömegáramának igény szerinti variálására számos technikát ismerünk, de ezek energiahatékonysága nem egyenlő mértékű:

- az elektronikus fordulatszám-szabályozók a ventilátorok kapacitásának kihasználását szabályozzák, miközben a motor energiafogyasztását is optimalizálják, mindezek révén jelentős energia-megtakarítást érnek el
- a ventilátorlapátok szögének megváltoztatása szintén jelentős energia-megtakarítással járhat.
- *energiahasznosító rendszer:* ha a szellőztetett épületben légkondicionáló rendszer is üzemel, a friss levegőt kondicionálni is kell, ami jelentős energiafogyasztással jár. A munkahelyekről elszívott, szennyezett levegő energiataralmának részleges hasznosítására energiahasznosító rendszerek (hőcserélők) alkalmazhatók. Az energiahasznosító rendszer megválasztásakor az alábbi paramétereket kell ellenőrizni:
 - termikus hatékonyság
 - nyomásveszteség
 - a rendszer viselkedése eltömődés esetén.
- *levegőszűrés:* a levegőszűrő használatával a szellőztetett épületek levegője újra felhasználhatóvá válik. A frissítést és kondicionálást igénylő levegő mennyisége így csökkenthető, ami jelentős energia-megtakarítással jár. Ajánlatos a szellőztetőrendszer kialakítása során egyúttal a levegőszűrést is betervezni, mert ebben a fázisban a megoldás extra költsége viszonylag alacsony, a szűrő későbbi beépítésének költségeihez képest. Alapvető fontosságú annak ellenőrzése, hogy a szűrés után visszamaradó szennyező anyagok visszavezethetők-e. Ahol ez a megoldás alkalmazható, fontos az alábbi paraméterek ismerete:
 - újrahasznosítási hatékonyság
 - nyomásveszteség
 - a rendszer viselkedése a szűrő eltömődése esetén.

Már meglévő létesítmény üzemeltetésének javítását lásd lejjebb.

A legtöbb auditált létesítményben az energiafogyasztás 30%-ának megfelelő megtakarítási lehetőségeket mutattak ki. Számos olyan lehetőség kínálkozik, ahol a befektetés gyakran akár 3 év alatt is megtérülhet.

A bevezetést az alábbiak indokolják:

- munkaegészségügyi és -biztonsági körülmények
- költségmegtakarítás
- termékminőség.

Részletes leírás — Létesítmények már meglévő szellőztetőrendszerének fejlesztése

Megjegyzendő, hogy a szellőztetőrendszer hatékonyságának javítása esetenként az alábbiak terén is javulást eredményez:

- személyzet kényelemérzete és biztonsága
- termékminőség.

A meglévő szellőztetőrendszer fejlesztésére három ponton kínálkozik lehetőség:

- berendezés üzemelésének optimalizálása
- karbantartási és ellenőrzési terv bevezetése a berendezéshez
- beruházás hatékonyabb technikai megoldásokba.

A szellőztetőrendszer összes paraméterének optimalizálása nyomán megtakarított energia átlagosan a működéshez kapcsolódó energiaköltségek 30%-os nagyságrendbe eső csökkenését okozza.

Energetikai felmérés (összehasonlító audit)

A berendezés ismerete alapvető feltétele a teljesítmény javításának. A berendezés diagnosztizálása lehetőséget biztosít az alábbiakra:

- a szellőztetőrendszer teljesítményének értékelése
- a sűrített levegő előállításával kapcsolatos költségek meghatározása
- működési hibák kiszűrése
- új, megfelelő méretű berendezés kiválasztása.

Berendezés karbantartása és folyamatos ellenőrzése

A szellőztetőrendszer energiafogyasztása, ugyanolyan szolgáltatási szint mellett időben nő. A hatékonyság fenntartásához fontos a rendszer folyamatos ellenőrzése és szükség esetén a karbantartás elvégzése, melyek segítségével jelentős mennyiségű energia takarítható meg, a rendszer élettartamának növekedése mellett. Ezek a tevékenységek magukban foglalhatják:

- a levegővezetékek kampányszerű szivárgásellenőrzését és javítását
- a szűrők rendszeres cseréjét, különös tekintettel a levegőtisztító eszközökre, hiszen:
 - az elhasználódott szűrőknél rohamosan nő a nyomásesés
 - a szűrők szűrési hatékonysága időben csökken
- a munkaegészségügyi és -biztonsági szabványok szennyező anyagmentesítéssel összefüggő követelményeinek való megfelelés ellenőrzése
- a berendezés legfontosabb értékeinek rendszeres mérése és feljegyzése (egyes eszközök áramfogyasztása és nyomásesése, levegő tömegáram)

Üzemeltetés

- azonnali intézkedések
 - ahol lehetséges, a szellőztetés leállítása vagy csökkentése. A szellőztető berendezések energiafogyasztása közvetlenül függ a levegő tömegáramától. A levegő tömegáramát az alábbiak határozzák meg:
 - kezelők jelenléte
 - a szennyező források száma és a szennyező anyagok típusa
 - az egyes szennyező források aránya és eloszlása.
 - eltömődött szűrők cseréje
 - levegőrendszer szivárgásainak kijavítása
 - légkondicionálás esetén a beállítások ellenőrzése, illetve annak igazolása, hogy a beállítások megfelelnek a specifikus igényeknek.

 - egyszerű, hatékony intézkedések:
 - munkaállomások felszerelése megfelelő specifikus levegő-bevezetésekkel
 - a szennyező anyagok elszívását biztosító kimenetek számának, alakjának és méretének optimalizálása a szennyező anyagok eltávolításához szükséges levegő tömegáramának lehető legnagyobb arányú mérsékléséhez (ld. a Fémek és műanyagok felületkezelése BREF dokumentumot)
 - a szellőztetőlevegő-tömegáram igényekhez igazodó, automatikus szabályozási lehetőségeinek figyelembe vétele. A szabályozásra számos lehetőség van:
 - szellőztetés automatikus vezérlése, adott gép indulásának és leállításának megfelelően (ez a funkció leggyakrabban a szerszámgépeknél vagy vákuumos hegesztőfáklánál kerül beépítésre)
 - a szellőztetés automatikus beindulása szennyező anyagok kibocsátása esetén. Egy alkatrész bekerülése a kezelő fürdőbe például megváltoztatja a szennyező anyagok kibocsátását. A szellőztetés ebben az esetben fokozódik, mikor az alkatrészeket alámerítik, míg egyébként alacsonyabb fokozaton üzemel
 - a használaton kívüli fürdők és tartályok manuális vagy automatikus lezárása (ld. az előző bekezdésben említett dokumentumot).
- Megjegyzendő, hogy a levegő tömegáramának szabályozása esetén meg kell győződnünk róla, hogy a munkaegészségügyi körülmények továbbra is, —az összes lehetséges üzemelési körülményt figyelembe véve—, megfelelőek-e.
- a levegővezeték-rendszereknek egyensúlyban kell lenniük bizonyos pontok túlszellőztetésének elkerülése végett. A kiegyensúlyozást erre specializált cég is elvégezheti.
- költséghatékony intézkedések:
 - változó tömegáram esetén a ventilátorok felszerelése elektronikus fordulatszám szabályozóval
 - nagy hatékonyságú ventilátorok beépítése
 - optimális működési kapacitású ventilátorok beépítése, a létesítmény specifikus igényeihez igazodva
 - nagy hatékonyságú (pl. EEF1 osztályú) motorok beépítése
 - szellőztető rendszer irányításának integrálása centralizált műszaki üzemeltetési rendszerekkel

- a berendezés üzemelésének folyamatos ellenőrzésére műszeres mérés bevezetése (áramlásmérők, árammérők)
- szűrőhasználat lehetőségeinek felmérése a levegővezetékben, illetve energiahasznosító eszközök beépítésének megfontolása a szennyezett levegő eltávolításával kapcsolatos energiaveszteségek elkerülésére
- a teljes szellőztetőrendszer átalakítási lehetőségeinek vizsgálata, a rendszer felosztása általános és specifikus szellőztetésre valamint technológiai szellőztetésre.

A legtöbb auditált létesítményben az energiafogyasztás 30%-ának megfelelő megtakarítási lehetőségeket mutattak ki. Számos olyan lehetőség kínálkozik, ahol a befektetés gyakran akár két év alatt is megtérülhet.

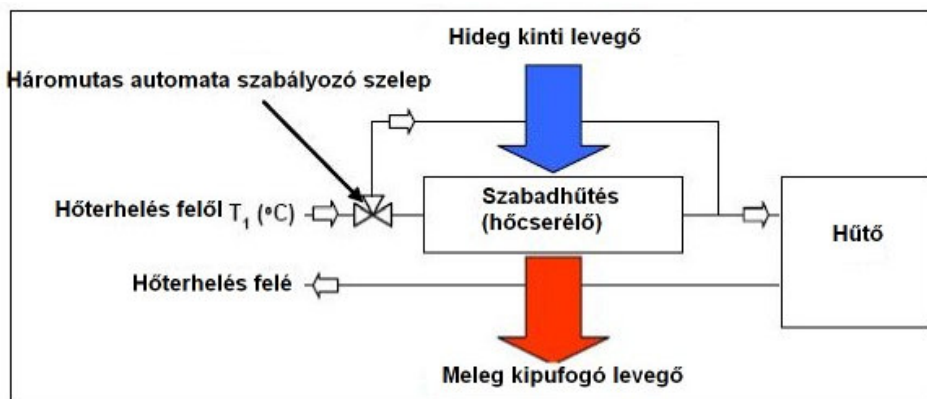
A bevezetést az alábbiak indokolják:

- munkaegészségügyi és -biztonsági körülmények
- költségmegtakarítás
- termékminőség.

Részletes leírás — Szabadhűtés

Energiahatékonysági szempontból mind az ipari hűtés, mind a légkondicionáláshoz szükséges hűtési folyamatok javíthatók a *szabad hűtési* technikák bevezetésével. A szabad hűtés akkor jön létre, ha a külső környezeti levegő entalpiája alacsonyabb, mint a benti levegőé. Azért nevezzük 'szabad'-nak, mert a környezeti levegőt használja fel.

Ez a szabadon hozzáférhető hűtőkapacitás a hűtést igénylő rendszerbe közvetlenül vagy közvetetten vezethető be. A gyakorlatban rendszerint a közvetett bevezetést alkalmazzák. Ez általában egy elszívó-keringtető levegőrendszernek felel meg (ld. a 3.49 ábrát). A szabályozást automata szabályozó szelepek végzik: mikor rendelkezésre áll a külső hideg levegő (pl. mikor a külső nedves hőmérséklet a víz hűtéssel elérendő hőmérséklete alá csökken), a szelepek automatikusan fokozzák a külső levegő felvételt, miközben a belső recirkulációt a minimumra csökkentik, hogy a szabad hűtés maximálisan kihasználhatóvá váljon. Az ehhez hasonló technikák segítségével a hűtőberendezések használatát az év és/vagy az éjszaka bizonyos szakaszaiban gyakorlatilag mellőzni lehet. A szabad hűtés kihasználására számos technikai lehetőség áll rendelkezésünkre. A 3.49 ábra egy egyszerű felépítésű üzem, lehetséges szabad hűtés-hasznosítási megoldása látható.



3.49 ábra: Szabad hűtés bevezetésének egyik lehetséges módja

A visszatérő, magas hőmérsékletű vizet, amely a hűtő felé áramlik, a három utas szelep automatikusan a szabad hűtő rendszerhez vezeti. Itt a vizet előhűtik, ez pedig csökkenti a hűtő termikus terhelését, és a kompresszorok energiafogyasztását. Minél alacsonyabb a külső levegő hőmérséklete a visszatérő vízénél, annál erőteljesebb a szabad hűtés hatása, és annál több energia takarítható meg.

A hűtőket rendszerint villanymotor hajtja (néha a hajtás endotermikus reakción alapul), ezért a szabad hűtés csökkenti az elsődleges energiaigényt.

A szabad hűtést, mint lehetőséget, akkor lehet figyelembe venni, ha a külső hőmérséklet legalább 1 °C-kal alacsonyabb, mint a visszatérő, hűtő felé tartó víz hőmérséklete. A 3.49 ábrát véve alapul, ha T_1 (a visszatérő magas hőmérsékletű víz hőmérséklete) 11 °C, a szabad hűtés akkor aktiválható, amikor T_2 (a külső hőmérséklet) 10 °C alá süllyed.

A szabad hűtés speciális körülmények közt alkalmazható: a közvetett bevezetéshez a külső hőmérsékletnek a hűtő felé áramló visszatérő hűtőfolyadék hőmérsékleténél alacsonyabbnak kell lennie, közvetlen alkalmazások esetében a külső hőmérsékletnek a kívánt hőmérséklettel egyezőnek, vagy annál alacsonyabbnak kell lennie. Figyelembe kell venni a berendezés esetleges extra helyigényét is.

A szabad hűtés a becslések szerint az esetek 25%-ában alkalmazható.

A szabad hűtés hőcserélői, meglévő hűtőrendszerek átalakítása során építhetők be, és/vagy az új hűtőrendszerek kialakításakor alkalmazhatók.

A szabad hűtés bevezetése egy sor gazdasági előnnyel jár, pl.: a hűtőkapacitás ingyen rendelkezésre áll, a kompresszorok üzemideje csökken, ami kWh-kban kifejezhető villamosenergia-megtakarítással jár, a villamos energia szolgáltatás költségei csökkennek.

Általában célravezetőbb a szabad hűtés lehetőségét az új vagy az átalakítandó létesítmény tervezési fázisában figyelembe venni. Új létesítmények esetében a befektetés akár 12 hónapon belül megtérül, átalakításnál a megtérülési idő 3 évet is kitehet.

A technika bevezetését a berendezés egyszerűsége és az energia- és költségtakarékosság indokolja.

3.3.9 Világítás

A világítási rendszerrel kapcsolatos követelmények alapját a munkaegészségügyi és -biztonsági megfontolások adják. A világítási rendszerek energiája a speciális felhasználói követelményekkel összhangban optimalizálható.

28. BAT Mesterséges világítási rendszerek optimalizálása a 3.33 táblázatban megadott technikákkal, az alkalmazhatóság figyelembevételével

Technika	Alkalmazhatóság
VILÁGÍTÁSI KÖVETELMÉNYEK ELEMZÉSE ÉS KIALAKÍTÁSA	
A megvilágítás követelményeinek meghatározása, mind az intenzitást, mind a tervezett feladat elvégzéséhez szükséges fényspektrumot figyelembe véve.	Minden esetben
A helyiségek és tevékenységek olyan kialakítása, ami optimálisan kihasználja a természetes fényt	Ahol az üzemelés és a karbantartás normálisnak tekinthető átalakításával megoldható, ezt a megoldást minden esetben figyelembe kell venni. Ha a szerkezeti átalakításokra (pl. átépítés) van szükség, akkor csak az új és modernizálás alatt álló létesítményekben alkalmazható.
Olyan mennyezeti világítás és lámpák kiválasztása, melyek megfelelnek a tervezett tevékenység specifikus követelményeinek	Életciklusra szóló költség-haszon elemzéssel
ÜZEMELTETÉS, VEZÉRLÉS ÉS KARBANTARTÁS	
Világítás irányító és vezérlő rendszerek használata, ideértve a jelenlét-érzékelők, kapcsolóórák stb. használatát is	Minden esetben
Az épületek használóinak megtanítása arra, hogy a világítást hatékonyan alkalmazzák	Minden esetben

3.33 táblázat: Világítási rendszerben alkalmazható technikák az energiahatékonyság javítására

Részletes leírás — Világítási rendszerek

A mesterséges világítás világszerte a villamosenergia-fogyasztás jelentős részéért felelős. Az irodákban a teljes energiafogyasztás 20-50%-át a világítás adja. Még ennél is fontosabb, hogy egyes épületekben a túlzott világítás miatt, az erre fordított energiáéknak akár több, mint 90%-a is szükségtelen kiadásnak tekinthető. Mindezek miatt a világítás napjaink energiafelhasználásának egyik kritikus pontja, főleg a nagyméretű irodaépületekben és egyéb nagy felhasználóknál, ahol a világításra fordított energiafelhasználásnak számos alternatívája van.

Bármely épület esetében több technika is rendelkezésre áll az energiakövetelmények minimalizálására:

a) világítási igények meghatározása minden egyes területre:

Ez az alapja az adott feladat által igényelt világítás meghatározásának. A világítás típusait a tervezett felhasználás (általános, helyi, feladatra szabott) határozza meg, ami viszont nagymértékben függ a mennyezeti világítás által biztosított fény eloszlásától. Nyilvánvalóan sokkal kevesebb fényre van szükség egy üzemi járda megvilágításához, mint egy számítógépes munkaállomáshoz. A felhasznált energia általában a megkívánt megvilágítási szinttel arányos. Egy tárgyalószobákat és konferenciatermeket magában foglaló munkahelynél például 800 lux megvilágítást alkalmazhatunk, míg a folyosókra 400 lux is elég lehet:

- az általános világítás a terület általános megvilágítására szolgál. Zárt térben ez lehet például egy asztalra vagy a padlóra helyezett egyszerű lámpa, vagy valamilyen mennyezeti világítótest. A szabadban például egy parkoló általános megvilágítására akár 10-20 lux is elég lehet, mert a gyalogosoknak és autósoknak, akiknek a szeme hozzászokott a sötéthez, nem lesz szükséges sok fényre, mikor a területen áthaladnak.

- a feladatra szabott világítás gyakorlati szerepet tölt be, általában koncentráltabb, és olyan célokat szolgál, mint az olvasás vagy az ellenőrzési tevékenységek lehetővé tétele. Rossz minőségű nyomdai termékek olvasásához akár 1 500 lux megvilágításra is szükség lehet, bizonyos ellenőrzési tevékenységek vagy orvosi beavatkozások még ennél is erősebb világítást követelnek meg.

b) a világítás minőségének és kialakításának elemzése:

- a térkialakítás és a belsőépítészeti megoldások integrációja (ideértve a belső felületek és a helyiségek geometriájának megválasztását is), a természetes fény optimális kihasználása érdekében. A természetes fény nagyobb mértékű kihasználása nem csak az energiafogyasztást csökkenti, hanem az alkalmazottak egészségére és teljesítményére is pozitív hatással van
- a tevékenységek olyan kialakítása, amely lehetővé teszi a természetes fény optimális kihasználását
- a mesterséges megvilágítást igénylő tevékenységek fényspektrummal szemben támasztott követelményeinek figyelembe vétele
- az energiatakarékosság szempontjából elérhető legjobb technikának számító mennyezeti világítótestek és lámpatípusok kiválasztása

Az elektromos világítás típusai az alábbiak lehetnek:

- *izzók*: egy vékony szálon elektromos áram halad keresztül. Az áram a szál felmelegíti és gerjeszti, ennek során pedig fény keletkezik. A szál magában foglalt üvegbura megakadályozza, hogy a levegőben lévő oxigén tönkretegyje az izzószálát. Az izzók előnye, hogy a feszültségek széles skálájára - néhány voltól a több száz voltos értékekig - rendelkezésre állnak. Mivel világítási hatékonyságuk relatíve rossz, az izzókat sok alkalmazásban fokozatosan fénycsövekre, nagy intenzitású gázkisüléssel működő lámpákra, LED-ekre és egyéb megoldásokra cserélik
- *ívlámpák vagy gázkisüléssel működő lámpák*: ívlámpának nevezzük összefoglalóan azokat a lámpákat, melyek elektromos ívkisülés (vagy ívfény) révén bocsátanak ki fényt. A lámpa két elektródából áll, melyek rendszerint volfrámból készülnek, és gáz választja el őket egymástól. Az ilyen lámpákban tipikusan nemesgázokat használnak (argon, neont, kripton vagy xenont), illetve ezeknek valamilyen keverékét. A legtöbb lámpában kiegészítő anyagok is vannak, pl. higany, nátrium és/vagy halogének. A leggyakrabban használt ívlámpák tulajdonképp alacsony nyomású higanygőz ívlámpák, ahol a bura belsejét fénykibocsátó foszforral vonják be. A nagy intenzitású gázkisüléssel működő lámpák nagyobb feszültségen üzemelnek, mint az ívlámpák, és az égőben alkalmazott anyagoktól függően számos változatuk létezik. A villámlás végülis úgy is felfogható, mint egyfajta természetes ívlámpa, de legalábbis villanólámpa. Az adott lámpatípust gyakran az alkalmazott gázzal nevezik el, mint pl. neon, argon, xenon, kripton, nátrium, fémhalogén és higany. A leggyakoribb ívlámpa illetve gázkisüléssel működő lámpa típusok:
 - fénycsövek
 - fémhalogén lámpák
 - magasnyomású nátriumlámpák
 - alacsony nyomású nátriumlámpák.

Az ívlámpákban vagy gázkisüléssel működő lámpákban az elektromos ív olyan gázban jön létre, melyet előzőleg árammal ionizáltak, ezáltal képessé téve az elektromos áram vezetésére. Az

ívlámpa bekapcsolásához rendszerint igen magas feszültség (gyújtófeszültség) szükséges, az ív „begyújtásához”. Ez „gyújtó” áramkör alkalmazását igényli, amely egy nagyobb áramkör, az ún. előtét része. Az előtét megfelelő feszültséget és áramerősséget biztosít a lámpa számára, mivel annak elektromos tulajdonságai a hőmérséklettel illetve időben változnak. Az előtétet kimondottan azért alkalmazzák, hogy a lámpa egész élettartama alatt biztosítsa a biztonságos üzemelés feltételeit és az egyenletes fényt. Az ív hőmérséklete a több ezer °C-ot is elérheti. Az ívlámpák vagy gázkisüléssel rendelkező lámpák hosszú élettartalommal rendelkeznek és nagy hatékonyságú világítást biztosítanak, de előállításuk bonyolultabb és a gázon áthaladó áram megfelelő biztosítása elektronikát igényel.

- *kénlámpák*: nagy hatékonyságú, teljes spektrumú elektróda nélküli fényforrások, ahol a fény mikrohullámmal gerjesztett kénplazmában keletkezik. A fénycsövektől eltekintve a kénlámpák bemelegedési ideje figyelemre méltóan rövidebb, mint a többi gázkisüléssel rendelkező lámpáé, még alacsony környezeti hőmérsékleten is. A lámpa végső fényáramának 80%-át 20 másodperc alatt éri el (videó), áramkimaradás esetén pedig kb. öt perc múlva újraindítható.
- *LED-ek, ideértve a OLED-eket is*: a világító dióda olyan félvezető dióda, amely inkoherens keskeny spektrumú fényt bocsát ki. A LED alapú világítás egyik legnagyobb előnye a nagy hatékonyság, azaz a bemenő energia egy egységére számított fénykibocsátás. Ha a LED-ben a fénykibocsátó réteg szerves anyagból készült, szerves világító diódának (OLED) nevezzük. A hagyományos LED-ekhez képest az OLED-ek könnyebbek, a polimer LED-ek további előnye pedig a rugalmasságuk. Mindkét típus kereskedelmi méretekben történő használata megkezdődött, de az ipari szintű alkalmazás egyelőre korlátozott.

A különböző fényforrások hatékonysága rendkívül különböző, erről a 3.34 táblázat nyújt tájékoztatást.

Név	Optimális spektrum	Névleges hatékonyság (lm/W) ²⁶	Életciklus (Meghibásodások közti átlagos időtartam)(ó)	Szín-hőmérséklet ²⁷ (K)	Szín	Színvisszaadási index ²⁸
Izzó	folyamatos	12-17	1 000-2 500	2 700	meleg fehér (sárgás)	100
Halogén-lámpa	folyamatos	16-23	3 000-6 000	3 200	meleg fehér (sárgás)	100
Fénycső	higanyvonal + foszfor	52-100	8 000-20 000	2 700-5 000	fehér (árnyalatnyi zölddel)	15-85
Fémhalogén lámpa	Kvázi-folyamatos	50-115	6 000-20 000	3 000-4 500	hideg fehér	65-93
Nagynyomású nátrium lámpa	Szélessávú	55-140	10 000-40 000	1 800-2 200 ²⁹	rózsaszínes narancs	0-70
Kisnyomású nátrium lámpa	Keskenysávú	100-200	18 000-20 000	1 800 ³	sárga, gyakorlatilag nincs színvisszaadás	0
Kénlámpa	folyamatos	80-110	15 000-20 000	6 000	halványzöld	79
LED		20-40	100 000		(borostyánsárga és vörös fény)	
		10-20			(kék és zöld fény)	
		10-12			(fehér)	

3.34 táblázat: Különböző fényforrások tulajdonságai és hatékonysága

A leghatékonyabb elektromos fényforrás a kisnyomású nátriumlámpa. Ez majdnem monokróm narancssárga fényt ad, amely nagymértékben torzítja a színérzékelést, ezért inkább a nyílt térben, közvilágításra alkalmazzák. A kisnyomású nátriumlámpa fényszennyezést okoz, ez a kiszűrhető, ellentétben a szélessávú vagy folyamatos spektrumú fényforrások okozta szennyezéssel.

Az egyes világítási opciók adatai, mint pl. a világítás típusa, a Green Light programon keresztül szerezhetőek be. A program egy olyan önkéntes, megelőző jellegű kezdeményezés, amely a „partnerek”-ként említett nem lakossági villamosenergia-fogyasztókat (mind a köz-,

²⁶1 lm = 1 cd*sr = 1 lx·m²

²⁷A színhőmérséklet definíció szerint a hasonló spektrumban sugárzó fekete test hőmérséklete.

²⁸Ezek a spektrumok a fekete testek spektrumától nagymértékben különböznek.

²⁹A színvisszaadási index annak jellemzésére használt mérőszám, hogy a kérdéses, spektrális sugárzéssel jellemezett fényforrással megvilágítva a színminták színe milyen mértékben változik meg a referenciasugárzóval megvilágított színükhöz képest.

mind a magánszférában) arra ösztönzi, hogy az Európai Bizottság elvárásait támogatva energiahatékony világítási technológiákat alkalmazzanak a létesítményeikben, amennyiben ez 1) kifizetődő és 2) ily módon a világítás minősége fenntartható vagy javítható.

c) a világítási rendszer irányítása:

- fektessünk hangsúlyt a világítási rendszert irányító vezérlőrendszerekre, ideértve a jelenlét-érzékelőket, kapcsolóórákat stb., így próbálva meg csökkenteni a világításra felhasznált energiát
- az épületek használóit tanítsuk meg arra, hogy a világítást hatékonyan alkalmazzák
- az energiapocsékolás elkerülése érdekében a világítási rendszert tartsuk karban.

Bizonyos lámpatípusok, pl. a higanygőz lámpák és a fénycsövek mérgező vegyi anyagokat, pl. ólmot, higanyt tartalmaznak. A hasznos élettartam lejártá után a lámpákat újra kell hasznosítani, illetve gondoskodni kell a megfelelő ártalmatlanításról.

Minden világítást igénylő feladat vagy hely esetében hasznos lehet a megfelelő fényintenzitás és színspektrum biztosítása. Ellenkező esetben nem csak energiapocsékolás léphet fel, de a túlságosan erős világítás egészségügyi és pszichológiai problémákhoz vezethet (pl. gyakori fejfájás, stressz, magas vérnyomás). A túlságosan erős világítás vagy a káprázás ezenkívül a dolgozók hatékonyságát is ronthatja.

A hatékonyság felméréséhez a 3.35 táblázatban bemutatott A, B, C és D mérési és igazolási lehetőségeket felhasználó módszerekkel baseline és beépítés utáni modellek készíthetők:

Mérési és igazolási lehetőség	Megtakarítások kiszámításának módszere	Költség
„A” lehetőség: a berendezések terén végrehajtott változtatások fizikai felmérésére összpontosít, hogy biztosítsa a berendezések megfelelését a műszaki előírásoknak. A legfontosabb teljesítmény tényezőket (pl. világítási teljesítmény) helyi vagy rövidtávú mérésekkel határozzák meg, míg az üzemelési tényezőket (pl. világító rendszer üzemóráinak száma) a korábbi adatok, vagy helyi/rövidtávú mérések alapján becslik. A teljesítmény tényezőket és a megfelelő üzemelést évente mérik vagy ellenőrzik.	Helyi vagy rövidtávú mérésekre alapozott műszaki számítások, számítógépes szimulációk és/vagy korábbi adatok alapján	Az értékelt rendszerek számától és komplexitásától függ. A projekt beruházási költségeinek kb. 3-10%-át adja.
„B” lehetőség: A megtakarítások meghatározása a projekt befejezése után rövid idejű vagy folyamatos, a szerződés teljes időtartamán keresztül eszköz- vagy rendszerszinten végzett mérésekkel	Műszaki számítások a mért adatok alapján	Az értékelt rendszerek számától és komplexitásától függ. Rendszerint a projekt beruházási költségeinek 3-10%-át adja.
„C” lehetőség: A projekt befejezése után a megtakarítások meghatározása az egész épület vagy létesítmény szintjén a tárgyévi illetve a régebbi, közmű mérőkön és mellékmérőkön mért	A közmű mérők (vagy almérők) adatainak elemzése az egyszerű összehasonlítástól a többváltozós (órákra vagy hónapokra végzett) regressziós analízisig	Az értékelt rendszerek számától és komplexitásától függ. Rendszerint a projekt beruházási költségeinek 1-10%-át adja.

adatok alapján		
----------------	--	--

„D” lehetőség: A megtakarítások meghatározása a létesítmény alkotóira és/vagy az egész létesítményre vonatkozó szimulációval	Kalibrált energia szimuláció/modellezés, ahol a kalibráció az órákra avagy hónapokra vonatkozó közműszámla adatok és/vagy a végfelhasználónál lévő mérő adatai alapján végzik	Az értékelt rendszerek számától és komplexitásától függ. Rendszerint a projekt beruházási költségeinek 3-10%-át adja.
--	---	---

3.35 táblázat: Világítási rendszerekben elérhető megtakarítások

A protokollnak az az egyetlen alfejezete, mely a világítást érinti, szerepel ebben a részben. További információk a teljes programleírásban, a <http://www.evo-world.org/>.

Az olyan technikák, mint pl. megvilágítási követelmények meghatározása minden egyes felhasználói területre, a természetes fény optimális kihasználását biztosító tervezési tevékenységek, a mennyezeti világítás és a lámpák típusának megválasztása a tervezett felhasználás specifikus követelményeinek megfelelően, és a világítás szabályozása minden IPPC létesítményben alkalmazhatók. Más intézkedések, mint pl. a térkialakítás integrációja a természetes fény optimális kihasználása érdekében csak újonnan épülő vagy felújítás alatt álló létesítmények esetében alkalmazhatók.

A Green Light beruházások bevált technológiákat, termékeket és szolgáltatásokat használnak, melyek a világítással kapcsolatos energiafogyasztást 30-50%-kal mérsékelhetik, 20-50% közé eső megtérülési ráta mellett.

A megtérülés a Gazdasági és környezeti elemek közti kölcsönhatások BREF dokumentumban megadott technikákkal számítható ki.

3.3.10 Szárítási, szeparációs és koncentrációs folyamatok

A szeparáció, melynek során (általában) valamilyen szilárd anyagot választanak le adott folyadékból, egy vagy több lépésben végezhető el. Az igényelt termék előállításához szükséges folyamatlépések optimalizációjával jelentős energia-megtakarítás érhető el. Az energiahatékonyság optimalizálásához két vagy több technika kombinálására lehet szükség.

29. BAT a szárítási, szeparációs és koncentrációs folyamatok optimalizálása a 3.36 táblázatban bemutatott technikák segítségével, az alkalmazhatóság figyelembevételével, illetve a termikus folyamatokkal kombinált mechanikai szeparáció lehetőségeinek felkutatása

Technika	Alkalmazhatóság	Egyéb információ
KIALAKÍTÁS		
Az optimális szeparációs technológia vagy technika-kombináció (ld. lejjebb) kiválasztása, a folyamat igényeinek megfelelően	Minden esetben	

ÜZEMELTETÉS		
Más folyamatok felesleges hőjének hasznosítása	Attól függően, hogy a létesítményen belül rendelkezésre áll-e felesleges hő, illetve harmadik fél képes-e ezt biztosítani	A szárítás jól hasznosítja a felesleges hőt
Technikák kombinálása	Minden esetben figyelembe venni	Javíthatja a termelési mutatókat, pl. termékminőséget, átmenő kapacitást
Mechanikai folyamatok, pl. szűrés, membránszűrés	Folyamattól függően. Nagyfokú szárítási hatás eléréséhez a lehető legalacsonyabb energiafelhasználás mellett ezeket a technikákat érdemes lehet egyéb megoldásokkal kombinálni	Az energiafogyasztás nagyságrendekkel alacsonyabb lehet, de a nedvességtartalom nem csökken eléggé
Termikus folyamatok, pl. <ul style="list-style-type: none"> o direkt szárítók o indirekt szárítók o többszörös hatás 	Széles körben használatos technikák, de hatékonyságuk a jelen táblázatban szereplő egyéb technikákkal javítható	A konvekciós (direkt) szárítók használata lehet energiahatékonysági szempontból a legrosszabb megoldás
Direkt szárítás	Ld. a termikus és sugárzó hők, illetve a túlhevített gőz alkalmazásán alapuló technikákat	A konvekciós (direkt) szárítók használata lehet energiahatékonysági szempontból a legrosszabb megoldás
Túlhevített gőz	Bármelyik direkt szárító rendszer átalakítható túlhevített gőz alkalmazására. A magas költségek életciklusra szóló költség-haszon elemzést tesznek szükségessé. A magas hőmérséklet károsíthatja a terméket	Ebben a folyamatban lehetőség nyílik a hőhasznosításra
Hőhasznosítás (ideértve a mechanikus pára-kompressziót és a hőszivattyúkat)	Szinte minden folyamatos forrólevegős konvekciós szárítónál alkalmazható	
Szárító rendszer szigetelésének optimalizálása	Minden rendszerben alkalmazható. Átalakítás során is.	
Sugárzó hők alapuló folyamatok, pl. <ul style="list-style-type: none"> • infravörös • nagyfrekvenciás • mikrohullámú 	Átalakítással könnyen megoldható. Az energiát közvetlenül a szárítandó összetevőnél alkalmazza. A rendszer kompakt. Csökkenti a levegőelszívás igényét. Az infravörös technológia alkalmazását a szárítandó réteg dimenziói korlátozzák. A magas költségek életciklusra szóló költség-haszon elemzést tesznek szükségessé.	Hatékony fűtés. Konvekciós vagy kondukciós eljárásokkal kombinálva javíthatja a termelés átmenő kapacitását
VEZÉRLÉS		
A folyamat automatizálása termikus szárításnál	Minden esetben	A hagyományos, empirikus vezérléshez képest 5-10% közé eső megtakarítások érhetőek el

3.36 táblázat: Szárítási, szeparációs és koncentrációs rendszerekben alkalmazható technikák az energiahatékonyság javítására

Részletes leírás — Szárítási, szeparációs és koncentrációs folyamatok

A szárítás energiaigényes folyamat. Jelen dokumentum a szeparációs és koncentrációs folyamatokkal együtt kezeli, mivel a különböző technikák, illetve ezek kombinációinak alkalmazása energia-megtakarítási lehetőségeket kínál.

A hőátadás történhet konvekcióval (direkt szárítók), kondukcióval (kontakt vagy közvetett szárítók), hőszugárzással (pl. infravörös, mikrohullámú vagy nagyfrekvenciás elektromágneses szárítók), illetve ezek kombinációjával. A legtöbb ipari szárító konvekciós, ahol a szárító közeget forró levegő vagy közvetlenül a füstgázok képviselik.

A szeparáció során adott keveréket legalább két, eltérő összetételű áramra választanak szét (ezek lehetnek mindnyájan termék-áramok, de termék- és hulladékáramok is). A szeparációs technológia a kívánt terméket a keverékből, amely vagy különböző anyagokat, vagy ugyanazon anyag különböző fázisait tartalmazza, szétválasztás után leválasztja. A technológia ezen kívül hulladékáramok szétválasztására is használható, ld. az általános szennyvíz- és füstgáz kezelés BREF dokumentumot.

A szeparációt szeparációs eszköz végzi, szétválasztást biztosító segédanyag által létrehozott koncentráció grádiens alapján. Jelen alfejezetben a szeparáció módszereit a szétválasztás alapelvei és a segédanyagok alapján osztályoztuk.

Az alfejezet célja nem az, hogy minden egyes szeparációs technikát részletesen bemutasson, ehelyett azokra a területekre koncentrál, ahol a legjobb lehetőségek kínálkoznak az energia-megtakarításra.

A szeparációs módszerek osztályozása

- energiabevitel:

a technikák részletes osztályozása a rendszer számára biztosított különböző energia-típusok alapján végezhető el, ld. az alábbi listát:

- hő (párologtatás, szublimáció, szárítás)
- sugárzó hő
- nyomás (mechanikus pára-kompresszió)
- villamos energia (gázok elektrofiltrációja, elektro dialízis)
- mágneses energia (mágnesek használata) (ld. a vasfém- és színesfémeket, illetve az EFS-t nem fémes anyagokra)
- kinetikus energia (centrifugálás) vagy helyzeti energia (dekantálás).

- energia kivonása a rendszerből:

- hűtés vagy fagyasztás (kondenzáció, kicsapatás, kristályosítás stb.).

- mechanikai akadályok:

- szűrők vagy membránok (nano-, ultra- vagy mikroszűrés, gázpermeáció, szítálás).

- egyéb:

- fizikai-kémiai kölcsönhatások (oldás/kicsapatás, adszorpció, flotálás, kémiai reakciók)
- eltérések az anyagok egyéb fizikai vagy kémiai tulajdonságai közt, mint pl. sűrűség, polaritás stb.

A fent említett szeparációs, illetve segédanyagokra vonatkozó alapelvek kombinációja számos folyamatban hibrid szeparációs technikákat eredményezhet. Példák:

- desztilláció (párologtatás és kondenzáció)
- pervaporáció (párologtatás és membránszűrés)
- elektro dialízis (elektromos mező és ioncserélő membrán)

- ciklonos leválasztás (mozgási energia és helyzeti energia).

Részletes leírás — Az optimális technológia vagy technika-kombináció megválasztása

A szeparációs technológiák esetében gyakran egynél több megoldás is lehetséges. A választás a bemenő anyagáramtól és a kívánt termékektől függ, illetve az üzemhez és a szektorhoz kötődő egyéb tényezők határolhatják be. Magának a szeparációs folyamatnak is megvannak a saját korlátai. A technológiák lépésekben is alkalmazhatók, vagyis lehetséges ugyanazon technológia kettő vagy több lépésnek alkalmazása, de különböző technológiák egyes lépéseinek kombinációja is.

A helyes választás minimalizálja az energiafogyasztást. Jelentős mennyiségű energia takarítható meg, ahol kettő vagy több szeparációs lépés vagy előkezelések alkalmazhatók.

A szeparációs technika kiválasztása előtt bizonyos tényezőket, melyek a bemenő anyagárammal, a végtermékkel illetve a folyamattal kapcsolatosak, mindenképp figyelembe kell venni, ezek:

- bemenő anyagáram:
 - típus, alak:
 - folyadék
 - pasztás
 - szemcsés, porállagú
 - rostos
 - lap formátumú
 - szalag formátumú
 - formázott
 - mechanikai törékenység
 - hőérzékenység
 - nedvességtartalom
 - kezelendő tömegáram/mennyiség
 - ha értelmezhető:
 - alak és méret
 - cseppméret
 - viszkozitás.
- végtermékre vonatkozó követelmények:
 - nedvességtartalom
 - alak és méret
 - minőség
 - szín
 - oxidációs jellemzők
 - íz.

- folyamat:
 - fürdő/folyamatos
 - hőforrás
 - fosszilis tüzelőanyagok (földgáz, tüzelőanyag, szén stb.)
 - villamos energia
 - megújuló energiaforrás
 - hőátadás:
 - konvekcióval (forró levegő, túlhevített gőz)
 - kondukcióval
 - hőszugárzással (infravörös, mikrohullámú, nagyfrekvenciájú sugárzás)
 - legmagasabb hőmérséklet
 - kapacitás
 - tartózkodási idő
 - a terméken végzett mechanikus alakítás.

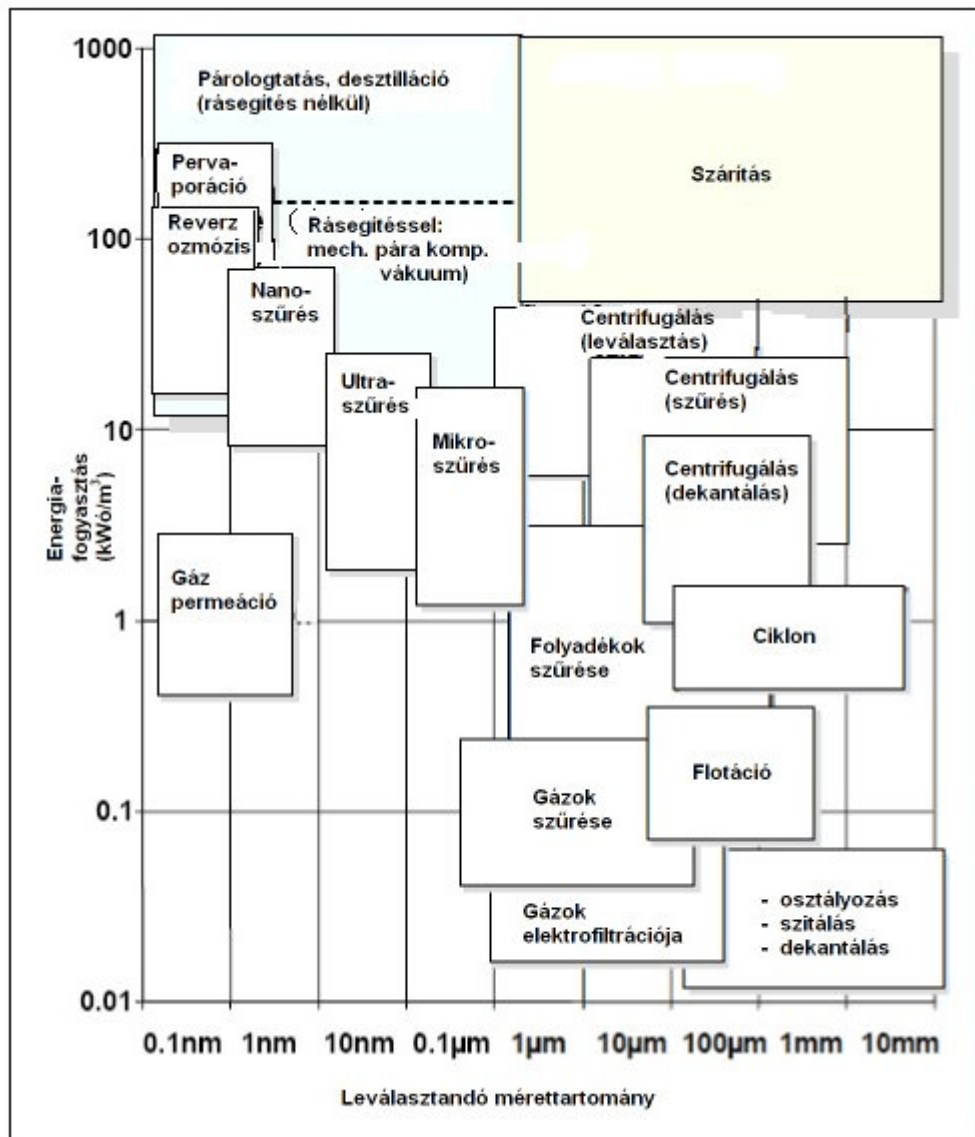
A műszaki, gazdasági, energetikai -és környezetvédelmi szempontból legmegfelelőbb megoldás(ok) kiválasztásához megvalósítási tanulmány szükséges. A követelményeket pontosan meg kell határozni:

- bemenő anyagáramra és termékre vonatkozó követelmények (tömeg- és áramlásjellemzők), különös tekintettel a termék nedvességtartalmára: a megszabott nedvességtartalom elérésének utolsó fázisa a legnehezebb, egyúttal ez igényli a legtöbb energiát is
- az összes rendelkezésre álló energiaközvetítő közeg/rendszer listája (elektromos áram, hűtés, sűrített levegő, gőz, egyéb forró vagy hideg források) és ezek jellemzői
- rendelkezésre álló hely
- lehetséges hőkezelés
- hulladékhő hasznosításának lehetőségei a folyamatban
- nagy energiahatékonyságú energiaközvetítő rendszerek és lehetőségek (nagy hatékonyságú motorok, hulladékhő-hasznosítás stb.).

A lehetőségek összehasonlító elemzését műszaki, gazdasági, energetikai -és környezetvédelmi alapokon kell elvégezni:

- ugyanazon kereteken belül, ideértve az energiaközvetítő rendszereket, szennyvízkezelést stb.
- minden egyes környezeti kihatást figyelembe véve (levegő, víz, hulladék stb.)
- a karbantartás és a biztonság figyelembevételével
- a kezelő személyzet betanításának idő- és költségigényének meghatározásával.

Néhány szeparációs eljárás energiafogyasztását, a rendszer méretének függvényében, a 3.50 ábra mutatja be.



3.50 ábra: Néhány szeparációs eljárás energiafogyasztása

A technika bevezetését a költségcsökkentés, és a termékminőség illetve a folyamat átmenő kapacitásának javítása indokolja.

Részletes leírás —Mechanikai eljárások

A mechanikai eljárások energiafogyasztása nagyságrendekkel kisebb lehet a termikus szárítási eljárásokénál (ld. 3.40 ábra).

Amíg a szárítandó anyag engedi, ajánlatos főleg mechanikai alapú elsődleges szeparációs eljárásokat alkalmazni a teljes folyamat energiafogyasztásának csökkentésére. Általánosságban a termékek többségénél lehetséges a mechanikai előkezelés, valamilyen (az eltávolítandó folyadék és a szárazanyag tömegeinek arányán alapuló) átlagosnak számító, 40-70%-os nedvességtartalom eléréshez. A gyakorlatban a mechanikai eljárások alkalmazhatóságát, a megengedhető terhelés (anyagmennyiség) és/vagy a gazdaságos időráfordítás korlátozzák.

Néha a mechanikus eljárásokat a hőkezelés előtt is ajánlatos lehet alkalmazni. Oldatok vagy szuszpenziók szárítása (pl. permetezve szárítás) esetén az előkezelés membránszűrés (reverz ozmózis, nanoszűrés, ultraszűrés vagy mikroszűrés) lehet. A tejiparban például a tej a permetezve szárítás előtt 76%-os nedvességtartalomra sűríthető.

Részletes leírás — Termikus szárítási technikák

Energiakövetelmények és energiahatékonyság kiszámítása

A szárítás számos iparágban rendszeresen alkalmazott eljárás. A szárítórendszerben először is az összes nedves anyagot a víz párolgási hőmérsékletére melegítik, majd a vizet állandó hőmérsékleten elpárologtatják.

$$Q_{th} = (c_G m_G + c_W m_W) \Delta T + m_D \Delta H_V$$

3.9 egyenlet

Ahol:

- Q_{th} = hasznos kimenő teljesítmény kWh/ó-ban
- m_G, m_W = a szárazanyag-tömegáram, illetve az anyag víztartalma, kg/s
- ΔT = a szárazanyag-tömegáram, illetve az anyag víztartalma, kg/s
- m_D = időegység alatt elpárologtatott víz mennyisége, kg/s
- c_G, c_W = a szárazanyag fajlagos hőkapacitása, víz aránya az anyagban, kJ/(kgK)
- ΔH_V = víz párolgáshője adott párologtatási hőmérsékleten (100 °C-on kb. 2 300 kJ/kg)

Az elpárolgott vizet rendszerint eltávolítják a szárítókamra levegőjéből. A bemenő levegő adott térfogatának felmelegítéséhez szükséges Q_{pd} energia (a hasznos kimenő hőt, Q_{th} -t kizárva) a 3.10 egyenlet szerint számítható ki.

$$Q_{pd} = V C_{pd} \Delta T_{pd}$$

3.10 egyenlet

Ahol:

- Q_{pd} = A bemenő levegő felmelegítéséhez szükséges energia, kWh/h (kipufogó levegővel távozó hőveszteség)
- V = bemenő levegő tömegárama, m³/ó
- C_{pd} = a levegő fajlagos hőkapacitása (kb. 1.2 kJ/m³K), 20 °C-on és 1013 mbar nyomáson
- ΔT_{pd} = a friss (bemenő) levegő és a kipufogó levegő hőmérséklete közti különbség, Kelvin fokban

Az üzem hőveszteségét (mint pl. a felületeken át távozó hő) szintén fedezni kell, a fentiekben kiszámított energiaigényen felül. Ezek a rendszerveszteségek megegyeznek a fenntartási energiával (Q_{hp}) (a terheletlen rendszer energiaigénye üzemi hőmérsékleten, csak levegőkeringtetést biztosító üzemmódban). A teljes hőigényt a 3.11 egyenlet adja meg.

$$Q_I = Q_{th} + Q_{pd} + Q_{hp}$$

3.11 egyenlet

Ahol:

- Q_I = kimenő energia igény
- Q_{hp} = terheletlen rendszer energiaigénye

A tüzelés termikus hatékonyságát a tüzelő berendezéstől függően figyelembe kell venni. Mindezek eredményeként egy kimenő Q_{total} mennyiség számítható ki, ld. a 3.12 egyenletet.

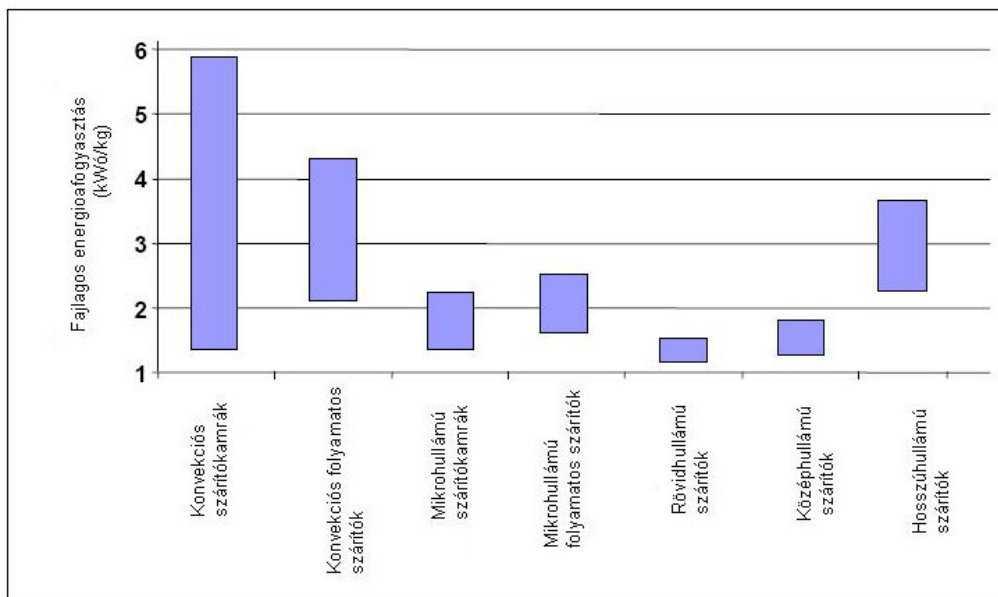
$$Q_{össz} = Q_I / \eta_{tüz.any.}$$

3.12 egyenlet

Ahol:

- $Q_{össz}$ = teljes kimenő energia
- $\eta_{tüz.any.}$ = termikus hatékonyság

A 3.51 ábra az egy kg elpárologtatott vízre jutó fajlagos másodlagos energiafogyasztás sávszélességeit mutatja, maximális terhelés és a lehetséges legnagyobb párologtatási teljesítmény mellett, különböző párologtató típusokra. Az összehasonlítás kedvéért azt feltételezzük, hogy konvekciós szárítók villanyfűtést alkalmaznak.



3.51 ábra: Fajlagos másodlagos energiafogyasztás sávszélességei különböző szárítóknál, víz párologtatása esetében

Mint azt az előzőekben említettük, a mechanikai szeparációs eljárásoknak, mint lehetséges, szárítást megelőző előkezelési módszereknek a figyelembevétele, számos esetben jelentősen csökkentheti az energiafogyasztást.

A levegő nedvességtartalmának optimalizálása a szárítóknál alapvető fontosságú a szárítási eljárások energiafogyasztásának minimalizálásához.

Részletes leírás — Direkt szárítás

A direkt szárítás elsősorban konvekcióval érhető el. A meleg vagy forró gázt, általában levegőt (amely a tüzelőanyag kipufogó gázaival keverhető) vagy gőzt a szárítandó anyagon keresztül, illetve afölött átvezetik, pl. forgó dobban, rostélyon vagy rázószítán).

Tipikus direkt szárítórendszerek:

- áramló gázzal:
 - forgódob, különböző típusú szárító kemencék, szárító alagutak, spirális szalagprésses szárítók, tálcás szárítók
- lebegtetve szárítás
 - pl. cirkulátor, szakaszos szárító, állványos szárítók
- szilárd részecskék erőteljes átkeverése
 - pl. fluidágyas szárítás, porlasztva szárítás.

A direkt szárítás alkalmazásával, különösen a közvetlen égetéssel előállított forró levegővel végezve, elkerülhető az indirekt rendszerekre (kazán, gőzvezeték stb.) jellemző hőveszteségek nagy része.

A szárított anyagoknak és az eltávolított folyadékoknak a rendszerrel kompatibilisnek, biztonságosan használhatóknak kell lenniük, pl. ezek az anyagok nem lehetnek gyúlékonyak, ha a direkt szárítást földgáz égetésével végzik.

A technika bevezetését a költségek csökkentése, a helykihasználás és az egyszerűség (pl. a levegővel végzett szárítás csökkenti a gőzigényt) indokolja.

Részletes leírás — Indirekt szárítás

Az indirekt szárítás kondukción keresztül jön létre. A hő a szárítandó anyagba felmelegített felületen keresztül adódik át. Az anyag lehet nyugalmi állapotban, illetve folyamatosan továbbítható egyik forró felülettől a másikig.

Tipikus indirekt szárítórendszerek:

- lap vagy szalag formátumú anyagokhoz (pl. textil, papír, karton) szárító dobozat használják. A nedves anyagot vízszintes, belülről (rendszerint gőzzel) fűtött hengerekre tekerik
- az alacsony viszkozitású anyagok (pl. szerves vagy szervetlen anyagok oldatait) szárításához rendszerint hengeres szárítókat használják. Az anyag vékony rétegben fűtött hengerekre folyik, a megszáradt részecskéket kaparó eszközzel, film, pelyhek vagy por formájában távolítják el
- a pasztás anyagok szárítására az alábbi megoldásokat használják:
 - barázdált hengeres szárító (ami a további szárításhoz kisebb adagokat állít elő)
 - üreges csigás szárító, melyben egy vagy két üreges végtelen csiga forog egy vályúban. A csigákat forró vízzel, telített gőzzel, forró olajjal stb. melegítik
 - minden fázis szárítására alkalmas berendezés, ami voltaképp egy keverővel és gyúrógéppel ellátott kontakt szárító. A burkolatot, a fedelet az üreges központi hengert és annak körtárcsáit gőzzel, forró vízzel vagy forró olajjal melegítik.
- a szemcsés anyagok szárítására az alábbi berendezéseket használják:
 - forgódobos szárítók, a dobon belül fűtött csövekkel vagy az anyagnak a dobon belül lévő csövekben zajló szárításával. A berendezésben a levegő alacsony sebességgel áramlik, ami a porállagú anyagoknál előnyt jelent

- szállítócsigás szárítók a melegített tartályban forgó lapátkerekkel
- kúp alakú csigás szárítók, kúp alakú keverőcsigával, amely a melegített, tölcsér alakú palástban forog
- tálcás szárítók, fűtött tárcsákkal
- spirálcsőves szárítók, ahol a szárítandó, pneumatikus úton szállított anyag csak rövid ideig kerül kapcsolatba a cső melegített felszínével. A rendszer megfelelő szigetelés mellett szerves oldószerek eltávolítására is használható, az oldószer visszanyerése mellett.

Az ilyen rendszerek a hő vezetése miatt valószínűsíthetően több energiát használnak fel, mint a direkt szárítás, mivel itt a szárítási folyamat két lépésből áll: először a felületet melegítik fel, majd a felület melegíti a szárítandó anyagot.

Az ilyen szárítókat specifikus alkalmazásokban használják, pl. szerves oldószerek eltávolítása során. Akkor alkalmazzák őket, ha más megoldások, pl. a direkt szárítás, nem használhatóak, vagy más akadályozó tényezők merülnek fel.

Részletes leírás — Túlhevített gőz

A túlhevített gőzt a víz adott nyomásra megállapított forráspontjánál magasabb hőmérsékletre hevítik. Vízzel nem léphet kapcsolatba, illetve nem tartalmazhat vizet, tulajdonságait tekintve a valódi gázokra emlékeztet. Szárazgőznek is nevezik. A túlhevített gőz bármilyen direkt szárítóban (ahol a fűtőközeg közvetlenül érintkezik a termékkel) kiválthatja a forró levegőt, pl. porlasztva szárítóokban, fluidágyas szárítóokban, gejzírszáritókban, dobszáritókban stb.

A szárazgőz előnye, hogy alkalmazását csak a hőátadás korlátozza, a tömegmozgatás (mint pl. a forró víz esetében) nem, emiatt a szárítás kinetikája jobb. A szárítók kisebbek, ezért csökken a hővesztés, ezenkívül a termékből távozó víz energiája (a látens hője) a szárítón belül mechanikus pára-kompresszióval könnyen visszanyerhető, vagy más folyamatban felhasználható, ezáltal növelve az energia-megtakarítást.

A VOC-ok kezelése a kipufogó gázok korlátozott mennyisége miatt egyszerűbb, ezeket a vegyületeket könnyen vissza lehet nyerni.

A magas hőmérséklet károsíthatja a hőérzékeny termékeket.

Egy tonna víz elpárologtatása hőhasznosítás nélkül 670 kWh energiát igényel, hőhasznosítással (pl. mechanikus pára-kompresszió) ugyanez az igény 170-340 kWh.

A folyamatvezérlés egyszerűbb mert a termék végső nedvességtartalmát és a szárítási kinetikát a gőz hőmérséklete szabályozza. A levegő mellőzése csökkenti a tűz- és robbanásveszélyt.

Bármilyen direkt szárítórendszer átalakítható szárazgőz használatához. A termékminőség fenntartásának érdekében vizsgálatokat kell végezni. A gazdaságosságot számításokkal kell igazolni.

A beruházási költségek rendszerint magasabbak, különösen mechanikus pára-kompresszió használata esetén.

A bevezetést elsősorban az energiatakarékossági megfontolásoknak kell indokolniuk. Gyakran említik ezenkívül a javuló termékminőséget, különösen a mezőgazdasági termékek feldolgozásánál és az élelmiszeriparban (jobb szín, oxidáció megszűnése stb.).

Részletes leírás — Hőhasznosítás a szárítási folyamatokban

A szárítási folyamat gyakran magas hőmérsékletet igényel, és hulladékhője hasznosítható:

- közvetlenül, ahol a szárítási eljárás direkt szárításon alapszik, és fűtőközegként forró levegőt használ:
 - a kipufogó levegő keverése a friss levegővel, közvetlenül az égő előtt
 - ha a kipufogó levegő túlságosan szennyezett (por, nedvesség stb.), hője hőcserélő segítségével hasznosítható, a szárítandó termék vagy a szárítólevegő előmelegítésére
- közvetve (főleg ott, ahol a fűtőközeg túlhevített gőz), a szárítóból kilépő pára mechanikai kompressziójával.

Jelen alfejezet csak a közvetlen hasznosítást tárgyalja.

A levegő előmelegítése az égő előtt a szárítási folyamatot a hőmérséklet-nedvességarány befolyásolásával megzavarhatja. Ha nem alkalmaznak hőcserélőt, különböző szennyezések léphetnek fel. A szárítási hőmérséklet megfelelő vezérléséhez szabályozó eszközökre lehet szükség.

Ha a környező levegő hideg (pl. télen), az energia-megtakarítások mindig jelentősebbek. A technika bevezetése után legalább 5%-os energia-megtakarítás várható.

A technika szinte az összes folyamatos működésű forró levegős konvektív szárítónál (szárítócsatorna, szárítókemence, dobszárítás stb.) alkalmazható. Figyelmet kell fordítani az égő beállítására és a különböző eszközök méretezésére (ventilátorok, csőátmérő, szabályozó szelep, hőcserélő, az alkalmazásban megfelelően). A hőcserélőnek rozsdamentes acélból kell készülnie. Ha a szárító égője tüzelőanyaggal működik, a távozó levegő ként és SO₂-t tartalmazhat, ami kondenzáció esetén károsíthatja a hőcserélőt.

A megtérülési idő az energiaköltségektől, a szárító párologtatási kapacitásától és az üzemórák számától függően nagyon változó lehet. Ne felejtünk el olyan szimulációt készíteni, amely figyelembe veszi az energiaárak emelkedését is.

Részletes leírás — Mechanikai pára-kompresszió vagy párologtató hőszivattyúk

A párologtatással végzett koncentráció mechanikus pára-kompresszióval vagy hőszivattyúval kombinálva igen hatékony szennyvízkezelési technika. A technika különösen azért hasznos, mert olcsó megoldást kínál a kezelendő szennyvíz mennyiségének jelentős csökkentésére, illetve a víz újrahasznosítására.

Egy tonna víz elpárologtatásához 700-800 kWh energiára van szükség. Hővisszanyeréssel (pl. hőszivattyúval, ideértve a mechanikus pára-kompressziót is, vagy többszörös hatású párologtatók termo-kompresszióval vagy többfokozatú bepárló termo-kompresszióval) ez az energiaszükséglet csökkenthető.

A szennyvízáramok koncentrációja különböző kezelési és menedzselési technikákat kívánhat meg (azaz elképzelhető, hogy a szennyvíz nem lesz alkalmas a kibocsátásra).

A különböző párologtatókat és ezek fajlagos fogyasztását a 3.37 táblázat foglalja össze:

Párologtató típus	Fajlagos fogyasztás ^{1,2,3}	
	kg gőz/tpv ¹ (KWh)	khó elektromosság/tpv ¹
1 lépcsős	1 200(960)	10
2 lépcsős	650(520)	5
1 lépcsős, termo- kompresszióval	450-550(400)	5
3 lépcsős	350-450(320)	5
6 lépcsős, termo- kompresszióval	115-140(100)	5
1 lépcsős, mech. pára- kompresszióval	0-20(8)	15-30
2 lépcsős, mech. pára- kompresszióval	0-20(8)	10-20
Hőszivattyú		
Megjegyzések: ¹ : tpv: tonna elpárologtatott víz ² : Különböző koncentrációjú termékekhez tartozó átlagos értékek ³ : Az utolsó oszlop a kiegészítő berendezések fogyasztása (szivattyú, hűtőtorony stb.)		

3.37 táblázat: Párologtató típusok és fajlagos fogyasztások

A technológia megválasztása a termék és a koncentrátum jellemzőitől függ. Megvalósíthatósági tanulmányok elkészítése is szükségessé válhat.

A gazdaságosság megítélése esettől függő.

A technika bevezetését a költségmegtakarítások, illetve a termelési átmenő kapacitás és/vagy a termékminőség javulása indokolja.

Részletes leírás — A szárítórendszer szigetelésének optimalizálása

Mint minden fűtött berendezésnél, a szárítórendszerben, pl. a kemencékben, gőzcsovekben, kondenzvezetékben jelentkező hőveszteségek is mérsékelhetők szigeteléssel (ld. a 18. BAT pontot). Az alkalmazott szigetelés típusa és szükséges vastagsága a rendszer üzemhőmérsékletétől, a szárítandó anyagoktól, és a vízgőz esetleges szennyezettségétől, illetve, víztől különböző elpárologtatott anyagok esetén ezek jellegétől (pl. savas pára) függ.

A szigetelés karbantartást igényel, mivel az idő előrehaladtával állapota a töredezés, a mechanikai károsodások valamint a pára (pl. kondenzálódó vízpára, gőzszivárgás), és a vegyi anyagok negatív hatásai miatt leromolhat. A szigetelés károsodása vizuális ellenőrzéssel vagy infravörös vizsgálattal állapítható meg (ld. 16. BAT pont).

Ahol az alkalmazottak érintkezésbe kerülhetnek a forró felületekkel, a legmagasabb megengedhető felszíni hőmérséklet értékét ajánlatos 50 °C-ban meghatározni.

A szigetelés elrejtheti a szivárgásokat és/vagy a korróziót, ezért ezek kimutatásához rendszeres ellenőrzésre van szükség.

A technika nagyméretű szárítórendszerek szigetelésekor vagy üzemek felújítása során alkalmazható.

A technika gazdaságossága projekt-alapon értékelhető, bevezetését pedig költségtakarékossági és munkaegészségügyi illetve biztonsági megfontolások igazolhatják.

Részletes leírás — Sugárzó energia

A sugárzó energiafeleségeknél, mint amilyen pl. az infravörös, a nagyfrekvenciájú vagy a mikrohullámú energia, az energiaátadás sugárzással történik. Vegyük figyelembe, hogy a szárítás és az érlelés (önszilárdulás) nem ugyanaz: a szárításhoz az oldószer molekulákat a párolgás látens hője fölé kell vinni, míg az érlelő (önszilárdulás) technikáknál az energia a molekulák összekapcsolásához (pl. polimerizáció) vagy egyéb reakciókhoz szükséges. A kezelt felületek szárítását és érlelés (önszilárdulás) az Oldószeres felületkezelés BREF dokumentum tárgyalja.

Ezeket a technológiákat az ipari termelési folyamatokban a termékek melegítésére használják, ezért a szárításban is alkalmazhatók. A sugárzó energia önmagában vagy kondukciónal/konvekcionál kombinálva alkalmazható.

A sugárzó energia speciális tulajdonságai energia-megtakarításokat tesznek lehetővé az alábbi folyamatokban:

- közvetlen energiaátadás: a sugárzó energia lehetővé teszi az energia közvetlen átadását az energiaforrás és a termék közt, a közvetítő közegben fellépő veszteségek kiküszöbölésével. A hőátadás így optimális, főleg a szellőző rendszerekben egyébként fellépő energiaveszteségek elkerülése miatt. A technika jelentős energia-megtakarítást tesz lehetővé. A festékszárítás során például az energiának kb. 80%-a a füstgázokkal távozik a rendszerből
- nagy energiasűrűség: a felületi (infravörös sugárzás) vagy a térfogatra számított (nagyfrekvenciájú vagy mikrohullámú sugárzás) energiasűrűség, a hagyományos technikákhoz, pl. forró levegős konvekciós megoldásokhoz képest nagyobb. Ez felgyorsítja a termelést és lehetővé teszi a magasabb fajlagos energiájú termékek (pl. bizonyos festékek) kezelését
- energia fókuszálása: az energia könnyen a termék megfelelő pontjára fókuszálható
- rugalmas vezérlés: a sugárzó energia esetében alacsony a termikus inercia, és a teljesítmény tág határok közt változhat. Lehetőség van a rugalmas vezérlés alkalmazására, amely energia-megtakarításokhoz, és a gyártott termékek javuló minőségéhez vezet.

A kipufogó-levegőáram rendszerint sokkal kisebb, mert a levegő nem szolgál hőközvetítő közegként, csupán a kivont párát vagy egyéb oldószereket fogadja be. Éppen ezért a kipufogógázok kezelése, ahol erre egyáltalán szükség van, egyszerűbb és olcsóbb.

Az infravörös technika alkalmazásának jellemző előnyei az előzőek mellett:

- direkt szárítás: forró távozó levegő mennyiségének csökkenése, ezáltal energia-megtakarítás, forró közvetítő közeg-szállítási igény csökkenése vagy megszűnése
- berendezés méretének csökkenése
- egyszerűbb szabályozás
- üzemek átalakítása.

A nagyfrekvenciájú és mikrohullámú technikák alkalmazásának jellemző előnyei az általános előnyök mellett:

- direkt szárítás: forró távozó levegő mennyiségének csökkenése, ezáltal energia-megtakarítás, forró közvetítő közeg - szállítási igény csökkenése vagy megszűnése
- a nem csak a felszínen érvényesülő melegítési hatás miatt gyorsul a száradás, kevesebb a veszteség
- szelektív melegítés, elsősorban a víz melegítése
- homogén melegítés (amennyiben a termék mérete kompatibilis a hullámhosszal)
- hatékony hőátadás.

A különböző termékek felmelegedése eltérő lehet, ami a termékminőség romlását okozhatja.

Az infravörös technika néhány hátránya:

- nagy befektetés (20-30%)
- elsősorban lapos vagy egyszerű alakú termékek melegítésére
- gyakran nem a kivitelezők legkedveltebb megoldása.

A nagyfrekvenciájú és mikrohullámú technikák néhány hátránya:

- nagy befektetés (20-30%)
- gyakran nem a kivitelezők legkedveltebb megoldása.

A sugárzó energián alapuló technikák, különösen az infravörös technika, a létesítmények átalakítása során, illetve a termelés növelése esetén, konvekciós vagy kondukciós technikákkal kombinálva alkalmazhatók.

Előnyeik ellenére (gyorsaság, jó végtermék-minőség, energia-megtakarítás), az infravörös technikák használata nem terjedt el azoknál az ipari alkalmazásoknál, ahol mai tudásunk szerint jelentős energia-megtakarításra lenne lehetőség.

Az infravörös technika az alábbi területeken használható:

- festékekkel, tintával, lakkal kezelt felületek érlelése (önszilárdulás)
- papír, karton szárítása, textil előszárítása
- porszárítás a műanyag- és vegyiparban.

A nagyfrekvenciás technika az alábbi területeken használható szárításra:

- nagyméretű termékek (fa-, agráripár), lapos termékek
- porok a vegyipar számára.

A mikrohullámú technika az alábbi területeken használható szárításra:

- nagyméretű termékek (fa-, agráripár), lapos termékek
- vegyipari és gyógyszeripari termékek (vákuumban).

Általában nagyobb befektetéseket (20-30%) igényel, mint a hagyományos technikák.

A sugárzó energia alkalmazása kisebb rendszereket eredményez. A technikák bevezetését a helyhiány indokolhatja. A meglévő termelési sorok kapacitásának növelésére is használhatók, különösen az infravörös technika.

Részletes leírás — Számítógéppel támogatott folyamatvezérlés/automatizálás a termikus szárítási folyamatokban

A termikus szárítást használó alkalmazások túlnyomó többségében a szárítók vezérlése, rendszerint a megkívánt termékjellemzőkön és/vagy elsősorban empirikus értékeken (az üzemeltető tapasztalatain) alapszik. A szárítóban töltött idő, az átmenő sebesség, a kezdeti nedvességtartalom, hőmérséklet és termékminőség mind felhasználhatók, mint szabályozási paraméterek. A nedvességtartalom meghatározásához lineáris tulajdonságokkal rendelkező, alacsony interferenciájú, ugyanakkor hosszú élettartamú nedvességérzékelők szükségesek. Ezek a mérések számítógéppel valós időben értékelhetők és az adatok összehasonlíthatóak a szárítási folyamat matematikai modelljéből származtatott célértékekkel. Ez a szárítási folyamat beható ismeretét és a megfelelő szoftverek használatát feltételezi. A vezérlőberendezés a célértékek és a valós értékek összevetése után a megfelelő vezérlési változót módosítja.

Különböző üzemekből származó tapasztalatok alapján a hagyományos, empirikus alapokon zajló vezérléshez képest a megtakarítások 5-10% közé tehetők.

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control – integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés
EPER	European Pollutant Emission Register –Európai Szennyezőanyag-kibocsátási és -Szállítási Nyilvántartás
BAT	Best Available Technique – elérhető legjobb technika
BREF	BAT Reference Document – BAT Referenciadokumentum
Mtoe	millió tonna olajegyenérték
ÜHG	üvegházhatású gáz
CHP	combined heat and power –hő és villamos energia együttes előállítása, kapcsolt termelés
LMTD	log mean temperature difference – átlagos hőmérséklet-különbség logaritmus
SEC	specific energy consumption – fajlagos energiafogyasztás
EIF	energy intensity factor – energia intenzitási faktor
EEl	energy efficiency indicator – energiahatékonysági index
SEI	specific energy index – fajlagos energia index
LHV	lower heating value –alsó fűtőérték
NHV	net calorific value – nettó fűtőérték
HHV, HCV	higher heating value, higher calorific value – felső fűtőérték
GCV	gross calorific value – égéshő
ENEMS	Energy Management System – Energiahatékonyság Menedzsment Rendszer
EMS	Environmental Management System – környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR)
PDCA	plan-do-check-act – tervezés-megvalósítás-ellenőrzés-intézkedés
KKV	kis és közepes vállalkozás
HVAC	heating, ventilation, air condition – fűtés-szellőztetés-légkondicionálás
PLC	programozható logikai vezérlő
CIP	cleaning in place – automatikus beépített tisztítórendszerekkel
LDAR	Leak Detection and Repair – szivárgás észlelés és javítás
COP	teljesítmény együttható
LPG	folyékony gáz
CCHP	összetett energiatermelő, fűtő és hűtőrendszerek
DC	egyenáram
AC	váltakozó áram
VSD	variable speed drive – változó fordulatszámú hajtás
CAS	compressed air system – sűrített levegő rendszer
LED	világító dióda
OLED	szerves világító dióda
VOC	illékony szerves vegyület