Integrált Szennyezés-megelőzés és Csökkentés (IPPC)

Referencia dokumentum az elérhető legjobb technikákról – tömörítvény a hazai sajátosságok figyelembe vételével

Papírgyártás

TARTALOMJEGYZÉK

1 Általános információk 7
1.1 Papírfogyasztás Európában 7
1.2 Az európai cellulózipar 8
1.3 Az európai papíripar földrajzi elhelyezkedése 10
1.4 Gazdasági helyzet 11
1.5 A cellulóz- és papíripar környezeti kibocsájtásai 12
1.6 A cellulóz- és papírgyártás áttekintése 13
1.7 A cellulóz és papírgyárak felosztása. 14
1.8 A BAT ismertetése. 16
2 A kraft (szulfátos) feltárási eljárás. 18
2.1 Alkalmazott folyamatok és technikák. 18
2.1.1 Feltárás és ligninmentesítés. 19
2.1.2 Mosás és osztályozás 19
2.1.3 Oxigénes ligninmentesítés. 20
2.1.4 Fehérítés 20
2.1.5 A fehérített rost osztályozása 22
2.1.6 Szárítás 22
2.1.7 Vegyszer és energia visszanyerő rendszer 22
2.1.8 A fehérítő vegyszerek helyszíni előállítása 24
2.1.8.1 Klór-dioxid 24
2.1.8.2 Ózon 24
2.1.8.3 Egyéb fehérítő vegyszerek 24
2.2 Az integrált és a nem integrált gyárak jelenlegi felhasználási és kibocsátási értékei 25
2.2.1 A bemenet/kimenet áttekintése 25
3 Szulfátcellulóz-gyár 26
3.1.1 A gyártási egységekből eredő fogyasztási és kibocsátási értékek. 27
3.1.1.1 Víz felhasználás és a keletkező hulladékok az egyes gyártástechnológiai lépcsőkben 27
3.1.1.2 Kibocsátások a levegőbe 31
3.1.1.3 A regeneráló kazánból származó levegő-szennyezés 32
3.1.1.3.1 Kellemetlen szagú gázok 33
3.1.1.4 Szilárd hulladék keletkezése. 34
3.1.1.5 Vegyszer felhasználás 35
3.1.1.6 Energia felhasználás 36
3.1.2 Cellulózgyár összesen 37
3.1.2.1 Zaj (helyi) 38
3.1.2.2 A talajba és a talajvízbe történő kibocsátások 38
3.2 A BAT meghatározása szempontjából figyelembe veendő technikák 39
3.2.1 Nyújtott módosított feltárás (szakaszos és folyamatos) alacsony Kappa-szám eléréséhez 41
3.2.2 Zárt osztályozó rendszer 43
3.2.3 ECF fehérítési technika 43
3.2.4 TCF fehérítési technika 45
3.2.5 A fehérítőüzem részleges zárása 46
3.2.6 Majdnem minden elfolyás összegyűjtése 47
3.2.7 Hatékony mosás és folyamatellenőrzés 48
3.2.8 A koncentrált szennyezett kondenzátumok kivonása, és a kondenzátumok nagy részének újbóli felhasználása a folyamatban 48

3.2.9 A folyamatokban keletkező koncentrált, vagy forró folyadékok tárolására szolgáló, elegendő nagyságú puffertartályok használata 49
3.2.10 Másodlagos, vagy biológiai szennyvíz-kezelés – aerób módszer 49
3.2.11 Levegőztető tavak 50
3.2.12 Eleveniszapos folyamat 50
3.2.13 Eleveniszapos folyamat 50
3.2.14 Levegőztető tavak 50
3.2.15 Eleven iszapos módszer 50
3.2.16 A szennyvíz tercier kezelése kémiai kicsapatással 51
3.2.17 A feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése 52
3.2.18 Gázmosók (scrubber) beállítása a regeneráló kazánhoz 52
3.2.19 A híg gázok összegyűjtése a regeneráló kazánban való elégetéséhez 53
3.2.20 Égéstér feletti levegő-bevezetési technika. (OFA) a regeneráló kazánnál 54
3.2.21 A kausztifikáláshoz használt mésztej jobb kimosásának megvalósítása 54
3.3 Elérhető legjobb technika 55
3.3.1 Bevezetés 55
3.3.2 BAT a kraft cellulóz– és papírgyárak részére 56
3.3.2.1.1 Külső biológiai szennyvíztisztítás 57
3.4 Újabban kifejlesztett technikák 62
3.4.1 A feketelúg elgázosítása 63
3.4.2 Az SNCR (szelektív nem-katalitikus redukció) technika alkalmazása a regeneráló kazánban 64
3.4.3 A kelátképző anyagok eltávolítása alkáli-szegény biológiai kezeléssel és vesetechnológia alkalmazásával 65
3.4.4 Fokozott rendszerzárás vesetechnológia alkalmazásával kombinálva 66
3.4.5 Organosolv feltárás 68
4 Visszagyűjtött papír feldolgozása 70
4.1 Alkalmazott eljárások és technikák 70
4.1.1.1 A papírhulladék tárolása 70
4.1.1.2 A száraz papírhulladék újrapépesítése 70
4.1.1.3 A szennyeződések mechanikai eltávolítása 71
4.1.1.4 Flotációs deinking (opcionális) 73
4.1.1.5 A gyártási víz tisztítása 73
4.1.1.6 Végső tisztítás és víztelenítés 74
4.1.1.7 Az osztályozási maradék (reject) és az iszap kezelése 74
4.1.2 Példák a visszagyűjtött papír feldolgozási rendszerekre 75
4.1.2.1 Csomagolópapírok és kartonok 75
4.1.2.2 Tissuepapír és kereskedelmi rostanyag 76
4.2 Az RCF (visszanyert rost) bázisú papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási szintjei 80
4.2.1 A bemenet / kimenet áttekintése 80
4.2.2 Az egyes részfolyamatokból adódó felhasználási és kibocsátási értékek 84
4.2.2.1 Visszagyűjtött papír felhasználás 84
4.2.2.2 Víz felhasználás 84
4.2.2.3 Adalékanyag felhasználás. 88
4.2.2.4 Energiaigény. 90
4.2.2.5 Szennyvíz kibocsátás 93
4.2.2.6 Szilárd hulladékok keletkezése 95
4.2.2.7 Reject 96
4.3 A gyártási víz derítése során keletkező iszap (papír maradék) 97
4.3.1 Festékmentesítési iszap 97
4.4 Szennyvíz-kezelési iszap 98

4.5 A BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikák 98
4.5.1.1.1 Hatás a felhasználási és kibocsájtási értékekre 100
4.5.2 A kevésbé szennyezett vizek elválasztása a szennyezettektől, és ezek visszavezetése a gyártási vizhez 100
4.5.3 Optimális vízgazdálkodás (vízkör-elrendezés) és a víz tisztítása 101
4.5.4 A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt (vízkörök zárása) 103
4.5.5 Zárt vízkörök in-line biológiai vízkezeléssel 104
4.5.6 Anaerób technika, mint a biológiai szennyvíz-kezelés első lépcsője 106
4.5.7 Aerób biológiai kezelés 109
4.5.8 Az anyagelőkészítő üzemek modernizálása az elektromos energiafelhasznás és a kibocsátások csökkentése érdekében 110
4.5.9 Derített víz előállítása festékmentesítést alkalmazó papírhulladék feldolgozó üzemben 121
4.5.10 Az osztályozási hulladék és az iszap helyszíni kezelése és feldolgozása (víztelenítése) 122
4.6 Elérhető legjobb technikák (BAT) 126
4.6.1 Bevezetés 126
4.6.2 BAT a papírhulladékot feldolgozó üzemek részére 126
5 Általános intézkedések 127
5.1 Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére 127
5.2 Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére 130
5.3 Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére 130
5.4 Energia-megtakarítási intézkedések 131
5.5 Zajcsillapítás 132
5.6 Vegyszerhasználat 132
5.7 Újabban kifejlesztett technikák 132
5.7.1 Progresszív szennyvíz-kezelés fixágyas biofilm reaktor és ózonos kezelés együttes alkalmazásával 132
5.7.2 Membrános bioreaktor végtisztításhoz vagy (részleges) in-line kezelésre 134
5.7.3 A regeneráló kazánból származó hamu és a szén-dioxid felhasználása visszanyert töltőanyag előállítására papíripari felhasználásra 134
5.7.4 „Vese” elvű kezelés – technika a körvíz további tisztításhoz 135
5.7.5 Folyamatosan működő szakaszos rostvisszanyerő rendszer a papírhulladék komplett rendszerben való feldolgozásához 135
6 Papírgyártás és a hozzá kapcsolódó folyamatok 136
6.1 Az alkalmazott folyamatok és technikák 137
6.1.1 Anyagelőkészítés 137
6.1.2 A papírgyártás 137
6.2 Hővisszanyerési helyek 140
6.2.1 Szükséges levegő 140
6.2.2 Vízkörök és rostvisszanyerés 141
6.2.3 . A gyártási selejt rendszer 143
6.2.4 Enyvezés (opcionális) 144
6.2.5 Vegyianyagok adagolása 144
6.2.6 Kalanderezés /símítás/ (opcionális) 144
6.2.7 Áttekercselés (tekercsvágás), kiszerelés 145
6.2.8 Példák nem-integrált papírgyárakra Európában 145
6.2.8.1 Mázolatlan famentes író-nyomópapírok 145
6.2.8.2 Tissuepapír 145
6.2.8.3 Különleges papírok 146
6.3 A papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási értékei 146

6.3.1 A bemenet / kimenet áttekintése 146
6.3.2 Felhasználási és kibocsátási értékek 148
6.3.2.1 A meghatározó nyersanyagok felhasználásai 148
6.3.2.2 Vízfelhasználás 149
6.3.2.3 Segédanyagok felhasználása 151
6.3.2.4 Energiaigény 153
6.3.2.5 Szennyvíz kibocsátás 156
6.3.2.6 Szilárd hulladékok keletkezése 157
6.3.2.7 Légkörbe történő kibocsátások 159
6.3.2.8 Papírgépi zajok (helyi jelleggel) 160
6.4 A BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikák 161
Hatás a felhasználási és kibocsájtási értékekre 162
6.4.1 Vízgazdálkodás és a vízfelhasználás minimalizálása különböző papírfajtáknál 164
6.4.2 A vízrendszer zárásából adódó potenciális hátrányok ellenőrzése 165
Lehetséges előnyök 165
6.4.3 A szitavíz gyártási folyamaton belüli kezelése membránszűrés segítségével, és a kezelt víz visszaforgatásával 166
6.4.4 A rost és töltőanyag veszteségek csökkentése 169
6.4.5 Intézkedések a véletlenszerű kibocsátások gyakoriságának és hatásainak csökkentésére 170
6.4.6 Mérés és automatizálás 170
6.4.7 Kiegyenlítő medencék kialakítása, és elsődleges szennyvízkezelés megvalósítása 171
6.4.8 Szekunder vagy biológiai kezelés – aerób módszerek 172
6.4.9 A papírgyári szennyvizek kémiai kicsapatása 174
6.4.10 A potenciálisan veszélyes anyagok helyettesítése alternatív, kevésbé veszélyes anyagokkal 175
6.4.11 Az iszap előkezelése (víztelenítése) a végleges lerakás vagy égetés előtt 175
6.4.12 Hulladék kezelési lehetőségek 176
6.4.12.1 Bevezetés 176
6.4.12.2 Anyagában való újrahasznosítás 178
6.4.12.3 Energia visszanyerés 179
6.4.13 A víztelenítés optimálsa a papírgépek présszakaszában (széles hengerközű prés) 181
6.4.14 Energia-megtakarítás energia-hatékony technológiák alkalmazásával 182
6.4.15 Intézkedések a zajcsökkentésre 183
6.5 lérhető legjobb technikák (BAT) 184
6.5.1 Bevezetés 184
6.5.2 BAT a papírgyárak részére 184
6.5.2.1 Általános intézkedések 184
6.5.2.2 Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére 185
6.5.2.3 Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére 188
6.5.2.4 Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére 189
6.5.2.5 Energia-megtakarítási intézkedések 189
6.5.2.6 Zaj csillapítás 190
6.5.2.7 Vegyszerhasználat 190
6.5.3 BAT a különleges papírgyárakra 190
6.6 Kialakulóban lévő technikák 191
6.6.1 Bevezetés 191
6.7 Újabban kifejlesztett technikák 192

6.7.1 Minimális szennyvíz-kibocsátású papírgyárak – a vízkörök optimális kialakítása és haladó szennyvíz-kezelési technikák 192
6.7.2 Impulzus technológia a papír víztelenítésére 193
6.7.3 A Condebelt eljárás 194
6.7.4 Belső hőszivattyúk 195
6.8 A hőforrás a papírgépi nedves levegő 195
7 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AJÁNLÁSOK 196
7.1 A munka időbeosztása 196
7.2 Az információk forrásai 197
7.3 Az elérhető legjobb technikák 197
7.4 A konszenzus mértéke 198
7.5 Javaslatok a további munkákra vonatkozóan 198
Meghatározások és rövidítések jegyzéke 200
Mértékegységek és átszámítási értékek 200
Rövidítések 200

1 Általános információk

1.1 *Papírfogyasztás Európában*

Fejlett társadalmakban a papír- és kartonalapú termékek használata a legtöbb ember számára napi realitás. A papír mai tudásunk szerint több, mint kétezer éve létezik, és sikeresen versenyez a modern elektronikus médiával, valamint a modern műanyagokkal és az összetett csomagolóanyagokkal. A papír és karton fő funkcinális felhasználását tekintve a termékek sokrétűségét mutatja:

Gyakorlati alkalmazás	**Tipikus fajták**	**Tipikus végtermékek**	**Főbb irányzatok**
Információk - választék - elosztás - raktározás	- újságnyomó - mázolt és mázolatlan magazin (SC és LWC) - mázolt és mázolatlan famentes író-nyomó	- újságok - folyóiratok - könyvek - számítógépes nyomtatványok fénymásolatok - mellékletek - illusztrációk	Színes nyomtatás és másolás terjedése Elektronikus média átveszi a banki és kereskedelmi dokumentálást Növekvő újbóli felhasználás Adalékanyagok növekvő használata
Csomagolás - szállítás - elosztás - védelem	- liner - zsák - hullám középréteg - hajtogatott dobozkarton - folyadékcsomagoló karton - burkoló csomagolás	- zsákok - dobozok - burkolt csomagok - konténerek	Növekvő használat az élelmek elosztásánál Általánosan növekszik a csomagolóanyagok újbóli feldolgozása Növekvő alkalmazás kompozit termékeknél
Egészségügy - személyi ápolás - tisztaság - fertőzés védelem	Tissue - száraz krepp - nedves krepp	- toalett tissue - konyhai törlő - arctörlő - zsebkendő - kéztörlő - kórházi öltözet - ablaktörlő	Az általános életszínvonal növekedésével bővülő alkalmazás A rost visszadolgozás utolsó állomása Új rostok alkalmazása a csúcstermékeknél
Speciális termékek - széles választék	- irodai papírok - szűrőpapírok - lángálló papírok	- jegyzettömbök - bélyegek - légszűrők - kávészűrők - sütőpapírok	Az új alkalmazási területek folyamatos bővülése

1.1. táblázat: A papír és karton funkcionális felhasználási területei

A papír- és kartonfogyasztás erősen kapcsolódik az életszínvonalhoz, és hosszú időtartamot vizsgálva igen erős korreláció van a papírfogyasztás és a GNP (össz nemzeti termék) között. Amint azt az 1.2. táblázat mutatja, az egy főre jutó papírfogyasztásban világviszonylatban

igen nagy különbségek tapasztalhatók. Még Európán belül is igen nagy különbségek mutatkoznak.

Régió	Ország	Egy főre jutó papírfelhasználás, kg/év (1995)	Papírfelhasználás, 1000 t (1995)
Nyugat-Európa		**171**	**65834**
	Ausztria	192	1550
	Belgium	237	2663*
	Dánia	214	1134
	Finnország	175	896
	Franciaország	164	9631
	Németország	194	15821
	Görögország	82	857
	Írország	102	361
	Olaszország	140	8076
	Luxemburg	168	* l. Belgium
	Hollandia	201	3120
	Norvégia	176	756
	Portugália	82	802
	Spanyolország	129	5147
	Svédország	210	1857
	Egyesült Kir.	194	11288
Kelet-Európa		**19**	
	USA	332	87409
	Kína	22	26499
	Indonézia	14	nincs adat
	Japán	239	30019
	Brazília	35	5433
	Egyiptom	9	nincs adat
Világ összesen		**49**	**276231**
Megjegyzés: * Belgium és Luxemburg esetében csak együttes adat állt rendelkezésre			

1.2. táblázat: Az egy főre jutó papírfogyasztás alakulása 1995-ben

1.2 *Az európai cellulózipar*

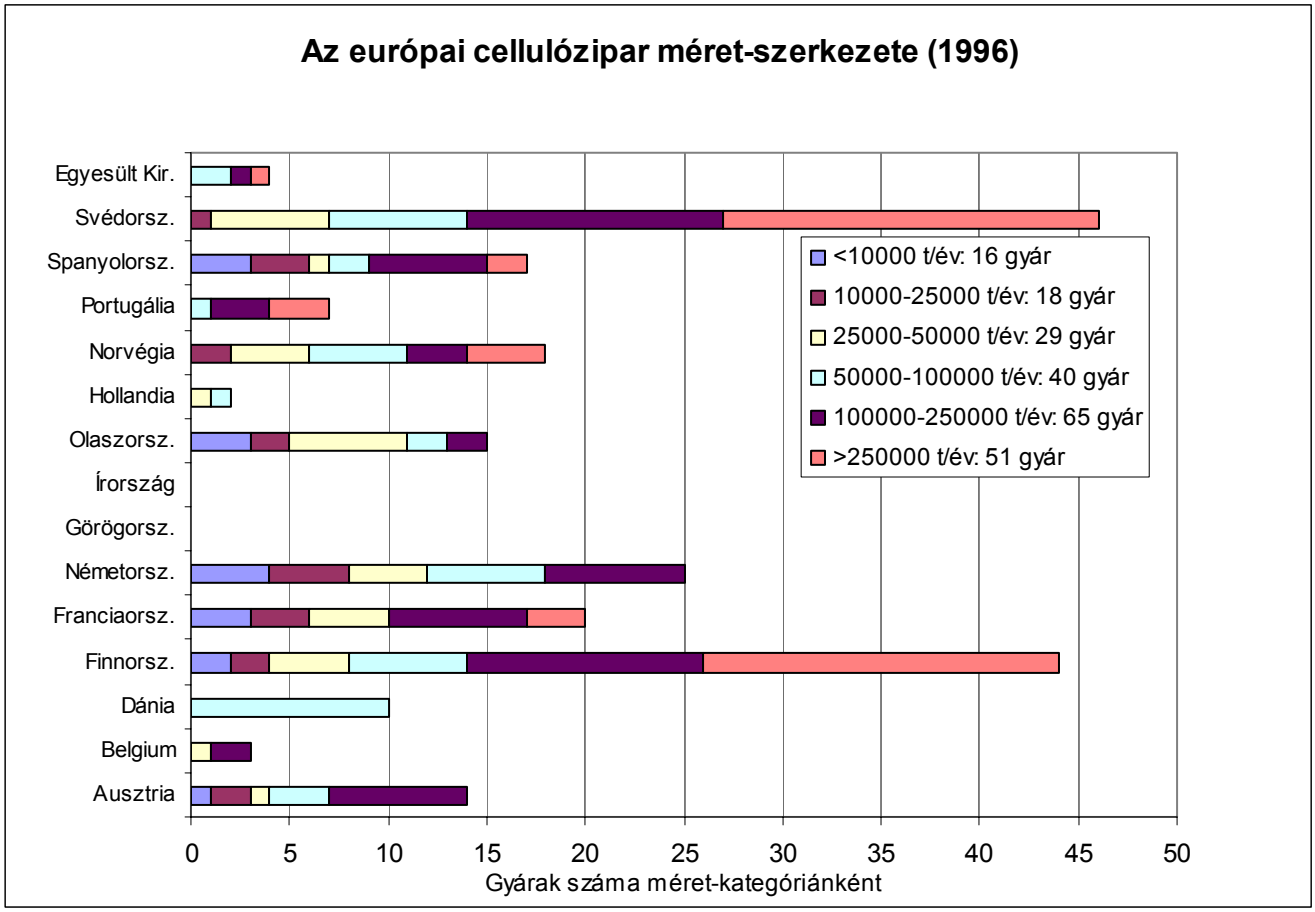
Európa fontos szerepet játszik a globális cellulóz- és papíriparban. Észak-Amerika után a második legnagyobb papír- és kartontermelő és fogyasztó. Európa szerepe a cellulózgyártásban jelentős – a facellulóz termelés évi 35 millió tonna, ami a világ cellulóztermelésének 1/5-ét reprezentálja.

A cellulózrost termelésbe beletartoznak a csupán árucellulózt előállítók, és azok a gyárak is amelyek a termelt cellulóz nagy részét az integrált papírgyárukban feldolgozzák, és csak a fennmaradó részt értékesítik a szabad piacon. Nyugat-Európában árucellulózt több nagyüzem gyárt Finnországban, Svédországban, Portugáliában, Spanyolországban, Ausztriában, Belgiumban és Franciaországban.

Finnország és Svédország a fenyő- és a lombosfa-cellulóz fő előállítói, míg Portugália és Spanyolország jelentős mennyiségű lombosfa-cellulóz fajtákat állít elő. Gyakorlatilag közép-

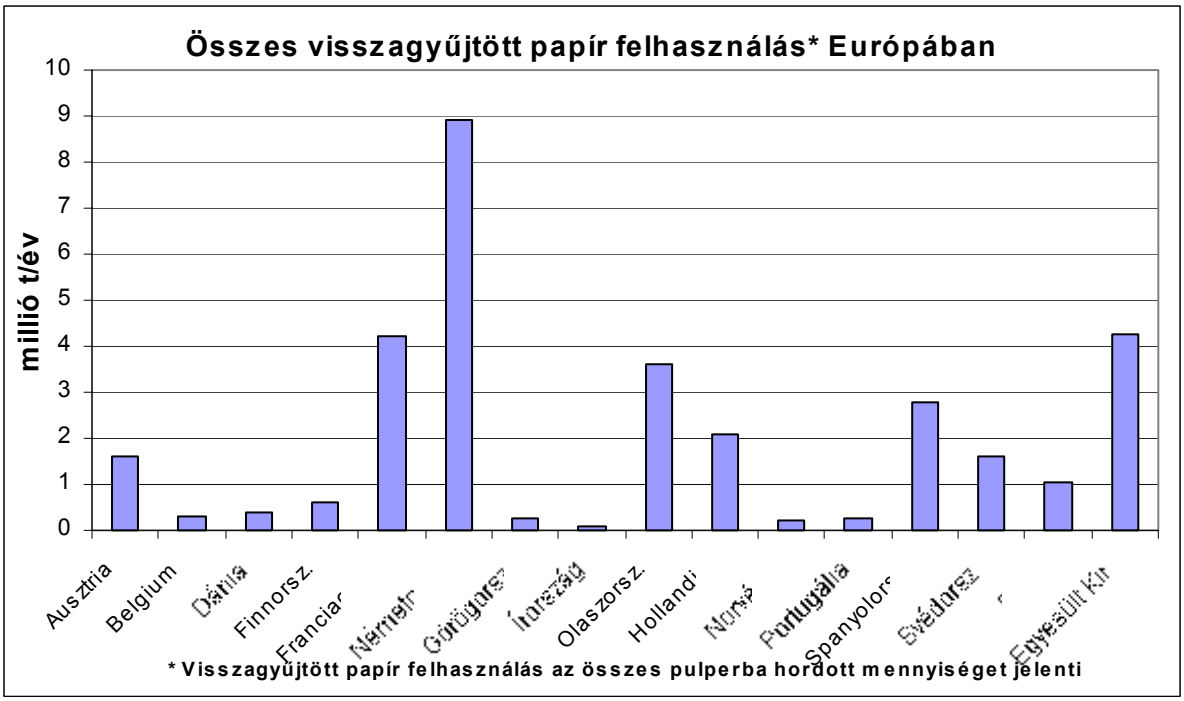
Európában felhasznált összes fehérített szulfitos fenyőcellulóz, valamint a fehérített lombosfa-cellulóz közel 90%-a árucellulóz. Mintegy 3,5 millió tonna cellulóz Finnországból és Svédországból származik, míg Portugália és Spanyolország kb 1,5 millió tonnát exportál évente az EC országaiba. Az árucellulóz négy legnagyobb vásárlója Németország, Franciaország, Olaszország és az Egyesült Királyság.

Európában a cellulózfajták gyártását helyileg tekintve a szulfátcellulóz-gyártás Finnországban és Svédországban történik (67 üzem), néhány további üzem van Spanyolországban, Portugáliában, Franciaországban és Ausztriában. A legtöbb szulfitcellulóz üzem (összesen 24) Svédországban, Németországban, Ausztriában, Franciaországban, és további néhány üzem még Olaszországban és Portugáliában van.
Nyugat-Európában 101 üzem van, ahol mechanikai rostosítást végeznek, ezek Finnországban, Németországban, Svédországban, Franciaországban, Olaszországban és Norvégiában helyezkednek el. A félcellulóz előállítók (összesen 23 üzem) Svédország, Finnország, Norvégia és Olaszország.



1.2. ábra: Rostanyag-gyártó üzemek üzemméret-eloszlása Európában

Svédország és Finnország rendelkezik a legtöbb 250.000 t/év feletti kapacitású üzemmel, és csak néhány 10.000 t/év alatti kapacitású üzem van a fenti országokban. Nyugat-Európában az átlagos cellulózgyár méret 180.000 t/év. A nyugat-Európában lévő 222 cellulózgyárból 74 gyár állít elő árucellulózt.

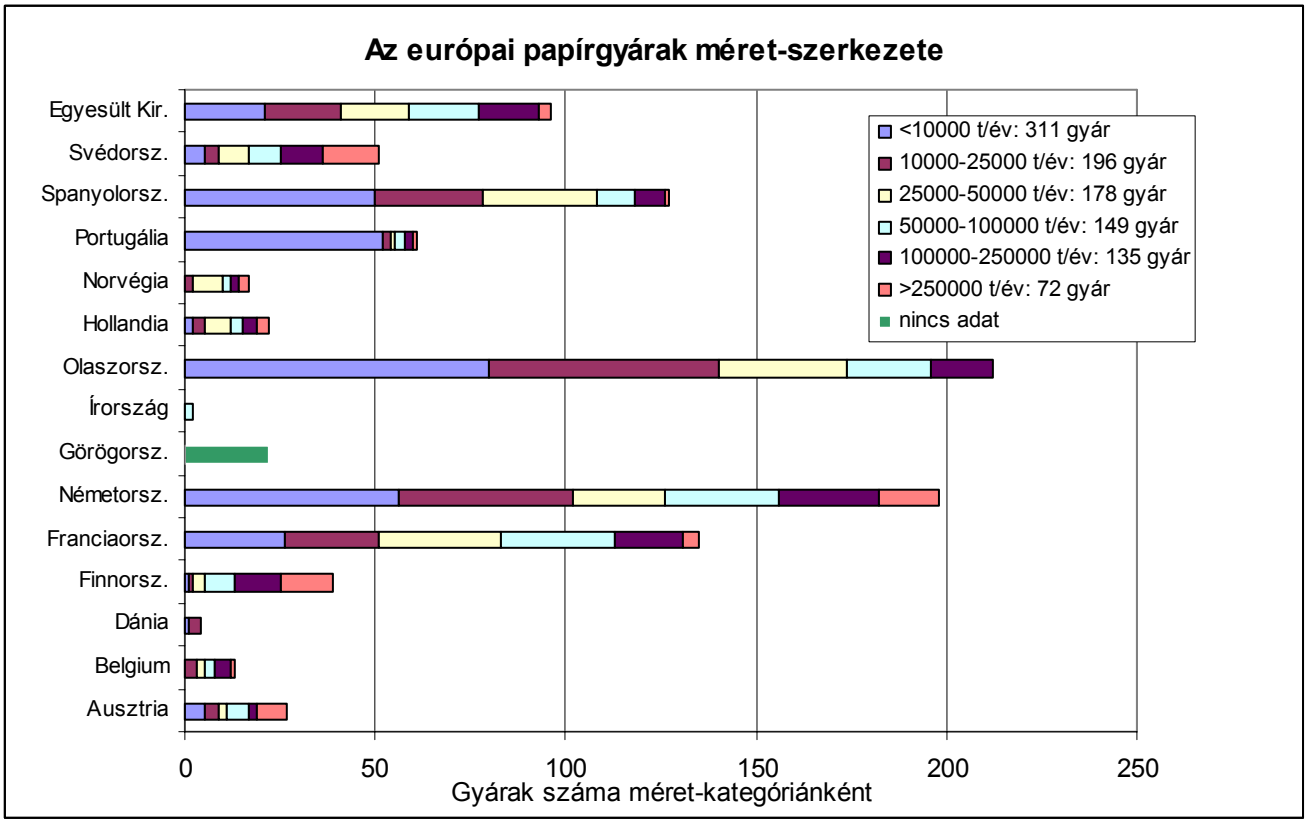


1.3. ábra: Összes visszanyert papír hasznosítása Európa-szerte

Nyugat-Európában a primer rostok mellett kb 30 millió t/év szekunderrostot – ez a felhasznált összes rost 45 %-a – is felhasználnak. A szekunderrost felhasználás aránya relatíve magas az újságpapír-gyártásban (49%), a tissue és egyéb egészségügyi papírok gyártásában (66,9%), a liner és a flutinggyártásban (85%), továbbá a kartongyártásban (52,2%).
A szekunderrostok felhasználásának aránya magas a nagy népsűrűségű és nagy fajlagos papírfogyasztású országokban, mint például Németország, Franciaország, Olaszország és Hollandia, mint ez az 1.3. táblázatból is látszik. A visszanyert papír kb kétharmadát nem festéktelenítik (22 M t) és kb egyharmadát (10 M t) festéktelenített rostanyagként az újságpapír, egyéb nyomópapírok és egészségügyi papírok előállításánál hasznosítják.

1.3 *Az európai papíripar földrajzi elhelyezkedése*

Az európai papírtermelés 1996-ban kb 75 millió t volt, ami a világ papír- és kartontermelésének durván a negyedét tette ki. A papír meghatározás valamennyi felület-tömegű papír és karton közös gyűjtőneve. A fő előállítók: Németország (20,2%), Finnország (14,2%), Svédország (12,4%), Franciaország (11,7%), Olaszország (9,6%), Egyesült Királyság (8,5%). 1996-ban az összes export 41 millió t, az összes import 34 millió t volt. Az összes papírtermelés 40%-a csomagolópapír, 13%-a újságpapír, 38%-a egyéb grafikai papír (író-nyomó) és 6%-a tissuepapír volt. Az író-nyomópapírok mintegy fele mázolt termékként került felhasználásra (12,8 M t/év).



1.5. ábra: Papírgyárak átlagos üzemnagysága Európában

Nyugat-Európában lévő papírgyárak száma 1064, amiből legtöbb, összesen 679 üzem Olaszországban, Németországban, Franciaországban és Spanyolországban van. Mindössze 66 üzem van, amelyiknek kapacitása 250.000 t/évnél nagyobb, és 342 üzem éves kapacitása kisebb 10.000 t-nál. A cellulózgyártással összehasonlítva, viszonylag nagy számban üzemelnek a kis és közepes méretű papírgyárak Európában.
A papírgyárak mintegy 30%-a a cellulózgyártással integráltan működik. A mechanikai rostot tartalmazó papírok, mint az újságpapír, az SC és az LWC papírok (erősen símított és a könnyű mázolt papírok) gyártása általában integrált a mechanikai rostosító üzemekkel, és általában csak kevés kémiai cellulózt vásárolnak a gyártáshoz. Különösen a visszaforgatott papírt feldolgozó üzemekben nagy az integráció, közel valamennyi visszagyűjtött papírt hasznosító papírgyár rendelkezik saját papírhulladék előkészítő üzemmel, néhány közülük vásárolt cellulózt is használ. Azonban közép-Európában azok a finompapír-gyárak, amelyek vásárolt cellulózzal dolgoznak, nagyrészt nem integráltak, míg az északi országokban a papírgyárak sok esetben cellulózgyárhoz kapcsoltan épültek.

1.4 *Gazdasági helyzet*

A cellulóz- és papíripar napjainkban koncentrálódási és globalizációs folyamaton megy keresztül, ami azonban még nem érte el a stabilizálódás állapotát. A koncentrációs folyamat a gyártó cégek számának csökkenését vonja maga után. Ezen mozgások miatt az ipar szerkezete jelentősen változik. Az utóbbi 25 évben a papírgépek száma Európában 60%-kal csökkent, ugyanakkor az összes gyártókapacitás megduplázódott. Számos társaság új berendezések révén növekedett, de sok esetben a nagyszámú kis üzemek koncentrációja , összevonása révén is sikerült növekedést elérni. Így az európai papíripar az egyik oldalról néhány multinacionális társaságból, míg a másik oldalról nagyszámú kis kapacitású, elavult üzemből

tevődik össze. Számos kisméretű üzem olyan piaci stratégiát dolgozott ki, hogy a piaci résekbe próbál betörni (például kisszériás gyártók kis mennyiségű papírt gyártanak egyedi rendelés alapján).

Az utolsó 10 évben a tulajdonosi szerkezetben jelentős változások történtek. Tipikus jelenség ebben a fejlődésben a gyártók nagyobb társaságokba való koncentrálódása, és a papírgyárak integrálódása a tengerentúli cellulózgyárakkal, vagy pénzügyi kooperációs kapcsolatok kiépítése az európai és tengerentúli gyárak között.

A cellulóz- és papíriparban tipikusnak mondható az extrém áringadozás, amely a kraft cellulóz esetében a túlzott termelői kapacitás és az annak következtében fellépő igény csökkenés következménye. Az áringadozás nem minden cellulóz- és papírtermékre azonos. Minél jobban kapcsolódik egy társaság egy adott vásárlóhoz, annál kisebb a termék árának ingadozása. Például a cellulóz ára sokkal jobban ingadozik, mint a tissuepapíré. Minél kisebb a tranzakció, és minél kisebb a vásárló, annál kisebb az ingadozás.

1996-ban a nyugat-európai papíripar 260.000 embernek adott munkát, vagyis egy személy átlagosan kb 280 t papírt állított elő egy év alatt. Ez azt mutatja, hogy a papíripar nagyon tőkeigényes ágazat.

1.5 *A cellulóz- és papíripar környezeti kibocsájtásai*

A cellulóz- és papíripar történelmileg jelentős fogyasztója a természeti erőforrásoknak (fa), az energiának (tüzelőanyag, elektromos áram), beleértve a vizet is, és jelentős mértékben járul hozzá a szennyezőanyagok természetbe jutásához. Ennek ellenére az erősen feljett cellulóz- és papíripari régiókban az életbe léptetett számos környezetvédelmi intézkedés jóvoltából, melyek javították mind a belső, mind a külső kibocsájtási szinteket, az 1980. bázis évhez viszonyítva a kibocsájtások 80 – 90 %-kal csökkentek.

A vízkörök további zárását elősegítő fejlesztések, valamint a kibocsájtások további csökkentése várható a cellulóz- és papíriparban (a kibocsájtásmentes gyártás elérése a cél). Azonban napjainkban nincs olyan állandóan üzemelő szulfátcellulóz-gyár, amelyikben a fehérítői elfolyó vizek komplett visszanyerése megoldott lenne. Egy CTMP üzem, egy Na-bázisú szulfitcellulóz-gyár és néhány hullám-középréteget és testlinert gyártó üzemben valósult meg a vizekbe való nulla szennyezőanyag kibocsájtás.

Jelen időben a cellulózgyárakban komoly kénmennyiség (savasság) kibocsájtásával kell számolni, de az utóbbi években a gyártástechnológia fő folyamataiban éppen a kén levegőbe való kibocsájtása terén értek el jelentős javulásokat. A használt papírból visszanyert rostok felhasználása nyugat-Európában jelentős szintet ért el, és néhány papírfajta esetében további növekedés várható. A cellulóz- és papíripar folyamataiban keletkező hulladékok (iszap, osztályozási maradék) felhasználása energia előállítás céljából lehetségessé vált, és ezzel elkerülhetők a hulladék elhelyezési problémák.

Az 1970-1980-as években a cellulóz- és papíripar jelentős mennyiségű szennyvizet bocsájtott ki a befogadókba. A megfigyelt hatás az oldott oxigén koncentrációjának drámai csökkenése és a halpusztulás volt. Az 1970-es évektől napjainkig a fő hangsúlyt a klórozott vegyületek szerepére helyezték, melyek a fehérítő üzemekből származnak. Egyes cellulózgyárak szennyvizében dioxinokat és furánokat találtak, és a vita a klórbázisú fehérítés káros hatásairól szólt. A nyilvánosság hatására a fehérítőüzemek által használt klór alkalmazásának környezeti kárainak csökkentése érdekében az utóbbi tíz évben a molekuláris klór, mint

fehérítőszer használata drasztikusan lecsökkent. A környezetvédelmi hatóságok számos országban szigorúan büntetik az AOX formában mért klórozott szervesanyag-kibocsájtást a vizes környezetbe.
A cellulózgyárak szennyvizében lévő klórozott és nem-klórozott szervesanyagok mennyiségének csökkentése legnagyobb részt a gyártási folyamatokban tett intézkedések révén vált lehetségessé, például a megnyújtott- illetve a módosított feltárással a delignifikálás javítása a fehérítési műveletek előtt, a plusz oxigénes lépcső bevezetése, a szivárgások összegyűjtése, a hatékony mosás, a kondenzátumok összegyűjtése és újrahasznosítása.
A klórozott és nem-klórozott toxikus szervesanyagok és az AOX kibocsájtások csökkentését biztosító másik tényező a különböző elrendezésű belső vízkezelő rendszerek beállítása volt.

A piaci igények, valamint a környezeti problémákat figyelembe vevő jelenlegi irányzat a cellulóz- és papíriparon belül a fehérítő üzemek további zárása, az ECF (elemiklór-mentes) vagy a TCF (teljesen klórmentes) cellulóz fehérítési technológia irányába hat.
A papírgyárakban a gyártási vizek megnövelt visszaforgatása a termeléssel integrált szennyvízkezeléssel együtt valósul meg. A szennyvizek kibocsátása, a hulladékok környezetbarát kezelése, az energiatakarékosság, a szulfátcellulóz-gyári lúgok regenerálása, a szagproblémák kiküszöbölése továbbra is elsőbbséget élveznek a cellulóz- és papíripar környezetvédelmi célkitűzéseiben.

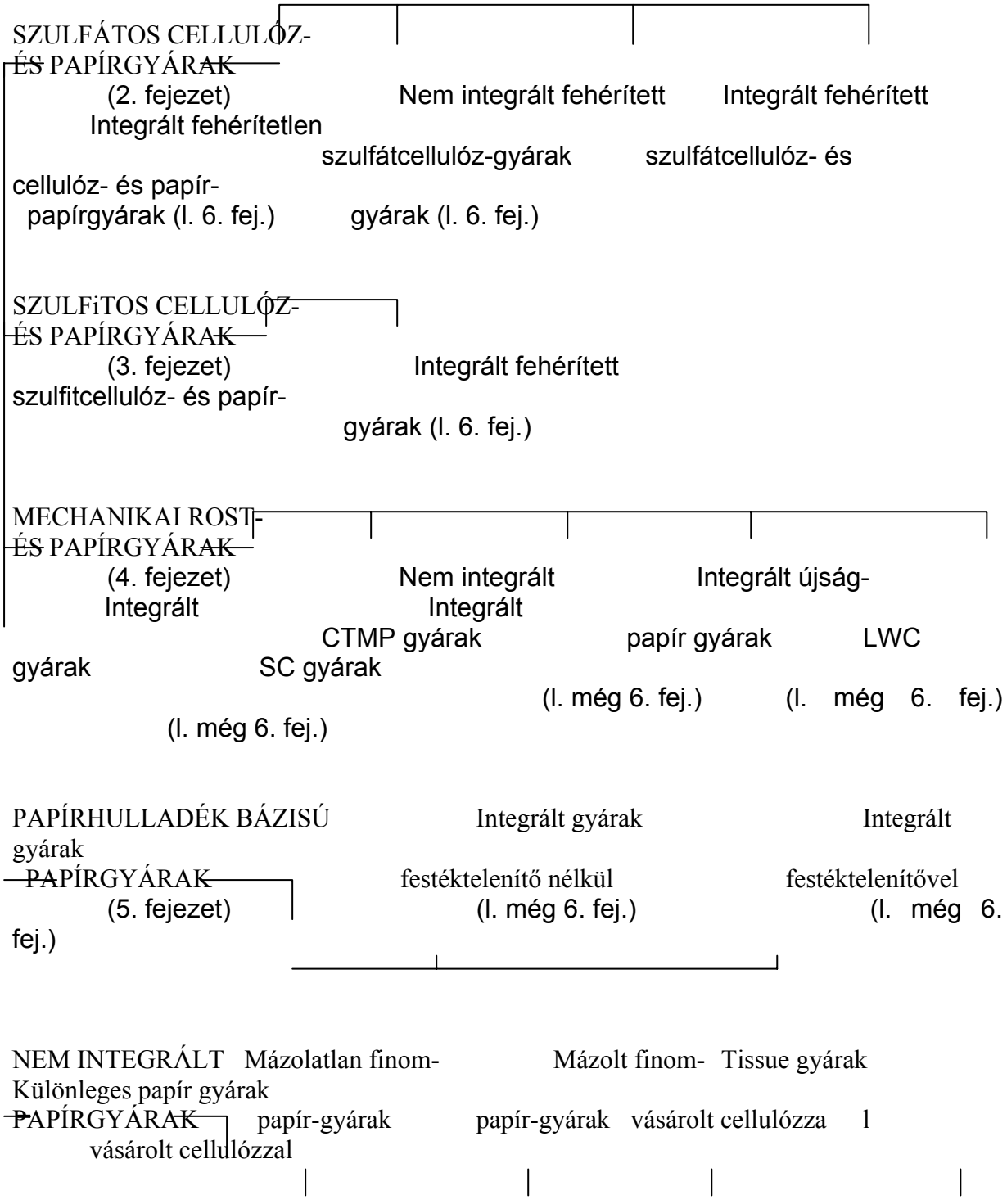
1.6 *A cellulóz- és papírgyártás áttekintése*

A papír lényegében cellulózrostokból álló sík lap, amely a lap minőségét és a végfelhasználását biztosító különböző adalékokat is tartalmaz. A két fogalom a papír és karton (6.1.6. fejezetben az IPPC-direktívákban) általában az előállított lapszerű termék súlyára vonatkozóan különül el. A 150 g/m^2 négyzetmétertömeg alatt a termék neve papír e fölött a lap neve karton, vagy esetleg lemez. A papírgyártáshoz használatos rostanyagot kémiai, vagy mechanikai úton primer rostokból, vagy a visszagyűjtött papírból (RCF) újra-rostosítással állítják elő. A rostosítási – cellulózgyártási folyamatban a cellulóztartalmú anyagot egyedi rostokra bontják szét. A fa a fő nyersanyag, de a szalma és kender, a különböző fűfélék és egyéb cellulóztartalmú anyag is felhasználható.
A fa természetes állagában 50 % vizet tartalmaz, a szilárd frakció összetétele átlagosan 45 % cellulóz, 25 % hemicellulóz és 25 % lignin, illetve 5 % egyéb szerves és szervetlen anyag. A kémiai feltárásban a vegyianyagok a lignin kioldására és a rostok szabaddá tételére szolgálnak. A regenerálás során az oldatba ment lignin és az egyéb szervesanyagok energiatartalma, illetve a vegyszerek visszanyerhetők. A regenerálás mértéke függ az alkalmazott vegyianyag fajtájától és a gyártási folyamat elrendezésétől. A mechanikai rostosításkor a mechanikai nyíróerők biztosítják a rostok szétválasztását és a lignin nagyobb része a rostban marad, bár bizonyos szervesanyag itt is oldatba megy.
A különböző módon előállított rostok különböző tulajdonságúak, melyek biztosítják azt, hogy a rost egy adott termék gyártására alkalmas legyen. A legtöbb rost papír, illetve karton gyártására készül. Néhány rost vastag rostlemez előállítására, vagy vegyi tovább-feldolgozásra alkalmas cellulóz előállítására készül.
A visszagyűjtött papírból előállítandó papír gyártásakor, a rostanyagot a felhasználás előtt a szennyezőanyagoktól meg kell tisztítani, illetve esetleg festéktelenítésnek kell alávetni, hogy a visszanyert anyag megfeleljen a végtermék által igényelt követelményeknek. A rostok újbóli felhasználásának számát a reciklált rostok minősége és a végtermék célja határozza meg.
A papírtermék ezenkívül 45%-ban töltőanyagból, mázanyagból, vagy egyéb összetevőkből állhat.
Nagyon sok fajta termék állítható elő a papíriparban, amelyek durván az alábbi kategóriákba sorolhatók:

- újságpapír
- mázolatlan író- nyomó papírok
- mázolt író- nyomó papírok
- csomagolópapírok
- csomagoló kartonok
- linerek és fluting
- tissuepapírok
- speciális papírok.

1.7 *A cellulóz és papírgyárak felosztása.*

A cellulóz iparban tapasztalható folyamat-integráció megköveteli, hogy a BAT koncepció nem csak egyes különálló folyamatokra, vagy rendszerekre, hanem a teljes integrált egységre vonatkozzon. Például ahhoz, hogy a szennyvíz mennyiségét csökkenteni lehessen, a vizet általában a papírgyárból a rostosító vizekbe vissza kell vezetni, ráadásul a gyár mind két részének belső körét figyelembe kell venni.
Ugyanakkor bizonyos termékek különböző folyamatokkal és rendszerekkel állíthatók elő, és ezek egyenértékűek lehetnek bizonyos megoldások tekintetében, és annak ellenére, hogy különböző folyamatokkal állították elő, a BAT tekintetében egyenértékűek. Például az újságpapír különböző rostforrásból előállítható, mint például a köves facsiszolat (SGW) nyomás alatti facsiszolat (PGW), rostosított facsiszolat (RMP), kémiai-mechanikai facsiszolat (CTMP), szulfit cellulóz (Si), fehérített fenyőszulfát cellulóz (BSKP) és/vagy festéktelenített rost (DIP). A különböző anyagösszetételek különböző kibocsátásokat fognak eredményezni.
A rost-, illetve papírgyártás soklépcsős folyamat. A rostos anyagok mellett különböző vegyianyagok, nagy mennyiségű víz és energia – gőz, fűtőolaj, elektromos energia – szükséges a gyártási folyamatban. A rost és papír előállítási folyamata, a tárgyalás érdekében nagyszámú, önálló részfolyamatra bontható. A műveleti folyamatok a nyersanyagtól a termékig érhetők el, de az egyedi folyamatok nem tartalmazzák valamennyi műveletet, és néhány közülük szigorúan véve alternativ.



1.7. ábra: Ezen leírás alapján besorolt cellulóz- és papírgyárak, beleértve a megfelelő fejezetek referenciáit is ezen gyárakra vonatkozóan.

A kraft eljárást a 2. fejezetben ismertetjük. A kraft eljáráson belül a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek tekintetében megkülönböztetünk fehérített és fehérítetlen cellulóz minőséget. A nem-integrált és az integrált kraft cellulózgyárak BAT kibocsátási értékeit tárgyalja ez a fejezet. A papírgyár hozzájárulása a vízkibocsátáshoz, csak viszonylagos. Másrészt mivel a papír szárítása energiaigényesebb mint a cellulóz szárítása, az

energia felhasználás és a levegőszennyezés az integrált és a nem-integrált cellulózgyárak esetében különböző értéket fog mutatni. A mechanikai és a kémiai-mechanikai rostanyag-gyártást a 4. fejezet ismerteti. A facsiszolat-gyártás, a TMP és a kémiai-mechanikai rostosítás (CTMP) kerül ismertetésre. A legtöbb mechanikai rostosító üzem a papírgyártással integrált. Ezért a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek mind a mechanikai rostosítás, mind a papírgyártás együttesére a 4. fejezetben kerülnek ismertetésre.
A reciklált rost előállítást az 5. fejezet ismerteti. A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek a festékmentesítés nélküli, illetve festékmentesítéssel dolgozó eljárások esetében kerülnek megtárgyalásra, ugyanakkor további különbségek vannak a visszanyert rost előállításában, melyek a tissuepapír, az LWC/SC és kartonlemez céljára kerülnek felhasználásra.
A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékek integrált rost- és papírgyártó üzemre vonatkoznak, mivel a legtöbb visszanyert rostot felhasználó üzem integrált üzem.
A papírgyártást és a kapcsolódó folyamatokat a 6. fejezet tárgyalja az európai papírgyárak által termelt papírféleségek többségére vonatkozóan. A saját külön telephelyeken (nem integrált papírgyár) való papírtermelés ebben a külön fejezetben kerül tárgyalásra, mivel az európai papírgyárak többsége ilyen üzem.
A lemez előállító üzemek esetére – BAT meghatározására szolgáló technikákra vonatkozó speciális információk nem kerültek meghatározásra. Továbbá a dokumentum nem ad külön leírást a kartongyártásra vonatkozóan. Környezetvédelmi szempontból a legfontosabb különbség a tissuepapírok és egyéb papírféleségek, valamint a mázolatlan és mázolt papír és kartonféleségek között van.
A 6. fejezetben az alábbi fajták között tesznek különbséget:

- mázolt nyomó és írópapírok, mint például a mázolt finompapírok nyomás, írás és másolás céljára.
- mázolatlan nyomó- és írópapír, mint például a mázolatlan finompapír
- tissuepapír-gyárak
- speciális papírgyárak

Ez a csoport (főleg famentes papírok) ugyanakkor a legfontosabb nem integrált papír-gyárak Európában. Természetesen ebbe a csoportban integrált papírgyárak is találhatók.
A speciális papírokat előállító gyárak egészen különálló csoport, amely nagyszárú különböző terméket előállító gyárból áll. A speciális papírokat előállító üzemben gyakran naponta többször váltják a papír fajtáját. Ezért az ilyen változatosság miatt a speciális papírok esetében a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási részleteket nem tartalmaz a dokumentum. A különböző keverékek mindegyike saját „környezetvédelmi problémát” hordoz.

1.8 *A BAT ismertetése.*

Az ismétlések elkerülése érdekében a BAT kiválasztása tekintetében néhány általános észrevételt az egyes cellulóz- és papíripari szektorokban adunk meg.
A cellulóz-papíripar számára elérhető legjobb technikák előírásakor az alábbi fejezetet kell figyelembe venni:

- Nincs kizárólagos egyedüli referencia a cellulóz-papíriparban elérhető legjobb technikára. Ennek ellensúlyozására a BAT meghatározásának figyelembe-vételére alkalmas technikák felsorolása számos különböző megoldást ír le az egész BAT előírásra az adott gyárakra vonatkozóan, amelyek különböző módon kombinálhatók.
- A BAT koncepció folyamatfüggő, így figyelembe veszi a környezeti hatásokat, amit a különböző gyártási folyamatok okoznak, mint például a feltárás, fehérítés, festéktelenítés, mázolás stb. Az egyedi folyamatok, a felhasznált nyersanyag és az elérendő termékminőség határozzák meg a gyár által okozott kibocsátásokat. Ez azt

jelenti, hogy amikor a különböző típusú nyersanyagot és gyártási műveleteket alkalmazzuk, a cellulóz-papíriparban azok között különbséget kell tenni.

- Mivel a cellulóz és papíripari termékek száma ilyen nagy és a felhasznált, alkalmazott folyamatok egy és ugyanazon termék esetében is nagymértékben változhatnak, számos gyártástechnológiai tényezőt kell figyelembe venni a magas szintű környezetvédelem biztosításához. A cellulóz-papíripar számára az elérhető legjobb technikák meghatározása nem valósítható meg az egyedi folyamatok előírásával.
- Ehelyett az egész gyártási egységet kell vizsgálni, és egységes egészként kezelni. A cellulóz-papíriparban a BAT hozzákapcsolódik az üzem környezeti teljesítményéhez.
- Számos megoldás létezik a folyamatok megfelelő kombinálására, amelyek – egyéb tényezők mellett – az elérendő termékminőségtől függenek. Általánosságban a folyamatorientált megközelítés a termék orientált koncepciója is kiterjed vagyis a BAT megközelítés a speciális termékeket előállító speciális típusú üzemek környezeti megjelenésével áll összefüggésben úgy, hogy ez a dokumentum a külön-külön adja meg az egyes üzemtípusokra vonatkozó elérhető legjobb technikákat.

Egy adott, meghatározott érték helyett a papírgyár környezeti teljesítményét egy értéktartománnyal fejezik ki. Ez ad választ arra, hogy a különböző papírfajták gyártása különböző minőségű és mennyiségű nyersanyagot (úgymint kraft cellulózt, különböző facsiszolatot, kevert rostanyagot stb.) igényel azzal a következménnyel, hogy az egyes végtermékre vonatkozó kibocsátások mértéke különböző értékű lesz. Bizonyos mértékig a szennyezettebb nyersanyag vagy szennyező folyamatok következtében fellépő nagyobb kibocsátást ellensúlyozni kell a fokozottabb szennyezőanyag kibocsátás megakadályozásával és ellenőrzésével. A bemutatott hatások azt veszik figyelembe, hogy a kibocsátások bizonyos mértékig az egyes évek között is változhatnak, még akkor is, ha ugyanazt a technikát alkalmazzák.

Számos olyan üzem lehet, ahol először a vízbe történő kibocsátásra és a vízfelhasználásra koncentráltak, és miután itt jó eredményeket értek el, kezdtek foglalkozni a levegőszennyezéssel. Ezek esetleg a szilárd hulladék kezelés területén nem olyan jók. De az IPPC-t követően a gyáraknak az egész rendszert egységes módon kell figyelembe venni a kibocsátások és terhelések csökkentése érdekében, az egész környezetet véve egységesen figyelembe. Az egységes megközelítést követve nyilvánvaló, hogy a BAT szintet különböző módokon lehet elérni, vagyis különböző megoldások léteznek az azonos kibocsátási értékek elérése érdekében. A szennyeződés megakadályozási és ellenőrzési mérések megfelelő kombinációjának végleges kiválasztása a működő és az újonnan létesítendő gyárak esetében különböző lehet. Továbbá a már működő üzemekben a BAT kialakítása általában költségesebb. A már alkalmazott megoldások megváltoztathatósága korlátozott, ugyanis a változtatási költségekkel jár, ha az üzem teljes kapacitással üzemel (a leállási költségek), és tény, hogy bizonyos technikák rövidebb idő alatt alkalmazásba vehetők az új üzemben (rövidebb felfutási idő). De ezen túlmenően a működő üzemekben fellépő esetleges korlátok kivételével az alábbiakban adott elérhető legjobb technikák – ha csak másképpen nem jelezték – alkalmazhatók a meglévő és az új üzemekben is. Meg kell jegyezni azonban, hogy a harmonizáció érdekében az Európában alkalmazott vizsgálati módszerek és az alkalmazott gyártási folyamatokban és fűtőanyagokban meglévő változatok az egyes országok kibocsátási értékeinek összehasonlítását néha nehézzé teszi. A BAT-on belüli információ csere tekintetében javítani kell az egyes üzemek környezeti megfelelősségének adatai közötti összehasonlíthatóságot.

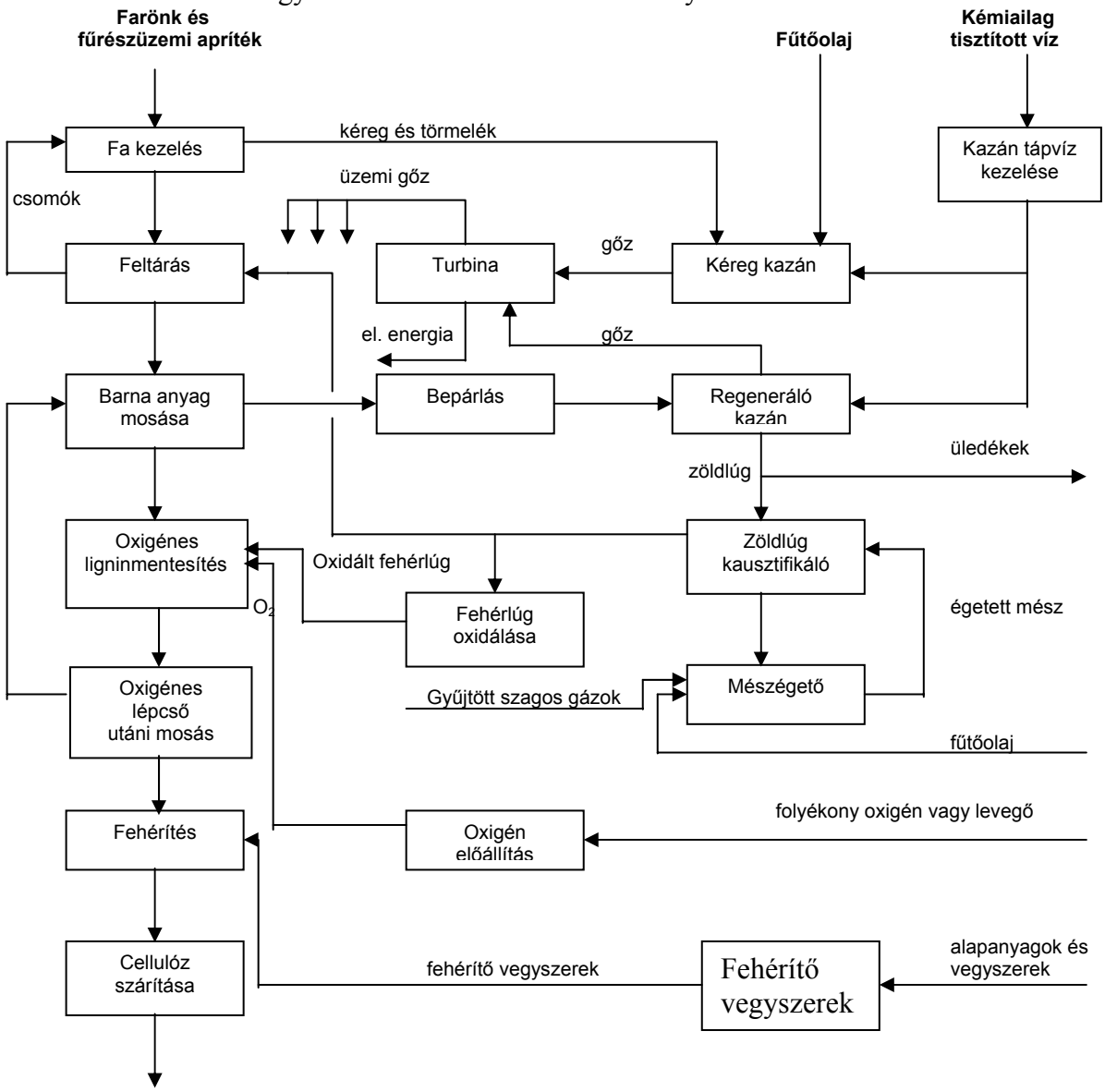
Általában a megelőzés a leghatékonyabb és legjobban preferált intézkedés a kibocsátások csökkentésére. A megelőzés mellett a kibocsátás csökkentése a folyamatokban új technológiák alkalmazásával is elérhető. Végezetül néhány csővégi technológia is rendelkezésre áll a szennyezés ellenőrzésére.

2 A kraft (szulfátos) feltárási eljárás.

A szulfátos vagy kraft eljárás a világ cellulóztermelésének kb. 80 %-ában használt kémiai feltárási módszer. A „szulfátos" elnevezés abból származik, hogy a vegyszer regenerálási folyamatban a vegyszer veszteség pótlására nátrium-szulfátot használnak. A kémiai feltárási folyamatban a rostok a fa mátrixból felszabadulnak, mivel a lignin magas hőmérsékleten a főző vegyszerbe beoldódik. A hemicellulózok egy része szintén oldatba megy a feltárás folyamán. A kraft eljárásban az aktív feltárási folyadék (fehér lúg) nátrium-hidroxid (NaOH) és nátrium-szulfid (Na_2S) tartalmú. Mivel nagy mennyiségű nátrium-hidroxidot használnak, a feltárás kezdetén a pH 13 és 14 között van (alkalikus feltárási eljárás). A pH a feltárás folyamán fokozatosan csökken a ligninből és a szénhidrátokból felszabaduló szerves savak következtében.
A feltárási lépcsőben előforduló kémiai reakciók következtében a visszamaradó ligninen kromofor-csoportok keletkeznek, amely miatt a cellulózrost színe sötétebb lesz, mint a kiindulási faanyagé.

2.1 *Alkalmazott folyamatok és technikák.*

A 2.1. ábra szemlélteti egy kraft cellulóz üzemben lévő folyamatokat.



Áru**cellulóz**

2.12. Ábra: Egy kraft cellulózgyárban lévő folyamatok áttekintése
Gyakran a fehérítés után is van osztályozás

A kraft cellulózgyár négy fő részre tagolódik: nyersanyag előkészítés, kémiai rostosítás (ligninmentesítés) amihez egy teljesen zárt vegyszer és energia visszanyerési rendszer csatlakozik, egy nyitott vízrendszerrel üzemelő fehérítés és a külső szennyvíz-kezelő rendszer. Egy másik hagyományosabb felosztási rendszer: rostvonal, regeneráló rendszer és külső szennyvíz-kezelő rendszer. Néhány segédrendszer, mint például az osztályozási maradék kezelése, a fehérítő vegyszer előállító rendszer, a segéd erőmű-rendszer (gőz és elektromos energia) csatlakozik a fő részlegekhez.

2.1.1 Feltárás és ligninmentesítés.

A kraft eljárásban a rostok a főzőüzemben válnak szabaddá azáltal, hogy a lignin és a hemicellulózok egy része feloldódik a kémiai főzőfolyadékban (fehér lúg) amely aktív vegyianyagként nátriumhidroxidot és nátriumszulfidot tartalmaz. Ha a végtermék fehérítetlen cellulóz, a főzés az egyedüli ligninmentesítési lépcső.
A főzési, feltárási folyamat megvalósítható szakaszos főzőben, vagy folyamatos főzőkben. Ha szakaszos feltárást alkalmazunk, akkor a faaprítékot és a feltáró-folyadékot a szakaszos főzőbe adagoljuk, ahol a feltárást magas hőmérsékleten, nyomás alatt végzik. A kraftcellulóz gyenge fehéríthetősége és a fehérítés okozta szennyezés miatt néhány felhasználási módosítást fejlesztenek ki, aminek segítségével a fából a hozam csökkenése nélkül több lignint lehet eltávolítani. A tűlevelű fák feltárásakor a Kappa-szám 15-25 egységre csökkenthető nyújtott ligninmentesítés alkalmazásával, miközben a hozam és a szilárdsági tulajdonságok változatlanok maradnak (Finn BAT közlemény, 1996)

2.1.2 Mosás és osztályozás

A főzőből kikerülő cellulózzagy mind a rostokat, mind az elhasznált feltáró folyadékot (feketelúg) együtt tartalmazza. A fának kb. fele oldatba megy a feltárás során. Ennek megfelelően a feketelúg szervetlen anyagokat és nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmaz. Az oldott szerves anyag a használt feltáró vegyszerrel együtt a barna-anyag mosási lépcsőben távolítódik el a cellulózrostok mellől. A korszerű rendszerekben általában a főzőbe adagolt vegyszernek legalább 99 %-át visszanyerik. A mosást különböző típusú mosóberendezésekben hajtják végre, ezek a vákuum mosódobok, mosó prések, diffuzorok vagy szitás mosók. A hatékony mosás csökkenti a feketelúg átvitelét a rosttal, ami csökkenti a vegyszerfelhasználást a fehérítéskor és csökkenti a szennyezőanyag kibocsátást a fehérítő üzemben. A hatékony mosás csökkenti továbbá a vegyszer felhasználást az oxigénes ligninmentesítési lépcsőben. A mosóprések és diffuzor típusú mosók különösen hatékonyak a szervesanyag eltávolításkor, ez az egyik oka, hogy a mosóprés miért lett általánosan elfogadott, különösen a fehérítés előtti utolsó mosási lépcsőben.
A további műveletek alatt a rostot nyomás alatti osztályozókkal, vagy centriklínerekkel osztályozzák. Az osztályozás célja a csomók és rostkötegek különválasztása a fő rostáramtól vibrációs osztályozóval, nyomás alatti osztályozókon való átszűréssel és különböző fajtömegű részecskék és a cellulózrost centrifugális szétválasztásával. Az osztályozási maradék (reject) további hulladék-áramot jelent, mivel foglalkozni kell.

2.1.3 Oxigénes ligninmentesítés.

A főzés után a ligninmentesítés oxigénnel folytatható egy, illetve két lépcsőben az oxigénes lépcsők között mosást beiktatva, vagy anélkül. Az oxigénes ligninmentesítés kombinálható hagyományos, vagy nyújtott feltárással.

Az oxigénes ligninmentesítés lúgos közegben megy végbe. Ahhoz, hogy kézben tartsuk az üzem nátrium mérlegét, az oxigénes lépcső általában oxidált fehér lúgot alkalmaz, ahol a nátrium-hidroxid a fő alkalikus vegyszer és a nátrium-szulfid tioszulfáttá van oxidálva. Az oxigénnek az alkalikus folyadékban való viszonylag alacsony oldékonysága miatt a ligninmentesítő reaktor nyomás alatt van, és a hőmérséklet 100 ^{o}C körüli.

Az oxigénes ligninmentesítéskor a rost szilárdságának megőrzése érdekében magnézium-sót (Mg SO_4) adagolnak.

A további ligninmentesítés hatásfoka az egylépcsős rendszerben 40-50 % és ez 70 %-ra fokozható kétlépcsős rendszert alkalmazva. (Finn BAT közlemény, 1996) A hagyományos feltárás és oxigénes ligninmentesítés után puhafákra általában 18-22-as Kappa-szám, míg a keményfákra 13-15-ös Kappa-szám érhető el nyújtott ligninmentesítés nélkül (CEPI, 1996).

Ligninmentesítés technológiája	Lombosfa	Tűlevelű fa
Hagyományos főzés	14-22	30-35
Hagyományos főzés és oxigénes ligninmentesítés	13-15	18-22
Nyújtott főzés	14-16	18-22
Nyújtott főzés és oxigénes ligninmentesítés	8-10	8-12

2.1. táblázat: jelenleg elérhető Kappa-szám különböző technológiák esetében

A fehérítetlen cellulózrost (barna anyag) Kappa-számának csökkentése, akár nyújtott feltárással, akár oxigénes ligninmentesítéssel, vagy más módon érhető el, csökkenti a fehérítőüzemi szennyezés kibocsátást, ami a külső szennyvíztisztító telepre kerül.

2.1.4 Fehérítés

A kémiai cellulóz fehérítésének célja a fehérség, fehérségstabilitás, tisztaság és szilárdság tekintetében megfelelő kívánalmakat elérő minőség biztosítása. A fehérítetlen kraft cellulóz fehérsége általában alacsony, kevesebb mint 30 % az ISO szerint mérve, míg a teljes mértékben fehérített cellulóz fehérsége 88 %, vagy ennél is több, az ISO szerint mérve. A feltárás és az oxigénes ligninmentesítés során nem lehet az összes lignint eltávolítani, a fenti fehérség eléréséhez a cellulózrostban lévő lignin és szennyezőanyagok további eltávolítása szükséges. A fehérítés utáni Kappa-szám 1 alatt kell legyen. (CEPI, 1996)

Amíg a ligninmentesítés zárt vízrendszerben megvalósítható, addig a fehérítőüzemben a szennyvizet külső tisztításra kell bocsátani. A fehérítőüzemből kibocsátott szennyvizet nem egykönnyen lehet visszaáramoltatni a regeneráló rendszerbe, mivel az megnöveli a kloridok és egyéb nemkívánatos szervetlen elemek feldúsulását, ez a regeneráló rendszerben korróziós, víztelenedési és egyéb problémát okoz.

A kraft cellulóz fehérítését több, általában 4-5 lépcsőben végzik. A leggyakrabban használt vegyianyagok, a klór-dioxid, az oxigén, az ózon és a peroxid. Újabban a per-ecetsav is kereskedelmileg rendelkezésre áll, mint fehérítő vegyszer.

A klór és a hipoklorit az elsődleges fehérítő vegyszerek közül újabban kiszorult. Bizonyos kismennyiségű klór keletkezik, mint maradék termék a legtöbb iparilag használt klórdioxid előállító rendszerben és ezen klór egy része jelen van, amikor a klór-dioxidot a fehérítésben alkalmazzák. A peroxid és a lúg máshonnan szállítható az üzembe.

A peroxidos fehérítés viszonylag lassú és hosszú reakció időt igényel, valamint nagy reaktor térfogata, illetve megnövelt rostkoncentráció szükséges. Ha szükséges, a hidrogén-peroxid

bomlásának megakadályozására a fémionokat a rendszerből el kell távolítani komplexképző anyagok (EDTA, vagy DTPA), illetve savas mosás alkalmazásával.
A fehérítés alatt néhány üzemben 1991 óta enzimes kezelést alkalmaznak. Ez különböző fehérítési rendszerekkel kombinálható a felhasznált vegyszerek hatékonyságának növelésére, de általában az enzimes kezelés a hozam kisebb mértékű csökkenését okozza.
A fehérítő üzem különböző fehérítő vegyszereket alkalmazó fehérítési lépcsők sorozatából áll össze. Minden fehérítési lépcső tartalmazza az alábbiakat:

- berendezés a rost és a fehérítő vegyszer összekeverésére
- fehérítő reaktor (felfelé vagy lefelé áramló tornyokkal), amely úgy van tervezve, hogy biztosítja megfelelő tartózkodási időt a reakció lefolyásához.
- mosóberendezés az elhasznált vegyszerek, az eltávolított lignin, vagy egyéb oldott anyagnak a cellulózrostról való eltávolítására (mosódob vagy diffúziós mosás)

Az egyes fehérítési lépcsők jelölése az alkalmazott fehérítő vegyszer rövidítésével történik:

Q savas lépcső, ahol komplexképző anyagot (EDTA vagy DTPA) használnak a fémionok eltávolítására,
Z ózon, gázalakú ózon (O_3) alkalmazásával,
P lúgos lépcső peroxid tartalmú folyadék alkalmazásával (H_2O_2),
D klór-dioxidos lépcső klór-dioxid vizes oldatának alkalmazásával,
E extrakciós lépcső nátrium-hidroxid (NaOH) alkalmazásával,
E/O extrakciós lépcső nátrium-hidroxid használatával gáz alakú oxigén mint erősítő anyag adagolásával,
E/P extrakciós lépcső nátrium-hidroxid, és erősítő anyagként hidrogén-peroxid adagolással

Napjainkban az oxigénes ligninmentesítés egyre elterjedtebb ligninmentesítési lépcsővé vált, amelyet D-E-D-E-D, D-E-D-D, D-EOP-D-E-D, vagy QP-DG-PO fehérítési lépcsők követnek. Néhány üzem megfelel a piac igényeinek, teljesen klórmentes (TCF) cellulózrost előállítása érdekében módosítva a fehérítési technológiát. Napjainkban a TCF technológia egy bevált technológiának tekinthető. Számos üzem képes ECF vagy TCF rostot előállítani, a piaci igényeknek megfelelően. Újabb fehérítési sorrendeket fejlesztettek és fejlesztenek ki napjainkban, mint pl. Q-E/P-E-P, Q-Z-P-E-P, OP-ZQ-PO vagy OPQPO (CEPI, 1997)
A használatban lévő két fajta fehérítési eljárás az un. ECF (elemi klór mentes) és a TCF (teljesen klór mentes) fehérítés. Az ECF eljárásban klór-dioxidot, az oldott lignin eltávolításra lúgot, az extrakciós lépcsők erősítésére hidrogén-peroxidot és oxigént alkalmazunk. A TCF fehérítésben oxigén, ózon, vagy per-ecetsav és lúgos peroxid használatos a lignin kinyerésére. A kitermelés és a rostminőség szempontjából a szelektivitás igen fontos tényező, mivel a jó szelektivitás azt jelenti, hogy a fehérítő vegyszerek a ligninnel reagálnak elsősorban. A klór-dioxid és a klór a legszelektívebb fehérítő vegyszer, és a szelektivitás a fehérítési lépcsőben jobb, mint a feltárásban és az oxigénes ligninmentesítésben.

Az ECF és a TCF technológia közötti különbségek megvitatása
Az utóbbi 10 évben intenzív eszmecsere és kutatás folyt a TCF technológiai környezeti előnyeiről az ECF technológiával szemben. A nagy számú kutatási eredmények, nagy számú laboratóriumi és modell ökorendszerek szintézise, valamint a fehérített kraft cellulózt előállító üzemek elfolyó vízeinek helyszíni tanulmányozása az alábbiakban összegezhető:
 A modern kraft cellulóz üzem, melyben alacsony Kappa-számú, oxigénnel ligninmentesített cellulózt fehérítenek, teljesen más összetételű szennyvizet produkál, mint amilyen 10-15 évvel ezelőtt volt, még akkor is, ha az egyedi gyárak működési normáira, a kibocsátások mennyiségére és minőségére nagy figyelmet fordítanak (SEPA Report 4785, 1997)

 A modern gyárak, ahol alacsony Kappa-számú ECF fehérítés folyik, nagyon alacsony szintű klórozott szervesanyagot bocsát ki, és erősen klórozott fenolos származékokat általában nem lehet kimutatni a szennyvízben.
 A fehérítőüzem és a különböző klórnélküli fehérítést alkalmazó üzem teljes szennyvízét toxikusság szempontjából összehasonlítva, vagyis az ECF és TCF módokat vizsgálva azt találták, hogy egyik műszaki megoldás szerint sem keletkezik kisebb toxikus képességgel bíró szennyvíz, mint a TCF technológia alkalmazásakor (FEI, 1996). Az alacsony Kappa-számú ECF technológiát és a TCF technológiát alkalmazó gyárak szennyvizei között sem a hatásmechanizmusokat, sem pedig intenzitásukat tekintve lényeges különbséget nem tapasztaltak.
 Az elfolyások másodlagos kezelése általában csökkenti azok toxikusságát és a modell öko-rendszerek vizsgálata azt mutatta, hogy a másodlagos kezelés után az öko-rendszerre gyakorolt hatása csekély mértékű.
 Az újabb öko-rendszerű tanulmányozás összefüggést állapított meg a szennyvíz KOI értéke és a megfigyelt hatás között. Ezek a megfigyelések azt mutatják, hogy nem az a kérdés, hogy ECF, vagy TCF technológiát kell mint fehérítési alternatívát választani, hanem magát a feltárási műveleteket kell javítani. Így például a zsírsavak, gyantasavak és szterolok, amelyek a korszerű kraft cellulózgyárak szennyvizeiben előfordulnak, inkább a rostos nyersanyag, vagy fehérítetlen cellulózból erednek, mint sem a fehérítési folyamatok eredménye. (SEPA jelentés, 4785, 1997)
 A TCF fehérítési megoldás a további vízrendszer zárás előnyös alternatívája. Azonban a teljesen klórmentes technológia a rendszerben lévő fémionok (mangán, vas, réz stb.) teljeskörű eltávolítását igényli a cellulózrostból, mivel ezek káros hatással vannak a peroxidos fehérítésre. Ez az eltávolítás általában komplexképzőkkel, vagy savas mosással valósítható meg. Vita van a komplexképző anyagok környezetvédelmi alkalmazhatóságáról, mivel ezen anyagok normál körülmények között nehezen bonthatók le. Bizonyos fokú fejlődés tapasztalható a komplexképzővel való kezelés után keletkező szűrletek elhelyezésével kapcsolatosan is.

2.1.5 A fehérített rost osztályozása

A fehérítés után a rostot általában finom-osztályozásnak vetik alá. A másodlagos osztályozáshoz olyan típusú berendezéseket használnak, mint a fehérítetlen rost osztályozáshoz.

2.1.6 Szárítás

Az integrált cellulóz- és papírgyárakban a cellulózt a papírgyárba nedves állapotban (kb. 4 %-os anyagsűrűséggel) juttatják át, és a rostokkal együtt átjuttatott víz az üzem teljes vízmérlegében szerepel, annak egy része. A nem integrált cellulózgyárban, ahol a cellulózrostot nem használják fel ugyanazon a helyen a papír előállítására, a cellulózrostot először préselik, majd a szállítás előtt kiszárítják. A szárítógép hasonló, de egyszerűbb szitaszakaszt tartalmaz, mint a papírgép. A víztelenítési lépcső után a gép szárítószakaszán a cellulózrostot gőzzel szárítják ki. Vágás után a cellulóz lapokból a szállításhoz bálákat képeznek.

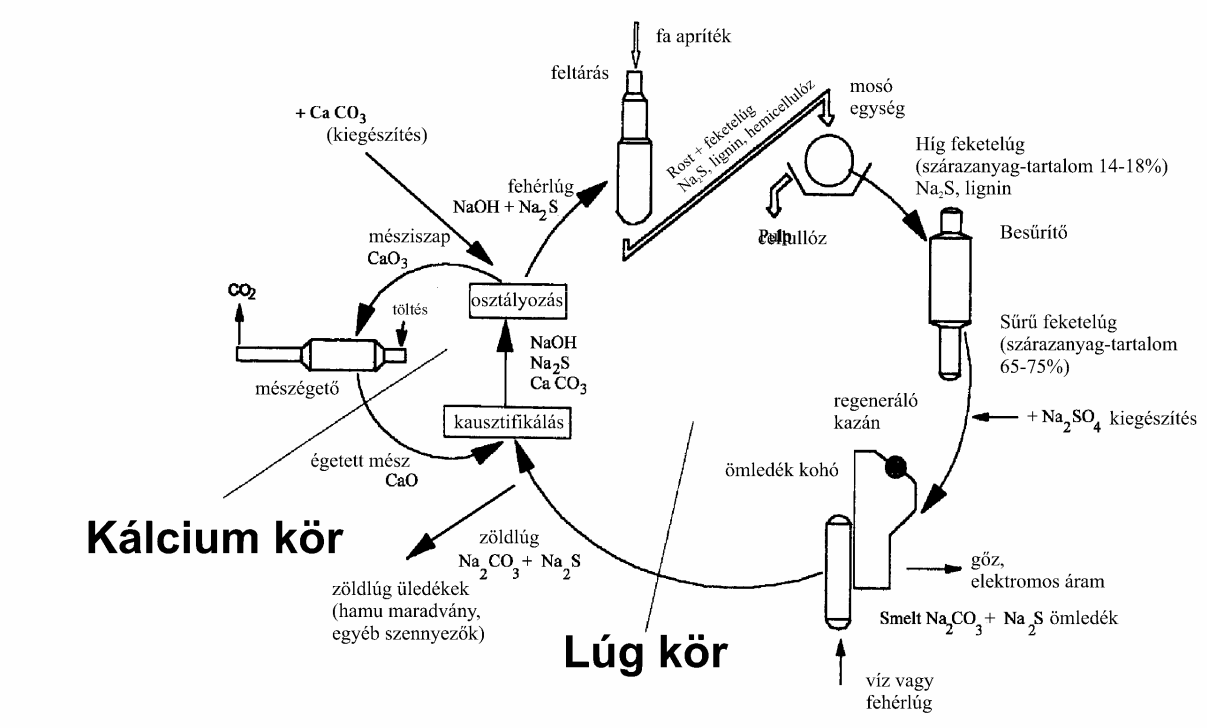
2.1.7 Vegyszer és energia visszanyerő rendszer

A kraft cellulózgyárban lévő visszanyerő-regeneráló rendszer három funkciót lát el:

- a szervetlen feltáró vegyszerek visszanyerése,
- az oldott szervesanyagok elbontása és az energiatartalom visszanyerése gőz és elektromos energia formájában,

- a hasznos szerves melléktermékek kinyerése (pl. tall-olaj)

A visszanyert feketelúg energiatartalma általában elegendő arra, hogy a kraft cellulóz üzem hő és elektromos energia szempontjából több, mint önellátó legyen. A szerves melléktermék általában a legtöbb kraft cellulózgyárban korlátozott gazdasági tényezővel bír.
A vegyszer-regeneráló üzem fő részei a következők: a feketelúg és az ellenáramú mosáskor keletkező híg lúg bepárlása, a bepárolt lúgok elégetése a vegyszer-regeneráló kazánban, a keletkező ömledék oldása, a zöldlúg kausztifikálása és a mész regenerálása.



1- Kálcium kör
2- Lúg kör
3- Fa apríték
4- Feltárás
5- Rost+feketelúg, Na_2S, lignin, hemicellulóz
6- Mosó egység
7 - Híg feketelúg, (szárazanyag-tartalom:14-18%)
8- Cellulóz
9- Besűrítő
10- Sűrű feketelúg (szárazanyag-tartalom:65-75%)
11- $NaSO_4$ kiegészítés
12- Regeneráló kazán
13- Ömledék oldó
14- Gőz, elektromos áram
15- Ömledék, Na_2CO_3+ Na_2S
16- Víz vagy híg fehérlúg
17- Zöldlúg, Na_2CO_3+ Na_2S
18- Zöldlúg üledékek, (hamu maradvány, egyéb szennyezők)
19- Kausztifikálás
20- Osztályozás Na_2S, lignin
21- Mészíszap, $CaCO_3$
22- Töltés
23- Mészégető
24- Égetett mész, CaO
25- $CaCO_3$ (kiegészítés)
26- Fehérlúg, NaOH+Na_2S

2.3. ábra: Egy kraft cellulózgyár vegyszer-regenerálási folyamata

A rostanyag mosása után a feketelúg oldott szárazanyag-tartalma 14-18 %, amelyet jelentősen növelni kell, mielőtt a folyadékot el lehet égetni. A folyadék besűrítését többlépcsős bepárló üzemben 65-75 % szárazanyag-tartalomig párolják be, de ahogy a szárazanyag-tartalom növekszik, a feketelúg viszkozitása is növekszik és a folyadék nem szivattyúzhatóvá válik.

Légköri nyomáson a szárazanyag-tartalom felső határa 72-74 %, de két különböző elv létezik a probléma elkerülésére:

- nyomás alatt kell tartani a folyadékot, amikor is a nagyobb folyadék hőmérséklet csökkenti a viszkozitást, vagy
- egy termikus depolimerizációs folyamat segítségével meg kell változtatni a folyadék reológiáját.

A regeneráló kazánból kikerülő ömledéket vízben, vagy gyenge lúgban oldjuk, amikor is un. „zöldlúg" keletkezik. A zöldlúgot tisztítják, majd mésszel kausztifikálják, ennek során a nátrium-karbonát nátrium-hidroxiddá alakul át„ ezzel a feltáráshoz szükséges fehérlúgot szolgáltatva. A hamu maradéka és egyéb szennyezőanyagok a zöldlúg üledéke formájában távolítható el a folyamatból. A kalcium-karbonát mészíszapot, amely a kausztifikáláskor keletkezik, elválasztják a fehérlúgtól és mossák, majd mészégető kemencében kalcinálják. A mészégető kemence a klasszikus cement égető kemencéhez hasonlóan van kialakítva.
Magyarországon, ahol. szulfátos szalmacellulóz előállítás folyik, a szalmában lévő nagy mennyiségű szilicium-dioxid tartalom miatt a regeneráláskor keletkező mészíszapot nem égetik el, hanem az SiO_2-t a rendszerből a mészíszappal együtt eltávolítják.Egyébként a kalcinálás egy magas hőmérsékleten lezajló endoterm folyamat, amely fűtőanyag betáplálást igényel.

2.1.8 A fehérítő vegyszerek helyszíni előállítása

A fehérítéshez legáltalánosabban használt vegyianyagok a klór-dioxid az oxigén, az ózon és a peroxid. A klór-dioxidot és az ózont a helyszínen kell előállítani. A peroxid, az oxigén és a lúg az üzembe máshonnan is szállítható.

2.1.8.1 Klór-dioxid

A klór-dioxidot a helyszínen kell előállítani, mivel ez nem stabil gáz, amelyet csak kb. 1 %-os töménységű vizes oldatként lehet tárolni. A klór-dioxid gáz stabil a tipikus fehérítési hőmérsékleten, 40-70 ^oC között, ha legalább öt másodpercig a gáz parciális nyomását 100 Hgmm alatt tartjuk. Amennyiben az oldat egyszer abszorbeálta a klór-dioxidot, az –50 ^oC-on sötétben néhány hónapig úgy tárolható, hogy nem igényel helyet a gáznemű anyagnak. A gáznemű klór-dioxid klórrá és oxigénre bomlik és ez a bomlás 300 Hgmm parciális nyomás, vagy a felett robbanásszerűen megy végbe.
Számos reakció ismeretes a klór-dioxid előállítására és néhány eljárásban 1 tonna klór-dioxidra számítva 0,7 t klór keletkezik melléktermékként, míg más esetben csak igen kevés klór keletkezik. A cellulóz- és papíriparban a klór-dioxidot a ClO_3^- klorát-ion savas közegű redukciójával állítják elő.

2.1.8.2 Ózon

Az ózont száraz levegőből, vagy oxigénből állítjuk elő úgy, hogy azt a reagáló gáz által különválasztott, két nagy feszültségre kapcsolt (10-20 kV) elektród között vezetik át. Az ózon nem valami stabil és az ózon kitermelés meglehetősen alacsony, így a keletkező gáz elegyben nagy mennyiségű reagálatlan oxigén található. Az oxigénnel táplált modern ózon generátor 10-15 kWh/kg O_3 energiát igényel.

2.1.8.3 Egyéb fehérítő vegyszerek

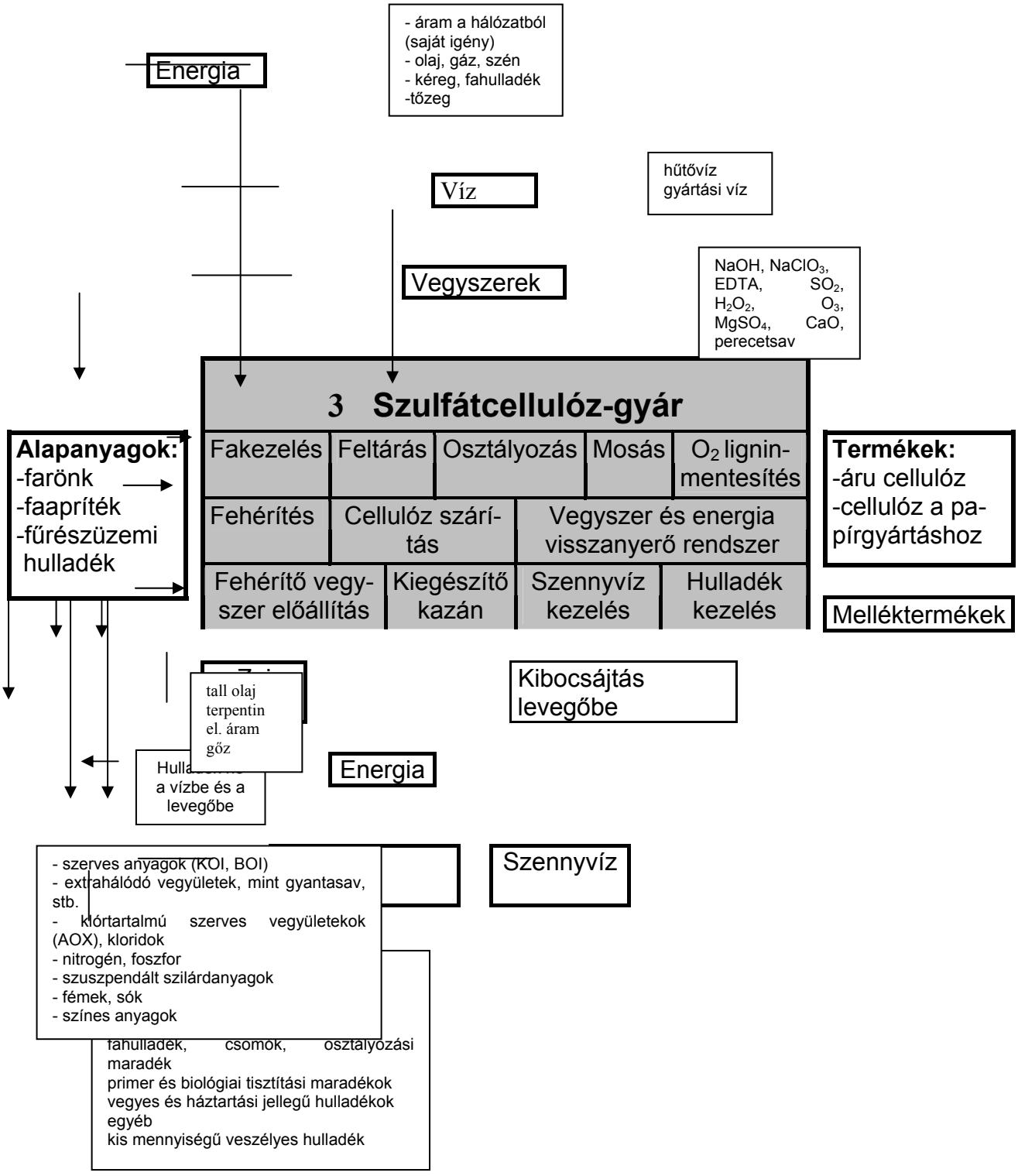
Az egyéb fehérítő vegyszereket közvetlen felhasználható állapotban vásárolják – a hidrogén-peroxidot 50 %-os oldatként, a ditionitot szilárd állapotban. Az oxigént készen vásárolják, de

néhány üzemben Európában közvetlenül a helyszínen történik az oxigén előállítása. Néhány TCF technológiával működő üzemben fehérítő vegyszerként per-ecetsavat használnak. A per-ecetsav előállítására kb. 3 kWh/kg termék elektromos energia szükséges.

2.2 *Az integrált és a nem integrált gyárak jelenlegi felhasználási és kibocsátási értékei*

2.2.1 A bemenet/kimenet áttekintése

A kraft cellulóz gyártás folyamatában a nyersanyag és energia bemenetek, valamint a termék és melléktermék kimenetek, valamint a fő kibocsátások (emissziók, hulladékok stb.) a 2.4. ábrán látható.



2.4. ábra: Egy kraft cellulóz gyár anyagáramának áttekintése

Néhány anyag jelenléte a fehérítés és ligninmentesítés módjától függ.

A megfelelő szekciók tartalmazzák a speciális fogyasztási, valamint a speciális kibocsátási adatokat az egyedi műveleti lépcsőkben, amelyek a kraft cellulózgyártással kapcsolatosak.

3.1.1 A gyártási egységekből eredő fogyasztási és kibocsátási értékek.

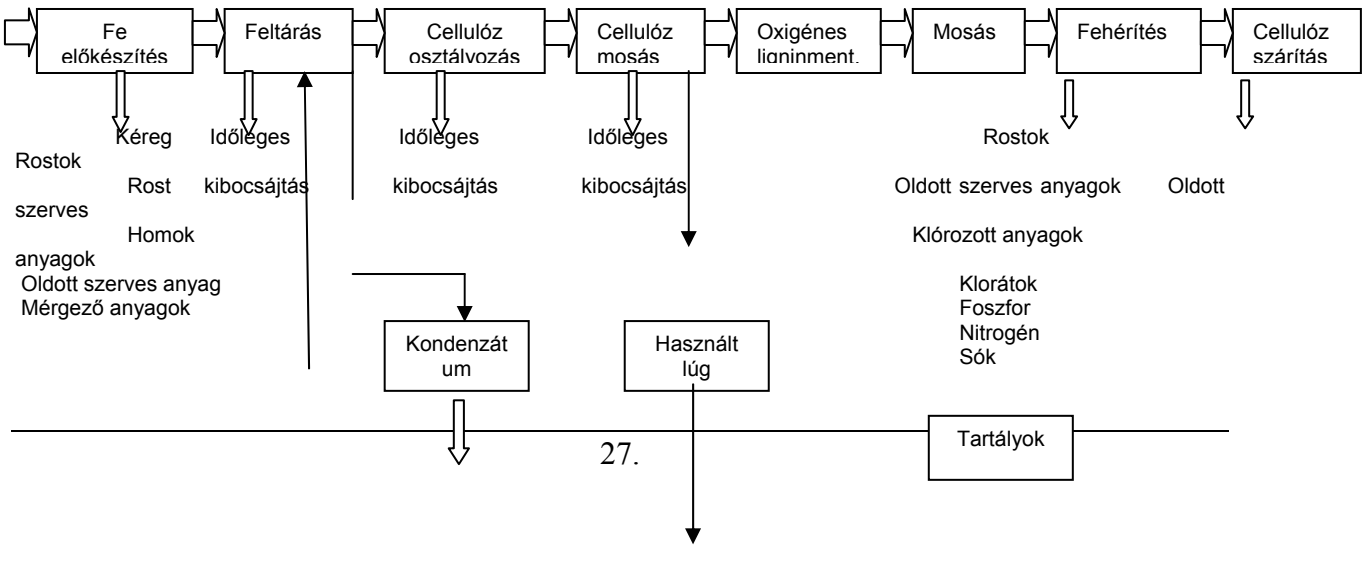
A kraft cellulóz gyártási folyamatban a szennyvíz kibocsátás és a bűzös gázokkal való levegő szennyezés van az érdeklődés középpontjában, bár a következő években a szilárd hulladék is környezetvédelmi szempontból fontossá válik. A nyersanyagok legfontosabb felhasználása és a vízbe, a levegőbe és a talajba való (szilárd hulladék) kibocsátás, valamint az energia felhasználás az alábbiakban kerül tárgyalásra, érintve a következő területeket:

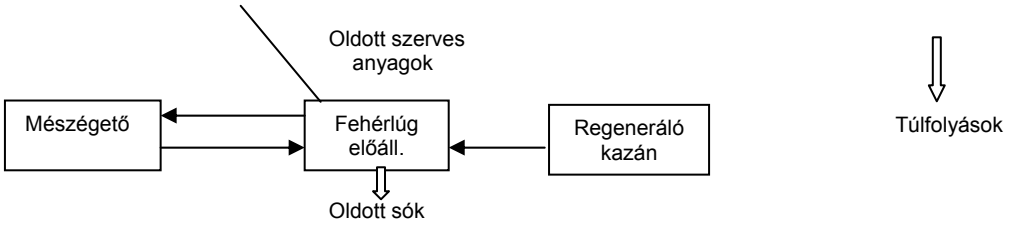
- fa felhasználás
- víz felhasználás és a különböző gyártási lépcsők szennyvíz kibocsátása
- a fa kezelése
- a bepárlóból származó kondenzátumok
- szivárgások
- mosási veszteségek
- fehérítés
- tápanyag kibocsátás
- fémek kibocsátása
- kibocsátás az atmoszférába
    - a regeneráló kazánból
    - a mészégető kemencéből
    - a segéd kazánból
- bűzös gázok
- klórvegyületek a fehérítőből és a fehérítő vegyszert előállító üzemből
- szilárd hulladék keletkezése
- vegyianyag felhasználás
- energia felhasználás
- zajártalom

Ahol van a szennyvíz-, levegő- és talajszennyezés kibocsátásra vonatkozó adat, azt a külső kezelés előtt és után is megadjuk.

3.1.1.1 Víz felhasználás és a keletkező hulladékok az egyes gyártástechnológiai lépcsőkben

A 2.5. ábra a fehérítő üzemet is tartalmazó kraft cellulózgyár egyes technológia lépcsőiből származó víz szennyezéseit mutatja. Az ábrán a véletlenszerű túlfolyások, szivárgások is láthatók.





2.5. ábra: Egy kraft cellulózgyár szennyvíz-kibocsátása

A vízbe való kibocsátásban az oxigénfogyasztó szerves anyagok dominálnak, amelyet KOI, vagy BOI alakjában mérünk. A fehérítőüzemi szennyvízben, ha klórtartalmú fehérítő vegyszert alkalmaznak, a szervesen kötött klórt AOX alakban határozzák meg.
A felhasznált víz mennyisége szorosan kapcsolódik az üzemből kibocsátott szennyvíz terheléshez. A szennyezés mértéke a kibocsátás nagyobbik részét kitevő kibocsátást okozó folyamatok elrendezésével és működtetésével, valamint az üzem vízköreivel, azok zártságával van összefüggésben. A szennyvíz fő forrása, valamint a szennyezőanyag-tartalom a következőkben kerül tárgyalásra.

A főzés és bepárlásból származó kondenzátumok
A kondenzátumok a főzőből származó gőzök, valamint a bepárló üzemi gőzök lecsapódásából keletkeznek. Összesen mintegy 8-10 m^3/t termék kondenzátum keletkezik, amelynek KOI terhelése 20-30 kg/t, BOI_5 terhelése 7-10 kg/t. A KOI forrása főleg metanol (5-10 kg/t) bizonyos mennyiségű etanol és szerves kénvegyület (1-2 kg/t TRS – összes redukáló kén), 1-2 kg terpentin és szervetlen nitrogén vegyület. A piszkos kondenzátum ketonokat, terpéneket, fenolos jellegű anyagokat, gyanta- és zsírsavakat, különböző oldott gázokat tartalmaz. A kraft cellulózüzem nitrogén kibocsátásának nagyobb része a kondenzátumban van.
1 m^3 kondenzát/t cellulóz kb. 10-20 kg/m^3 KOI-t tartalmaz. A lombosfa-cellulóz kondenzátumában ez az érték magasabb mint a puhafák esetében.
Ezeket az erős kondenzátumokat általában a stripperben kezelik, ahol a legtöbb vegyület eltávolításának hatékonysága a pH-től függően több mint 90 %. A tisztító rendszer (stripper) általában eltávolítja a bűzös gázokat (TRS) és ezzel egy időben a KOI-t okozó anyagokat is.
Általában 7-9 m^3 gyenge kondenzátum keletkezik, amely KOI értéke 0,5-2 kg/m^3 és összesen 8-12 kg/t cellulóz KOI-t tartalmaz. Ezek a kondenzátumok fémet nem tartalmaznak és gyakorlatilag alkalmasak a fehérítő üzemben való mosásra, ha a folyamat ezen részében a vízkör zárását akarjuk megvalósítani.

A különböző folyamat egységekből származó elfolyások
A rost és a feketelúg elfolyások a főzőüzemben, az osztályozó üzemben és a mosás során keletkeznek. Elfolyás keletkezhet a bepárló üzemben és a tárolótartályoknál is. A fehérlúg, a gyenge lúg, mész stb. elfolyás a kausztifikálás során fordulhat elő. A legtöbb elfolyás összegyűjthető és visszanyerhető, ha megfelelő puffer kapacitást és megfelelő eljárást alkalmazunk. A mechanikai berendezések, pld. szivattyúk esetében előforduló szivárgás jól megválasztott tömítésekkel korlátozhatóak.

Fekete lúg maradék (mosási veszteség) a fehérítetlen cellulóz kezelésekor
A kémiai cellulóz feltárásban a cellulóz mosás hatékonyságát a lehető legtöbb feltáró vegyszer és oldott szerves-anyag visszanyerés határozza meg. Az utolsó lépcsőben nyomás alatti mosást alkalmazva a 6-10 m^3/t rost vízfelhasználás 2-3 m^3/t-ra csökkenthető, és ezzel növelhető a regeneráló kazánban elégetendő vegyszerek és

szennyezőanyagok mennyisége. A cellulózrostban maradó szennyezőanyag kevesebb, mint amit az anyagmérlegből várható .
A mosás hatékonysága nem 100 %-os, és így bizonyos mennyiségű vegyszer, illetve szennyezőanyag a rosttal együtt átkerül a fehérítési lépcsőbe, ahol fehérítő vegyszert fogyaszt és a szennyvízbe kerül. Szabványos módszerek állnak rendelkezésre ezen átvitel mérésére, amelyet gyakran „mosási veszteségnek" neveznek, és mint kg nátrium-szulfát / tonna cellulóz mérnek. Mivel ez a vegyszerveszteség a folyamat és a környezetvédelem szempontjából kevésbé fontos, a mosási veszteségeket újabban KOI értékben mérik. Jelenleg a mosási veszteség puha fafajok esetében 5-10 kg KOI per tonna cellulóz, mely keményfa esetében 7-12 KG KOI per tonna cellulóz.

Kibocsátások a fehérítőüzemből
A fehérítőüzem a szennyezőanyag kibocsátás legfontosabb helye a cellulózgyárban. Ha a fehérítőüzem teljesen, vagy részben zárt vízrendszerrel működik, ez lényegesen csökkenti a szerves-anyagok, fémek és tápanyagok vízbe való kibocsátását. A fehérítő-üzem tipikus szennyvízkibocsátása 20-40 m^3 víz / tonna cellulózrost. Számos gyárban megpróbálták a vízkör zárás mértékének fokozását a fehérítő üzemben a víz mennyiség csökkentésével. A fehérítő üzemek részleges vízkör-zárását mind az ECF, mind a TCF üzemekben újabban megvalósították. Összehasonlítva a nyitott vízrendszerű fehérítő üzemekkel a KOI csökkentés 25-50 %-a, és a víz áram még ennél is nagyobb mértékben, az általában elérhető 25 m^3/t rost helyett 5-10 m^3/t rost értékre csökkent.

Klórozott szerves vegyületek (AOX)
Sok év óta a cellulóz-és papíriparban dúló nyilvános vita a szervesen kötött klórvegyületek kibocsátására összpontosított. A klórozott vegyszerek hatásának különböző érzékelése a közönség által környezeti nyomást gyakorolt a cellulózgyárakra, és így megváltozott a gyárak piaci elképzelése és megszüntették a molekuláris klór használatát a cellulózrost fehérítéséhez. Ez azt jelenti, hogy a klórozott dioxin és dibenzo-furánok keletkezése jelentősen csökkent és a maradék klórozott termékeknél a klórozottság mértéke is csökkent. Ezzel egy időben a keletkezett AOX vegyületek összetétele is változott a cellulóz üzemek AOX kibocsátásának csökkenésével párhuzamosan. Például a benzol gyűrűn 3-5 klórozott fenolos termékek – melyek nehezebben lebonthatók, és így mérgezőbbek – mennyisége jelentős mértékben 1 g/t cellulóz alá csökkent. Az utóbbi években a piaci elvárásokat követve néhány üzem teljesen felhagyott a klórtartalmú fehérítőszerek használatával összekapcsolva az oxigénes ligninmentesítést az ózonos és/vagy a peroxidos lépcsőkkel. Az alacsonyabb Kappa-.számmal a fehérítőüzembe kerülő cellulóz kevesebb fehérítővegyszert igényel. Például, ha a Kappa-szám kevesebb mint 10, az aktív klórban számolt klór-dioxid mennyisége a puhafák esetében 30 kg/t rostban limitálható, ami kb. 6 kg kloridnak felel meg. További 1 kg klorid a fával együtt jut a rendszerbe. A klórtartalmú fehérítőszerek használatával a fehérítő lépcsők szennyvizeiben megjelenő klorid az oka annak, hogy a fehérítő üzemekben a víz nem használható újra, ha a vízrendszere zárt. Ez a klorid-tartalom okozza a berendezések korrózióját, ha a kloridot nem tudjuk a szennyvízből eltávolítani.

A kezelés előtti kibocsátások összegzése

A szerves anyagok kibocsátása

A különböző gyártási folyamatokban az elsődleges kezelés után kibocsátásra kerülő szervesanyagok mennyiségét ésa teljes terhelést a 2.7. táblázat összegzi.

Folyamat lépcső	KOI kg/absz. száraz t
Fa előkészítés	1-10

Kondenzátumok	2-8
Túlfolyások	2-10
Mosási veszteség	6-12
Fehérítés	15-65
Gyári összes	**31-105**

2.7. táblázat. A szerves vegyületek kibocsátása a kraft cellulózgyárból a külső kezelés előtt.

A tűlevelű- és a lombos fák közötti különbség csekély, és az alábbi értékek az egyes részfolyamatokra nem folyamatosan mért értékek, addig a teljes értékek a rendelkezésre álló éves átlagok és a folyamatos mintavétel alapján lettek felvéve (OSPAR, 1994) (Finn BAT beszámoló, 1996) [CEPI 97]. Jelenleg a legalacsonyabb összes kibocsátás az elsődleges kezelés után fehérített fenyőcellulóz gyártása esetén 25-30 kg KOI/t cellulóz. Egy portugál eukaliptusz cellulózt gyártó üzemben (lombos fa) 1997-ben 17,3 kg KOI, míg 1998-ban 21,7 kg KOI/tonna cellulóz éves átlagértéket érték el az egyedüli elsődleges kezelés után

Tápanyag kibocsátás

A tápanyagok közvetlenül a fából származnak, bár hiány esetén a biológiai szennyvízkezelési lépcsőkben is adagolnak tápanyagokat.

Egy kraft cellulóz üzem vizsgálata azt mutatta, hogy a nitrogén kibocsátás elvileg a fehérítetlen cellulóz gyártási folyamatából, míg a foszfor a fehérítő üzemekből származik.

Fémek kibocsátása

A felhasznált faanyag tartalmaz fémeket, amelyek a szennyvízzel kerülnek kibocsátásra. Mint ahogy a foszfor esetében is a fémek kibocsátásának csökkentése a vízkörök zárásával valósítható meg, de a fémtartalom csökkentése külső kezeléssel erősen korlátozott.

	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Zn
Fehérítetlen cellulóz	0,03	0,3	0,5	0,2	0,4	5
Fehérített cellulóz	0,1	0,4	1	0,7	0,9	15

2.9. táblázat. Fémek kibocsátása a kraft cellulózgyárban, g/t cellulóz

A külső vízkezelés utáni kibocsátás összegzése

A jelenlegi minimális külső szennyvízkezelés a cellulózgyári elfolyó-vizek kezelésére az ülepítés, de a szekunder biológiai tisztítás is általánosan használt eljárás. Az alábbi adatok mutatják az ülepítés és a biológiai kezelési változatok hatékonyságát a kraft cellulózgyári szennyvizek tisztításakor a %-os csökkentést bemutatva. A legújabb üzemekben a csökkentési adatok az adott tartomány felső részén foglalnak helyet. A levegőztető tavak módosíthatják a szennyvízben lévő iszap visszanyerését. Ebben az esetben a kezelés hatékonysága eléri az eleveniszapos üzemekben mért hatékonyságot.

Csökkenés mértéke	BOI_5, %	KOI, %	AOX, %	P, %	N, %
Levegőztető csatorna	40-85	30-60	20-45	0-15	0
Aktív iszap	85-98	40-70	40-65	40-85	20-50

2.10. táblázat: Százalékos csökkenés a kémiai cellulózüzem szennyvízkezelő részlegében (OSPAR 1994) (Finn BAT jelentés, 1996)

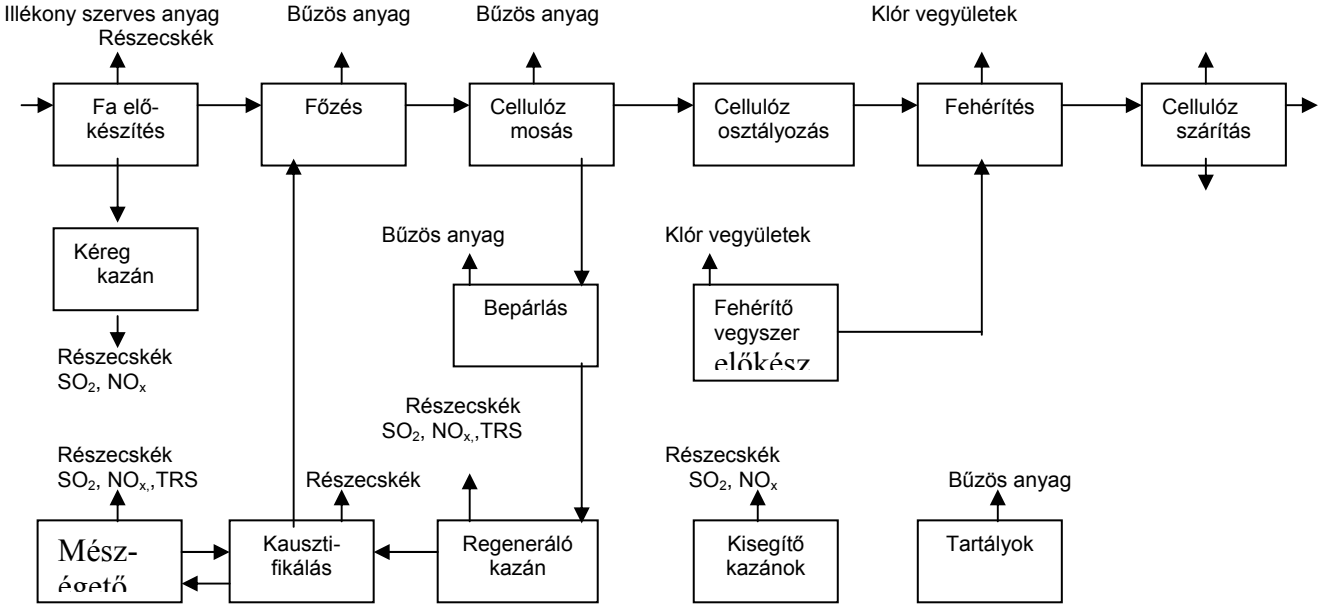
Az eleveniszappal szemben más komplettebb, és kevésbé költséges eljárások is léteznek. Az ilyen berendezésekkel szerzett tapasztalatok korlátozottak, de az elven-iszaphoz hasonló csökkenést jeleznek.
A jelenlegi vízbe való kibocsátások, amely az EU országokban lévő kraft cellulózüzemek rendelkezésre álló adatain alapulnak a, 2.11. táblázatban találhatók.

	Víz m^3/t	BOI_5 kg/t	KOI kg/t	AOX kg/t	Össz szárazanyag kg/t	Össz N kg/t	Össz P kg/t
Fehérítetlen cellulóz	20-80	1-20	7-50	---	0,2-15	0,1-1	3-40
Fehérített cellulóz	30-110[1)]	0,2-40	4-90[2)]	0-2	0,2-10	0,1-0,8	5-90
Megjegyzések: 1) Az érték 50 m^3/t alatti,a megadott értékekben a hűtővíz is benne van 2) Zöldmezős beruházás, 4 kg KOI/t átlagos évi kibocsájtással							

2.11. táblázat. Az EU-ban lévő kraft cellulóz üzemek éves átlagos kibocsátási értékei

3.1.1.2 Kibocsátások a levegőbe

A kraft cellulózrostok gyártásakor a levegőbe kerülő szennyezőanyagok áttekintését mutatja a 2.6. ábra.



2.6. ábra: Levegőbe való szennyezőanyag kibocsátás a kraft cellulózgyártáskor

A kraft cellulózgyárból származó levegőszennyezés az alábbi helyekből való: apriték tárolás, feltáró berendezések, cellulózrost mosás, fehérítőüzem, fehérítő vegyszer gyártó részleg, vegyszervisszanyerés, bepárló részleg, kéregégető kemence, regeneráló kazán, fehérlúg

készítő üzem, szénégető kamra, tárolótartályok, cellulózrost szárítás (csak a kereskedelmi rost esetében). Ezek a kibocsátások főleg kéntartalmú vegyületeket, mint pl. kén-dioxid, rossz szagú redukált kénvegyületeket, metil-merkaptánt, dinetil-szulfidot és kén-hidrogént tartalmaznak. Az utóbbi vegyszereket mint összes redukált kénvegyületeket (TRS - total reduced sulphur) határozzák meg. A kemencékből nitrogén-oxidok kerülnek kibocsájtásra, továbbá kisebb mennyiségben por is távozik hamu formájában. A fehérítő üzemekből és a fehérítő vegyszer-előállító üzemekből klórvegyületek is szivároghatnak a levegőbe. Az illó szerves vegyületek ($VOC._S$ –Volatile Organic Compounds), főleg terpének juthatnak a levegőbe a szabadban tárolt apríték halmokból. Az apríték halomból a levegőbe kerülő VOC kibocsátás más egyéb tényezők mellett függ az apríték darabolás időtartalmától és hőmérsékletétől, valamint a fa fajtájától. A közvetlenül a levegőbe kerülő szennyeződés fő forrásait részletesen tárgyaljuk.

3.1.1.3 A regeneráló kazánból származó levegő-szennyezés

A regeneráló kazán a fő levegőszennyezés forrása a kraft cellulóz gyárban. A kibocsátás főleg a kéndioxidtól származik. Ezen túlmenően szilárd részecskék (főleg nátrium-szulfát és nátrium-karbonát), nitrózus gőzök és kellemetlen szagú vegyületek (kén-hidrogén) is kerülhet a levegőbe.

A regeneráló kazánból a levegőbe kerülő tipikus kibocsátásokat a 2.12. táblázat mutatja. A gáz áram általában 6000-9000 m^3/t cellulóz, míg a termelt gőz mennyisége 13 és 18 GJ/t cellulóz közé esik. A fenyőcellulóz alacsonyabb hozama miatt ez az érték a fenyőcellulóz esetében nagyobb, mint a lombosfa cellulóz esetében. A rendszer zárása szintén nagyobb energia termelést eredményez.

Kén-dioxid		
- mosó nélkül, feketelúg 63-65% sz.a.	100-800 60-250 1-4	mg/m^3 mg/MJ kg/absz.száraz t
- mosóval, feketelúg 63-65% sz.a.	20-80 10-25 0,1-0,4	mg/m^3 mg/MJ kg/absz.száraz t
mosó nélkül, feketelúg 72-80% sz.a.	10-100 12-30 0,2-0,5	mg/m^3 mg/MJ kg/absz.száraz t
Kén-hidrogén [1)]		
- üzemidő több, mint 90 %-ában	<10	mg/m^3
- időlegesen	<0,05 magasabb	kg/absz.száraz t
Nitrogén-oxidok (NO_2 formában)	100-260 50-80 0,6-1,8	mg/m^3 mg/MJ kg/absz.száraz t
Szilárd részecskék elektrosztatikus leválasztó után	10-200 0,1-1,8	mg/m^3 kg/absz.száraz t
Megjegyzés: 1) A szint megfelel a svéd kibocsájtási határértéknek		

2.12. táblázat: A kraft cellulózgyár regeneráló kazánjából származó kibocsátások kg/t cellulózban, 6000-9000 m^3/t gázáram esetén.

Az általános megfigyelés az, hogy még a kibocsátási értékek általános értékelése alatt is, minden egyes regeneráló kazán esetében meg kell keresni az egyedi optimális feltételeket.
Ahhoz, hogy a regeneráló kazánból származó SO_2 kibocsátást csökkentsük, azt gyakran felszerelik pH 6-7 között működő gázmosóval, ahol a pH-t nátrium-hidroxiddal (NaOH), gyenge lúggal vagy oxidált fehérlúggal állítják be. A magasabb pH eltávolítja a kén-hidrogént, de a szén-dioxid abszorbeálódik, és ez gyorsan semlegesíti az alkaliát. A gázmosó felesleges folyadékát visszavezetik a folyamatba, általában a fehérlúg előállí-tásához.
Az NO_x keletkezése a regeneráló kazánban a feketelúg nitrogén tartalmától és az égetés során fennálló oxigén feleslegtől függ. Az egységnyi MJ-lal a levegőbe jutó NO_x keletkezés általában viszonylag alacsony, mivel a hatékony regeneráláshoz viszonylag alacsony oxigén koncentráció szükséges és az NO_x kibocsátás általában 1 és 2 kg/t rost között van.
A felesleg oxigén 1,5 %-tól 2,5 %-ra való növelése kb. 20 %-kal növeli az NO_x koncentrációt, hasonlóban a szárazanyag 65 %-tól 75 %-ra való növelése az NO_x koncentrációt kb. 20 %-kal növelheti. A lombosfa feketelúgban a nitrogén koncentráció nagyobb, mint a tűlevelű fa feketelúgjában, ami szintén kb. 10 % NO_x tartalom növekedését eredményez.
Az NO_x csökkentése a levegő betápláló rendszer módosításával, illetve az égetési feltételek optimalizálásával érhető el. A kibocsátás általában 50 és 80 mg/MJ között van, de az újabb regeneráló kazánokban elérhető a 40 mg/MJ érték, ami jóval 1 kg NO_x/t cellulóz érték alatt van (Moensteras gyár, Svédország)

3.1.1.3.1 *Kellemetlen szagú gázok*

A kraft cellulóz gyártáskor keletkező bűzös gázok jellemzően a kén-hidrogén, a metil-merkaptán, a dimetil-szulfid és a dimetil-diszulfid. Néha a bűzös gázokat, mint összes redukált kén (TAS – totál reduced sulphur) adják meg. A bűzös gáz áramot általában két, un. erős (koncentrált) és gyenge (higított) gázáramra osztják. Az utóbbi megfelel 0,5 g kén/m^3-nek, míg a koncentrált 5 g/m^3 feletti koncentrációt jelent.
A koncentrált gáz a főzőből, a bepárlóvizekből és a kondenzátum elnyelőkből származik.
Ezek összességében 25 m^3/t rost mennyiséget érnek el. A főző üzemből származó nem kondenzálható gázok valamint az elnyeletői gázok a bepárlóüzem rossz szagú kondenzátumait elnyeletó áramból általában 1-2,5 kg S/légszáraz tonna értékűek, és az eltérő ligninszerkezet miatt lombosfák esetében nagyobb, mint a tűlevelű fák esetében.
A híg (gyenge) gázok az apríték előgőzölőből, az osztályozásból, a rost mosásából, az ömledék oldóból és feketelúgot tartalmazó tároló tartályok szellőzéséből erednek. Ezek összességében kb. 2000-3000 m^3/t rost értékűek, és 0,2-0,5 kg S/légszáraz tonna ként tartalmaznak.
A feltárás és bepárlás során a rossz szagú vegyületek egy része a kondenzátumba kerül. A redukált kénvegyületek mellett a kondenzátum metanolt és más oxigén fogyasztó vegyületet is tartalmaz (BOI terhelés). A rossz szagú kondenzátumot összegyűjtik, és a fentebb leírtak szerint külön kezelik (lásd a különböző lépcsőkből származó szennyvíz kibocsátások).

A levegőbe történő kibocsátások összegzése a külső kezelés után:

Az illékony szerves vegyületek (VOC – volatile organic compounds) kibocsátása a tárgyalt folyamatok esetében kb. 0,4 kg/t tűlevelű kraft cellulóz és kevesebb, mint 0,1 kg/t lombosfa kraft cellulóz. Mint ahogy fentebb említettük, bizonyos mennyiségű VOC kibocsátás tapasztalható az apríték halomból is. Példaként említjük meg, hogy a kraft cellulóz gyártáskor az aprítékból származó VOC kb. 0,2-0,3 kg/m^3 fa.

3.1.1.4 Szilárd hulladék keletkezése.

A kraft cellulóz gyártásában különböző fajta szilárd hulladék keletkezik: szervetlen iszap (üledék és mésziszap) a regeneráló üzemben, kéreg és famaradék a fa előkészítő üzemben, iszap a szennyvíz-kezelő üzemben (szervetlen anyag és biológiai iszap), por a gőzfejlesztőkből és kazánokból, osztályozási maradék (elsősorban homok) a fa előkészítéskor, hamu és egyéb különböző anyagok (pl. építő anyagok). Számos szerves anyag, amely kezelhető anyagnak tekinthető, elégethető energia visszanyerés céljából.
Ezek általában a kérget és fahulladékot, valamint a vízkezeléskor keletkező iszapot jelentik.
Az üledékeket és a mésziszapot a regenerálási ciklusból eltávolítják annak érdekében, hogy az inert és a folyamathoz nem szükséges vegyi anyagokat elfogadható szinten tartsák, ez biztosítja, hogy a vegyszer regenerálási rendszerben nagy reakció sebességet le-hessen elérni.
A szennyvíz kezelése után keletkező iszap a potenciális hulladék egyik legnagyobb forrása. Nagy mennyiségű iszap keletkezik az elsődleges kezelés, valamint az eleveniszapos biológiai kezelés során. A levegőztető tavakban, valamint az anaerob kezeléskor csak csekély mennyiségű feles iszap keletkezik. A kémiai flokkuláláskor jelentős mennyiségű iszap keletkezik. A biológiai és kémiai iszap víztelenedési tulajdonságai rosszak.
Az iszapot általában besűrítik, mielőtt víztelenítik a szűrőprésben, csigás présben, vagy egy vákuumszűrőn. Gyakran a biológiai víztisztítás felesleg iszapját a víztelenítés előtt összekeverik az elsődleges iszappal, vagy a kéregtelenítőből származó iszappal. Szervetlen és/vagy szerves vegyianyagokat használnak az iszap víztelenítési tulajdonságainak javítására, vagy pelyhek képzésére. A kevert iszapot szűrőpréssel 20-25 %-os, csigáspréssel 40-50 %-os szárazanyag-tartalomra tudják kipréselni, az előkezelési lépcsőben gőzt alkalmazva.

Szennyező fajtája	kg szárazanyag/t rostanyag
Szennyvíz-tisztítási iszap	10
Fa hamuja	9
Egyéb hamuk	14
Rost és máz hulladék	5
Fa hulladék	6
Veszélyes hulladékok	0,2
Összesen	**43**
Magyarázat: „fa hamuja” a szálló hamu és por a faanyag égetésből (például kéreg égető) „egyéb hamu” hamu az energia előállításból a fán és a feketelúgon kívül „fa hulladék” kéreg, apríték, fűrészpor, fa csomagolás, stb. Ez csak akkor kerülhet hulladéktárolóba, ha nincs lehetőség az elégetésre.	

2.18. táblázat: Átlagos hulladék képződés a kraft cellulózgyárban
kg szárazanyag/t cellulózrost

Zöldlúg-iszap, üledékek és mésziszap
Ezeket a hulladékokat gyakran összekeverik és nagyon nehéz külön-külön értékeket megadni, A teljes mennyiség általában 10 és 60 kg/t cellulóz között van egy kb. 30 kg/t cellulóz átlagértékkel. Az ilyen kevert hulladék összetétele is változik. A Miljö 95/96 tervezet 4.sz. jelentéséből származó átlagadatokat a zöld lúg iszapra számolták ki különböző mésziszap mennyiség esetére.

Mésziszap %	Szárazanyag %	Hamu %	Szervesanyag-tartalom, %	összes N g/kg	Összes P g/kg	Összes S g/kg
<2	45	62	20	0,4	0,6	23

75	59	62	6,5	<0,4	2,8	6,3

2.19. táblázat: A zöldlúg-iszap átlagos összetétele különböző mésziszap mennyiség esetén

Ugyanazon minták esetére vonatkoztatva a fémtartalmat a 2.20. táblázat tartalmazza.

Mésziszap ,%	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sr	Zn
<2	430	16	9,2	75	90	0,07	60	18	330	2300
75	310	11	5,3	85	96	<0,10	29	11	290	1000
Megjegyzés: az összes érték mg/kg szárazanyagra vonatkozik										

2.20. táblázat: A különböző mennyiségű mésziszapot tartalmazó zöldlúg fémion tartalma

A zöldlúg iszapot Svédországban általában egy 30-70 % szárazanyag-tartalmú mésziszap réteggel bevont dobszűrőn szárítják ki. Ha centrifugát használnak a szárazanyag-tartalom 8-20 %-ot tesz ki. (Miljö 95/96 4.sz. jelentés). Az iszapot általában talaj takarásra használják.

Salak, hamu és aprószemcséjű anyagok (pl. az elektro-filterekből)

A SEPA 4869 dokumentum szerint ezen anyagok mennyisége kraft cellulóz előállításakor 5 és 45 kg/t cellulóz között változik.

A faudvarban keletkező, talajtakarásra szánt hulladék

A mennyiség 1 és 20 kg/t cellulóz között van. Ez a hulladék főleg kérget, homokot és követ tartalmaz. (SEPA 4869)

Osztályozási maradék/rost maradék

A SEPA 4869 korlátozott adatai alapján ez az érték 2 és 20 kg/t cellulóz között van.

Biológiai szennyvíz-kezelés iszapja

A levegőztető tavakkal üzemelő kraft cellulózgyárban az iszap mennyisége nagyon kevés, általában kevesebb, mint 1 kg szárazanyag/t cellulóz. Az eleveniszapos biológiai szennyvíz-kezelőben nagyobb mennyiségű iszap keletkezik.

3.1.1.5 Vegyszer felhasználás

A vegyszer felhasználás üzemről üzemre változik, és bizonyos mértékig bizalmasan kezelik. A fő vegyszerek felhasználása azonban kg/t cellulóz mértékegységben tipikusnak vehető.

Anyag	Felhasználás fehérítetlen szulfátcellulózhoz, kg/t	Felhasználás fehérített szulfátcellulózhoz, kg/t
NaOH	10-20	25-50
O_2	-	5-25
$NaClO_3$	-	20-50
EDTA	-	0-4
S	-	n.a.
SO_2	-	2-10
H_2O_2	-	2-30
O_3	-	0-5
$MgSO_4$	-	0-3
CaO	5-10	5-10

2.21. táblázat. A fő vegyianyagok felhasználása kg/t cellulózra vonatkoztatva

Valamennyi vegyi-anyagot 100 %-os hatóanyagúnak és nem kereskedelmi termékként vették figyelembe.

A fentebb említett vegyi-anyagok alkalmazásának célja az alábbi:

- a $MgSO_4$-et az oxigénes ligninmentesítéskor a rost szilárdságának megőrzésére adagolják, lombosfa esetében 0-2 kg $MgSO_4$/t, tűlevelű fa esetében 2-3 kg $MgSO_4$/t mennyiségben
- A ligninmentesítéshez felhasznált oxigén 12-15 kg/t lombosfa esetén és 20-25 kg O_2/t tűlevelű fa esetén.
- Az alkáli fogyasztás 12-15 kg NaOH/t lombosfa esetén és 20-25 kg NaOH/t tűlevelű fa esetén (Finn BAT jelentés, 1997)
- az EDTA vagy DTPA kelátképző anyagokat a hidrogén-peroxidos fehérítési lépcsőben a fémionok eltávolítására használják, megakadályozva ezzel a peroxid bomlását.

A kelátképző anyagok kibocsátása a befogadó vízre és a benne élő szervezetekre hatást gyakorolhat. Ezen kívül a kelátképző anyagok nitrogén kibocsátást is okoznak, melynek mennyisége függ a felhasznált kelátképző mennyiségtől.

3.1.1.6 Energia felhasználás

A hőenergia nagyobb része a különböző folyamatok melegítésére és a víz elpárologtatására fordítódik. A hőenergia a kémiai reakciók gyorsítására, vagy ellenőrzésére is felhasználódik. Az elektromos energia főleg az anyagok szállítására (szivattyúzására) és a papírgép működtetéséhez (csak az integrált cellulózgyárban) kell.
A fehérített kraft cellulóz előállítására 10-14 GJ/légszáraz tonna cellulóz hőenergia (az elektromos energia előállítására fordított hőenergián kívül) szükséges. Az elektromos energia felhasználása, beleértve a cellulóz szárítást is, 600-800 kWh/t. A cellulóz szárítására használt energia a hőenergia 25 %-a és az elektromos energia 15-20 %-a. Az elektromos energia több mint 50 %-a szivattyúzására fordítódik. Az energia felhasználás függ a folyamat elrendezéstől, a berendezésektől és a folyamatszabályozás hatékonyságától.

Az alábbi 2.23. táblázat egy integrált és egy nem integrált cellulózgyár átlagos hő és elektromos energia fogyasztását összegzi (beleértve az ellennyomásos energia termelő állomást).

Cellulóz és papír fajtája	Gyártási hő MJ/t	El. energia kWh/t
nem integrált fehérített cellulóz-termelés	14,4	760
- ebből külső szükséglet	1,2	0
Fehérítetlen cellulózgyár és integrált karton-termelés	16,4	959
- ebből külső szükséglet	1,5	388
Fehérített cellulózgyár, integrált, mázolatlan finompapír-termeléssel	17,5	1218
- ebből külső szükséglet	3,5	706

2.23. táblázat: A svéd cellulóz és papírgyárak 1995-97 átlagos energia fogyasztása (SEPA beszámoló, 4712)

Folyamat	Műveleti hő MJ/absz. száraz t	El. energia kWh/absz. száraz t
Fa kezelés	150	55
Feltárás	2050	65
Mosás és osztályozás	0	55
Oxigénes ligninmentesítés	400	45
Fehérítés	500	83
Fehérítő vegyszer előállítás	70	6
Fehérített anyag osztályozása	0	40
Cellulóz szárítás	2850	105
Bepárlás	4100	30
Regeneráló kazán	610	60
Gőzkazán	0	30
Kausztifikálás	0	20
Mészégetés (közvetlen fűtésű)	1500	10
Egyéb (cellulózüzemi)	2170	136
3.1.2 Cellulózgyár összesen	**14400**	**740**
Elfolyó víz kezelése	**0**	**20**
Összesen absz. száraz rostra	**14400**	**760**

2.26. táblázat: Egy 250.000 t/év kapacitású fehérített kraft cellulóz előállító nem integrált üzem energia felhasználása

Folyamat	Műveleti hő MJ/absz. száraz t	El. energia kWh/absz. száraz t
Regeneráló kazán, műveleti gőz	+17500	
Erőmű kazán, műveleti gőz (csak saját kéregből)	+3000	
Turbinás áramfejlesztő	-2600	+650
Külső forrás	+1200	0
Felhasználás (benne mészégető is)	-14400	-630
Elfolyó víz kezelése	0	-20
Többlet energia a cellulózgyárból (benne a hulladék hője)	**+4700**	**0**
Összes külső forrás	**1200**	**0**

2.27. táblázat: Egy 250.000 t/év kapacitású fehérített cellulózt előállító nem integrált üzem energia mérlege

Mint ahogy a fenti táblázatokból látható a kémiai cellulóz előállító üzemek energia-intenzív létesítmények, amelyek sok energiát igényelnek, de ugyanakkor a regenerálható fűtőanyag felhasználásával gőzt és elektromos áramot is termelnek.
A korszerű, nem integrált kraft cellulózgyárak energetikailag önfenntartók, mivel a beérkező fa 50 %-át a regeneráló kazánban elégetve (a sűrű feketelúggal együtt) hatékony energia visszanyerést végeznek.

Továbbá a különböző folyamtokkal szekunder energia nyerhető vissza meleg és forró víz (40-80 ^{o}C) formájában. A fosszilis energia használata csak mint kiegészítő tüzelőanyag kerül felhasználásra (pl.: olaj a mészégető kemencékben).
A nem integrált kraft cellulózgyárban a hagyományos erőmű elrendezése a regeneráló kazán, egy túlnyomásos turbina közbenső gőz elvétellel és ha lehet, kondenzálással. A regeneráló kazán, mint hőerőmű úgy működik, hogy az erős feketelúgot elégetik és a keletkező hőenergiát nagynyomású túlhevített gőz előállítására használják.
A rossz szagú gázokat összegyűjtik és elégetik, elsősorban környezetvédelmi célokból, mivel ezek a gázok nem, vagy csak kevés nettó energia termelésre alkalmasak.

A szennyvizek külső tisztítása általában energia fogyasztó (az alábbi adatokat az 1997-es finn jelentés tartalmazza). Az anaerob kezelés a kivétel, amennyiben a keletkező biogáz energia tartalmát égetéssel hasznosíthatják.
Az eleveniszapos kezeléskor az elektromos energia felhasználás 1,2-2 kWh/kg BOI csökkenés (levegőztetés és szivattyúzás), ami megfelel 1-1,5 kWh/m^3-nek. A szűrésre felhasznált energia mennyisége a szűrőközegen fellépő nyomáseséstől függ. Például a mázolt papírt gyártó üzemek szennyvizének ultraszűrése 3-5 kWh/m^3 energiát igényel. Az alacsony nyomású bepárlás, ahol mechanikus gőz-rekompressziót alkalmaznak, 5-15 kWh/m^3 energiát igényel. Egy tonna kraft cellulózra számolt fajlagos energia fogyasztás a mechanikai kezelésre 3 kWh/t és 46 kWh/t a gyárból származó szennyvíz eleveniszapos biológiai kezelésére.

3.1.2.1 Zaj (helyi)

Számos helyi zajforrás van, mint például az apríték készítés, szellőztető berendezések, az apríték halmok ventillátorai és a gőz elszívók. A teherautók és egyéb gépek, amelyeket az üzemben használnak, zajt okozhatnak az üzem környezetében. Példaként említjük meg, hogy a svéd cellulózgyárakban az üzem közepétől számított 500 m-re a zajszint kb. 50 dB lehet éjszaka és 2 km távolságban ez az érték nem lehet több mint 45 dB. Valamennyi iparágra vonatkozik Svédországban az a működő irányelv, hogy a legközelebbi emberek által lakott épületnél a zajszint kevesebb legyen 45 dB-nél. Ezt nehéz elérni, ha a házak az üzemhez nagyon közel, pl. 500 m-nél kisebb körben helyezkednek el.

3.1.2.2 A talajba és a talajvízbe történő kibocsátások

Amennyiben a vegyianyagok helyi kezelésére és tárolására a megelőző szabályokat figyelembe vették, és a cellulóz-papírgyár üzemeltetése jól kézben tartott és ellenőrzött, általában nem fordul elő veszélyes kibocsátás a talajba vagy a talajvízbe.
Az ipari balesetek esetére adandó válasz előkészítése és megakadályozása érdekében alkalmazott általános politikát a megelőzési elvekre építik (IV. Függelék IPPC-D) . Ez azt jelenti, hogy az üzemet úgy építik fel, és úgy működtetik, hogy meg lehessen akadályozni a normális működtetés ellenőrizetlen továbbfejlesztését, és hogy csökkenteni lehessen a balesetek követelményeit. A legjobb biztonságtechnikai megoldások kerülnek felhasználásra.
A talajba, illetve a talajvízbe történő veszélyes kibocsátások megakadályozására a vegyszerek kezelését és besorolását, a biztonságos ipari szerelést az alábbiak szerint kell végrehajtani:

- a tervezést és a berendezések működtetését úgy kell végezni, hogy potenciális szennyezőanyag ne tudjon kiszabadulni,
- a veszélyes szennyezőanyaggal érintkezésbe kerülő valamennyi részegységben a szivárgás gyors és reális észlelési lehetőségének megteremtése.
- a szimpla falú földalatti tartályok erre a célra nem alkalmasak.
- az anyagok szivárgásának gyors és reális észlelése annak biztosítása, hogy ezek az anyagok ne tűnjenek el és megfelelően legyenek elhelyezve. Ha nem duplafalú a berendezés, és nincs ellátva szivárgás jelzővel, szabály szerint a berendezést

megfelelően tartós és szivárgásmentes tervezésű gyűjtőrendszerrel kell felszerelni. Elvileg a gyűjtőkamrák nem szerelhetők fel ürítőnyílásokkal.

- az ellenőrzést, karbantartást és riadó tervet is tartalmazó kezelési utasítást kell szerkeszteni, kifüggeszteni és figyelemmel kísérni.

3.2 *A BAT meghatározása szempontjából figyelembe veendő technikák*

Ebben a fejezetben az összes jelenleg kereskedelmileg elérhető technikát írjuk le, amelyek alkalmasak a kibocsátások/hulladékok megelőzésére, vagy csökkentésére az energia és a nyersanyagok mennyiségének csökkentésére, mind az új, mind pedig a létező berendezésekre vonatkozóan.
A 2.31. táblázatban a kraft cellulózgyártás során történő kibocsátások csökkentésére alkalmas technikákról adunk áttekintést.
A sorokbban az egyszerű elérhető technikákat hasonlítottuk össze. Ugyanabban a táblázatban megpróbáltuk az egyes technikák kereszthatásait is megadni. Arra a következtetésre jutottunk, hogy nem könnyű a kereszthatásokat úgy megadni, hogy azok ne okozzanak valamilyen vitát. Számos „szürke terület" található a kereszthatások megítélésekor.
Az egyes országokban a különböző technikáknak a kibocsátásra gyakorolt hatása tanulmányozására, a nyersanyag felhasználás és az üzem működésének értékelésére minőségi jelzést használnak felfelé és lefelé mutató nyilakkal. A lefelé mutató nyíl „↓" a nyersanyag energia megtakarítást és a kibocsátások csökkentését jelenti a különböző közegekbe: a vízbe, levegőbe és a talajban. A felfelé mutató nyíl „↑" a kibocsátás növekedését, a gyártási folyamatokban a felhasználások növekedését mutatja. A szennyezés meghatározása és ellenőrzése érdekében tett bizonyos intézkedések egy azon időben nem csak egy környezeti közegre (víz, levegő, vagy talaj) vannak hatással.
Minden tárgyalt technikát referencia jellel láttunk el, amely megkönnyíti a szövegben a megfelelő szakasz kiválasztását, ahol az adott egyedi technikát részletesen tárgyaljuk.

Ebben a fejezetben a környezeti és gazdasági szempontból a legmegfelelőbb technikai lehetőségeket tárgyaljuk. Megpróbáltuk egységes szerkezetben tárgyalni az egyedi megközelítéseket annak érdekében, hogy a BAT meghatározása szempontjából valamennyi technikát hasonló módon mutassuk be.
Ezen a technológiai felsoroláson kívüli megfelelő csoportosítás biztosítja az üzemek számára ugyanazon időben a jó környezetvédelmi és gazdaságossági megoldásokat. Az azonban az üzemre tartozik, hogy melyik lehetséges technikát alkalmazza a következő fejezetben leírtak közül az „Elérhető legjobb Technika" (BAT) elérését biztosító fogyasztási, illetve kibocsátási értékek vonatkozásában.

A BAT előírásainak megfelelő technikák	Hatás a felhasználási és kibocsájtási szintekre (kereszthatások)					Hatás a termelési folyamatokra
	Vegyszer felhasználás	Energia felhasználás	Kibocsájtás vízbe	Kibocsájtás levegőbe	Szilárd hulladék	Energiamérleg, hozam, gyári teljesítmény, stb.
3.3.1. Száraz kéregtelenítés	n.h.	↑ kéregtelenítés	↓ KOI ↓ ö. száraza. ↓ elfolyás	n.h.	n.h.	↑ energiaterm. a kéreg kazánban
3.3.2. Nyújtott módosított főzés kis kappáig Folyamatos (c) vagy szakaszos (b)	↑ a főzésnél ↑ mész igény ↓ fehérítésnél	(↑) főzésnél (c) ↓ főzésnél (b) (↑) bepárlásnál (↑) mészégető	↓ KOI ↓AOX	↑ szag	n.h.	↑en. termelés (↑/↓) végső rosthozam
3.3.3. Zárt osztályozás	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.	n.h.
3.3.4. Oxigénes ligninmentesítés	↑ O_2 lépcsőben ↓ fehérítésnél	↑ O_2 lépcsőben ↑ fehérlúg oxidációnál ↑ kausztifikálás, mészégetés	↓	n.h.	(↑)	(↑ energiaterm.)
3.3.5. Ózonos fehérítés	↑ O_3 lépcsőben ↓ fehérítésnél	↑ O_3 lépcsőben ↑ O_3 fejlesztés ↓ fehérítésnél	↓	n.h.	n.h.	n.h.
3.3.6. ECF fehérítés (TCF-fel szemben, azonos kis végső kappára)[1]	(↑/↓)	(↑/↓)	↑ AOX ↑ ClO_2	↑ Cl_2	n.h.	n.h.
3.3.7. TCF fehérítés (ECF-fel szemben, azonos kis végső kappára)[1]	(↑/↓)	(↑/↓)	(↓ KOI) ↓ AOX ↓ N (kelát)	n.h.	n.h.	n.h.
3.3.8. Fehérítő üzem részleges zárása + növelt bepárlás	↑ fehérítésnél	↑ bepárlás	↓	(↑)	(↑)	(↓ víz felhasználás)
3.3.9. Elfolyások minél tökéletesebb összegyűjtése	n.h.	↑ bepárlás	↓	n.h.	n.h.	n.h.
3.3.10. Hatékony mosás és folyamat ellenőrzés	↓ fehérítésnél ↓ főzésnél	↑ mosás (elektr.)	↓	n.h.	n.h.	
3.3.11. Kondenzátumok összegyűjtése és újbóli felhasználása	↓ fehérítésnél	↑ gőz	↓ KOI, N	↓ szag	n.h.	n.h.
3.3.12. Puffer tartályok az összegyűjtött folyadékoknak	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.	n.h.
3.3.13. Biológiai szennyvízkezelés	↑	↑	↓	(↑ szag)	↑	Iszap égetés?
3.3.14. Harmadlagos kezelés (lecsapatás)	↑	↑	↓	n.h.	↑	Iszap égetés?
3.3.15. Feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése	n.h.	↑ bepárlás	n.h.	↓ SO_2 (↑ NO_x)	n.h.	↑ szüks. besűrítő kapacitás ↑ en. termelés a reg. kazánban ↑ term. kapacitás
3.3.16. Mosó felszerelése a regeneráló kazánhoz	n.h.	(↑)	n.h.	↓	n.h.	(↑/↓) energiamérleg
3.3.17. Regeneráló kazánban a szagos gázok elégetése	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓	n.h.	↑ en. termelés (égetés hővissza-nyeréssel)
3.3.18. Mészégetőben a szagos gázok elégetése	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓	n.h.	(↑ en. termelés)
3.3.19. Szagos gázok elégetése különálló kazánban + mosás	↓ S többlet igény ↑ S felesleg	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓ (↑ NO_x)	n.h.	↑ en. termelés (égetés hővissza-nyeréssel)
3.3.20. Kis NO_x kibocsájtású kazánok . Kis NO_xtermelő mészégető	n.h.	n.h.	n.h.	↓ NO_x	n.h.	n.h.
3.3.21. SNCR a kéreg égetőben	↑ karbamid/NH_3	↑ kezelő rendszer	n.h.	↓ NO_x (↑ NH_3)	n.h.	n.h.
3.3.22. Kis NO_x kibocsájtású regeneráló kazán ltüztér feletti levegővel (OFA)	n.h.	n.h.	n.h.	↓ NO_x	n.h.	n.h.
3.3.23. Mészíszap mosásának növelése	n.h.	n.h.	n.h.	↓	n.h.	n.h.
3.3.24. ESP a kéreg kazánra és a mészégetőre	n.h.	↑ el. áram	n.h.	↓ por	n.h.	n.h.

Jelmagyarázat:
↑=növekedés, ↓=csökkenés, n.h.=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (↑/↓)=lehet vagy nem lehet hatás/befolyás a körülményektől függően
[1] hatékony szennyvíz tisztítással; EFC=elemiklór-mentes, TFC=teljesen klórmentes

2.31. táblázat: Az elérhető legjobb technikák a kraft cellulóz gyártásában, és ezek környezeti hatása, valamint az üzem működésére gyakorolt hatása

3.2.1 Nyújtott módosított feltárás (szakaszos és folyamatos) alacsony Kappa-szám eléréséhez

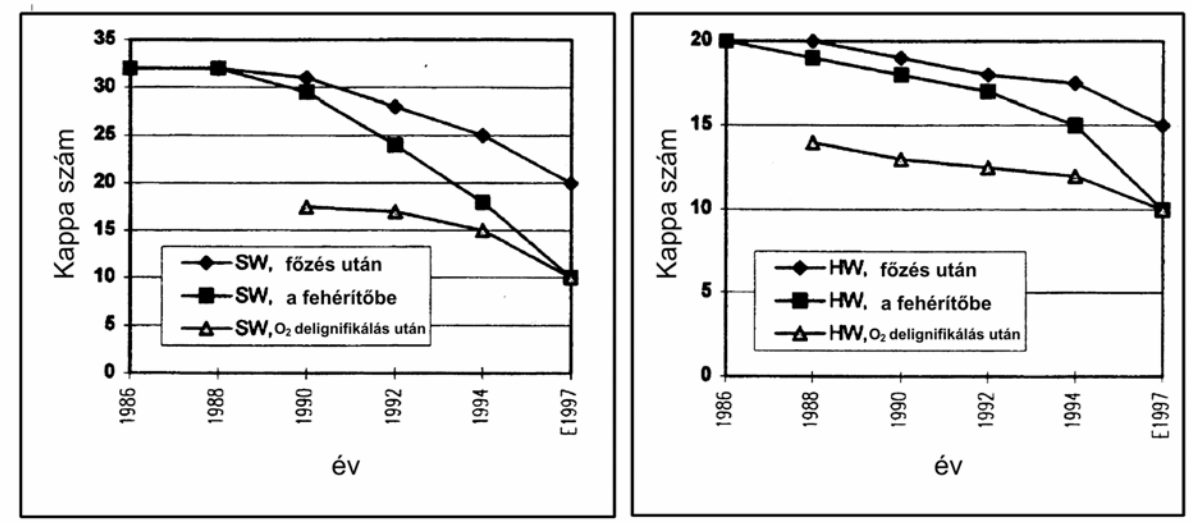
A technika leírása: A fehérítő üzem előtti ligninmentesítést a főzőberendezésben végzik, és számos üzemben oxigénes ligninmentesítést is végeznek. Ezért a 2.3.2. „Nyújtott módosított feltárás" és a 2.3.4. „Oxigénes ligninmentesítés" mint önálló egységet kell tárgyalni, mivel ami környezetvédelmi szempontból lényeges, az a ligninmentesítés összességének mértéke, amelyet a cellulózrost a ligninmentesítési lépcsőkben elért a fehérítőüzembe való belépés előtt.
A fehérítőüzembe kerülő cellulóz lignintartalmának csökkentése érdekében (a Kappa-szám csökkentésére) a költséges fehérítő vegyszerek mennyiségének csökkentésére az 1970-es évek végén, az 1980-as évek elején nyújtott ligninmentesítés (vagy módosított kraft feltárás) került bevezetésre.

Folyamatos feltárás

A folyamatos rendszerben a módosított folyamatos feltárás (MCC) a nyújtott módosított folyamatos feltárás (EMMC) és az izotermikus feltárás (ITC) jelenti a három változatot. Az MCC eljárásban a főzőben a feltáró zóna két részre van bontva, a kezdeti egyenáramú zónára és az azt követő ellenáramú zónára.
A feltárási technológiában a legújabb fejlesztés az izotermikus feltárás (ITC), ami az MCC továbbfejlesztett változata. Az ITC eljárásban a teljes főzőedényt használják a ligninmentesítésre, amely enyhébb feltételeket (alacsonyabb feltárási hőmérséklet) tesz lehetővé és így a cellulóz szilárdsága is megmarad.

Szakaszos feltárás

A szakaszos feltárási rendszerben három általánosan alkalmazott eljárás ismeretes: a gyors helycserés felfűtés (RDH), a SuperBatch és az EnerBatch eljárás. Az RDH és a SuperBatch folyamatokban egy feketelúgos előkezelést (impregnálás) végeznek annak érdekében, hogy csökkentsék a hő felhasználást, és ezzel együtt növeljék a kezdeti szulfid koncentrációt és csökkentsék az effektív alkáli szintet.
A lignintartalmat általában a Kappa-számmal jellemezzük, melyet szabványosított módszerrel határozunk meg. A hagyományos feltárásban van egy határa a Kappa-számnak, aminél a cellulóz minősége még nem romlik (ez az érték kb. 30-32 tűlevelű fa feltárásakor és 18-20 egység lombosfa feltárásakor).
A finn kraft cellulózgyárakban előforduló Kappa-szám értékeket mutatja a 2.8. ábra.



2.8. ábra: Kappa-szám trendek a finn kraft cellulózgyárakban (finn BAT jelentés, 1997)

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: A folyamat integrált technika. Az intézkedés az új kraft cellulózgyárakban és korlátozott mértékben a meglévő gyárakba is alkalmazható.
Számos folyamatos főzőt állítottak át az ITC technikára a termék minőségének feláldozása nélkül. Ezt a lehetőséget azonban minden egyes egyedi esetben meg kell vizsgálni (ezt a nyomástartó edény mérete és kapacitása szempontjából kell megtenni). Más folyamatos főzőket MCC-re lehet átalakítani.
A folyamatos feltárási rendszerben az üzem kapacitása a nyújtott feltárással csökkenni fog, és a cellulózgyár nagyobb költséggel fog üzemelni.
A szakaszos főzési eljárásban a nyújtott ligninmentesítés kiszorításos technikával és feketelúg cirkuláltatással valósul meg. A folyamatot a hagyományos üzemekben meg lehet valósítani, amennyiben a főzőberendezés kapacitása megfelelően nagy. Az új beruházásoknál a főzőből kijövő cellulóz Kappa-száma tűlevelű fák esetében 15-16, lombosfák esetében 12 körüli értéken is lehet.

A környezetvédelmi beavatkozás fő eredményei: Az alacsonyabb lignintartalom a fehérítőüzemből nem csak kevesebb szervesanyag kibocsátást, de kevesebb tápanyag kibocsátást is eredményez. Egy egységnyi Kappa-szám durván 0,15 % lignintartalmat jelent a cellulózban. Ha a Kappa-számot a feltárás, vagy az oxigénes delignifikáció során egy egységgel csökkenti tudjuk, ez a fehérítési lépcsőkben kb. 2 kg/t KOI csökkenést eredményez. (a TCF üzemben ez az érték 3 kg KOI/Kappa szám lehet.

Kereszthatások: A nyújtott feltárás a kraft folyamat számos elemére hatással van:

- az aktív alkáli ($NaOH+Na_2S$) fogyás enyhén emelkedhet
- a regeneráló rendszerbe bekerülő oldott anyag mennyisége növekszik,
- a regeneráló kazánban nő a hőtermelés,
- a fehérítő vegyszerek szükséglete csökken,
- a fehérítő üzemből kisebb szennyezettségű szennyvíz lép ki.
- a módosított szakaszos feltáráskor az energia felvétel és a lefúvatási gőzök mennyisége csökken, de a feketelúg bepárlására felhasznált gőz mennyisége növekedhet.

Működtetési tapasztalatok: A Kappa-szám csökkentés tűlevelű fák esetében 6-7 egység, a lombosfák esetében 4-5 egység a szilárdsági tulajdonságok csökkenése nélkül.

Gazdaságosság: A meglévő hagyományos feltárási rendszer módosításának beruházási költségei egy napi 1500 t kapacitású üzem esetében a nyújtott feltárású ligninmentesítésre áttéréskor 4-5 M Euro.. A BOI és KOI csökkentés megvalósításához a mosás hatékonyságát növelni kell. Ez további 2-4 M Euro-t igényel.
Általánosságban a nyújtott feltárás hatása a termelésre erősen hely-specifikus Ha a regeneráló rendszer a szűk keresztmetszet, a nyújtott feltárás bevezetése kockáztatja a termelés volumenét, mivel a rendszer ezen része fokozottabb igénybevételnek van kitéve (lásd: fentebb)

3.2.2 Zárt osztályozó rendszer

A technika leírása: A barnaanyag-mosóvonal teljesen zárttá tehető, ahogy ez a legtöbb európai üzemben már megvalósult. A korszerű fa kezeléssel és feltárással a feltárás után a cellulózrost jóval kevesebb mint 0,5 % csomót és durva anyagot tartalmaz.
Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: A folyamat integrált technika. Az intézkedés mind a meglévő, mind az új üzemben alkalmazható. A mosás és osztályozás zárása a jelenleg használatos berendezések kiegészítését, vagy cseréjét igényelheti, hogy elérhető legyen a kisebb vízfogyasztás, vagy a korrózionak jobban ellenálló anyagot lehessen alkalmazni.
A környezetvédelmi beavatkozás fő eredményei: A zárás jelentős mértékben járul hozzá az elfolyóvíz szervesanyag-tartalmának csökkenéséhez.
Kereszthatások: Az energia felhasználás a bepárlási szükséglet növekedése miatt növekszik.
Üzemeltetési tapasztalatok: Az intézkedést 1980-as évek óta jó hatásfokkal alkalmazzák. Például Finnországban a barnaanyag mosás és osztályozás zárása a legtöbb üzemben megvalósult.
Gazdaságosság: A beruházási költségek az osztályozó rendszer zárására:. új üzem esetében 4-6 M Euro, meglévő üzem esetében 6-8 M Euro. A működtetési költségek napi 1500 t termelés esetén 0,3-0,5 M Euro/év.
A technika bevezetésének hajtóereje: A vízbe való kibocsátások csökkenése a fő indoka a fenti technikák bevezetésének.
Referencia üzemek: számos üzem Európában.

3.2.3 ECF fehérítési technika

A technika leírása: Az ECF fehérítés (elemi klór nélküli) elemi klór (klórgáz, Cl_2) alkalmazása nélküli technika. Az ECF eljárásában a fő fehérítő anyag a klór-dioxid.
A ligneltávolítás a fehérítés segítségével több lépcsőben játszódik le, az első két lépcsőben a lignin kiszabadítása és extrakciója a további lépcsők a ligninmaradékok eltávolítása és a termék készre fehérítése megy végbe. A fehérítőüzem különálló fehérítési lépcsőkből áll, melyben különböző vegyszereket, vagy azok kombinációját adagolják.
Az első fehérítési lépcsőben az elemi klór klór-dioxiddal helyettesíthető, mivel egységnyi klórtartalomra számított klór-dioxid ötször nagyobb oxidáló képességgel bír a klórhoz képest, és gyakorlatilag ugyan olyan szelektíven távolítja el a lignint, mint a klór A lúgos extrakciós lépcső megerősítése oxigénnel vagy hidrogén-peroxiddal növeli az oxidációs fehérítő hatást, ami csökkenti a maradék lignin mennyiségét a végső klór-dioxidos lépcsők előtt.
A klór klór-dioxiddal való növekvő ütemben történő helyettesítése a fehérítési folyamat általános módosítását, tehát a működő klór-dioxid előállító üzemek kapacitásának növelését igényli. Számos technikai megoldást vizsgáltak, melyek közül néhány a nagyüzemi alkalmazás szempontjából is megfelelőnek bizonyult
A 2.34. táblázat a nagyszámú lehetséges variáció közül mutat be néhányat. A tiszta ECF fehérítési sorrend példái a következők: (DZ) (EOP)D, (DQ) (PO), D(EOP) D (DP) ezek mind

a lombosfa-cellulóz, mind pedig a tűlevelű fa-cellulóz fehérítésére alkalmasak a célul kitűzött fehérségi foktól függően.

Elemiklór-mentes/tűlevelű fa	Elemiklór-mentes/lombosfa
D(EP)D	D(EOP)D(EP)D
DPDP	D(EO)D(EP)D
D(EOP)DD	D(EOP)DD
D(EO)DD	D(EO)DD
D(EO)D(EP)D	QDPZP
DQ(PO)	
D(EOP)DED	
D(EO)D(OP)	
D(EOP)D(OP)	
(OP)DQ(PO)	
Magyarázat: D=klór-dioxidos fehérítési lépcső, vizes ClO_2 oldat alkalmazásával, E=lúgos extrakciós lépcső NaOH alkalmazásával, EO= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, EP= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő H_2O_2 alkalmazásával, P= lúgos lépcső H_2O_2 alkalmazásával, EOP= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz és H_2O_2 alkalmazásával, Q=savas lépcső, ahol EDTA vagy DTPA kelátképzőt adagolnak a fémek eltávolítására, Z=ózonos fehérítés O_3 gáz alkalmazásával, PO=nyomás alatti peroxidos fehérítés	

2.34. táblázat: ECF fehérítési sorrend a tűlevelű fa (SW) és a lombosfa (HW) kraft folyamatban

A klórdioxidnak a legnagyobb a szelektivitása a technikai fehérítőszerek között. Az első lépcsőben csak klórdioxidot használva azt jelenti, hogy az összes effektív klór adagot fel kell emelni és az extrakciós lépcsőkben nagyobb mennyiségű oxigént és hidrogén-peroxidot kell adagolni összehasonlítva a hagyományos C vagy C/D lépcsővel.

A klórdioxidos lépcső (D) jellemzői:
Pépsűrűség 10 %, reakció idő 30 perc, hőmérséklet 60 ^{o}C, végső pH 3,5.
Oxigénnel és peroxiddal erősített lúgos extrakciós lépcső jellemzői (EOP):
Pépsűrűség 12 %, reakció idő 60 perc, hőmérséklet 60-70 ^{o}C, lúgadagolás 10-20 kg NaOH/t, oxigén adagolás 3-6 kg/t, hidrogén-peroxid adagolás 2-4 kg/t.

A peroxidot különböző helyeken és különböző módon lehet adagolni:

- az enyhe kezdeti oxigénes lépcső erősítése (alacsony vagy közepes adagolás)
- a lúgos extrakciós lépcsők erősítése (alacsony adagolás)
- a végső fehérség beállítása a nagysűrűségű tároló toronyban (alacsony adagolás),
- külön ligninmentesítési/fehérítési lépcsők (nagy mennyiség adagolása),
- külön nyomás alatti ligninmentesítési/fehérítési lépcső (nagy mennyiségű adagolás, PO). A fehérítő üzemben utolsó lépcsőként (PO) alkalmazva az a pozitív hatás, hogy ECF-cellulóz állítható elő anélkül, hogy a meglévő üzemben a klór-dioxid előállító üzemet bővíteni kellene.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzői:
Az intézkedés a meglévő és az újonnan létesítendő üzemekben is alkalmazható. A meglévő üzem ECF üzemmé alakítása lehetséges, de gyakran a rostvonal és a klór-dioxid előállítás jelentős módosítását igényli.

A környezeti megfelelőség fő eredményei: A 2,3,7,8-TCDD és a 2,3,7,8-TCDF vegyületek koncentrációja a kimutathatósági határ alá csökkentése. Azonban a dioxinok teljes eliminálása az ECF fehérítés szennyvizeiben a Kappa-szám és a ClO_2 tisztaságának függvénye.
Gazdaságosság: Egy napi 1500 t ECF fehérítési rendszer beruházási költsége 8-10 M Euro, új üzem esetén és 3-5 M Euro meglévő üzem esetén. A működési költség 10-12 M Euro/év.
A technika alkalmazásának hajtóereje. A vízbe történő AOX kibocsátás csökkentése (szennyvízkezelő üzem és a befogadó) a módszer alkalmazásának fő oka.
Referencia üzemek: Néhány üzem Európában Észak-Amerikában és Dél-Afrikában.

3.2.4 TCF fehérítési technika

A technika leírása: A teljesen klórmentes (TCF) fehérítésben semleges klórtartalmú vegyszert sem használnak. A TCF fehérítés gyorsan fejlődött annak ellenére, hogy alkalmazása néhány módosítást igényelt a feltárási folyamatban.
A TCF fehérítésben a hidrogén-peroxid az ózonnal (Z) és a perecetsavval (PA) együtt a leggyakrabban használt vegyianyagok.
A hidrogén-peroxid mennyiség csökkentésének egyik lehetséges módja egy ózonos lépcső beiktatása peroxidos lépcső elé (ZQP). Az ózon nagyon hatásosan csökkenti a nagyon nagy fehérség eléréséhez szükséges peroxid mennyiségét.
A per-oxidok jelenleg kereskedelmi forgalomban vannak például per-ecetsav (PA) formájában. Ez a fehérítő vegyszer értékes helyettesítő lehet a hidrogén-peroxidot megelőző lépcsőben, ahol az ózont helyettesítheti. Teljes fehérség érhető el még akkor is, ha a fehérítetlen cellulóz Kappa-száma valamivel nagyobb, mint a lehető legalacsonyabb. A TCF fehérítési sorokra példákat mutat be a 2.35. táblázat.

Teljesen klórmentes/tűlevelű fa	Teljesen klórmentes/lombosfa
Q(EP)(EP)(EP)	QPZP
Q(OP)(ZQ)(PO)	Q(OP)(ZQ)(PO)
Q(EOP)Q(PO)	Q(EOP)Q(PO)
Q(OP)ZQ(PO)	Q(OP)ZQ(PO)
Magyarázat: Q=savas lépcső, ahol EDTA vagy DTPA kelátképzőt adagolnak a fémek eltávolítására, EP= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő H_2O_2 alkalmazásával, , EOP= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz és H_2O_2 alkalmazásával, EO= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, EO= lúgos extrakciós lépcső NaOH és ezt követő oxigéngáz alkalmazásával, P= lúgos lépcső H_2O_2 alkalmazásával, Z=ózonos fehérítés O_3 gáz alkalmazásával, PO=nyomás alatti peroxidos fehérítés.	

2.35. táblázat. TCF fehérítési sor tűlevelű (SW) és lombosfa (HW) kraft feltárásakor

A Q-lépcső jellemzői:
EDTA 1-2 kg/t cellulóz pH 5,7-6,2. Pépsűrűség 10 %, reakció idő 60 perc. Hőmérséklet 90 ^oC.
Oxigénnel és peroxiddal erősített E-lépcső (lúgos extrakciós lépcső) jellemzői (EOP):
NaOH = 10-20 kg/t, oxigén 3-6 kg/t, H_2O_2 2-4 kg/t pH = 11. Reakció idő 60 perc, Hőmérséklet 60-70 ^oC.
P - lépcső jellemzői:
H_2O_2: 20-40 kg/t, pH: 11-11,5, Tartózkodási idő: 4 óra, Hőmérséklet: 90 ^oC.

Az első TCF fehérítési sorban lúgos közegű peroxidos kezelést alkalmaztak és hidrogén-peroxid jelentős használata ma is a fő jellegzetessége a TCF fehérítési eljárásnak.
A peroxid bomlását bizonyos fémionok katalizálják, ezeket a peroxidos lépcső előtt egy savas lépcsőben el kell távolítani.

A peroxid különböző helyen és különböző módon adagolható:

- az enyhe kezdeti oxigénes lépcső erősítése (alacsony, vagy közepes szintű adagolás), OP
- a lúgos extrakciós lépcsők erősítése (alacsony szintű adagolás) EP
- a végső fehérség beállítása a nagysűrűségű tároló-toronyban (alacsony szintű adagolás) P
- külön ligninmentesítési/fehérítési lépcső (nagy mennyiség adagolása) P
- külön nyomás alatti ligninmentesítési/fehérítési lépcső (nagy mennyiség adagolása) PO

A cellulózrost előkezelésére megfelelő elektrofil adalékok a peroxidos fehérítési lépcső előtt „aktiválják" a rostokat és javítják a peroxidhoz való affinitásukat. Az ózon javíthatja az ilyen típusú hatást. Az ózon a TCF fehérítésben a legáltalánosabb helyettesítője a peroxidnak. Az ózon használatának fő célja az erősebb ligninmentesítési hatás biztosítása. Az ózon aktiválja a rostokat a hidrogén-peroxiddal szemben és az eredmény nagyobb fehérség, valamivel kevesebb hidrogén-peroxid felhasználás mellett.

A meglévő üzemekben, ahol kelátképző adagolási lépcső van egy új oxigénes lépcső és mosási lépcső szükséges az ECF technológia TCF technológiára való átállásakor. Amennyiben hidrogén-peroxidos vagy ózonos lépcsőt alkalmaznak, két új fehérítőtorony és a fehérítési mosószűrők rekonstrukciója szükséges. Az ózonos fehérítés ózon generátorokat és reaktort igényel. A per-ecetsavas fehérítéshez egy fehérítési torony szükséges.
A fő környezetvédelmi eredmény: A TCF fehérítésben az AOX képződés nulla.
Gazdaságosság: Egy 1500 t/nap kapacitású új üzemben a peroxidos fehérítés beruházási költsége 7-8 M Euro, meglévő üzem esetén 2-5 M Euro a meglévő fehérítő-berendezések anyagától függően.
Ha a fehérítő berendezés anyaga megfelelő, a költség 2-3 M Euro. Az üzemeltetési költségek a peroxidos fehérítéskor meglehetősen magasak, 18-21 M Euro/év, mivel a vegyianyagok költsége magasabb, mint az ECF fehérítéskor.
A technika bevezetésének hajtóereje: Csökken az AOX kibocsátás a vízbe és a klór-organikus vegyületek képződése a TCF fehérítéskor nem fordul elő.
Referencia üzemek: Számos üzem Európában és néhány üzem máshol a világon.

3.2.5 A fehérítőüzem részleges zárása

A technika leírása: Korlátozott szennyezőanyag-kibocsátás a vizekbe a fehérítési lépcső előtt. Ha a fehérítési lépcső teljesen, vagy részben zárttá tehető, ez jelentősen csökkentheti a szerves anyagok, tápanyagok és fémek vízbe való kibocsátását. Az elsődleges feltétele annak, hogy a fehérítőüzemben a vízrendszert zárják, ami itt azt jelenti, hogy vegyszer-regeneráláshoz visszavezessék a szűrleteket, csökkenteni kell a fehérítő üzemeken átfolyó víz mennyiségét. Elkerülhetetlen, hogy az oldott szerves anyagok a peroxidos lépcsőben keringő szűrletbe feldúsuljanak. Az oldott anyagok feldúsulása jelentős mértékben növeli a fehérítő vegyszerek fogyását is. Ez a teljes fehérség elérését is megakadályozatja.
Feltételezik, hogy a cellulózrost kalciumot is tartalmaz és az oxidációs fehérítési lépcsőben jelentős mennyiségű oxálsav keletkezik. Amikor a savas lépcsőből kijövő rosthoz mosóvízként a lúgos vagy a savas szűrletet adják hozzá, amelyben a kalcium feloldódott, ezek összekeverednek, fenn áll annak a veszélye, hogy szilárd kalcium-oxalát csapadék keletkezik.

A kalcium-oxalát képződés annál valószínűbb, minél nagyobb a kalcium és az oxalát koncentrációja. Más szóval minél zártabb a rendszer és minél több szűrletet recirkuláltatnak, annál nagyobb a veszélye csapadék kiválásnak és a vízkő képződésnek.
Végezetül a klorid-tartalom növelése korróziót okozhat a berendezésekben, ha a fehérítési szennyvizek zárt rendszerben cirkulálnak. Ezért elsősorban a TCF üzemek, vagy a kevés klórdioxidot használó ECF üzemek próbálkoznak a fehérítő üzemek vízrendszerének zárásával.
Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzői: Általában, a fehérítő üzemek frissvíz felhasználásának csökkentése mind a már meglévő, mind az újonnan létesítendő üzemekben megvalósítható. De a működő üzemekben a retúrvíz tároló tartályok, a csőrendszer és a vízkezelési rendszer ellenőrző berendezésének beszerzési költségei meglehetősen magasak.
Az elért fő környezetvédelmi eredmények: Ez a szennyezés megelőzési intézkedés mind a KOI terhelés, mind a mennyiség csökkentését eredményezi. A fehérítési üzem tipikus szennyvízkibocsátása 20-40 m^3 víz/t termék. A modern szűrőkkel ellátott fehérítőkben elegendő a 20-25 m^3/t termék.
Adatok vannak arra, hogy a részleges vízzárással elérhető a 10 m^3/t szennyvíz, ami 6 kg KOI/t terméknek felel meg.
Kereszthatások: A P és D fehérítési lépcső, valamint a lúgos extrakciós lépcső számára kedvező a vízrendszer magasabb hőmérséklete. A fehérítő üzem elfolyó vízében lévő oldott szervesanyagok a bepárló üzemen keresztül a regeneráló kazánba jutnak.
Működési tapasztalatok: Egy svéd kraft cellulózgyárban a nyírfa vonalon a vízrendszer zárását már 1993-ban megpróbálták. A berendezés teljes mértékű üzemeltetése a fehérítői szennyvizek használata nélkül néhány hónapig folytatódott. Vízkő lerakódási és dugulási problémák miatt (kalcium-oxalát lerakódás miatt) a vízrendszert részben újra nyitották az első savas lépcsőben, hogy eltávolítsák a legnagyobb kalcium koncentrációjú szűrletet.
Gazdaságosság: Jelentős beruházást kell végrehajtani a vízelvezető rendszer teljes átépítésére a fehérítő üzemben, valamint a belső vizek tárolására külön tároló kapacitás kiépítése szükséges.
A technika bevezetésének hajtóereje: A KOI és BOI kibocsátás csökkentése. A külső biológiai tisztítók nélkül üzemelő gyárak voltak az elsők, akik csökkentették a fehérítői szennyvizek mennyiségét a folyamaton belüli intézkedések megtételével.
Referencia üzemek: Néhány üzem Svédországban, Finnországban és Észak-Amerikában.

3.2.6 Majdnem minden elfolyás összegyűjtése

A technika leírása: A kémiai cellulóz üzemben intézkedéseket kell hozni a folyamatban keletkező elfolyások kibocsátásának minimalizálására. A külső elfolyások kezelése, különösen ha biológiai kezelés is van, erősen megzavarható a kémiai feltárásból származó véletlenszerű kibocsátásokkal.
A feltáró folyadék a barnavonal-mosóba lévő tömítésekből a folyadék ellátó szelepek és szivattyúk, a csomótlanítók és osztályozók, a szennyvíz bepárló egységek és egyéb, a karbantartás, indítás és leállás esetén előforduló hibák miatt szenvedhet veszteséget. Folyadék veszteség a folyamatban bekövetkező üzemzavar, tartály túlfolyás, mechanikai törés, kezelői hiba és konstrukciós hiba miatt fordulhat még elő.
A hatékony visszanyerés általános elve azt igényli, hogy a szennyezett elfolyások tartályait úgy helyezzék el, hogy az összes szivárgást, a szennyezett tömítő vizet, a főzőüzem, a mosó, az osztályozó, a folyadéktárolók és bepárlóüzem, a főzőfolyadék előkészítő üzem padló mosó vizeit zsompokban össze lehessen gyűjteni és onnan közvetlenül vagy egy közbenső tartályon keresztül a folyadéktároló tartályba át lehessen szivattyúzni. Az ilyen visszanyerés szükségességének gazdasági oka van, és arra a területre korlátozódik, ahol a kevert szivárgások szárazanyag tartalma legalább 2-3 %. A padló mosó- és a tömítő víz ezeken a

gyűjtőhelyeken felhígítja a visszanyert folyadékot, ezért intézkedni kell, hogy a hígulás ne legyen túl nagy.
Az elért fő környezetvédelmi eredmény: Ez a központi szennyezés elleni intézkedés kapcsolatban van a BAT 2.3.12. pontjával „megfelelően nagy puffer tartályok stb.”. Az elérhető környezetvédelmi eredmény mindkét BAT kombinációját igényli.
Az általános elemzés azt mutatja, hogy a jó folyamatirányítással, megfelelően megtervezett szivárgás kezeléssel és visszanyeréssel és a bepárlásra legalább 5-10 %-os többlet kapacitással az elfolyó KOI terhelése 3-8 kg/t értékkel csökkenthető, összehasonlítva azon üzemekkel, ahol a szivárgás visszanyerése nem elég hatékony, és a folyamat stabilitása nem kezelhető. Az összes szivárgás kisebb kell, hogy legyen mint 2 kg KOI/t cellulóz rost.
Gazdaságosság: Az elszivárgó folyadék kezelésére kialakított rendszer beruházási költsége egy 1500 t/nap kapacitású kraft cellulózüzemben 0,8-1,5 M Euro. Ha a bepárló üzemet 0,8 m^3/t-val ki kell bővíteni, ennek járulékos költsége 4-6 M Euro.

3.2.7 Hatékony mosás és folyamatellenőrzés

A technika leírása: A barna pép mosásának célja a rostok lehető legtökéletesebb elválasztása az oldott szerves és szervetlen anyagoktól, még mielőtt a cellulózrost elhagyná a feltáróüzemet, és hogy a lehető legnagyobb mértékben vissza lehessen nyerni a feltáró vegyszereket és az oldott szerves anyagokat.
A mosási fázis egymást követő hígítás és besűrítés, vagy kiszorítás kombinációjából áll. A gyakorlatban a mosóberendezések kombinációja e módszereket különböző mértékben alkalmazza.
Mivel a mosás hatékonysága sohasem 100 %-os, a vegyianyagok és szennyeződések bizonyos hányada a rosttal együtt átkerül a fehérítőüzembe, ahol fehérítő vegyszert fogyaszt, majd a csatornába kerül. A zárt vízrendszer növeli az eseti elszivárgások összegyűjtésének fontosságát. A kijövő mosófolyadék szerves és szervetlen anyagokat egyaránt tartalmaz. A mosóvizeket kivonják a folyamatból, és egy külső kezelés után kerül visszatáplálásra.
A fő környezetvédelmi eredmények: A mosási veszteségek a hagyományos mosódobos rendszer alkalmazása esetén 5-8 kg KOI/t összehasonlítva a 2-4 kg KOI/t értékkel, amelyet a modern nyomószűrőkkel lehet elérni. A maradék anyagokat a rostok adszorbeálják, vagy magukba zárják.
Ha az oxigénes ligninmentesítési lépcső előtt a mosás hatékony volt, ez a tény csökkenteni fogja az oxigén fogyasztást. Ha hatékony mosási rendszert tudunk biztosítani az első fehérítési lépcső előtt, csökkeni fog a szervesanyagok átjutása a fehérítésbe, ami csökkenti az AOX a BOI_5 és a KOI terhelést az üzemi csatornában.
Gazdaságosság: A beruházási költség új üzem esetén 4-6 M Euro és kb. 2-4 M Euro a meglévő üzemeknél. Egyéb többlet működési költségre nincs szükség.

3.2.8 A koncentrált szennyezett kondenzátumok kivonása, és a kondenzátumok nagy részének újbóli felhasználása a folyamatban

A technika leírása: A szennyezett koncentrált kondenzátumok visszanyerésének oka az üzem frissvíz fogyasztásának csökkentése, a szennyvíz-kezelő üzem szervesanyag-terhelésének csökkentése, és a TRS kibocsátás csökkentése.
A kondenzátumok a következőképpen osztályozhatók:

- primer kondenzátumok – éles gőz kondenzátumok általában elég tiszták ahhoz, hogy kazán tápvízként felhasználhatók legyenek (tisztítás után)
- szekunder koncentrátumok – szennyezett gőz kondenzátumok, amelyek a feketelúgból, a rostszuszpenzióból, stb. származnak.

A kondenzátumok a főzőberendezés és a bepárló-üzem gőzeiből keletkeznek. Összességében kb. 8-10 m^3/t cellulóz keletkezik, amelynek KOI terhelése 20-30 kg/t, BOI_5 terhelése 7-10

kg/t. Általában 1 m^3/t kondenzátum erősen szennyezett, 4 m^3/t közepesen szennyezett, míg 4 m^3 /t kissé szennyezett.
Kb. 1 m^3 kondenzátum/tonna cellulóz 10-20 kg KOI/m^3 KOI koncentrációjú. A lombosfából gyártott cellulóz esetében a szennyezettség szintje nagyobb, mint a tűlevelű fák esetében. Ezeket az erős kondenzátumokat általában elnyeletű stripperben kezelik, ahol a legtöbb vegyület eltávolításának hatásfoka a pH-tól függően több mint 90 %.
Kb. 7-9 m^3 gyengébb kondenzátum (közepes és alacsony szennyezettséggel) keletkezik, amiben a KOI 0,5-2 kg KOI/m^3, vagyis cellulózra vonatkoztatva 8-12 kg KOI/t cellulóz.
Alternatívaként a közepesen szennyezett kondenzátum elnyelethető a bepárló üzemhez kapcsolt rendszeren keresztül anélkül, hogy jelentősebb plusz energiát kellene felhasználni. Ezen az úton bármilyen újbóli felhasználás előtt az összes KOI 5 kg/t értékre csökkenthető, ez a csökkenés 50 %-os, összehasonlítva azzal, ha csak a legszennyezettebb kondenzátumot kezelnék.
Az elért környezetvédelmi eredmény: A zártrendszerű osztályozóval üzemelő gyárban kondenzátumok újbóli felhasználásának legjobb helye a mosóban van, függetlenül attól, hogy azt az első vagy az utolsó mosási lépcsőben teszik. A tipikus mosóvíz igény 10-13 m^3/t. A bepárló területén, illetve a főző területén rendelkezésre álló újra használható kondenzátum 6-9 m^3/t, ami tulajdonképpen a megtakarítható vízmennyiséget jelenti.

3.2.9 A folyamatokban keletkező koncentrált, vagy forró folyadékok tárolására szolgáló, elegendő nagyságú puffertartályok használata

A technika leírása: A kémiai cellulózt előállító üzemben gondosan kivitelezett intézkedések megtétele szükséges ahhoz, hogy a koncentrált, vagy forró folyadékoknak a szennyvízbe kerülését minimalizáljuk. Először a külső szennyvízkezelés, különösen ha az biológiai szennyvízkezelést is végez, jelentős mértékben megzavarható, ha a kémiai feltárás során véletlenszerű kibocsátás következik be. Másodszor bizonyos folyadék áramok gazdaságilag fontosak, mivel fűtőértékük van, vagy a vegyszertartalmuk jelentős.
A gyenge, vagy erős folyadékok mennyiségét különösen az indulásnál, leállásnál, vagy a normálistól eltérő körülmények esetén kell ellenőrizni. A tárolókapacitás nagyságát a szárazanyag-tartalomban mért folyadékkoncentráció határozza meg. Például egy öreg kraft cellulózgyárban a gyenge folyadék 8 %-os, az erős folyadék 60 %-os koncentrációjú, míg a modern gyárban a gyenge folyadék 16 %-os, az erős folyadék 75 %-os lehet.
Az oxigénes ligninmentesítés bevezetését fontolgató meglévő üzemek át kell, hogy értékeljék a gyenge és erős lúg tárolását és a bepárlását végző üzemek kapacitását, mivel ez a lépcső megnöveli a bepárló üzem által elpárologtatandó víz mennyiségét.
A regeneráló kazán utáni folyadékok, és az ezt követő lépcsőben a friss főzőfolyadékká alakítás során megszabadulnak a szerves anyagoktól, de igen magas pH értéket vesz fel. Ezek a folyadéktárolók a rövid idejű csúcs áramokra, valamint a folyadékszűrők leállításával kapcsolatos lökéseknek megfelelő puffer kapacitással kell, hogy rendelkezzenek. Ezek a folyadékok, ha a szennyvízkezelő üzembe kerülnek, pH sokkot okozhatnak, ami rossz ellenőrzés esetén felboríthatja a biológiai szennyvíz-tisztító működését.

3.2.10 Másodlagos, vagy biológiai szennyvíz-kezelés – aerób módszer

A technika leírása: A szekunder vagy biológiai kezelést a szerves anyagok eltávolítására végzik, ami a szerves anyagok biológiai lebontásával érhetők el. A szekunder kezelés előtt általában egy primer kezelést végeznek, mely a szilárdanyag eltávolításból, semlegesítésből, hűtésből és kiegyenlítésből áll.

3.2.11 Levegőztető tavak

A levegőztető tó nagy térfogatú, ami biztosítja a szennyvíz 3-20 napos tartózkodási idejét a tóban. A mikroorganizmusok szuszpenzióban növekednek a folyamtok belsejében és a tóban viszonylag kis szárazanyag-tartalmat érnek el, a koncentrációjuk 100-300 mg/l. A mikrobák növelése oxigént igényel, amit a legtöbbször mechanikus levegőztető berendezés segítségével visznek be a folyadékba. A felületi levegőztető turbinák a leggyakoribb berendezések, de a nagy tavaknál fenékre helyezett levegőztetőt is használnak, mely lehet normál levegővel, vagy sűrített levegővel működtetett egység. A levegőztető berendezés, mint keverő berendezés is funkcionál, melynek célja a szilárd anyag szuszpenzióban tartása és ezzel biztosítja a mikrobák hatékonyságát.

3.2.12 Eleveniszapos folyamat

Az eleveniszappal működő egység két részből tevődik össze, a levegőztető medencéből és a másodlagos tisztítóból (ülepítő medence). Az első lépcsőben a levegőztető medencében a szennyvizet a mikroorganizmus kultúrával (eleveniszap) kezelik, amely nagy koncentrációban van jelen. A kraft cellulózgyárakban lévő eleveniszapos üzemekben a szennyvíz tartózkodási ideje 15-48 óra, a nagyobb érték az újabb berendezésekre vonatkozik.
Az iszapot a víztől az ülepítőben választják el. Az iszap nagyobb részét a levegőztető medencébe vezetik vissza, ami szükséges az iszap nagy koncentrációjának biztosítására.
Az iszap kisebbek része, mely a nettó növekedésnek felel meg, fölös iszapként a rendszerből eltávolításra kerül. Az oxigén bevitel és a keverés a levegőztető medencében mechanikai levegőztető berendezés segítségével valósul meg.
Különböző típusú levegőztetők vannak használatban, mint például a felületi levegőztető, az alámerülő turbina levegőztetés, finom buborékos levegőztetők és az injektoros levegőztetés. Az utóbbi három fajta levegőztető sűrített levegőt igényel.
Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: csővégi technikák.

3.2.13 Eleveniszapos folyamat

A módszer a meglévő és az újonnan létesítendő üzemben is alkalmazható. A meglévő üzemekben bizonyos vízfogyasztást csökkentő intézkedéseket kell foganatosítani, hogy a beruházási költségeket csökkenteni lehessen. Az eleveniszapos módszert gyakran alkalmazzák, ha nagy vagy nagyon nagy tisztítási hatásfok szükséges. Az utóbbi esetben azonban a kétlépcsős biológiai kezelés az optimális választás.
Az eleveniszapos üzemeket széles körben használják a cellulóz- és papíriparban. Durva becslés alapján a működő biológiai szennyvízkezelő üzemek 60-75 %-a eleveniszapos eljárással üzemel. Ez a leggyakrabban alkalmazott eljárás az újabban létesített üzemekben is.
Az elérhető környezetvédelmi eredmény:

3.2.14 Levegőztető tavak

A kezelés hatékonysága erősen változik a szennyvíz fajtájától a kezelési üzem elrendezésétől és a működési feltételektől függően. A tipikus eltávolítási hatásfok 40-85 % BOI_5 –re, 30-60 % KOI-re és 20-45 % AOX-ra nézve. A felső határ a magasabb tartózkodási időre (15-30 nap) vonatkozik és akkor, ha a szennyvíz hőmérséklete, vagy szennyezőanyagok nem gátolják a mikrobák növekedését. Nitrogén eltávolítás nincs és a foszfor eltávolítás a 0-14 %-os tartományban van.

3.2.15 Eleven iszapos módszer

A kezelés hatásfoka változó, és függ a szennyvíz tipusától, az üzem elrendezésétől és az üzemeltetési körülményektől. A tipikus értékek a következők: 85-98 % BOI_5, 60-89 % KOI, 40-65 % AOX csökkentés, a foszfor eltávolítás 40-85 %, nitrogén eltávolítás 20-50 %. A TSS eltávolítás össz-hatékonysága a primer és szekunder kezelés során kb. 85-90 %.

Az eleven iszapos kezelés utáni tipikus koncentráció értékeket a 2.36. táblázat mutatja. Jól tervezett és működtetett üzemben a könnyen degradálható szerves-anyagok értéke, amelyeket BOI_5-ként mérnek kb. 20-40 mg/l-re csökkenthető és az összes lebegőanyag (TSS-total suspended solids) ugyanerre az értékre csökkenthető. A foszfor és a nitrogén koncentrációja, amely nagy mértékben függ a TSS összetételétől, nagy mértékben csökkenthető, mig az ezeket tápláló oldott tápanyagok koncentrációja megfelelő üzemeltetéssel igen alacsony szintre csökkenthető. A KOI értéket tekintve, - ami a teljes szervesanyag-terhelést méri – a kezelés utáni koncentráció függ a nehezen degradálható anyagok mennyiségétől.

Paraméter	BOI_5	KOI	Összes szárazanyag	Össz P	Össz N
Koncentráció	20-40	300-500	20-40	0,2-0,4	2-4

2.36. táblázat: A kraft cellulózgyári szennyvíz tipikus koncentrációja mg/l (eleveniszapos üzem) feltételezve a jó tervezést és jó üzemeltetést

Üzemeltetési tapasztalatok

Levegőztető tavak:

Ennek a folyamatnak a költségei nagyon függenek attól, hogy hol, és hogyan épült a levegőztető tó. Amennyiben a tó úgy készült, hogy egy öblöt a nyitott végén egy földgáttal zártak le, a költségek lényegesen kisebbek, mint akkor, ha a tavat száraz területen kell kialakítani. A beruházási költség igen nagy, kb. 16-20 M Euro egy 1500 t/nap kapacitású kraft cellulózgyár esetében. A költségek tartalmazzák a primer kezelés és az iszap víztelenítés költségeit is. A megfelelő üzemeltetési költség 1,3-1,7 M Euro/év, amely döntően a levegőztetés és a tóban való összekeverés biztosításához kellő elektromos energia költségeiből tevődik össze.

Eleveniszapos folyamat:

Egy napi 1500 t kapacitású kraft cellulózüzem teljesen új eleveniszapos szennyvíz tisztítójának beruházási költsége 19-24 M Euro, a kisebb érték a fehérítetlen cellulóz előállítására vonatkozik. A költségekben benne van a szükséges primer kezelés és az iszap víztelenítés költsége is. A megfelelő üzemeltetési költségek 2,0-2,6 M Euro.

3.2.16 A szennyvíz tercier kezelése kémiai kicsapatással

A technika leírása: Néhány esetben a szennyvíz-kezelést ki kell bővíteni egy tercier kezeléssel is. A legtöbb esetben a tercier kezelés egyszerűen egy kémiai kicsapatásból áll. Az oldott szerves anyagokat kicsapatással és megfelelő szűréssel, vagy ülepítéssel különítik el.

A lecsapatáshoz használt vegyi-anyagok általában a következők:

- alumínium sók – $Al_2(SO_4)_3$, vagy $Al_n\,(OH)_m\,Cl_{3n-m}$
- ferri-sók (Fe(I)) – $FeCl_3$ és $FE_2(SO_4)_3$
- ferro-sók (Fe(II)) – $FeSO_4$
- mész.

A flokkuláció optimalizálására a keverési fázisban polielektrolitokat adagolnak.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: Alkalmas mind a meglévő, mind az újonnan létesítendő üzemekben.

A fő környezetvédelmi eredmény: A tercier kezelést kémiai lecsapatással a tápanyagok, elsősorban a foszfor mennyiségének csökkentésére alkalmazzák. Egy svéd kísérleti üzemben, ahol a biológiai kezelést kémiai lecsapatással kombinálták, az alábbi eredményeket kapták a csökkenés mértékére: foszfor 80-90 %, nitrogén 30-60 %, KOI 80-90 %, AOX 80-90 % (PARCOM, 1994).

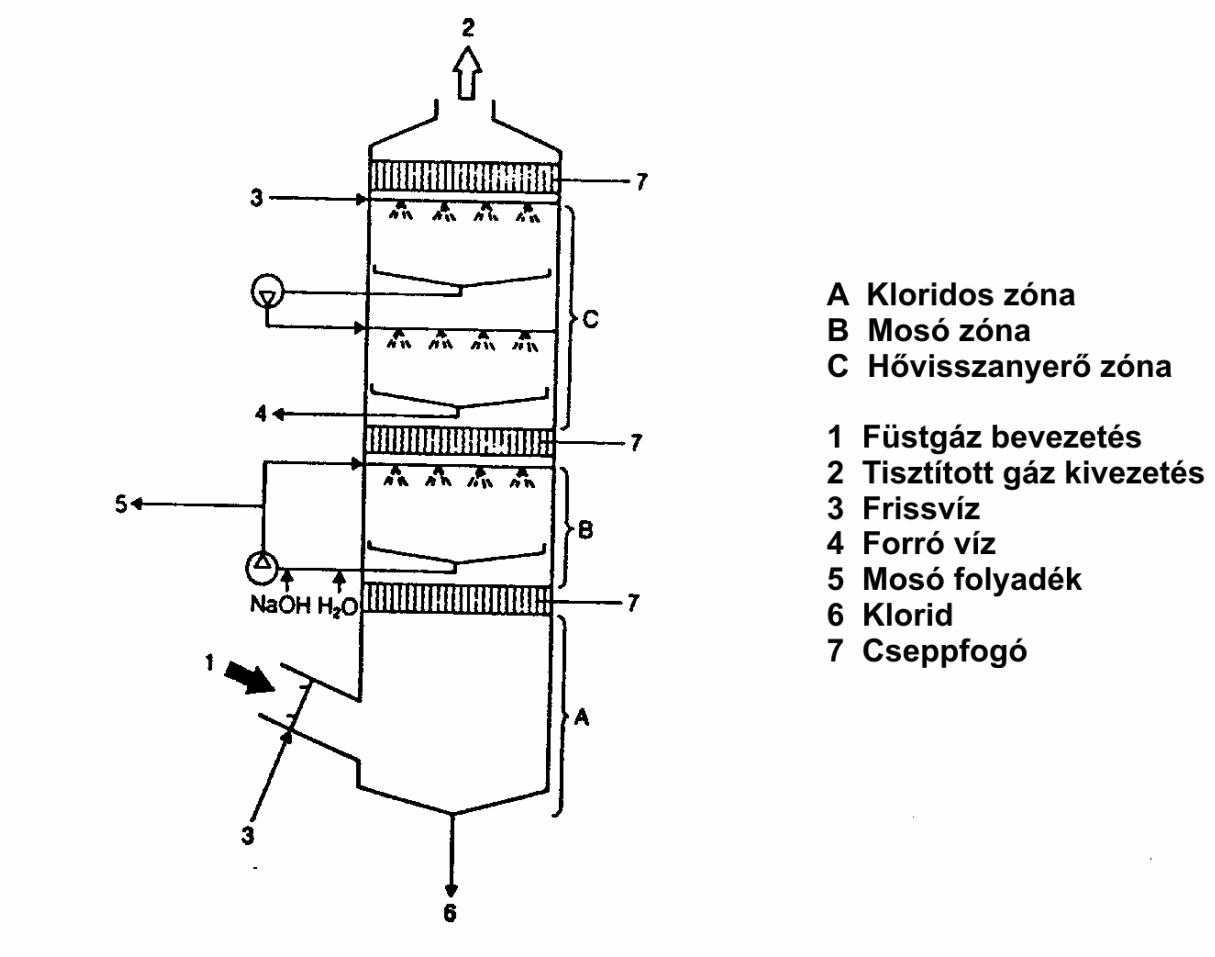
3.2.17 A feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése

A technika leírása: A regeneráló kazánokban a szervetlen anyagok redukálódnak és az ömledékbe kerülve (főleg Na_2S és Na_2CO_3 alakjában) a kazán aljáról eltávolíthatók, míg a szerves anyagok oxidálódnak és hőt termelnek.
A regeneráló kazán kibocsátásai: szilárd részecskék nitrogén-oxidok és kén-dioxid. A kibocsátási értékeket a lehető legalacsonyabb szinten kell tartani, az égetési paraméterek – mint a hőmérséklet, a levegő betáplálás, a feketelúg szilárdanyag-tartalma és a kémiai egyensúly – helyes megválasztásával.
A bepárlás fokozásával törekednek a lehető legnagyobb szárazanyag-tartalmat (DS) elérni az erős feketelúgban. A hagyományos bepárlás után a DS tartalom az erős feketelúgban kb. 65 %. Egy szuperkoncentrátor beszerelésével a DS tartalom 80 %-ra növelhető.
Gazdaságosság: A meglévő üzemekben a javított bepárlás költsége és az erős feketelúg koncentrációja a megcélzott koncentráció függvénye. Egy napi 1500 t/nap kapacitású kraft cellulózüzemben a feketelúg koncentrációjának 63 %-ról való tovább növelésének költségei az alábbiak:
A koncentráció növelése 63 %-ról 70 %-ra 1,7-2,0 M Euro,
a koncentráció növelése 63 %-ról 75 %-ra 3,5-4,0 M Euro,
a koncentráció növelése 63 %-ról 80 %-ra 8,0-9,0 M Euro.
Irodalom: [Finn BAT jelentés, 1997]

3.2.18 Gázmosók (scrubber) beállítása a regeneráló kazánhoz

Ez az intézkedés a 2.3.19. alatt leírtak alternatívájaként alkalmazható.
A technikai leírás: A kéndioxid kibocsátás csökkentése érdekében a regeneráló kazán füstgáz-mosóval szerelhető fel. A kraft regeneráló kazán nedves gázmosója három folyamatszakaszt tartalmazhat

ábra)



2.12. ábra: Füstgázmosó a regeneráló kazánhoz
[SEPA jelentés 4008, 1992]

A kloridot a füstgáz-bevezető nyíláshoz adagolt hideg víz nyeli el. A klorid eltávolítás hatásfoka általában 60-70 %. A mosózónában az SO_2 és a szilárd részecskék távolítódnak el. A gázmosás pH-ja 6-7 között van. A pH-t nátrium-hidroxiddal, gyenge lúggal, vagy oxidált fehérlúggal szabályozzák. A SO_2 reagál a mosó folyadékkal és Na_2SO_3, valamint egy kevés Na_2So_4 keletkezik. A TRS H_2S formájában az SO_2-vel együtt távozik.
A fő környezetvédelmi eredmény: Az SO_2 eltávolítás mértéke általában több mint 90 %. A regeneráló kazánon elhelyezett gázmosó a kénkibocsátást 0,5-2,0 kg/t-ról 0,1-0,3 kg/t-ra, vagy a koncentrációt 50-200 mg/Nm^3-ról 10-50 mg/Nm^3-re tudja lecsökkenteni.

3.2.19 A híg gázok összegyűjtése a regeneráló kazánban való elégetéséhez

A technika leírása: A TRS kibocsátás ellenőrzése két részre bontható: a koncentrált, nem kondenzálódó bűzös gázok kezelésére, ami kb. 4 kg TRS/t (S-ban mérve), valamint a hígított vagy elszivárgott gázok kezelésére, amelyek 0,5 TRS/t (kénben mérve) koncentrációjúak. A koncentrált gázok kezelése a főző- és bepárlóüzemben keletkező gázok összegyűjtéséből és azok elégetéséből áll. Több fajta megoldás létezik.
A fő környezetvédelmi eredmény: A TRS kibocsátást a nagy térfogatban keletkező (gyenge) gázok esetében ezek majdnem teljes mennyiségének összegyűjtésével és elégetésével lehet csökkenteni.

Gazdaságosság: Egy napi 1500 t kapacitású kraft cellulózgyárban a gyenge bűzös gázok összegyűjtése és elszállítása a regeneráló kazánhoz 3,6-4,5 M Eurós beruházást igényel.

3.2.20 Égéstér feletti levegő-bevezetési technika. (OFA) a regeneráló kazánnál

A technika leírása: A regeneráló kazán a kazán alján redukáló atmoszféra kialakításával üzemel. Az NO_x képződés szempontjából a regeneráló kazán más kazánoknál kedvezőbb üzemű. Azonban a levegő beadagoló rendszer módosításával az NO_x képződés még tovább csökkenthető.
A levegőben lévő nitrogén termikus hatásra NO_x-vé alakulása csökkenthető, ha az égéstérbe kevesebb levegőt juttatunk. Erre a célra a levegő befúvó rendszer fúvókáit négy részre osztották. Az NO_x képződés csökkenthető, ha a kraft regeneráló kazánban a levegő betápláló rendszert úgy alakítják ki, hogy a negyedik fúvókát a kazán felső részén helyezik el. Az NO_x képződés csökkenése a fenti technika alkalmazásakor változó eredményű, függ a regeneráló kazán típusától, elrendezésétől és az OFA módszer alkalmazásától, és általában 10-25 %-ot tesz ki.
Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: Alkalmazható mind a meglévő, mind az újonnan építendő üzemekben.
A fő környezetvédelmi eredmény: Az elérhető NO_x csökkenés mértéke regeneráló kazánonként változik. Néhány svéd kraft cellulózgyárban a következő eredményeket kapták:

- az OFA technikát a meglévő regeneráló kazánon alkalmazzál 1990 óta, az NO_x csökkenés 30 %.
- a meglévő kazánon alkalmazták az OFA technikát. Az új levegő betápláló rendszert nem alkalmazzák már, mivel a túlhevítő hőmérséklete megemelkedett.
- a meglévő kazánra OFA technikát adaptáltak 1995-ben. 1997 óta használják és 20 %-os NO_x csökkentést értek el.
- 1996-ban építettek egy regeneráló kazánt OFA technikával az NO_x kibocsátás csökkenését az alábbi táblázat mutatja:

Égési levegő felhasználás a regeneráló kazánban	**Normál működés**	**Tűztér fölötti levegő (OFA) alkalmazás** Kísérleti üzemelés 1998. májusában	
Primer levegő, %	45	35	40
Szekunder levegő, %	45	45	40
Tercier levegő, %	10	10	5-15
Kvaterner levegő, % => OFA	0	10	5-15
Megfigyelt hatás:			
NO_x, mg/m^3	135	80	90
SO_2, mg/m^3	20	35	<20

2.37. táblázat: A NO_x kibocsátás csökkenése OFA technika alkalmazásával az új vegyszer regeneráló kazánon

3.2.21 A kausztifikáláshoz használt mésztej jobb kimosásának megvalósítása

A technika leírása: A meszet (CaO) a zöldlúg (Na_2S+Na_2CO_3) fehérlúggá való (Na_2S+NaOH) kausztifikálására használják. A kausztifikálás során mésziszap ($CaCO_3$) keletkezik. Általában a mésziszapot a mészégető kemencében kiégetik és így újra mész (CaO) keletkezik. A Magyarországon lévő szalmacellulóz gyárban ez a technika nem valósítható

meg a szalmaféleségekben lévő jelentős mennyiségű SiO_2 miatt, amely Na_2SiO_3 alakban van az égetés után, amiből mész hozzáadásakor $CaSiO_3$ keletkezik.
A $CaSiO_3$ a mészégetési folyamatot kedvezőtlenül befolyásolja.
Általában mielőtt a mésziszapot a mészégető kazánban vezetnék, a maradék nátrium-hidroxid, nátrium-szulfid és egyéb nátriumsók eltávolítása érdekében kimossák, majd szárítják.
A mésztej mosásához használt berendezés lehet ülepítő vagy szűrőprés. A múltban kétlépcsős mésziszap-mosást alkalmaztak, de újabban egylépcsős ülepítő és tároló egység, vagy szűrőprés használata vált általánossá.

3.3 *Elérhető legjobb technika*

3.3.1 Bevezetés

Ezen fejezet tartalmának megértéséhez felhívjuk az olvasó figyelmét ezen dokumentum előszavában és az ötödik fejezet előszavában, a „hogyan kell értelmezni ezt a dokumentumot” fejezetben leírtakra. A jelen fejezetben leírt technikák a kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási értékek vagy értéktartományok együtt a következő lépéseke vonatkozó interaktív folyamatok értékelésével kerültek bemutatásra:

- A szektorra: az integrált kraft cellulóz és papírgyárakra vonatkozó fő környezetvédelmi kiadványok adatai a felhasznált víz, a szennyvíz kibocsátás (KOI, BOI, lebegőanyag, N, P, AOX), az energiafogyasztás (gőz és elektromos), a szilárd hulladék, mint az osztályozási maradék, az iszap és a hamu, az energia termelés folyamán keletkező levegő szennyezés (SO_2, NO_x, CO_2, por), a zaj, a hulladék hő vízbe kerülése, az esetenként keletkező szaganyagok vonatkozásában kerülnek meghatározására; az utóbbi három tényező helyi jelentőségű.
- ezen fő kibocsátásokra vonatkozó technikák vizsgálata.
- az elérhető legjobb környezetvédelmi szint megállapítása az európai üzemek és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján.
- azon feltételek vizsgálata, melyek között ezeket a szinteket elérték, mint például a költségek, kereszthatások, fő hajtóerő, amely a technikák bevezetését eredményezték.
- az elérhető legjobb technika (BAT) kiválasztása ezen szektorra általános értelemben érvényes kibocsátási és/vagy felhasználási szintekkel a jelen direktíva IV. függelékének 2. (11) bekezdése értelmében.

Az európai IPPC iroda és a megfelelő Műszaki Munkabizottság (TWG) szakértői értékelése fő szerepet játszik ezen lépések mindegyikében és abban a módozatban, ahogy az információkat is bemutatjuk.
A jelenlegi értékelés alapján amennyire ez lehetséges, a kibocsátás és fogyasztás szintjei a BAT használatával kapcsolatosan ebben a fejezetben kerülnek leírásra és feltételezik, hogy ez alkalmas az egész szektorra, és számos esetben a szektorban található bizonyos berendezések jelenlegi működési szintjére világítanak rá.
A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási és fogyasztási szintek speciális referencia feltételekkel együtt tekintendők.
Ahol erre adat van, a költségeket az előző fejezetben leírt technikákkal együtt adjuk meg. Ezek a szükséges költségek nagyságrendjét durván megadják. Azonban a technika alkalmazásának aktuális költségei erősen függenek a speciális körülményektől, mint pl. az adóktól, járulékoktól, a berendezés műszaki jellemzőitől. Nincs lehetőség arra, hogy minden ilyen hely-specifikus tényezőt a dokumentum teljes terjedelmében értékeljen. A költség adatok hiányában a technikák gazdaságosságára vonatkozó következtetéseket a létező berendezések megfigyeléséből lehet levonni.

A kraft cellulóz előállítása nem egy egyedi folyamat, hanem folyamat egységek sorozata, melyek gyakran össze vannak kapcsolva és függenek egymástól. Így a technikák legjobb kombinációja az, ami tartalmazza a BAT előírásait mind a kraft cellulózgyár, mind a papírgyár esetére. A technikák kiválasztása és az elsődlegesség szempontjai vagy a technikák kombinációja függ a helyi körülményektől.
Az alább leírt elérhető legjobb technikák, ha másképp nem közlik, alkalmasak mind az új, mind a már meglévő üzemekben való bevezetésre. A kraft cellulózgyárban és a papírgyárban a technika alkalmazhatósága kevésbé függ attól, hogy az üzem új, vagy már meglévő.
A BAT meghatározásakor speciális esetekben megfontolandó feltétel az, hogy a fajlagos költségek a kisebb üzemek esetében viszonylag magasabbak (a mérettől függő gazdaságosság esete).
Más megfontolandó tényezők a helyhiány, amely néhány öregebb üzem esetében fennállt, vagy az öreg berendezés állapota vagy anyaga alkalmatlan a nagyobb mértékű vízkör zárásra. Több vízkörrel rendelkező rendszerek zárása általában összefügg a rendszer nagyobb fokú bonyolultságával, amelyet meg kell figyelni, ellenőrizni és megérteni szükséges.

3.3.2 BAT a kraft cellulóz– és papírgyárak részére

Az alábbiakban az integrált és nem integrált kraft cellulózgyár részére, mint BAT-ot javasolható technikát vagy technikai kombinációkat ismertetjük. Az alábbi BAT lista nem teljes, és számos más technika, vagy technikai kombináció rendelkezik hasonló (vagy jobb) teljesítménnyel, ezek a technikák fejlesztés alatt lehetnek, vagy felbukkanhatnak, vagy már készen állnak, csak nincsenek ebben a dokumentumban leírva.

Általános intézkedések

- A személyzet és kezelők tréningje, oktatása és motiválása.
- A cellulóz- és papírgyárakat emberek működtetik. Ezért a személyzet tréningje nagyon költség-hatékony útja a veszélyes anyagok kibocsátásnak csökkentésére.
- A folyamat ellenőrzés optimalizálása.
- A különböző szennyezőanyagok csökkentése és a kibocsátások alacsony szinten való tartása javított folyamat ellenőrzést igényel.
- A cellulózgyár műszaki egységeit és a hozzá kapcsolódó csökkenést rejtő technikák hatékonyságának biztosítására magas-fokú, hatékony karbantartást kell biztosítani.
- Olyan környezetvédelmi irányító rendszer kell, ami világosan meghatározza az üzemben a környezetvédelemért felelős aspektusokat.

Intézkedések a vízbe történő kibocsátások csökkenése érdekében:

- A fa száraz kéregtelenítése
- Módosított feltárás akár szakaszos, akár folyamatos rendszerben.
- Nagy teljesítményű barna mosóvonal és a barnaanyag zártrendszerű osztályozása.
- Oxigénes delignifikáció.
- ECF vagy TCF végfehérítés, és bizonyos mérvű, főleg lúgos gyártási víz visszavezetés a fehérítő üzembe.
- A kondenzátumok tisztítása és újrahasznosítása.
- Hatékony szivárgás-ellenőrzés, visszatartás és visszanyerő rendszer.
- Megfelelő kapacitású feketelúg bepárló és regeneráló kazán, amely megbirkózik a szivárgások összegyűjtéséből a fehérítő üzemi szennyeződések, stb. származó szilárdanyag terheléssel és a többlet szennylúg kezelésével.
- A tiszta hűtővizek összegyűjtése és ismételt használata.
- Megfelelően nagy puffer-tartályok biztosítása az elfolyó főzőlúg és használt lúg, valamint a piszkos kondenzátumok tárolására, hogy elkerülhető legyen a külső

szennyvízkezelő telep működésének véletlenszerű megzavarása, és biztosítható legyen a véletlenszerű túlterhelések megakadályozása.
- A szennyvíz primer kezelése.
- Külső biológiai szennyvíz-tisztító.

Valamennyi intézkedés hatásfoka jelentős mértékben változik a különböző üzemek gyakorlatától és elrendezésétől függően. Ahhoz, hogy BAT intézkedés legyen, azt jól kell megtervezni és működtetni. Az 1-től 10-ig terjedő vízkezelési technikák kombinációja, beleértve az általános intézkedéseket, a 2.39. táblázatban közölt kibocsátási tartományokat eredményezik. A cellulóz előállítására használt fa fajtától, a speciális folyamat-integrált intézkedések alkalmazásától, valamint az üzem műszaki jellegétől függően a BAT használatával kapcsolatosan a következő vízbe való kibocsátások érhetők el általában, a biológiai szennyvízkezelés előtt.

Paraméter	Egység	Fehérített szulfátcellulóz[1]	Integrált fehéretlen szulfát[3]
KOI	kg/absz. száraz t	30[2]-45	15-20
BOI	kg/absz. száraz t	13[2]-19	6-9
összes szárazanyag	kg/absz. száraz t	2-4	2-4
AOX	kg/absz. száraz t	(-)-0,4	*
Összes P	kg/absz. száraz t	0,04-0,06[4]	0,01-0,02
Összes N	kg/absz. száraz t	0,3-0,4	0,1-0,2
Gyártási szennyvíz	m^3/absz. száraz t	30-50	15-25

Megjegytések:
* ez a paraméter nem jellemző
1 emissziós értékek nem integrált és integrált fehérített szulfátcellulóz gyárakra, t cellulózra
2 az alacsonyabb értékek csak akkor teljesíthetők, ha csak keményfát dolgoznak fel
3 a fehérítetlen cellulózgyárak mind integráltak. Ezek kraftlinert, fehérítetlen kartonokat, zsákpapírokat és más kraftpapírokat gyártanak. Ezek közül sok gyár használ visszadolgozott rostokat és vásárolt fehérített cellulózt is. A nagyobb kibocsájtási értékek ott jelentkeznek, ahol több a visszadolgozott anyag. Az adatok t papírra vonatkoznak.
4 az eukaliptusz nagyobb foszfortartalmának megfelelően, az értékek nem érvényesek az eukaliptusz cellulóz gyárakra. Ezeknél a P kibocsájtási tartomány 0,037-0,23 kg P/t száraz rost, átlagérték 0,11 kg P/t.

2.39. táblázat: Az elérhető legjobb technikák megfelelő kombinációjával elérhető kibocsátási értékek a primer szennyvízkezelés után
Az értékek a fehérített és fehérítetlen kraft cellulózgyárakra vonatkoznak.

3.3.2.1.1 *Külső biológiai szennyvíztisztítás*

A folyamat-integrált intézkedések és primer kezelések mellett a kraft cellulóz üzemben a biológiai szennyvíztisztítás is BAT-nak számít. Az eleveniszapos szennyvíztisztító-üzem egy egalizáló medencéből, a levegőztető medencéből, a másodlagos ülepítőből és iszapkezelésből áll, és kiváló eredményt ad a cellulózgyári szennyvizek kezelésekor. Az alacsony iszapterhelésű üzem, ahol az iszapterhelés 0,15 kg BOI alatt van, az iszap tipikus tartózkodási ideje a levegőztető medencében kb. egy nap (maximum 2 nap) BAT-nak megfelelő üzemnek nevezhető. Ezek jó hatásfokkal távolítják el a szennyeződést és stabil kezelési rendszernek mondható.

Megfelelő elrendezést és kapacitást feltételezve a szennyvíz-kezelő üzemben, és tapasztalt kezelőkkel történő működtetést és ellenőrzést biztosítva, a biológiai tisztító után az alábbi kibocsátási értékek érhetők el. A BAT-tal kapcsolatos kibocsátási értékek az integrált és nem integrált kraft cellulózgyár esetében nem nagyon különböznek egymástól.

Paraméter	Egység	Fehérített szulfátcellulóz[1]	Fehérítetlen szulfát + kraftliner vagy zsák[2]
KOI	kg/absz. száraz t	8-23	5,0-10
BOI	kg/absz. száraz t	0,3-1,5	0,2-0,7
összes szárazanyag	kg/absz. száraz t	0,6-1,5	0,3-1,0
AOX	kg/absz. száraz t	(-)-0,25	-
Összes P	kg/absz. száraz t	0,01-0,03[3]	0,01-0,02
Összes N	kg/absz. száraz t	0,1-0,25[4]	0,1-0,2
Gyártási szennyvíz[5]	m^3/absz. száraz t	30-50	15-25

Megjegyzések:
1 emissziós értékek nem integrált és integrált fehérített szulfátcellulóz gyárakra, t cellulózra
2 emissziós értékek integrált fehérítetlen cellulóz- és papír/liner gyárakra
3 az eukaliptusz nagyobb foszfortartalmának következtében sok eukaliptusz bázisú cellulózgyár nem képes ezt a szinet teljesíteni, ha szükségszerűen P-t adagol a biológiai tisztításnál. A kibocsájtást a fa p tartalma határozza meg, a szennyvíz-tisztításhoz nem szükséges P adagolása.
4 bizonyos N terhelés a komplexképző szerekből adódik, amit hozzá kell számítani az összes N mennyiséghez
5 hűtővíz és más tiszta vizek elkülönítetten keringenek, így nem kerültek beszámításra

2.41. táblázat: Az elérhető legjobb technika megfelelő kombinálásával kapcsolatos kibocsátási értékek a biológiai kezelés után
Az adatok a fehérített és fehérítetlen kraft cellulóz üzemekre vonatkoznak.

A 2.41. táblázat adatait az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell olvasni:
- Kémiai oxigén igény (KOI): A KOI csökkentés mértéke függ a kezelendő szennyvíz típusától és mennyiségétől (például a kondenzátum könnyebben lebontható mint a szivárgások), a kezelő üzem konstrukciójától és hidraulikájától és a működési paraméterek megfelelő beállításától. A jól tervezett és ellenőrzött alacsony terhelésű üzemben a KOI eltávolítás mértéke 65-75 %. Azonban a hosszú tartózkodási idő nagy levegőztető medencét, valamint több szivattyúzási és levegőztetési energiát igényel. Ahhoz, hogy az üzemet jól működőnek tekinthessük a KOI csökkentés mértéke 55 % felett kell, hogy legyen. Ennek megfelelően a fehérített kraft cellulóz üzemben 8-23 kg KOI/t cellulóz értékű kibocsátási szint érhető el. A szennyvízben mért koncentráció az ilyen üzemekben 250-400 mg KOI/l.
- Biológiai oxigén igény (BOI_5 vagy $_7$): Egy jól tervezett kezelő üzemben a BOI majdnem teljes mértékben (95 % + eltávolítás) eltávolítható a cellulózgyári szennyvízből, amennyiben a C:P:N arány és az oxigén ellátás megfelelő mértékű és jól ellenőrzött.
Ha valamilyen zavar támad, vagy a működési paraméterek a célértéktől eltérnek a BOI koncentráció a szennyvízben emelkedni kezd. A BAT szerint a kezelt szennyvíz BOI koncentrációja 10 és 35 mg/l között lehet.
- Az összes lebegő anyag (TSS): Normál üzemeltetési feltételek mellett a szekunder ülepítőből kijövő víz majdnem tiszta és a lebegőanyag-tartalom 20-30 mg/l között van.
- Adszorbeálódó szerves halogének (AOX):A klórozott szerves anyag kibocsátás általában 0-0,3 kg/t között van a biológiai kezelés előtt, mivel a legtöbb európai cellulózgyárban ECF, vagy TCF fehérítési technológiára álltak át. Az eleveniszapos szennyvíz kezeléskor az AOX csökkenés 40-60 % között van. Az ECF üzemben elérhető a < 0,25 kg/t AOX érték. A TCF üzemekben nincs klórozott szervesanyag-kibocsátás (nem keletkeznek a fehérítés során.)

- Foszfor és nitrogén (összes P és összes N): Ásványi tápanyagokat a biológiai szennyvíz-kezelő üzemben a C:P:N arány betartása érdekében adagolnak, ami előfeltétele az aktív biomassza növekedésének. Ezért a nitrogén és foszfor bejövő koncentrációja, vagy a csökkenés mértékének figyelésével nem érhető el a kívánt cél.
Hogy biztosítani lehessen a szennyvízkezelő üzem folyamatos működését, a biomassza védelme érdekében a forró és toxikus koncentrált folyadékok tárolására egy medencét kell biztosítani és egy elegyítő medence kell a terhelések és a folyások egalizálására.

Intézkedések a levegő szennyezés csökkentésére

- A rostvonal a főzőüzem, a bepárló-üzem, a kondenz mosó koncentrált közös gáza-inak összegyűjtése és elégetése, valamint a keletkező SO_2 ellenőrzése.
- A rostvonalban, a különböző tartályokban, apríték halmokban, ömledék oldóban keletkező higított közös gázok összegyűjtése és elégetése.
- A regeneráló kazánból kibocsátott TRS csökkentése a számítógépes égés ellenőrzés és CO mérés segítségével.
- A regeneráló kazánból kibocsátott SO_2 ellenőrzése a nagykoncentrációjú szilárd anyagot tartalmazó feketelúg elégetésével az SO_2 csökkentés érdekében vagy füstgázmosó alkalmazásával.
- Az NO_x kibocsátás ellenőrzése a regeneráláskor.
- Az NO_x kibocsátás ellenőrzése a segéd kazánoknál.
- Az SO_2 kibocsátás ellenőrzése a segéd kazánoknál.
- A regeneráló kazánok tisztítása.

A különböző gázalakú kibocsátások (SO_2, TRS, NO_x) és a regenerálási folyamat közötti egyensúlyt figyelembe kell venni és alaposan értékelni a kibocsátási tartományok meg-határozásakor. A specifikus folyamat-integrált intézkedések, valamint az üzem műszaki jellegétől függően a BAT alkalmazásával az alábbi levegőbe való kibocsátás érhető el általánosságban. Az adatok fehérített és fehérítetlen kraft cellulóz üzemekre vonatkoznak.

Paraméter	Egység	Fehérített és fehérítetlen szulfátcellulóz-gyár
Szil. részecskék (gázban)	kg/absz. száraz t	0,2-0,5
SO_2, mint S	kg/absz. száraz t	0,2-0,4
NO_x, mint N	kg/absz. száraz t	1,0-1,5
Össz redukáló kén, S-ben	kg/absz. száraz t	0,1-0,2

2.43. táblázat: Az elérhető legjobb technikát alkalmazó cellulózgyártási folyamattal kapcsolatos kibocsátási értékek (a segédkazánok kibocsátásnak figyelembevétele nélkül)

A gyártási folyamattal kapcsolatos kibocsátásokhoz tartoznak a regeneráló kazán(ok), mészégető kazánok kibocsátása a rövid időtartalmú kibocsátások és folyamattal kapcsolatban lévő külön kazánok (pl. a TRS elégetése). A fehérített és a fehérítetlen kraft cellulózgyártás során keletkező kibocsátások merítése között nem tesznek különbséget, mivel nincs lényeges műszaki különbség a folyamatok között, ami ezt indokolná.
Porkibocsátás: A kraft cellulóz gyárakban a porkibocsátást az elektrosztatikus porleválasztók és néha az SO_2 gázmosók szabályozzák. A regeneráló kazánok TPS kibocsátása 3O-50 mg/Nm^3 vagy 0,2-0,5 kg TPS/t (7000-9000 m^3/t gázáramot számítva) lehet a BAT szerint.
SO_2 kibocsátás: Amennyiben a fűtőolaj, vagy a működési feltételek cseréje nem elég az SO_2 kibocsátás csökkentésére, a kén-dioxid eltávolítását a bűzlő gázokból, azok lúgos oldatban való elnyeletését írja elő a BAT. Az SO_2 eltávolítás hatásfoka általában jóval 90 % felett van.

- A gáz mosásával (elnyeletővel) ellátott regeneráló kazán esetében az elérhető SO_2 kibocsátás 10-51 mg S/Nm^3 , vagy másképpen 0,1-0,4 kg/t cellulóz A nagy szárazanyag-tartalmú feketelúggal működtetett regeneráló kazánok esetében a SO_2 kibocsátás általában 0,1 kg S/t alatt, vagy másképpen 5-10 mg S/Nm^3 között van.
- **NO_x kibocsátás:** A nitrogén-oxidok kibocsátása az égető kialakításával (alacsony NO_x égetők), vagy az égetési feltételek módosításával (elsődleges megoldások) szabályozható..
- a regeneráló kazán kialakítása (lépcsős levegő ellátó rendszer) aránylag alacsony NO_x koncentrációt kell, hogy eredményezzen. A regeneráló kazán felelős az NO_x kibocsátás nagyobb részéért, mivel nagy mennyiségű feketelúg elégetését végzi. A feketelúg szárazanyag-tartalmának növelése az NO_x kibocsátás kismértékű emelkedését vonja maga után.

Az elérhető NO_x kibocsátási érték 80-120 mg NO_x/Nm^3 (40-60 mg NO_x/MJ) vagy 0,7-1,1 kg NO_x/t cellulóz. A gőztermelés kb. 13 és 18 GJ/t cellulóz között van.
Másodlagos módszereket, mint pl. a szelektív nem-kattalitikus redukció (SNCR) nem működtetnek.
TRS kibocsátás (kellemetlen szagú gázok): A cellulózüzemben keletkező rossz szagú gázokat különböző módon gyűjtik össze és kezelik a gáz mennyiségétől és koncentrációjától függően. A kellemetlen szagú gázáram két részre osztható, erős gázok és gyenge gázok. A koncentrált gázok kezelésére kiépített rendszer tartalmaz egy visszatápláló egységet, amely akkor lép működésbe, ha a normál rendszerben zavarok, karbantartás, vagy egyéb leállás fordul elő. A bűzös gázok kezelésének módja az égetés, és az alkalikus gázmosóban való elnyeletés.
Szilárd hulladék:

- A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása a hulladék visszavezetése, újrahasznosítása, ahol az lehetséges.
- A hulladék frakciók külön gyűjtése, és ha szükséges, közbenső tárolása annak biztosítására, hogy a visszamaradó hulladékot megfelelő módon lehessen kezelni.
- A nem veszélyes szerves anyagok (kéreg, fahulladék, szennyvízionok stb.) elégetése speciálisan a nedves, alacsony fűtőértékű anyagok égetésére tervezett saját kazánokban (pld. lebegőágyas kazánok).
- A maradékok/hulladékok külső hasznosítása, mint helyettesítő anyag az erdészetben, mezőgazdaságban, vagy egyéb ipari területen, ha lehetséges.

Meg kell jegyezni, hogy valamivel bővebb információ is áll rendelkezésre a felhasználható szilárd hulladékok mennyisége vonatkozásában. Ez az Európában használatos statisztikai adatoknak és a különböző hulladék frakciók elnevezésének köszönhető. Néhány ország csak azt a szilárd hulladék mennyiséget közli (elsődleges szervetlen hulladék), amely a továbbiakban nem használható újra, csak mint helyi feltöltő anyag használható. Ezért nehéz elérhető adatokat megadni a nem veszélyes szilárd hulladék mennyiségére vonatkozóan.
A BAT technikát alkalmazó kraft cellulózgyárban várható szilárd hulladék mennyiségére vonatkozó adatok jellemzésére a 2.45.táblázatban a talaj feltöltésre használt szilárd hulladékok fő típusát adjuk meg.

Példák	Szennyező típusa	Mennyiség kgsz.a./absz. száraz t	Összes kgsz.a./absz. száraz t
Fehérített szulfát árucellulóz-gyár	• hamu • üledékek • kéreg, fahulladék, stb. • osztályozási maradék	2,0 10,0 3,4 0,3	15
Fehérített	• mésziszap	9,7	45

szulfát árucellulóz-gyár	• zöldlúg üledék • bio- és elsődleges iszap • fakezelési maradék • fa hamu • egyéb	8,1 8,7 2,1 3,9 10,5	
Integrált fehérítetlen szulfátcellulóz-gyár	nem meghatározott	nem meghatározható	30-50 (3 példa tartománya)

2.45. táblázat: A talaj feltöltésére kerülő szilárd hulladék mennyisége néhány kraft cellulóz gyár adatai alapján (az adatok a gyárakból és környezetvédelmi jelentésekből származnak)

Energia megtakarítási intézkedések:
Számos intézkedés létezik a belső gőz és elektromos energia előállítás tökéletesítésére, a friss gőz és elektromos energia csökkentése érdekében:

- Intézkedések nagyfokú hő-visszanyerés és alacsony túlfogyasztás érdekében:
  - a feketelúg és a kéreg nagy szárazanyag-tartalma
  - a gőzkazánok nagy hatásfoka: vagyis alacsony füstgáz hőmérséklet,
  - hatékony szekunder fűtési rendszer, vagyis 85 ^{o}C körüli melegvíz
  - jól zárt vízrendszer,
  - viszonylag jó zárt vízrendszerű fehérítőüzem,
  - magas rostkoncentráció (MC-technika),
  - a mész előszárítása,
  - szekunder hő felhasználása az épületek fűtésére,
  - jó folyamat ellenőrzés,.
- Intézkedések az alacsony elektromos energia felhasználására:
  - a lehető legnagyobb rostkoncentráció az osztályozáskor és tisztításkor,
  - a különböző nagy motorok fordulatszám-szabályozása,
  - hatékony vákuumszivattyúk,
  - megfelelően méretezett csővezetékek, szivattyúk és ventillátorok.
- Intézkedések az elektromos energia hatékony előállítására:
  - magas kazánnyomás,
  - a lehető legkisebb gőznyomás elérése a visszanyomásos turbináknál,
  - a felesleges gőzből elektromos áramot előállító turbinák kondenzáltatással,
  - nagy turbina hatásfok,
  - a fűtőolaj és a levegő előfűtése a kazánba való bevezetés előtt.

Az energia-takarékosságra tett intézkedések hatása számokban nehezen kifejezhető, mivel a javulás függ az intézkedések megtétele előtt az üzemben uralkodó helyzettől.

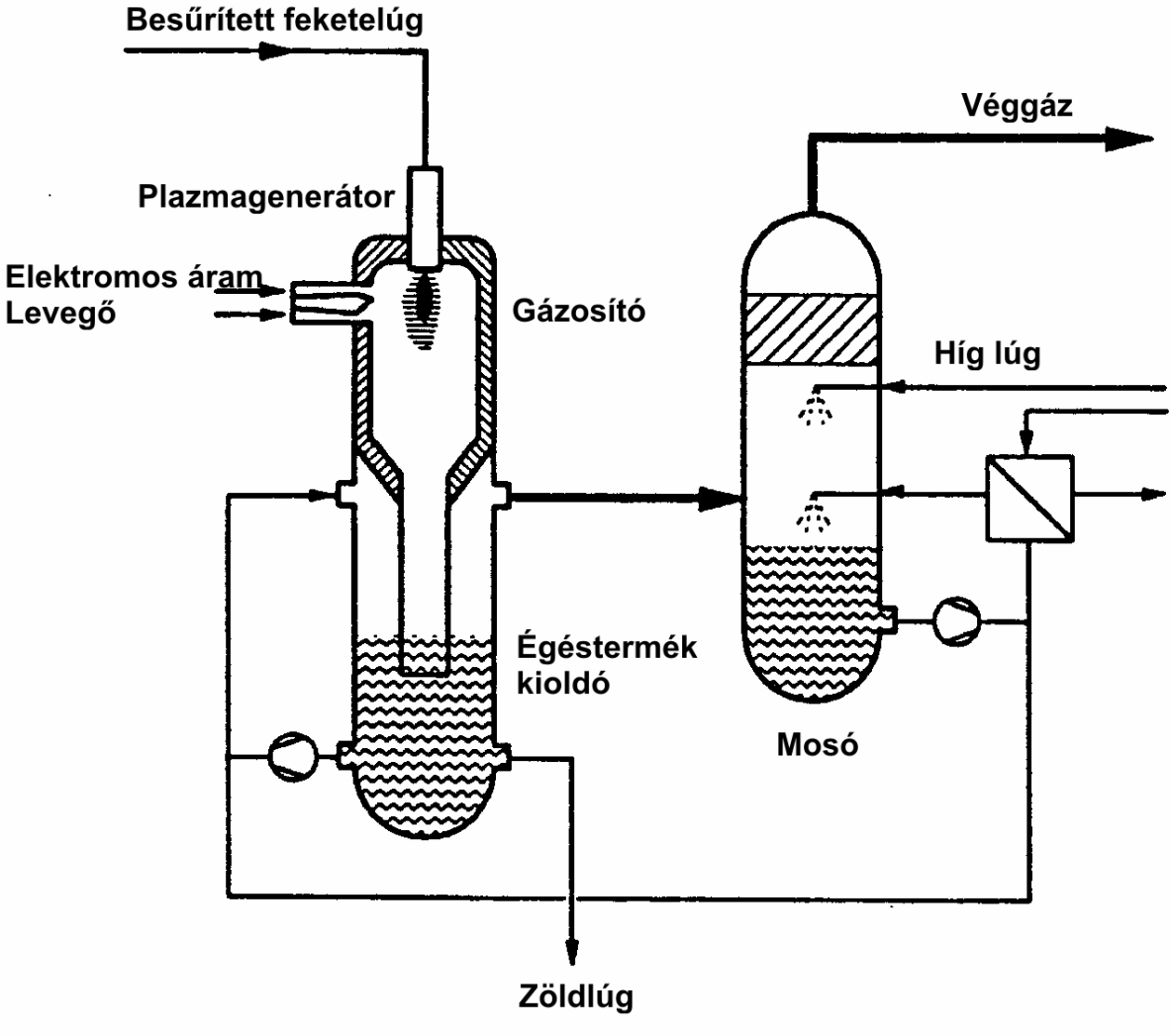
3.4 *Újabban kifejlesztett technikák*

Számos ú,j ígéretes technológiát fejlesztettek ki, amelyek szennyezőanyag kibocsátás csökkenést, vagy energia megtakarítást eredményezhetnek. A környezetvédelmi szempontok javítása nem biztos, hogy mindig a fő hajtóerő, de azért lényeges szerepet játszik a fejlesztésben. Néhány ilyen technika kerül leírásra az alábbi fejezetekben.

3.4.1 A feketelúg elgázosítása

Leírás: Az elgázosítás egy ígéretes technika a cellulózgyárak számára többlet elektromos energia előállítására. Éghető gáz előállítása különböző fűtőanyagokból (szén, famaradékok, feketelúg), különböző gázosítási technikák alkalmazásával lehetséges. A feketelúg elgázosításának elve a koncentrált feketelúg pirolízise, amelynek során magas hőmérsékleten, oxigén (levegő) jelenlétében a feketelúg egy szervetlen fázisra és egy gázfázisra bomlik. Számos gázosítási folyamatot javasoltak a feketelúg elgázosítására.

Példa: A Chemrec folyamat.
A Frövifors gyárban (Svédország) a cellulózgyár a bepárló üzemből származó feketelúgot indirekt gőzzel 130-135 ºC-ra hevítik. A feketelúg szárazanyag-tartalma kb. 65 %. A felmelegített folyadék ezután a Chemrec folyamat első lépcsőjébe kerül, amely egy elgázosító.



2.13. ábra: A Chemrec folyamat ábrája a gázosítóval, a zöld lúg előállítására szolgáló elnyelető oldóval és a kénhidrogén abszorbeálására szolgáló gyenge folyadékos gázelnyelető mosóval

A feketelúg a gázosítóba kerül, ahol azt nagynyomású levegővel (12 bar) elporlasztják és befecskendezik a reaktor felső részébe. A folyamathoz szükséges levegő nagyobb mennyiségét 0,5 bar nyomásra préselik össze és 80^{o}C-ról 500^{o}C-ra hevítik fel. A tűztérben a hőmérséklet kb. 950^{o}C és – a beporlasztott feketelúg apró cseppek formájában részlegesen

elég. A feketelúgban lévő szervetlen anyagok nátrium-szulfát és nátrium-karbonát apró ömledék-cseppek formájában átrepülnek a reaktoron és leválnak a hűtő csapdában, amely a reaktor egység szerves része. A szerves anyagok szénmonoxid, metán és hidrogén elegyből álló éghető gázzá alakul át.
Az olvadék cseppek és az éghető gáz külön válik, amikor közvetlen kapcsolatba kerülnek a hűtőcsapdában lévő hűtőfolyadékkal, amelyik a hőmérsékletet 90^{o}C-ra csökkenti. Az olvadék cseppek a gyenge mosófolyadékban feloldódnak zöldlúgot képezve, amit ezután a regeneráló kazán alatt lévő oldótartályba szivattyúznak át. A zöldlúg bizonyos részét a csapdában keringtetik. A szivattyú előtt a kisebb részecskék és a fel nem oldódott ömledék cseppek eltávolítására egy szitát alkalmaznak.

A fejlesztés jelenlegi állapota: Az első bemutató üzem a feketelúg gázosítására, amely a Chemrec folyamatot használja, a svéd Frövifors gyárban 1991 óta üzemel.
A nyomás alatti demonstrációs gázosító hasonló típusa üzemel a svéd Shoghalt gyárban. Az ilyen típusú folyamatot üzemszerűen alkalmazzák az USA-ban is 1997 óta.

3.4.2 Az SNCR (szelektív nem-katalitikus redukció) technika alkalmazása a regeneráló kazánban

Leírás: Az NO_xOUT-folyamat az egyik a néhány létező folyamat közül, amelyik a szelektív nem-katalitikus redukció elvét használja az NO_x kibocsátás csökkentése érdekében.Ez a nitrogén-oxidok termikus redukcióját jelenti ammónia segítségével, a következő reakcióegyenletek szerint:

$$2\ NO + 2\ NH_3 + 1/2\ O_2 \rightarrow 2\ N_2 + 3\ H_2O$$
$$3\ NO_2 + 4\ NH_3 \rightarrow 7/2\ N_2 + 6\ H_2O$$

Ha karbamidot használunk, a következő elsődleges nettó reakció játszódik le ammónia keletkezése közben:

$$(NH_4)_2CO + H_2O \rightarrow 2\ NH_3 + CO_2$$

A nagyüzemi kísérletek során Svédországban a redukáló anyag egy kémiailag erősített vizes bázisú karbamid oldat volt. A folyamathoz a kemencét használnak „kémiai reaktor"-kén,t és nem igényel más segédberendezést a kazánon kívül. A reakció általában egy szűk hőmérséklet tartományban, 1000^{o}C körül megy végbe.
A fejlesztés jelenlegi állapota: Egy svéd kraft cellulóz gyártó társaság a egyik működő regeneráló kazánjában nagyüzemi kísérletet hajtott végre a szabadalmaztatott NO_xOUT folyamat alkalmasságával. A próbák folyamán a regeneráló kazán 90-100 % között maximális folyamatos üzemekben működött.
Környezetvédelmi hatás: Más égetési folyamatokkal összehasonlítva, a regeneráló kazán alacsony NO_x kibocsátást mutatott. Az átlagos nitrogén-oxid kibocsátás 50 – 80 mg NO_x/MJ értéket mutatott. Ellenőrzés szerint a füstgáz alacsony NO_x koncentrációjú, a kraft cellulózgyárban a regeneráló kazán az NO_x kibocsátás legnagyobb forrása (a magas gázáramok következtében.)
Az elemzések az 1:1 stöchiometriai arányt feltételezve az NO_x OUT folyamatra a következő eredményeket mutatták:

- Az átlagos NO_x érték az NO_x OUT nélkül 80 mg/Nm^3 (szabvány száraz gáz 3 % O_2 tartalomnál),
- Az átlagos NO_x értéke NO_x OUT technikával 55 mg/Nm^3 (30 %-os csökkenés)
- Az ammónia kismértékű növekedése 3-4 mg/Nm^3 (1:1-os sztökiometriánál)

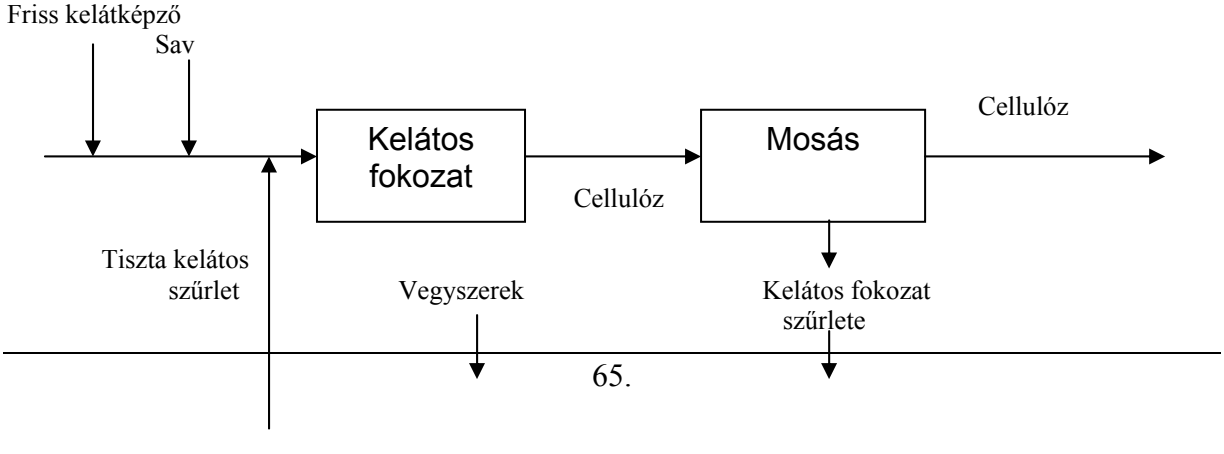
A karbamid használata az SNCR folyamatban korróziós problémákat okozhat a lehetséges korrozív melléktermékek keletkezése miatt.
Biztonsági okok miatt Svédországban nem javasolják az üzemmód bevezetését a regeneráló kazánokban. Ezért a svéd kraft cellulózgyártó társaság néhány új kísérletet végzett karbamid helyett gázalakú, vagy folyékony ammónia használatával, amely 20-50 %-os NO_x csökkenést eredményezett (stöchiometria 1:1-ről 2:1-re változott) az NH_3 növekedés változása mellett.
Gazdasági megfontolások: A regeneráló kazánra a komplett NO_x OUT folyamat beszerelése egy a vizsgált kísérleti üzemhez hasonló üzemben (feketelúg terhelés 1600 t szárazanyag/nap) 2,2-2,8 M Euro körüli beruházási költséget igényel.
Az üzemeltetési költségekbe tartozik a vegyszerellátás (karbamid és erősítő), az elektromos energia, a vízbe injektált kondenzátum hőenergiája és a munkabér.
A kísérlet során Svédországban a karbamid költsége 194 Euro/t az összes működési költség az adott regeneráló kazánra számolva. 1 és 1,4 Euro/kg redukált NO_x volt.

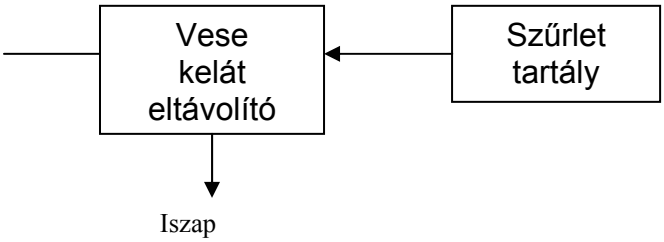
3.4.3 A kelátképző anyagok eltávolítása alkáli-szegény biológiai kezeléssel és vesetechnológia alkalmazásával

Leírás: Az etilén-dinamin-tetra-ecetsav (EDTA) és a dietilén-triamin-penta-ecetsav (DTPA) kelátképző anyagokat sok éve alkalmazzák a cellulóz- és papíriparban. Ezeket azért alkalmazzák, mert el tudják nyomi az oldott változó vegyértékű fémionok hatását anélkül, hogy azok kicsapódnának (a következőkben mindkét vegyszer esetében a kezelési lépcsőt röviden Q-val jelöljük). Ezek a fémionok képesek a hidrogén-peroxid fehérítőszer hatását katalizálni, amely során szabad gyökök keletkeznek.

Változat 1. A eleveniszapos rendszerek, vagy anélküli biológiai kezelés általánosan használatos módszer a cellulóz- és papíriparban a KOI és BOI csökkentésére. Azonban ezekben a rendszerekben az üzem szennyvízében lévő EDTA nem csökkenthető jelentős mértékben. Azt tapasztalták, hogy az EDTA ellenállt az aerob biológiai lebontásnak a „normál" körülmények (pH 7) között működő eleveniszapos üzem esetében.

Változat 2. Egy TCF üzemben a hidrogén-peroxidos lépcső előtt használt Q csökkentése és eltávolítása érdekében hasznos megoldás a vesetechnológia használata. Az egyik svéd cellulózgyár a Q-lépcső elfolyó vízében lévő EDTA visszanyerésére 1998 végén vesetechnológia bevezetését valósítja meg. Így várható, hogy a TCF fehérítéskor az EDTA felhasználás 65 %-kal csökkenthető. Az adott svéd kraft cellulózgyárban a Kemira NetFloc módszerét kívánják alkalmazni, amely azt mutatta, hogy nagyon jó módszer a cellulóz- és papírüzem elfolyó vizeiben lévő problémás anyagok, mint az extrakt-anyagok és fémek eltávolítására. A NetFloc rendszerben [Rampotas, 1996] a pH-t növelik és a kicsapatáskor karbonátot adagolnak. Az EDTA-hoz kötött fém ezáltal felszabadul és csapadékba megy. Nagy molekulatömegű polietilén-oxidot (PEO) adagolnak a flokkuláltatásra és a szűrlet elválasztására.
A fenti vese alkalmazásának elvét mutatja a 2.16. ábra.





2.16. ábra: Kelátképző anyag visszanyerése a fehérítési szennyvízből vese-technológia alkalmazásával

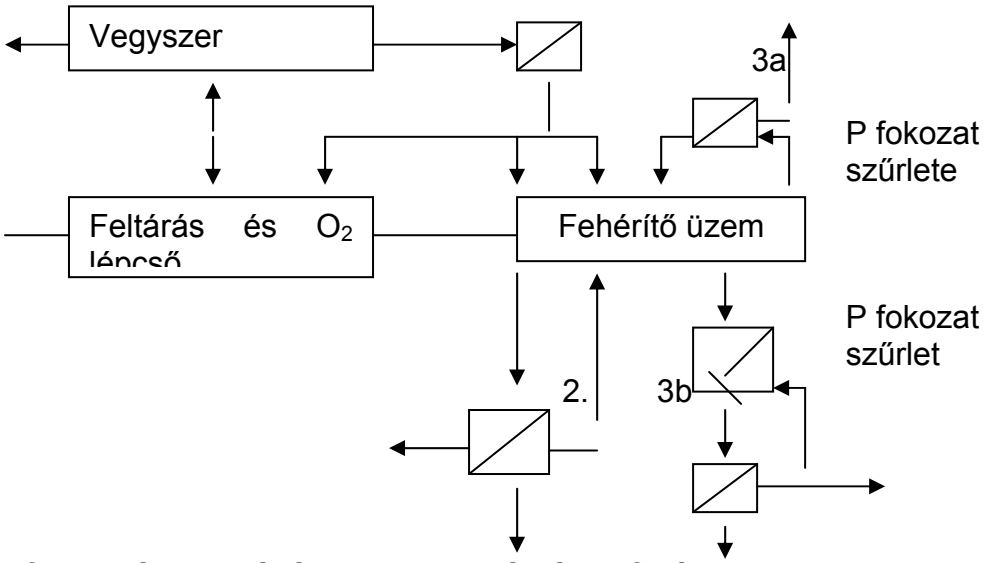
A fehérítőüzembe kerülő fém mennyiségének csökkentésével kevesebb kelátképző anyag kell a peroxidos lépcső előtt. Ezen túlmenően a Q visszanyerése csökkenti a szükséges mennyiséget is. A várható csökkenés a kalcium, magnézium, és vas esetében több, mint 80 %. A Q visszanyerése csökkenti a friss Q mennyiségét. Így alacsonyabb fém-komplex mennyiség kerül az elfolyó szennyvízbe.

A fejlesztés jelenlegi állapota: Az EDTA biológiai lebomlása az eleveniszapos szennyvízkezelő üzemben lúgos közegben kedvezőnek tűnik. Az EDTA-t tartalmazó fehérítői szennyvizek kezelhetősége az eleveniszapos szennyvízkezelő-üzemekben enyhén alkalikus körülmények között mind labor, mind üzemi körülmények között igazolást nyert.
A papírgyári szennyvizekben lévő Fe(III)-EDTA komplexből az EDTA eltávolítása jól-ismerten nehézségekbe ütközik, míg a Ca-sók és Mn-sók EDTA-val képzett komplexei biológiailag jobban lebonthatók. Másrészről viszont kimutatták, hogy a Fe-EDTA komplex fotodegradációt szenved (Kari 1996), vagyis az Fe-EDTA az egyedüli EDTA komplex, amelyik fotokémiailag a felszíni vizekben átalakítható. A folyamatosan napos területeken a szennyvizet befogadó vizekben az Fe-EDTA valószínűleg lebomlik.
Környezetvédelmi alkalmasság: A teljes méretű eleveniszapos szennyvíztisztító-üzemben gyengén alkalikus közegben (pH 8-9) átlagosan 50 %-os EDTA csökkenés érhető el (10 % pH 7értéken). Az eredmények azt mutatják, hogy a pH 8-9-re való beállítása kalcium-oxiddal (a dózis kb. 90 mg/l CaO) nincs hatással az eleveniszapos üzem normális működésére. A gyorsított biodegradáció után a mintában maradó EDTA koncentráció állandó értéken marad (2-4 ppm).
Az EDTA biodegradációja növeli a nitrogén felszabadulást. Az EDTA fokozott degradációja az eleveniszapos üzemben tiszta nyereség nem csak környezetvédelmi szempontból, hanem a tápanyag nitrogén-tartalmának szempontjából is, mivel az általában hiányzik a cellulóz- és papíripari szennyvizekből.

3.4.4 Fokozott rendszerzárás vesetechnológia alkalmazásával kombinálva

Leírás: Mivel főleg a fehérítő üzem az, amelyik a cellulózüzem legnyitottabb vízrendszerű része, csökkenteni kell a végső fehérítésre kerülő cellulóz lignintartalmát. A szűrlet bevezetése a regeneráló rendszerbe nem oldja meg a problémát. A szűrletet keringtetni kell a fehérítő üzemen belül annak érdekében, hogy csökkenteni lehessen a szűrletek térfogatát. Ez az oldott anyagok és a nem-folyamathoz kapcsolódó alkotórészek (NPE) feldúsulásához vezet a fehérítési lépcsőkben, ami a magas vegyszerfogyasztáshoz és a szilárd anyagok lerakódásához vezet. A rendszernek vesetechnológia segítségével az ilyen alkotórészektől való megtisztítása fontos mind a fehérítőüzem, mind a kémiai regenerálás szempontjából.

1.



2.17. ábra: Kifejlesztés alatt álló vesetechnológiája a futó EU-projekt szerint a fehérített kraft cellulóz előállításában alkalmazható vízkör-zárási elválasztási technológia módszerekre vonatkozóan

Az Európai Bizottság által ma is futó projektben (Tomani 1997) tovább folynak a kutatások a fehérítőüzemi szűrletek újbóli felhasználásának lehetséges módozataival kapcsolatosan. A 2.17. ábrára való hivatkozással az alábbi tényezőket tartják megvizsgálandóknak:

1. A feketelúg bepárláskor keletkező kondenzátumok újrahasznosítása a fehérítésben mosóvízként, vagy egyéb technológiai vízként. Lényeges, hogy ezt a kondenzátumot fel lehet használni, ha kevesebb vízfogyasztást kívánunk elérni. A legfőbb probléma a kevés szennyeződés miatt keletkező szagprobléma kiküszöbölése.
2. Savas (Q vagy D-lépcső szűrlete) és semleges fehérítő üzemi szűrletek az olyan fő nem-technológiai elemek forrásai (NPES), mint pl. Al, Si, P, Ca, Ba, Mn stb. amelyeket el kell távolítani. A cél egy kristályosító/csapadékképző lépcső beiktatása egy külön bepárlási lépcsővel együtt, és a visszanyert víz legjobb hasznosítása.
3. A lúgos szűrletek esetében a cél a következő:
3.a. megfelelő ásványi alapú membrán kifejlesztése nano-szűrés megvalósítására, amely alkalmas a peroxidos lépcső szerves és szervetlen anyagainak leválasztására.
3.b. meg kell vizsgálni továbbá a membrán szűrés és a biodegradáció kombinálásának lehetőségét a szerves-anyagok eltávolítására.

Végezetül a folyamat szimulációs technikát fogják alkalmazni a víz-, a vegyianyag- és bizonyos mértékben az energiamérleg szempontjából fellépő követelmények meghatározására, amennyiben a javasolt elválasztási technikák egy folyamatban integrálódnak. A lerakódások veszélyét szintén ki kell értékelni.
A jelenleg induló széleskörű svéd kutatási terv „A cellulóz-papírtermelés lehetősége, mint energia-termelő és valóban ökociklikus folyamat” (rövid név: Az öcociklikus cellulóz gyár) a környezetvédelem szempontjából optimális alapmegoldásokat célozza meg a kraft feltárási folyamat fokozott vízkör-zárása érdekében, lehetővé téve a biomassza energia potenciáljának hatékony felhasználását is. A folyadékáramok zárásának oka a cellulóz- és papírüzemekben nem az, hogy „teljesen zárt” üzemet hozzanak létre, hanem inkább az, hogy

- lényeges mértékben csökkentsük a szerves és szervetlen anyagok kibocsátását a v ízbe,
- elősegítsük a nem folyamat-elemek eltávolítását a keringő vízáramokból,
- minimalizáljuk a rendszerben felszabaduló energia felhígulását.

3.4.5 Organosolv feltárás

Leírás: Az utóbbi évtizedben sok kutatási erőfeszítést tettek új feltárási technológiák kifejlesztése érdekében. Számos nem szokványos feltárási folyamat áll fejlesztés alatt, amelyek sikerrel kecsegtetnek. Az ilyen új folyamatok fő célja az alábbi:

- Szennyezettség csökkentése (alacsony vízfogyasztás, TCF-cellulóz, kénmentes feltárás)
- Egyszerűbb feltárási folyamat és a fehérítési vegyszerek regenerálásának további szélesítése.
- A fa nyersanyag kihasználtsági fokának javítása (nagyobb hozam a fa alkotórészeinek alternatív használata stb.)
- Valamennyi fa faj alkalmazhatósága és jó rost-tulajdonságok elérése.
- Kisebb beruházási költségek.

Az új feltárási eljárások szerves oldószerek használatán alapulnak (Organosolv eljárás). Néhány eljárás alkalmazásakor várható, hogy a kén-dioxid és egyéb bűzös gázok kibocsátása csökkenthető, mivel kénmentes technológia kerül bevezetésre. Valamennyi új feltárási eljárás zárt üzemet kíván biztosítani a feltárási lépcső után az oldószer direkt visszanyerésével, desztillációval és a fa alkotórészek elégetésével, vagy különböző termékek előállításánál kémiai alapanyagkénti felhasználásával.

Feltárási eljárás	Alapanyag	Feltáró vegyszerek	Feltárási paraméterek	Fehérítés előtti kappa
ASAM	puhafa keményfa egynyári növények	nátrium-szulfát (alkáliák) alkohol	175-185 ºC 11-14 bar	13-20
FORMACELL	puhafa keményfa egynyári növények	ecetsav hangyasav	160-180 ºC	2-10
MILOX	keményfa egynyári növények	hangyasav hidrogén-peroxid	60-80/ 90-110 ºC	30-35
Módosított szulfátos	puhafa keményfa egynyári növények	nátrium-hidroxid nátrium-szulfát	155-175 ºC 8 bar	10-20

2.42. táblázat: A módosított kraft cellulózgyártási és az Organosolv feltárási eljárások összehasonlítása. Nyersanyagok, feltáró vegyszerek és feltételek, a feltárás után elérhető Kappa-szám (Élelmiszeri, mezőgazdasági és erdészeti minisztérium, 1997)

Az új feltárási eljárások szerves sav-bázisú, alkohol/víz-bázisú és kevert folyamatokra oszthatók, amelyek szervetlen és szerves feltáró vegyszereket alkalmaznak.

Gazdasági megfontolások: Az Organosolv feltárásban jóval drágább szerves oldószerek helyettesítik a vizet. A legtöbb folyamatban a folyadék-arányt növelni kell és ráadásul a cellulózrost mosását is oldószerrel végzik. Az ilyen folyamatok gazdaságossága főképpen az oldószer visszanyerés hatékonyságától függ, amely 99 %-nál több kell, hogy legyen. Az az

igény, amelyet a legtöbb technológia folyamat fejlesztésekor alábecsültek, a reális és kipróbált eljárás megléte. A cellulózgyárak nagyon beruházás igényesek, és az új folyamatok beállításakor előforduló rizikót minimalizálni kell.

4 Visszagyűjtött papír feldolgozása

A visszanyert rost a papírgyártó ipar számára nélkülözhetetlen nyersanyaggá vált, a visszanyert rostok ára miatt, ami kedvezőbb az azonos minőségű primer rostok árához képest, továbbá mert számos európai országban ösztönzik a papírhulladék újrahasznosítását.

Európában az átlagos papírhulladék (visszanyert papír) felhasználási arány 43 %. De azt is számításba kell venni, hogy a rost körforgás fenntartásához szükség van bizonyos mennyiségű elsődleges rost bevitelére, hogy biztosítsuk a gyártott papír szilárdságát és egyéb tulajdonságait.

4.1 *Alkalmazott eljárások és technikák*

A visszanyert papír feldolgozó rendszer aszerint változik, hogy milyen minőségű papírt akarnak gyártani, pl. csomagolópapír, újságpapír vagy tissuepapír, és milyen rostbehordást alkalmaznak.

Az újrahasznosított rostanyag (RCF) feldolgozása általában 2 fő kategóriába sorolható:

- kizárólagosan mechanikai tisztításon alapuló folyamat, azaz festékmentesítés nélküli eljárás. Ez olyan termékeket foglal magába, mint a testliner, hullám-középréteg-papír, mázolatlan karton és dobozkarton.
- mechanikai tisztítást és festékmentesítést (deinking) alkalmazó eljárás, olyan termékek tartoznak ide, mint az újságnyomó-papír, tissue-, nyomó- és másolópapír, magazinpapírok (SC/LWC), mázolt karton és dobozkarton, vagy kereskedelmi DIP.

Sok különböző papírhulladék-feldolgozási eljárást alkalmaznak az európai papírgyárakban.
Azonban ezek mind hasonló gyártási műveleteken alapulnak, melyeket különbözőképpen lehet kombinálni a speciális feladatok teljesítéséhez. Minden eljárásnak a célja a defibrillálás, csomómentesítés és a szennyezőanyagok eltávolítása, azaz a rostos anyagok és szennyeződések elkülönítése.
Az újrahasznosított rostot előállító üzemek hasonló, a speciális feladatokra tervezett egységekből épülnek fel. Ezek a tipikus lépések az újrahasznosított rost feldolgozásában a következők:

4.1.1.1 A papírhulladék tárolása

A visszanyert papírt kiszállítják a papírgyárba fémdróttal, vagy hevederrel átkötött bála formájában. A hevedert vagy drótot levágják (így nyitják a bálát) és fém hulladékként gyűjtik.

4.1.1.2 A száraz papírhulladék újrapépesítése

A papírhulladékot forró vízzel, vagy szitavízzel együtt beteszik a pulperba, és mechanikus valamint hidraulikus keveréssel pépesítik, aminek eredményeként rostjaira esik szét. Az újrapépesítés után a visszanyert papír a további kezeléshez szükséges anyagsűrűséggel rendelkezik. Néhány vegyi anyagot, mint például a deinking vegyszereket és NaOH-t gyakran adnak a pépesítéshez adalékanyagként.
A szennyezőanyagokat és csomókat az eljárás során folyamatosan eltávolítják egy „piszokfogón” (pl. rostalemezen) és egy reject szállítóhoz küldik, hogy elkerüljék a szennyezőanyagok aprózódását vagy felhalmozódását a pulperben. Egyre elterjedtebben

használják a másodlagos pulpereket a pép további rostosításához, csomótlanításához, valamint a kis- (LW) és nagysűrűségű (HW) szennyeződésektől való megtisztításához.

Általában a rostosításhoz használt víz teljes mértékben újrahasznosított gyártási víz, ami szitavízként jön a papírgépről.

4.1.1.3 A szennyeződések mechanikai eltávolítása

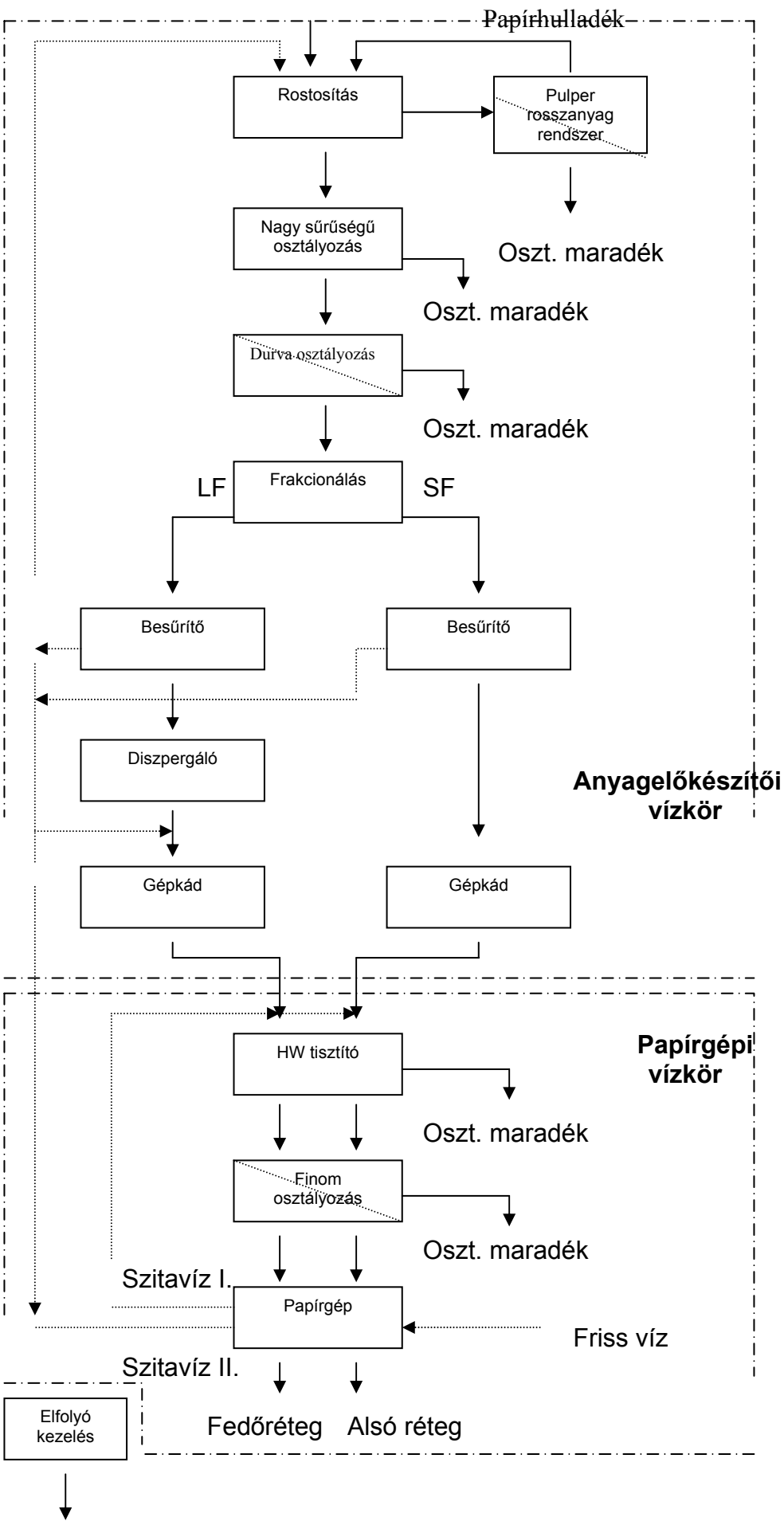
A szennyeződések mechanikai eltávolítása a rostok és szennyezőanyagok fizikai tulajdonságai közötti különbségen alapul, úgymint méret, fajsúly a rostokhoz és vízhez képest. Alapvetően erre szita típusú berendezéseket (osztályozók) használnak különböző méretű szitanyílásokkal (lyukak és rések), és különböző fajta hidrociklonokat (nagy sűrűségű tisztítók, centrifugális tisztítók stb.).

A következő lépés az osztályozás, amellyel elkülönítik az idegenanyagokat, amelyek nagyobbak, mint a nyomásos osztályozó perforált kosarának nyílásai. Az osztályozó típusának kiválasztása függ a végterméktől és az alkalmazott rostanyag minőségétől. Megkülönböztethetünk durva osztályozást (3-4 % sűrűségen), amely a durva szennyeződések eltávolítását biztosítja az anyag-előkészítés során, és finom osztályozást (1 % sűrűség), amit a papírgép közelítő anyagáramában végeznek.

Az elérni kívánt anyagminőségtől függően a papírhulladék-feldolgozó gyár anyag-előkészítő üzemét el kell látni további gépekkel – frakcionálókkal, diszpergálókkal, őrlőkkel.
A frakcionáló 2 részre különíti el a pépet, lehetővé téve a rostszuszpenzió rövid és hosszú rostjainak különböző módszerekkel való kezelését.

A papírhulladék feldolgozását testliner és hullámközépréteg gyártásához Európában kb. 150 gyár alkalmazza. Európa papír- és kartongyártásában ez a legnagyobb piac (tonnában kifejezve), a hullámalappapírok[5] adják a teljes papír- és karton termelés 26%-át, európai átlagban az ehhez felhasznált nyersanyag 86%-a újrahasznosítást rost.

[5] Hullám-alappapírok: papír és karton, amelyet a hullámpapírlemez gyártásához használnak. Elsődleges és visszanyert rostok bármilyen keverékéből készülhet, de ez az ágazat nyersanyagként főleg a hulladékpapírt alkalmaz. Ide tartozik a kraftlíner, testlíner, vegyi félcellulózból készült hullámközépréteg és hulladékpapír alapú hullámközépréteg (Wellenstoff).


Papírhulladék
Rostosítás
Pulper rosszanyag rendszer
Nagy sűrűségű osztályozás
Oszt. maradék
Oszt. maradék
Durva osztályozás
Oszt. maradék
LF
Frakcionálás
SF
Besűrítő
Besűrítő
Diszpergáló
Anyagelőkészítői vízkör
Gépkád
Gépkád
Papírgépi vízkör
HW tisztító
Oszt. maradék
Finom osztályozás
Oszt. maradék
Szitavíz I.
Papírgép
Friss víz
Szitavíz II.
Elfolyó kezelés
Fedőréteg
Alsó réteg

Víz befogadó

5.1. ábra:. Hullám-alappapírhoz visszanyert papírt feldolgozó anyagelőkészítő-üzem folyamatábrája (2 rétegű testliner).

HW = nagysűrűségű szennyeződés LF = hosszú rost frakció
SF = rövid rost frakció

4.1.1.4 Flotációs deinking (opcionális)

A nyomdafestékek eltávolítása azokban a papírgyártó üzemekben szükséges, ahol a fehérség fontos minőségi követelmény, pl. újságpapírnál, író-nyomó papíroknál, tissuenál vagy visszanyert papír alapú kartonok világos felsőrétegénél. A festékmentesítés fő célja a fehérség és tisztaság növelése, és a ragacsos szennyeződések csökkentése.
A teljes deinking üzem tartalmazza a fent említett alapvető részműveleteket, mint az újrapépesítés, valamint az osztályozás és tisztítás a durva szennyezőanyagok (nem-papír részek, például kavics, homok, fém, üveg, textil, fa, műanyagfólia, zsinór, gemkapocs stb.) eltávolítását. Az anyag mechanikai tisztításán kívül elvégzik a rostanyag vegyi előkezelését is, és a nyomdafestékek eltávolítását a flotációs cellában. A sikeres festékmentesítés előfeltétele az, hogy a festék részecskék leváljanak a rostokról és diszperzióban maradjanak. E célból deinking vegyszereket - NaOH, hidrogén-peroxid, nátrium szilikát, szappanok, vagy zsírsavak és kelátképző reagensek - adnak az anyaghoz, legtöbbször már a pépesítés során (a visszagyűjtött papír fehérítésénél általában nincs szükség kelátképző anyagok hozzáadására). A diszpergált festék részecskéket azután elválasztják a rostszuszpenziótól (többlépcsős) flotációs technológiával.

A festékmentesítés után a pépet besűrítik és néhány esetben mossák is, szitás szalagprésen, (tárcsás) besűrítőn, csigás présen és mosón. Ezen tisztító műveletek után a pép még mindig tartalmazhat kis mennyiségben szennyeződéseket, úgymint maradék festék részecskéket, viaszt, vagy ragacsokat, amik pl. a hot-melt ragasztókból származnak, stb.

Festékmentesítés mosással és hamu eltávolítással (opcionális)
Ha a hamu eltávolítás szükséges, mint pl. a tissue papír, vagy kereskedelmi DIP gyártásánál, akkor a rendszernek mindig kell tartalmaznia egy mosási lépcsőt, ahogy azt az 5.4. ábra mutatja.

Fehérítés (opcionális)
Mielőtt a pépet bevezetik a tároló-toronyba, gyakran végeznek fehérítést különféle fehérítő vegyszereket használva, általában ezek hidrogén-peroxid (P), hidrogén-szulfit (Y), vagy formamidin szulfonsav (FAS). Ezeket a fehérítő vegyszereket közvetlenül a diszpergálóba adagolják, hogy megtartsák, vagy növeljék a fehérséget.
Végül a pépet a tárolókádba, vagy keverőkádba szivattyúzzák. Ezek a kádak pufferként viselkednek az alapanyag előkészítés és a papírgép között, és a folyamatos működést segítik elő.

4.1.1.5 A gyártási víz tisztítása

A víztelenítési szakaszokból származó víz egy mikro-flotációs egységben deríthető. A gyártási vizet azután visszaforgatják a folyamatba.

4.1.1.6 Végső tisztítás és víztelenítés

Mielőtt az erősen higított rostszuszpenziót a papírgépre vezetik, különböző típusú finomosztályozókkal és tisztítókkal eltávolítják a visszamaradt szennyezőanyagokat.

4.1.1.7 Az osztályozási maradék (reject) és az iszap kezelése

A papírhulladék feldolgozása során különféle típusú maradékok és iszap gyűlik össze különböző mennyiségben, amiket kezelni kell. Ezeket az iszap és reject rendszerben kezelik.

4.1.2 Példák a visszagyűjtött papír feldolgozási rendszerekre

A különböző termékjellemzők különböző tisztasági és fehérségi tulajdonságokat kívánnak meg az újrahasznosított rostoktól és ennek megfelelően a gyártásuk is változatos. Például a festékmentesítés nem szükséges sok kartonfajtánál. Ezzel ellentétben nagyon hatékony többlépcsős eljárás szükséges a nagysebességű papírgépekhez, vékony papírokhoz, vagy azokhoz a papír fajtákhoz, ahol a fehérség fontos szempont. Az eljárás kifinomultsági fokát az alkalmazott nyersanyag, és a gyártott papír minősége határozzák meg. Ezért nem beszélhetünk kifejezetten egy tipikus visszagyűjtött papír feldolgozási eljárásról.

A következőkben a papírhulladék-feldolgozó rendszerek fő típusait mutatjuk be részletesen és példákkal illusztrálva:

- RCF anyagelőkészítő csomagoló papírokhoz és kartonokhoz (testliner és hullám-középréteg)
- RCF anyagelőkészítő újságpapírokhoz és egyszerű író-nyomópapírokhoz.
- RCF anyagelőkészítő LWC/SC papírokhoz és jó minőségű író -nyomópapírokhoz.
- RCF anyagelőkészítő tissuepapírokhoz és festékmentesített kereskedelmi rostanyaghoz (DIP)

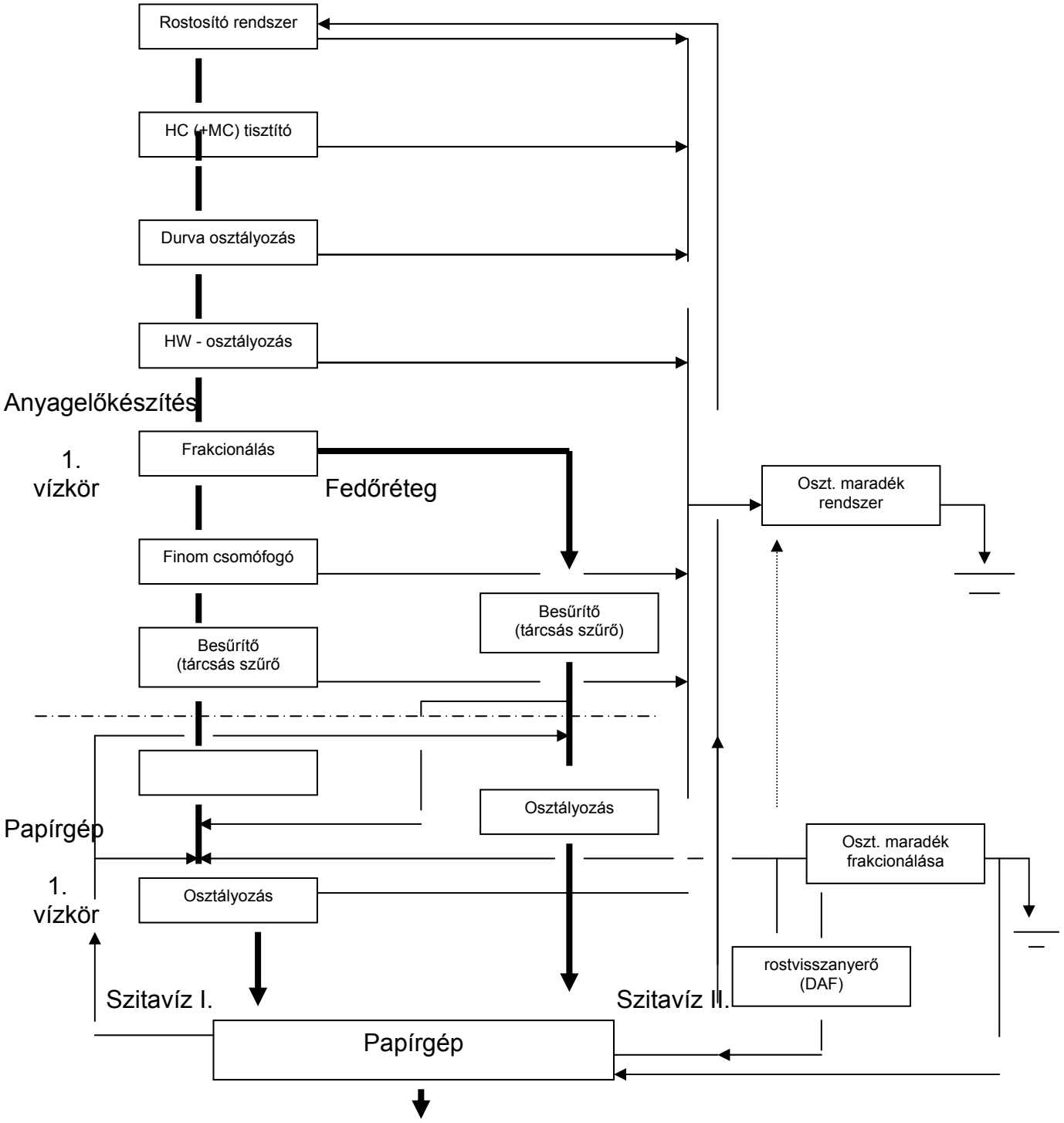
4.1.2.1 Csomagolópapírok és kartonok

A visszagyűjtött papírból készült csomagoló papírokhoz és kartonokhoz, azaz a testlinerhez és a hullám-alappapírhoz csak mechanikai tisztítást alkalmaznak, tehát festékmentesítési eljárás nem szükséges. Ezekhez a papírfajtákhoz elterjedten alkalmaznak áruházakból és egyéb helyekről visszagyűjtött papírokat. A következő diagram bemutatja, hogyan készítik elő a másodlagos rostokat a testlinerhez. A testliner alapanyag előkészítése összetettebb kétlépcsős rendszerben (5.2.ábra) és alacsonyabb költségű egylépcsős rendszerben is elvégezhető. A kétlépcsős rendszer könnyebben ellenőrizhető, növeli a papírgép hatékonyságát, és az ilyen rendszernél a papírgép közelítő anyagáramában már csak biztonsági intézkedésként végeznek osztályozást.

A pépesítés alatt a durva maradékokat elválasztják és kialakul a pelyhek mérete. A következő többlépcsős tisztító és osztályozó rendszer eltávolítja a nehéz részecskéket (pl. homok), a könnyű zavaró komponenseket, ragacsokat, finom homokot, és csomómentes, jó optikai homogenitású alapanyagot eredményez. A testliner és a fluting gyártását egyes üzemek teljesen zárt vízrendszerrel végzik.

Az irányítható üzemi feltételek és a jó termékminőség szempontjából a zárt vízrendszer akkor működik kielégítően, ha a kész rostanyagra számítva kb. 3-4 m^3 / tonna gyártási vizet kezelnek az integrált biológiai derítő üzemben (lásd: 5.3.4. fejezet)

A különböző minőségű csomagolópapírok gyártásánál alkalmazott papírhulladék-feldolgozó rendszerek egyre inkább hasonlítanak egymáshoz. A jó minőségű dobozkarton jobb felszereltséget igényel az eljárás során mint a testliner, a testliner gyártása pedig általában jobbat mint a fluting.



5.2. ábra: Példa testliner üzem elvi vázlatára (kétlépcsős rendszer)

HC + LC = nagy- és kissűrűségű tisztító HW = nagy fajsúlyú
DAF = oldott levegős flotáció # = réselt sziták

4.1.2.2 Tissuepapír és kereskedelmi rostanyag

Amikor visszagyűjtött papírt használunk a jó minőségű tissue papír vagy a kereskedelmi DIP gyártásához, akkor nem csak a durva szennyeződéseket kell eltávolítani, hanem a nyomdafestékeket, ragacsokat, finomanyagokat és töltőanyagokat is. Mivel jelentősen csökkentik a hamu- és finomanyag-tartalmat, a kész rostanyaghoz képest kb. 30-100 %-kal

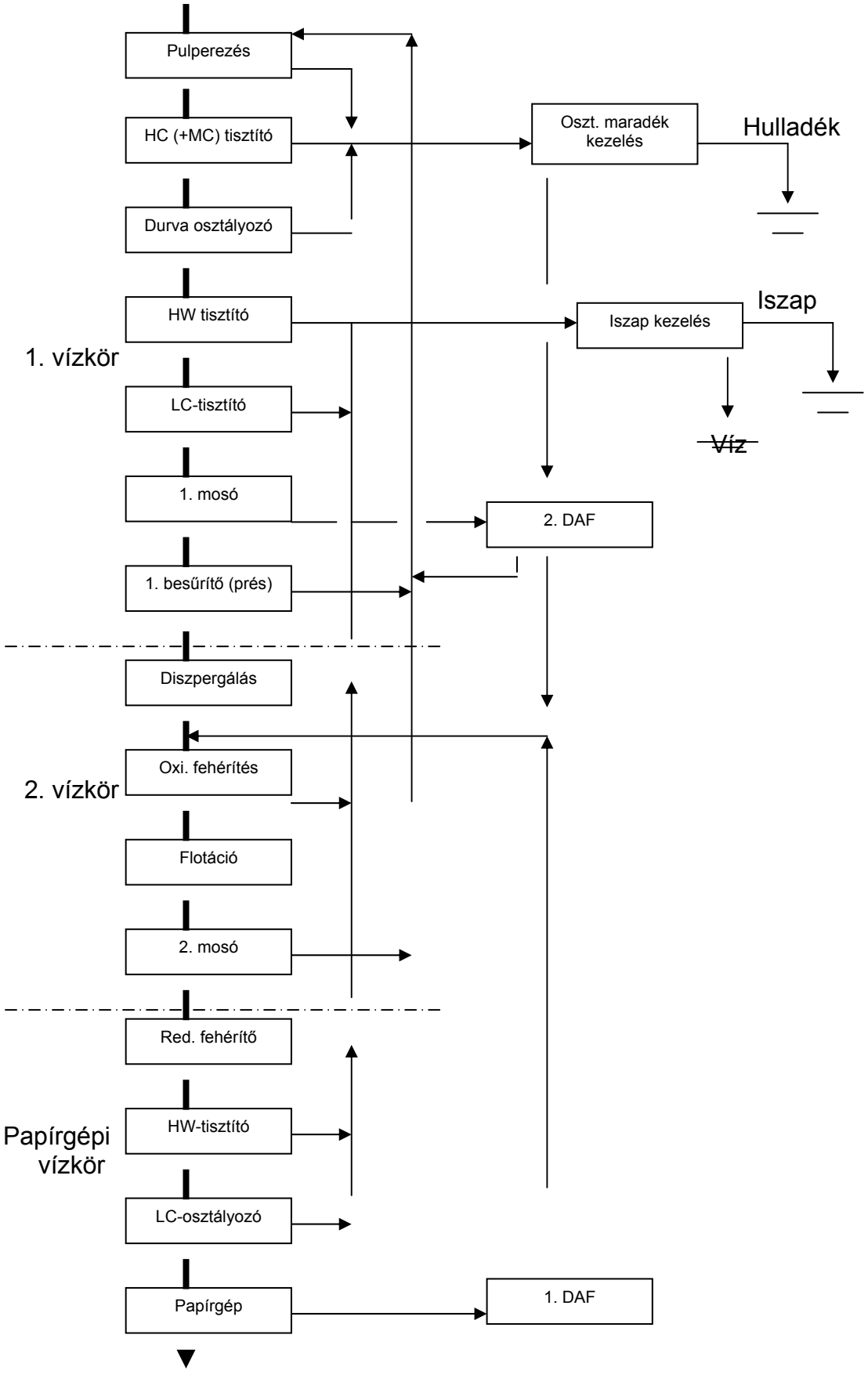
több visszagyűjtött papír feldolgozására van szükség, ezért viszonylag nagy mennyiségű hulladékot kell kezelni és elhelyezni. Vannak olyan gyárak (például Niederbipp, Svájc), ahol az összes gyártási maradékot (reject), beleértve az iszapot is, elégetik a helyszínen, így gőzt termelnek a gyári fogyasztóknak, és a gyártási maradékok tömegét a hamura csökkentik, amit építőipari adalékanyagként használnak (cement).

Sok termékhez, mint például a konyhai törlőhöz, vagy a toalett papírhoz ugyanazt a nyersanyagot lehet használni, mint az újságpapírhoz, azaz az újság és folyóirat papírokat keverve, vagy még általánosabban a közepes és jó minőségű visszagyűjtött papírokat. De ha elfogadható áron rendelkezésre áll, akkor famentes anyagot (irodai visszagyűjtött papír) is lehet használni.

Az 5.4. ábra egy egyszerűsített diagramot mutat a visszagyűjtött papírt feldolgozó üzemről. A rendszer fő jellegzetességei a következők: nagy sűrűségű pulper (pépesítő berendezés) szemétfogó rendszerrel, ahol a durva szennyeződéseket visszatartják egy perforált osztályozólemez segítségével, és azonnal eltávolítják. A maradékot azután utókezelik egy perforált dob osztályozóban és végül besűrítik a reject csigaprésen. A nagysűrűségű tisztítóban való kezelést követően a második lépcsőben következik egy kis sűrűségű tisztító, ahol főleg a fém hulladékokat távolítják el, úgymint kapcsok, szegek stb. Az anyag további megmunkálásra kerül a többlépcsős osztályozó és tisztító rendszerben. Mint minden papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzemben, a pépesítésnél, tisztításnál és osztályozásnál az alapelv az, hogy biztosítsák a szennyeződések és maradékok korai kiválasztását.

A mosás kis anyagsűrűségen történik, ami magába foglalja a mosó víz hatékony felhasználását és visszaforgatását is. A cirkuláló vizet meg kell tisztítani és a mosó víz nyomdafesték és más szilárd részecskéit el kell távolítani oldott levegős flotációval, vagy egyéb hatékony víztisztító technológiával. Az 1. mosás szolgál a hamu, finomanyagok és finom festékrészecskék eltávolítására, és ezt követi a szitaprés, ami az anyagot kb. 30 %-osra besűríti. A mosási szűrletet a flotációs egységben tisztítják kationos pelyhesítők hozzáadásával. A hamu és a finomanyag eltávolítása után a víz visszatér a rendszerbe. Az anyagot egy fűtő csigával melegítik és diszpergálóban kezelik, amely leválasztja a rostokhoz még odatapadt festékrészecskéket, és egyidejűleg összekeveri az anyagot a fehérítő vegyszerekkel. A flotációs lépcső eltávolítja a diszpergálással elkülönített festékrészecskéket, valamint a piszok darabkákat és ragacsokat. A 2. mosást követheti egy másodlagos fehérítés, és ezt követően az anyagot vagy a tárolótoronyba juttatják, vagy a végső osztályozásra és tisztításra a papírgép közelítő áramában. A maradékok és az iszap kezelése kritikus pontja az RCF-ból való tissue gyártásnak, mert viszonylag nagy mennyiségű iszap gyűlik össze a különböző forrásokból (visszagyűjtött papír előkészítés, DAF, tissue gép, biológiai szennyvízkezelő üzem), ennek az iszapnak a szerves széntartalma kb. 50 %.

További információkat a primer rostból történő tissue papír gyártásáról a 6. fejezet tartalmaz.



5.4. ábra: Visszagyűjtött papír előkészítés elvi vázlata tissuepapírhoz.

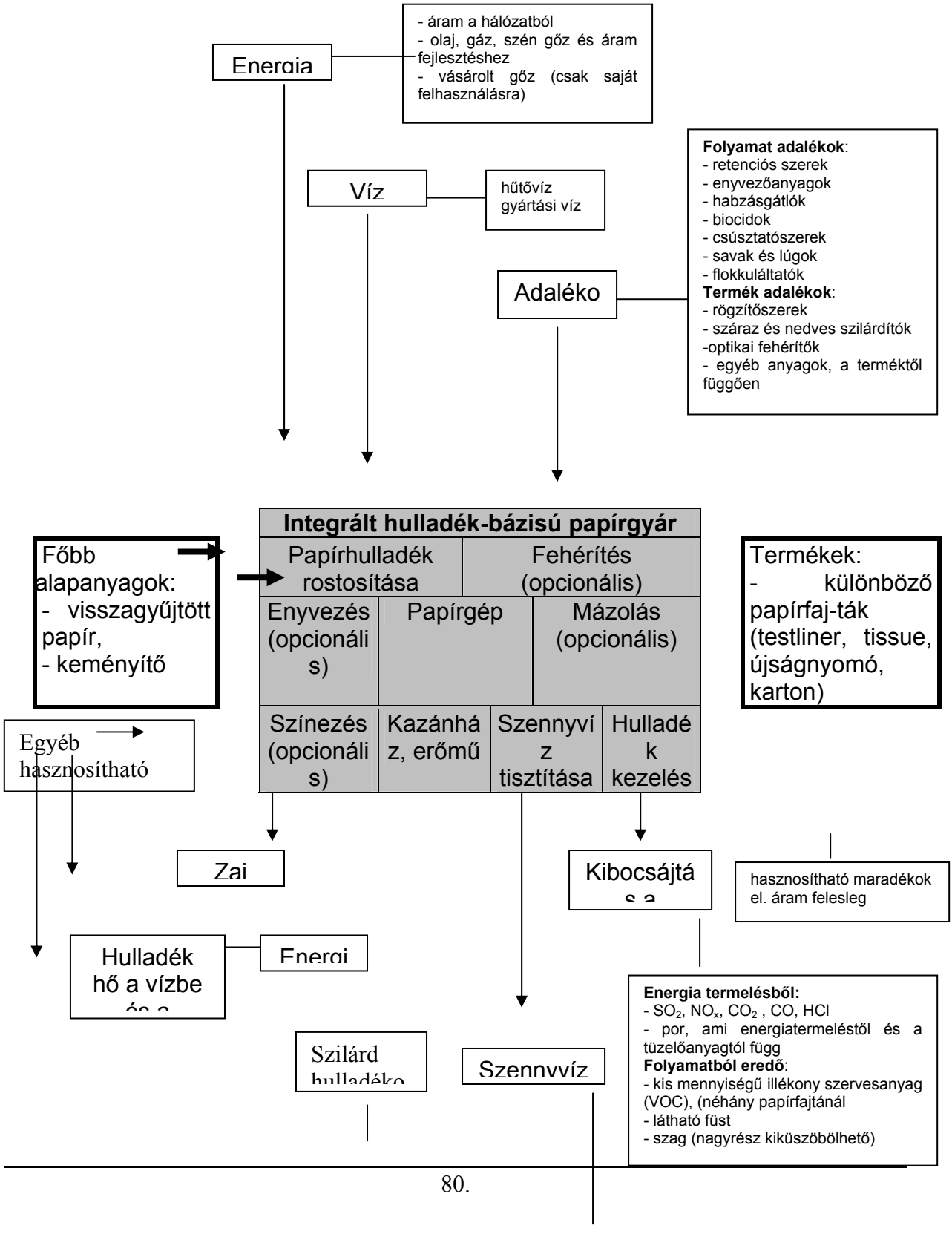
HC = nagy sűrűségű
MC = közepes sűrűségű
LC = kis sűrűségű

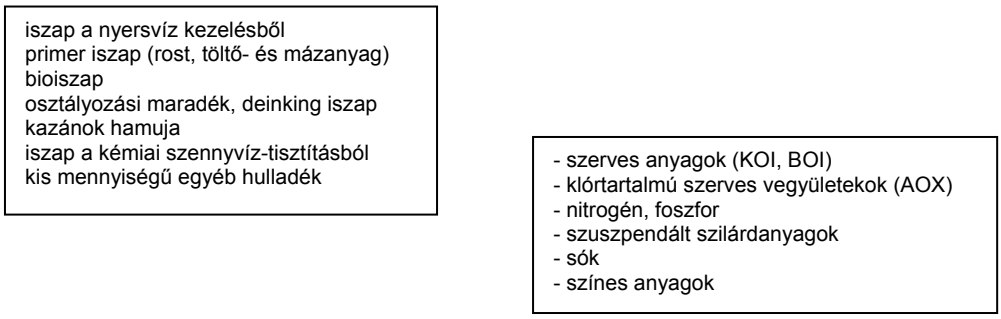
HW = nagy fajsúlyú
DAF 1+2 = oldott levegős flotáció 1+2

4.2 *Az RCF (visszanyert rost) bázisú papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási szintjei*

4.2.1 A bemenet / kimenet áttekintése

Az 5.5. ábra bemutatja az RCF alapú papírgyárak nyersanyag és energia inputjait, valamint a kibocsátott termékeket, a további hasznosításra szánt maradékokat, és a fő szennyezőanyag kibocsátásokat és hulladékokat.





5.5. ábra: Egy integrált visszagyűjtött papír feldolgozási rendszer anyagáramainak áttekintése.

Néhány anyag előfordulása főleg a papírfajtától és az elérni kívánt papírtulajdonságoktól, valamint az energiaellátás típusától függ.

Ahogy az ábra is mutatja, az RCF alapú papírgyártás nyersanyagai főként visszagyűjtött papírból, vízből és néhány vegyi adalékanyagból állnak. Nagy mennyiségű vizet használnak technológiai és hűtővízként. Gyártási segédanyagként és a terméktulajdonságok javítására különféle adalékanyagokat alkalmaznak a papírgyártás során. A visszagyűjtött papír feldolgozás környezeti hatása magába foglalja a kibocsátást a vízbe, a szilárd hulladék képződést, és a levegőbe történő kibocsátást, amit főleg az energianyerés során a fosszilis fűtőanyagok elégetése okoz az erőművekben. Amikor a kibocsátás csökkentésére mérséklő technikákat alkalmaznak, több közegre irányuló hatások következhetnek be. Ebben a fejezetben a mennyiségi fogyasztási és kibocsátási szinteket adjuk meg a különböző típusú RCF feldolgozó üzemekre. Először az anyagelőkészítés és a teljes papírgyár input és output szintjeit mutatják be az ábrák, ezt követik a környezeti szempontból lényeges főbb eljárások fogyasztási és kibocsátási adatai (5.2.2. Fejezet).

Az RCF alapú papírgyártás 3 fő részre osztható: anyag-előkészítés – közelítő anyagáram/papírgép – és a kész papír minőségének további javítása. Az anyag-előkészítés és a papírgép szoros kapcsolatban van egymással a technológiai vízrendszer miatt (ld. 5.2.2.2.). Az 5.1. táblázat áttekinti a visszanyert papírfeldolgozás előkészítő szakaszában a fő nyersanyag felhasználást és kibocsátást az Európában gyártott fő papírkategóriák szerint. A táblázatban összefoglalt értékek kizárólag az anyag-előkészítést tartalmazzák, vagyis az ezt követő papírgép nincs benne. Kivételt tettünk a vízáramokkal, mivel az anyag-előkészítés és a papírgép vízáramai általában összekapcsolódnak.

A visszanyert rostból készült fő papírfajták előállításának teljes papírgyári fogyasztási és kibocsátási szintjeit mutatja az 5.2. táblázat (testliner és wellenstoff), és az 5.4. táblázat (tissue).

Meg kell jegyezni, hogy az egész évi mérések átlagából számított aktuális értékek eltérnek az engedélyekben megadott értékektől. Az egyes országok engedélyezési rendszerétől függően az utóbbiak általában rövidebb időszakokra vonatkoznak, 2 órára, 1 napra vagy 1 hétre, hogy biztosítsák a teljesítés gyakorlati ellenőrizhetőségét.

Az 5.2. táblázat súlyozott átlagos adatokat mutat be testlinerre és wellenstoffra. Az adatok az Európai Hullámpapírlemez Adatbázisból származnak, amit a FEFCO, a Grupement Ondulé és a Kraft Institute állított össze és adott ki az életciklus tanulmányokhoz (1997. kiadás).

Bemenet			Kimenet		
Nyersanyagok	**Érték**	**Egység**	**Termék**	**Érték**	**Egység**
Papírhulladék (tömeg nedvességtartalommal)	1100	kg/t	hullám alappapír hullám fedőpapír	1000	kg/t
Biocidok, száraz tömeg	0 – 0,12	kg/t	**Kibocsájtás**		
Színezők, száraz tömeg	0,2-1,0*	kg/t	$CO_{2,fosszilis}$	320**-600	kg/t
Légtelenítők, száraz tömeg	0,1-0,4	kg/t	$CO_{2,regeneratív}$	0-15	kg/t
Retenciós szerek, száraz tömeg	0,3-2,4	kg/t	CO	n.a.	kg/t
Enyvezőanyagok, száraz tömeg	0,1-3,0*	kg/t	NO_x	0,4-1,1	kg/t
Keményítő, száraz tömeg	20-50	kg/t	SO_2	n.a.	kg/t
Energia			Por	n.a.	
Összes fosszilis fűtőolaj	5700**-9600	MJ/t			kg/t
Vásárolt áram	2,8[1)]-403	kWh/t	KOI	0-2,2	kg/t
Primer emergia, $_{összes}$***	2140-3220	kWh/t	BOI_5	0-0,2	kg/t
			Szuszpendált szárazanyag	0-0,5	kg/t
			AOX	n.a.	kg/t
			$N_{összes}$	n.a.	kg/t
			$P_{összes}$	n.a.	kg/t
			Elpárologtatott víz	1-2***	
			Szennyvíz elfolyás	0-11	
Vízszükséglet			**Maradékok**		
Nyers-/frissvíz	1-13	m^3/t	Hulladék lerakásra	30-70 (100% sz.a.)	kg/t

Megjegyzések:
1) Az alsó vásárolt áram érték a nagy energiatermelő egységgel rendelkező gyárakra vonatkozik
* Az adott érték csak testlinerre vonatkozik
** Az adott érték csak gőz előállítás esetén érvényes
*** A bemenő és a kifolyó víz számított különbsége
**** A fajlagos primer energia felhasználásból a vásárolt áram részesedését az erőművek 36,75%-os ha-tásfoka alapján számítottuk, így 0,47 MWh/t áram 1,28 MWh/t primer energiának felel meg (10kWh 7 3,6 MJ). A tartomány alsó értéke nem tűnik reálisnak, így az átlagos áram felhasználás 200 kWh/t (vagy 555 kWh/t primer energia)

5.2. táblázat: Környezetvédelmi adatok éves átlag értékei testlinerre és wellenstoffra.

Az értékek az 1996-os állapotot mutatják /FEFCO, 1997/ Minden adat tonna/eladható nettó termékre (net saleable product = nsp) vonatkozik. A táblázat a súlyozott középértéket adja meg. A levegőbe történő kibocsátások csak a gőztermelésre vonatkoznak.
A testliner és wellenstoff előállításához használt visszagyűjtött papír minőségek 93-94%-ban az európai szabványos hulladékpapír minőségek listája szerinti A kategóriának felelnek meg, ide tartoznak a vegyes papírhulladékok, az áruházi hulladék, valamint az új és használt hullámpapírok.

A wellenstoff előállításánál felhasznált fosszilis tüzelőanyag 87%-a, a testlinernél pedig 94%-a földgáz. Minden gyár előállít gőzt a papír szárításához, de nem minden gyár termeli maga az elektromos energiát. Számos esetben az elektromos áramot az elektromos hálózatról vásárolják. A levegőbe történő kibocsátás főleg a felhasznált tüzelőanyag fajtájától függ. Ezt kombinálva egy jól megválasztott füstgáz tisztítással, a legjelentősebb környezeti hatások a fosszilis CO_2 kibocsátásból származnak (további információ a 5.2.27. szakaszban).
A wellenstoff és a tesztlíner gyártás vízfelhasználása 2 és 13 m^3/tonna nsp között változik. Amikor a papírt zárt vízrendszerben gyártják, a legalacsonyabb vízfelhasználás megegyezik a szárítószakaszban elpárolgott víz mennyiségével. A súlyozott átlagos vízfelhasználási értékek majdnem azonosak mindkét papírtípusra, kb. 6,5 m^3/tonna nsp. Az átlagos fajlagos szennyvíz-kifolyás 4,9 és 5,7 m^3/tonna nsp között mozog. Néhány gyár teljesen zárt vízrendszerrel dolgozik és nulla a szennyvíz-kibocsátása.
A vízbe történő kibocsátásokat a végső szennyvízkezelés után kibocsátott vízzel a gyárat elhagyó vegyületek formájában adják meg. A lebegőanyagok, a KOI és a BOI szintjének súlyozott átlaga alacsony és nullához közelít a zárt vízrendszerrel működő gyáraknál.

A tissue üzemek sokféle terméket gyártanak. Sok tissue gép gyakran váltogatja a terméktípust, valamelyest csökkentve ezzel a víz-, energia- és alapanyag-felhasználás hatékonyságát. A végtermékké való feldolgozást gyakran integrálják a tissue-alappapír gyártásához. A tissue üzemekben viszonylag nagy a frissvíz felhasználás a fecskendőkben, mert a filcek és sziták tisztasága kritikus a nagyon kistömegű lapképzésnél (12 g/m^2-ig is lemehet).

Bemenet

Primer rost	Keverék (osztályozott)	Visszanyert papír
~~1010~~		2000

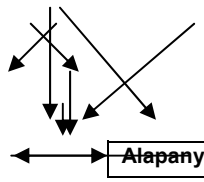
Nedvesszilárdító	0-80 kg/t
Flotáló	0-10 kg/t
Fehérítő	0-30 kg/t
Keményítő	0-30 kg/t
Színezék	0-7 kg/t

Adalékok

Együttes termelés / Felhasználás	Szén
	Olaj
	Gáz

kWh/ADt	1200-3000	5-25	GJ/ADt
kWh/ADt	2000- 10000		

Energia



Folyamat

Kimenet

Kibocsátás a felszíni vizekbe	
Elfolyás, m3/ADt	5-100
KOI, kg/ADt	2-6
BOI, kg/ADt	1-2
TSS, kg/ADt	1-3
AOX, kg/ADt	5-15
Nössz, kg/Adt	5-100
Pössz, kg/Adt	1-30

Szilárd hulladék	
Primer rost kg/ADt	10-40
Visszanyert papírhulladék kg/ADt	400-1000

Kibocsátás a légtérbe		
		Kibocsájtás függ:
CO2, kg/ADt	500-2000	energiaellátás módjától
SO2, kg/ADt	50-10000	tüzelő minőségétől
Nox, kg/ADt	300-2000	művelet technológiájától, fajlagos energiafelhasználás

5.4. táblázat. Éves átlagos felhasználási és kibocsátási szintek a tissue-gyártásban.

4.2.2 Az egyes részfolyamatokból adódó felhasználási és kibocsátási értékek

A következő szempontok kapcsolódnak a visszagyűjtött rost feldolgozásán alapuló papírgyártáshoz:

- visszagyűjtött papír fogyasztás
- vízhasználat
- adalékok használata
- energiaigény
- szennyvíz kibocsátások
- szilárd hulladék képződés az anyagelőkészítésből, a technológiai víz derítéséből és a szennyvíz kezeléséből
- levegőbe történő kibocsátás az energiatermelésből
- levegőbe történő kibocsátás az iszap és maradék elégetéséből
- zaj a papírgéptől (helyi)
- szag az elpárolgó anyagokból és a szennyvízkezelő üzemből (helyi)

Az itt közölt kibocsátási és fogyasztási adatokra vonatkozóan figyelembe kell venni, hogy a különböző tagállamokban használatos eltérő mérési módok következtében az adatok nem mindig hasonlíthatók jól össze (további információ található erről a témáról a III. mellékletben, de a különböző módszerek használata nem változtatja meg az ebben a dokumentumban levont következtetéseket).

4.2.2.1 Visszagyűjtött papír felhasználás

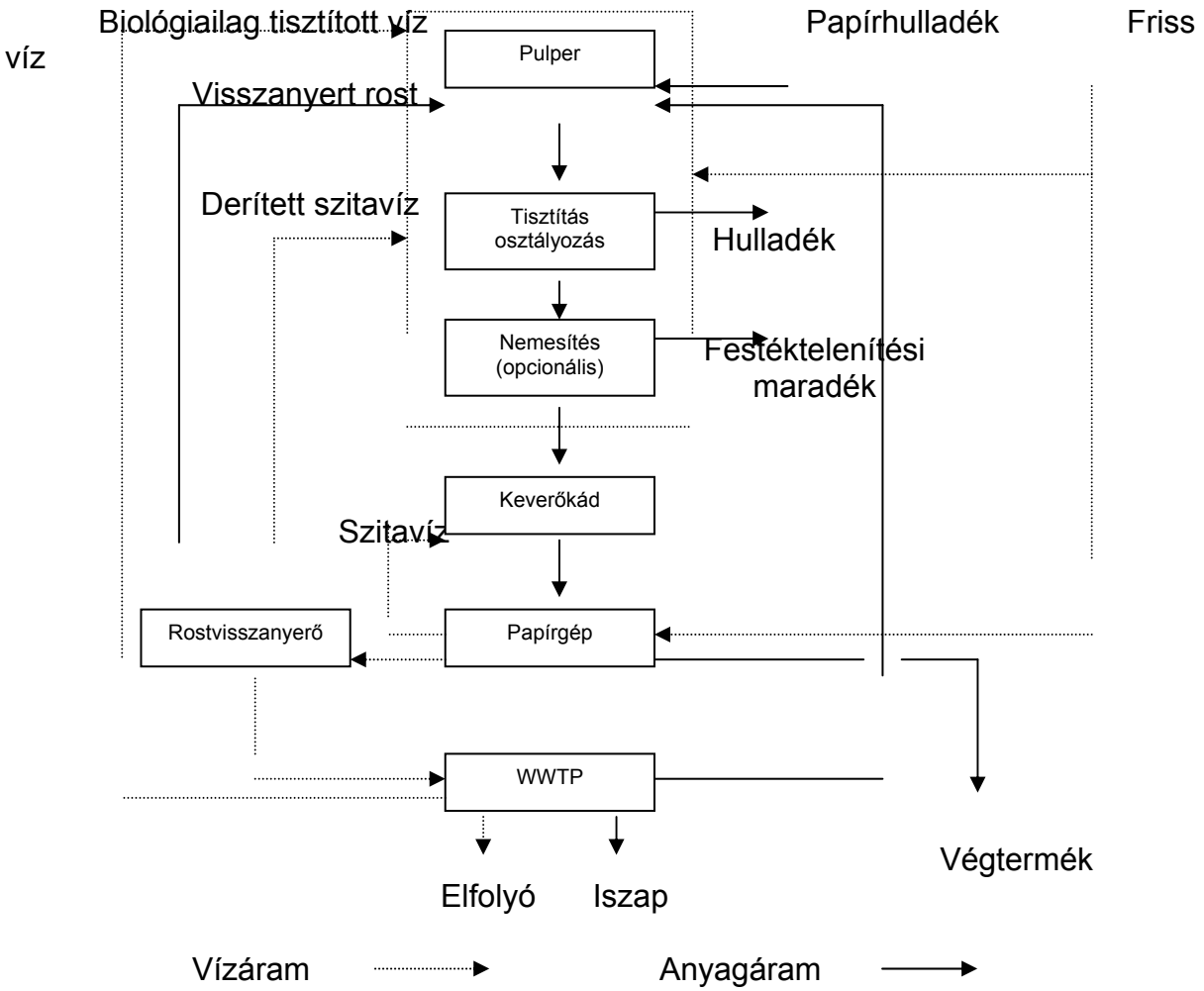
A különböző típusú papírok gyártásához, úgymint „barna” csomagolópapír, vagy „fehér” grafikai papír, különböző mennyiségű és minőségű másodlagos rostokat használnak. Egy tonna papír előállításához 1100 kg (hullám-középréteg) és 2000 kg (tissue és kereskedelmi DIP) közötti mennyiségű visszagyűjtött papírt használnak.
Rosszabb minőségű visszagyűjtött papírt általában kevésbé igényes papírokhoz használnak alapanyagként, míg a jobb minőséget magasabb igényeket kielégítő termékekhez alkalmazzák. A rosszabb minőségű visszagyűjtött papírok több szennyeződést tartalmaznak és a jobb minőségűekhez képest ezeket sokkal intenzívebben kell tisztítani, hogy eleget tegyenek a magasabb minőségi követelményeknek. A jobb minőségeket főleg grafikai papíroknál, tissuepapíroknál alkalmazzák, aminek két hátránya van: a jobb minőség általában drágább és nem tudják folyamatosan biztosítani. Mivel az egyenletesség fontos a rostanyag-összetételhez, a szennyezőanyagok mennyiségi és minőségi variációja legyen a lehető legalacsonyabb. A visszagyűjtött papíroknak különböző típusai különböztethetők meg: „begyűjtött hulladékpapír” a háztartásokból, áruházakból, ide tartozik a hullámpapírdoboz, újságpapír és magazinok; „ipari visszagyűjtött papír”, mint pl. vágott, selejtes, túltermelésből származó papír, papírdoboz és könyvgyártásból származó papír; „fél ipari visszagyűjtött papír”, ami a szupermarketekben, vagy nagy irodákban, áruházakban keletkezik.

4.2.2.2 Víz felhasználás

A papír és karton gyárak általában nagy mennyiségű vizet használnak. Másrészről a legtöbb papírgyárban nagy mennyiségű vizet visszaforgatnak, és így a fajlagos vízmeny-nyiséget az RCF alapú papírgyártásban csökkentették az elmúlt 20 évben. Európában a talajvizet és a felszíni vizet is használják. A papír minőségétől függően a vizet előkezelni kell, hogy megfeleljen a technológiai víz kívánalmainak. Ha szükséges, a vasat, mangánt és néha az

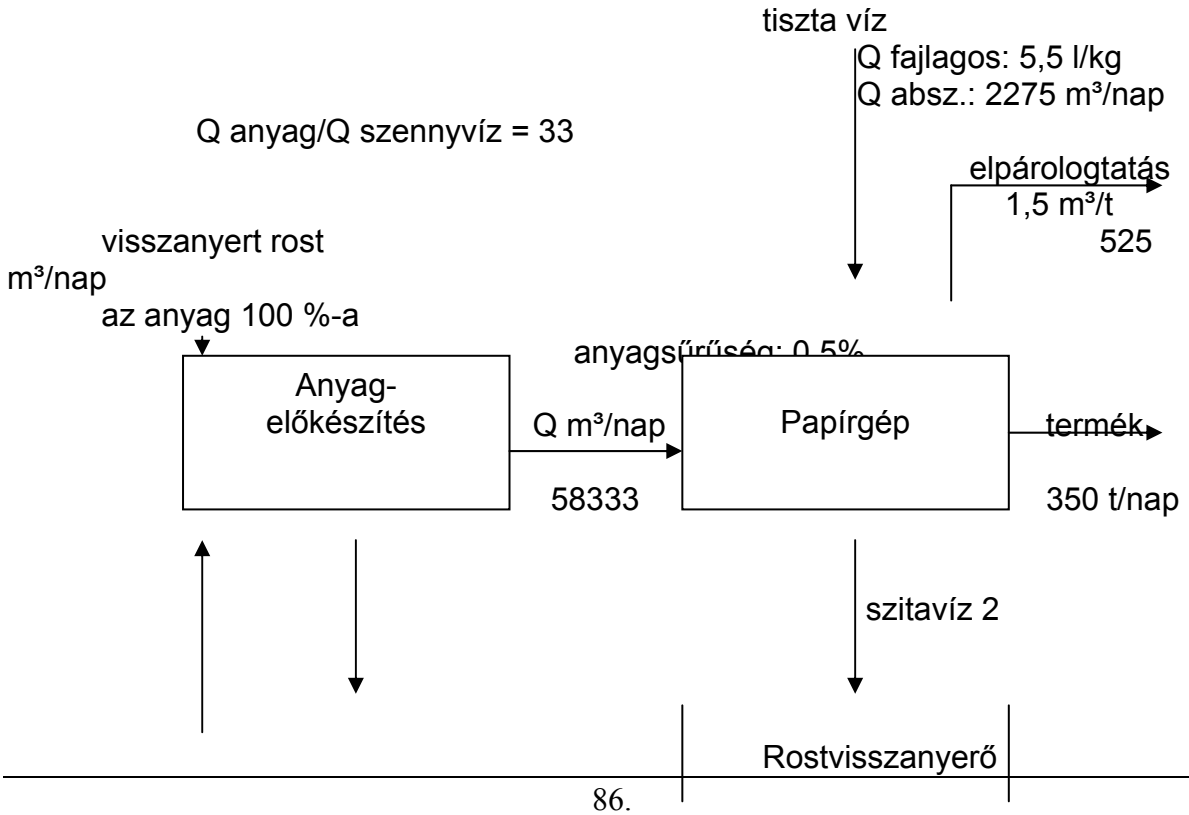
algásodást és zavarosságot flokkulálással távolítják el, komplex képzéssel és/vagy homokszűrőn való átvezetéssel.

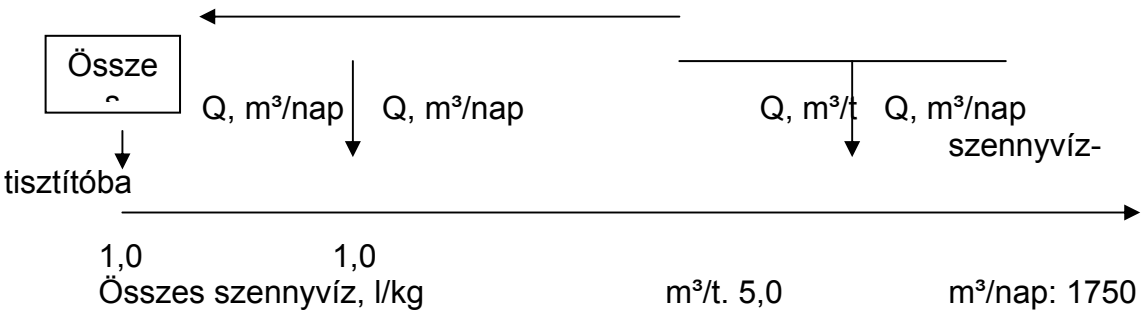
Minden papír és kartongyárban visszaforgatják a szitaszakaszban eltávolított vizet (fehér víz). A szita vizet kezeletlenül, mint oldószert forgatják vissza a keverőkádba (rövid kör) vagy derítés után használják fel újra a rostvisszanyerő szakaszban, ami egy sajátos helyzet az eljárásban, ahol magasabb minőségi követelményekkel szembesül a víz. Az anyag-előkészítőben a rostvisszanyerő szakasz túlfolyását visszavezetik a vízkör egyen-súlyának megtartására, és leválasztják a nemkívánatos anyagokat, amelyek nem kerülhetnek bele a papírgép közelítő anyagáramába.



WWTP = szennyvíz-kezelő üzem.

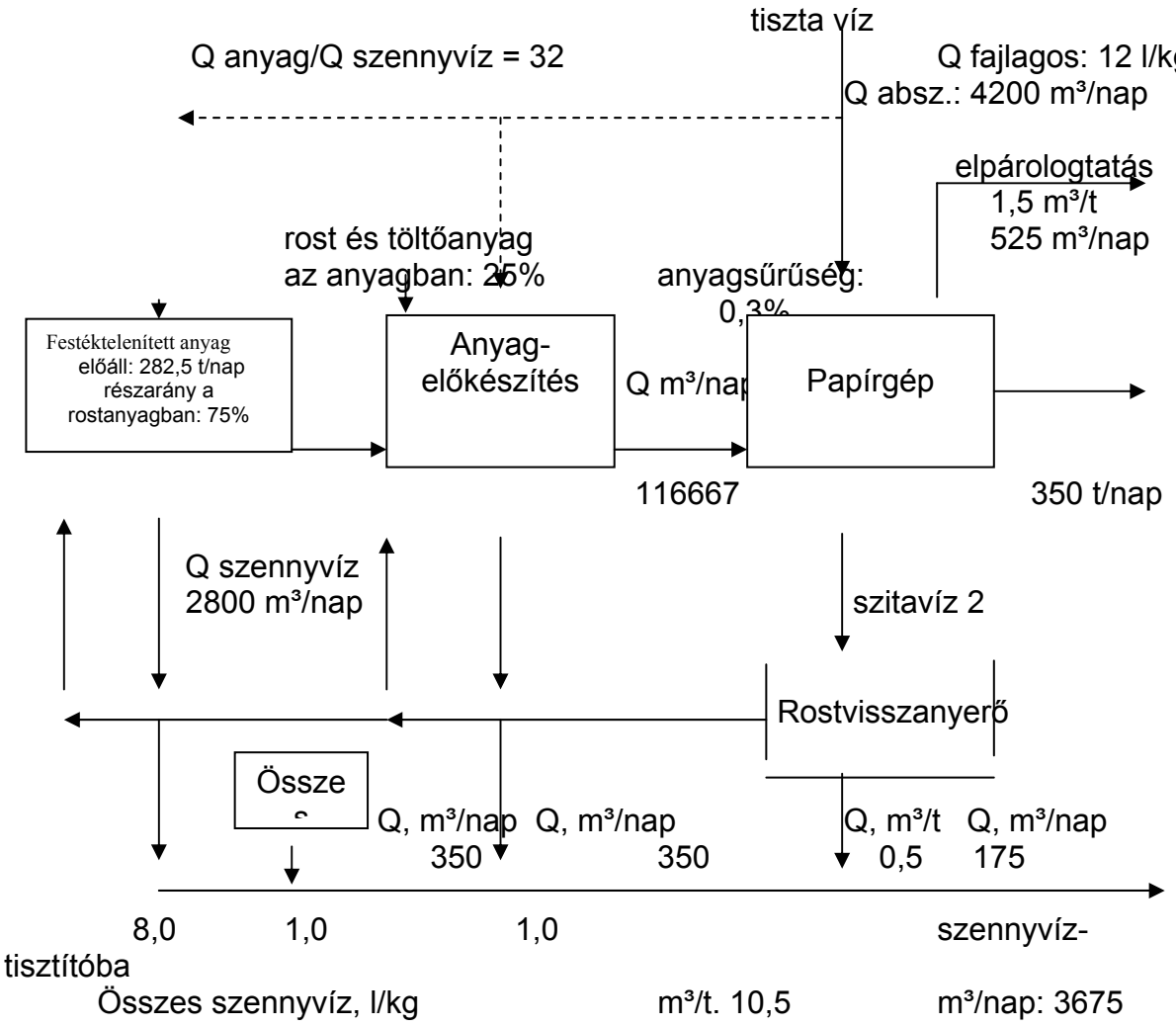
5.6. ábra: A visszagyűjtött papírból történő papír- és kartongyártás folyamatábrája [Dutch Note on BAT, 1996]





5.7. ábra: Festéktelenítés nélküli integrált RCF-bázisú hullám-alappapír gyártásának vízkörei (100 % visszanyert papír) [Möbius]

A visszagyűjtött rostból való nem festéktelenített papír eléggé zárt vízkörben történő gyártásának példája mutatja, hogy friss vizet csak a papírgépi oldalon használnak (és az adalékanyagok előkészítéséhez). A szitavizet visszaforgatják az alapanyag-előkészítő szakaszba és a papírhulladék pépesítéséhez, valamint a pép mechanikai tisztításának különböző szakaszaiban is használják. Egy részleges vízáramot a szennyvízkezelő üzembe (wwtp) bocsátanak ki. 1 tonna papír gyártása közben kb. 1,5 m^3 víz párolog el a papírgép szárító szakaszában. Statisztikailag az 5.7. ábra szerint 33-szor használják u-gyanazt a vizet a gyártás során.



5.8. ábra. Optimalizált anyag-víz rendszer integrált festékmentesített rostgyártásban. [Möbius, 1994]

Az 5.8. ábra nagy festéktelenített rost (de-inked pulp = DIP) tartalmú zárt vízrendszerű integrált papírgyártást mutat. A technológiai víz az anyagárammal szemben ellenkező irányban áramlik, azaz a szitavizet visszaforgatják a festéktelenítő egységbe és az anyag-előkészítőbe.
Az 5.5. táblázat összefoglalja a különböző visszagyűjtött papír feldolgozó gyárak fajlagos vízfogyasztását.

Folyamat	Fajlagos vízfelhasználás (m^3/t)*
Mázolatlan dobozkarton	2-10
Mázolt dobozkarton	7-15
hullám középréteg és csomagolópapír	1,5-10
Újságnyomó	10-20
Tissuepapír	5-100
Író- nyomópapírok	7-20
Megjegyzés: * Megjegyzendő, hogy 1,5 m^3 víz elpárolog 1 tonna papír szárításakor, így nem jelentkezik szennyvízként	

5.5. táblázat: RCF alapú papír- és kartongyártás jellemző vízfogyasztása

4.2.2.3 Adalékanyag felhasználás.

A termék tulajdonságainak javítására sokféle adalékanyagot használnak a papír- és kartongyárakban. Az adalékanyagok mennyisége és típusa változik a papírfajtától és az alkalmazott berendezésektől függően. A papíriparban alkalmazott adalékanyagok két csoportba sorolhatók: termék adalékok, amelyeket azért alkalmaznak, hogy a vevők igényeinek megfelelően optimalizálják a papír sajátos tulajdonságait; és gyártási segédanyagok. A utóbbiak megkönnyítik a papírfeldolgozást, növelik az eljárás futtathatóságát. Az 5.6. táblázat példákat mutat be a fő adalékanyagokra és alkalmazásukra.

Adalékanyag	Cél	Példák	Jellemzés
Töltőanyagok	- A nyomtathatóság, opacitás, fehérség, simaság és a fényesség javítása - Rostok helyettesítése (takarékosság)	Kaolin, talkum, mészkő, gipsz, titán-dioxid	
Enyvezőanyagok	- felületi tulajdonságok javítása - papír hidrofobozása	Módosított keményítő, módosított természetes gyanta, viasz-emulzió, szintetikus anyagok, mint alkil-ketén-dimerek és maleinsav-anhidrid-kopolimerek	Ezek közül a kationosak mérgező a baktériumokra
Rögzítőszerek	Az adalékanyagok rostokon való adszorpcióját javítják	Alumínium-szulfát	Főleg kationos termékek, amelyek mérgezők a baktériumokra
Száraz szilárdság növelők	Javítják a száraz szilárdsági tulajdonságokat	Módosított keményítők	Ezek közül a kationosak mérgező a baktériumokra
Nedves-szilárdság növelők	Javítják a szilárdsági tulajdonságokat nedves állapotban	Karbamid-formaldehid polimerek, melamin-formaldehid polimerek, epiklórhidrin kondenzátumok	A baktériumokra mérgezőek, egyesek növelik az AOX-t
Színezőanyagok	Színezik és/vagy fehérebbé teszik a papírt	Azo-vegyületek, kvaterner ammónium-vegyületek	Eltávolításuk nehézkes, néhányuk mérgező, nehéz-fémeket tartalmazhatnak
Optikai fehérítők	Fehér hatást kölcsönöznek a papírnak	4,4-diamino-stilben-2,2-diszulfonsav alapúak	Néhány kationos vegyület mérgező lehet
Mázolási anyagok	Jó felületűvé teszik a papírt	Pigmentek, kötőanyagok, nedvesszilárdítók, diszperziók és csúsztatószerek. Habzásgátlók	A kötőanyagokat a többi vízzet való elegyítés előtt destabilizálni kell, különben

		nyálkaölők.	lerontják a tisztítás hatásfokát.
Segédanyagok	**Cél**	**Példák**	**Jellemzés**
Retenciós szerek	- Rostok, finomanyagok és töltőanyagok retenciójának javítása - A termelés növelése a víztelenedés javítása útján - Szennyezőanyag-kibocsájtás csökkentése	Alumínium-szulfát, aluminát, poli-alumínium-klorid, keményítő származékok, gyanták, anionos poli-akril-amidok, nemionos poi-akril-amidok, kationos polimerek	Főleg kationos termékek
Festéktelenítő és fehértrő anyagok	- Festék eltávolítása a rostokról - Fehérítés - A festék részecskék diszperzióban tartása	NaOH, zsírsavak, zsírsav-sók, H_2O_2, hidroszulfit, komplexképzők, nátrium-szilikát, tenzidek	A végtisztítóban gátolhatják az iszap eltávolítását
Komplexképzők	A fémionok eltávolítása fém-komplexek formájában a fehérítő anyagok bomlásának megakadályozására	DTPA vagy EDTA	Biológiailag nehezen vagy nem lebonthatók.
Tenzidek	- Nemezek, sziták és gépek tisztítására - Vízrendszer tisztítására Különböző anyagok diszpergálására	Savas és lúgos felületaktív anyagok	Flotáló iszapot képezhetnek
Levegőtlenítők	Habzás megelőzésére és a hab megszűntetésére	Zsírsav-etoxilátok, poli-oxi-etilén, zsírsav származékok, hosszú láncú alkoholok, foszforsav-észterek, növényolaj származékok	Csökkentheti a szennyvízkezelőben az oxigén bevihetőségét
Biocidok (nyálkátlanítók)	Mikroorganizmusok szaporodásának megakadályozására	szerves bromidok, kén- és nitrogénvegyületek, kvaterner ammónium vegyületek	Egyesek AOX tartalmúak, ezek nagyobb koncentrációban mérgezik a szennyvíztisztító kultúráját,

5.6. táblázat: A fő gyártási és terméksegédanyagok és alkalmazásuk a papíriparban.

A papíriparban használt olyan alapvető vegyianyagokat, mint pl. a savak és lúgok, nem tartalmazza a táblázat. A megjegyzések magukra a vegyületekre vonatkoznak, függetlenül attól hogy ezeket általában erősen hígítják, és hogy bizonyos mértékig visszamaradnak a papírban (további részleteket az I. melléklet tartalmaz).
[Holland megjegyzések a BAT-hoz, 1996; változtatások - EIPPCB]

Az 5.7. táblázat a festékmentesítéshez használt anyagokat mutatja. A deinking vegyszerek kevésbé kötődnek meg a cellulózrostokon és a lerakott vagy elégetett deinking iszapban is jelen vannak.

Vegyszer	**Adagolás** (kg/t festéktelenített anyagra)
Nátrium-hidroxid	10-20
Nátrium-szilikát	20-30
Szappan	5-8
Talkum	10-15
Hidrogén-peroxid	5-25
Kelátképző (DTPA)[1)]	2-3
Nátrium-ditionit	6-10
Kénsav	8-10

5.7. táblázat: Fehérítéses deinking eljárás jellemző vegyszeradagolása.

1) Általában nincs szükség kelát reagens használatára a visszagyűjtött papír feldolgozás/fehérítés során, amíg nem túlzottan nagy koncentrációban vannak jelen a vas- és mangán-ionok.

4.2.2.4 Energiaigény.

A papír és karton gyáraknak lényeges mennyiségű gőzre van szükségük a víz, a pép, a levegő és a vegyianyagok felfűtéséhez, a kívánt gyártási hőmérséklethez és mindenek előtt a papír szárításához. Ezen kívül nagy mennyiségű elektromos áram szükséges a gépek működéséhez, vákuumozáshoz, szivattyúzáshoz, levegőkeringetéshez és a szennyvízkezeléshez. A papírgyárakban általában az üzemelési költségek nagy részét az energia teszi ki. Mivel a másodlagos rostok már átmentek anyag-előkészítő berendezéseken az eredeti papír gyártásakor, az RCF rostanyag-készítő eljárás összességében aránylag kevesebb energiát igényel, mint a kémiai és különösen a mechanikai rostanyagok gyártása.

Az RCF gyárakban általában minden üzem saját magának állítja elő a gőzt. Elektromos áramot, ha szükséges, az elektromos hálózatból lehet venni.

	Tissue festéktelenített rostvonal (200 t/nap)	Újságnyomó festéktelenített rostvonal (1000 t/nap)
Alapanyag	Magazinok, vegyes irodai hulladék	Újságpapír /magazin hulladék
Kihozatal	55-60%	80%
Össz fajlagos munka	230 kWh/t festéktelenített anyagra [1]	300 kWh/t festéktelenített anyagra [2]
Össz fajlagos kisnyomású gőz	0,3 t gőz/t festéktelenített anyagra	0,3 t gőz/t festéktelenített anyagra
A főbb egységek fajlagos energiaigénye		
Szállítószalag	1 kWh/t festéktelenített anyagra	0,4 kWh/t
Nagysűrűségű pulper	39 kWh/t festéktelenített anyagra a durva osztályozással együtt	16 kWh/t (dobpulper)
Durva csomótlanítás	nem szükséges	18,5 kWh/t
Közepes sűrűségű osztályozó	szivattyúzási energia	szivattyúzási energia
Homok eltávolítás (cleaner)	szivattyúzási energia	szivattyúzási energia
Finom osztályozás	17 kWh/t festéktelenített anyagra	22 kWh/t
1. flotáció	18 kWh/t festéktelenített anyagra	33 kWh/t
1. mosás	8 kWh/t festéktelenített anyagra	nincs mosás
Tárcsás szűrő (besűrítő)	nem szükséges	1 kWh/t
Diszpergálás	55 kWh/t festéktelenített anyagra[2]	67 kWh/t [2]
Oldott levegős flotáció	nincs adat (nehezen számítható)	nincs adat (nehezen számítható)
2. flotáció	5 kWh/t festéktelenített anyagra	19 kWh/t
2. mosás	10 kWh/t festéktelenített anyagra	nincs mosás
Iszap prés	nincs adat (nincs általános gép)	nincs adat (nincs általános gép)
Összes szivattyú	nincs adat [3]	91 kWh/t [4]

Megjegyzések:

Általában az értékek a beépített kW-ot jelzik. Ha a fajlagos értékeket ezekből számítjuk, a megközelítő adatokat kapjuk.

1 CHD pulperozás=folyamatos nagysűrűségű rostosítás. Sok üzemben szakaszos nagysűrűségű rostosítással dolgoznak (nagyobb energiaigény)

2 Ezek az értékek jóval az átlag felettiek. A legjobb minőség esetén több gyárban nem haladják meg a 70-80 kWh/t-t. Általában a besűrítés és a diszpergálás igénye nem több 85-90 kWh/t-nál (lásd későbbiekben).

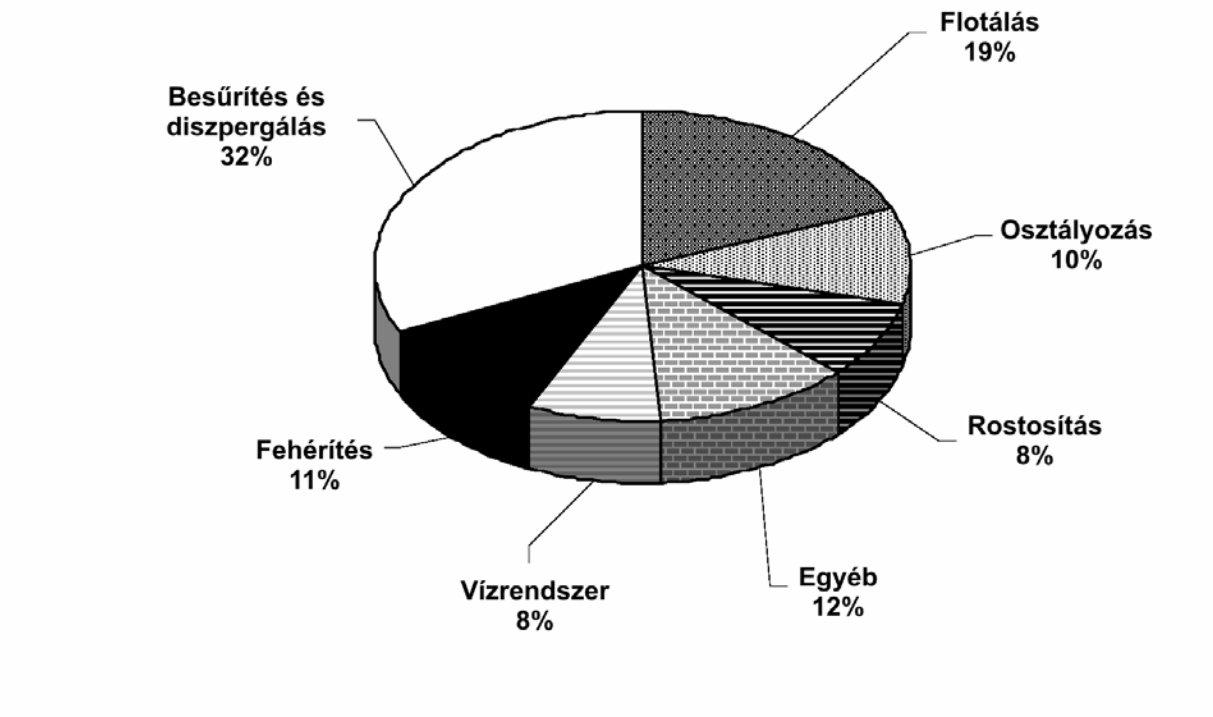
3 A tissue rostanyag előállítás nem tartalmazza a szivattyúkat és a keverőket.

4 A flotációhoz szükségesen kívül az összes szivattyú és keverő benne foglaltatik.

5.8. táblázat: Gyakorlati példák visszagyűjtött papírból gyártott tissue- és újságpapír energia fogyasztására (Valmet)

Modern berendezéseket alkalmaznak. Megjegyzendő, hogy az energiafogyasztás függ a használt nyersanyagoktól, az anyag-előkészítés elrendezésétől, a felszerelt berendezé-sektől, és az elérni kívánt terméktulajdonságoktól (más, még tipikusabb példák az 5.1. táblázatban láthatók és e fejezet további részében.) Az ábrák csak az anyag-előkészítést tartalmazzák, a papírgépet nem. Az utóbbira való hivatkozás a 6.2.2.4. fejezetben.

Elvben az energia fogyasztás a visszagyűjtött rost feldolgozás során az eljárás lépéseinek számától, megtervezésétől és típusától függ, amelyekkel el akarnak érni egy bizonyos termékminőséget. Különösen a fehérség növelése és a szennyeződésszám csökkentése igényel többlet energia bevitelt. Például egy németországi papírgyárban, amely naponta 1900 tonna visszagyűjtött papírt képes feldolgozni, jelentősen megnövekedett energiaigényről számoltak be, amikor üzembe helyeztek egy peroxidos fehérítő lépcsőt (diszpergálóval és másodlagos flotálóval) azért, hogy javított minőségű újságpapírt gyártsanak az alapminőség helyett. Míg a standard festékmentesített rostanyaghoz naponta kb. 350 kWh/t elektromos energiát és 250 t gőzt használnak fel, a fehérített jó minőségű festékmentesített rostanyaghoz 420 kWh/t-ra van szükség. Figyelembe kell venni azt is, hogy a vásárolt energiát az elektromos társaságok kb. 38 %-os energiahozammal állítják elő. Ezért a visszagyűjtött papír feldolgozáshoz szükséges energia (azaz 0,35-0,45 kWh/kg DIP) előállításához kb. 1-1,3 kWh/kg DIP elsődleges energiafogyasztás szükséges.



5.9. ábra: Egy visszagyűjtött papírból újságnyomópapírt gyártó üzem energia fogyasztása [Merkel, 1997].

A flotáció 2 szakaszból áll; az osztályozási szakasz elő- és másodlagos osztályozásból áll, az „egyébbe" tartozik a szellőzés, szárító a DIP-anyag egy részéhez, vízderítő rend-szer stb., a vízrendszer nem tartalmazza a vízderítést, a fehérítés egy diszpergálóban történik.

4.2.2.5 Szennyvíz kibocsátás

A papírgyárakban különösen a szennyvízbe történő kibocsátás - de az energiaigény és a hulladékkeletkezés is – szorosan kapcsolatban van a papírtípusok követelményeivel, a nyersanyagok (visszagyűjtött papír) minőségével és az alkalmazott mérséklő technológiákkal. A használt adalékok, a belső termelésirányítás, a gazdálkodás és a berendezések technikai állapota szintén hatással vannak az elért kibocsátási szintre.

Az RCT papírgyár szennyvize főleg a tisztító lépcsőkben keletkezik. Általános gyakorlat, hogy onnan vezetnek el szennyvizet, ahol a technológiai víz a legszennyezettebb. A szennyvíz-keletkezés helye üzemenként eltérő. A technológiai víz főleg a tisztítás, a festékmentesítés és a rostvisszanyerés során szennyeződik. Ezért az RCT alapú papír-gyár szennyvize az alábbiakból áll:

Víz az osztályozókban és a centrifugális tisztítókban leválasztott rejectből

- Szűrletek a mosókból, besűrítőkből és az iszapkezelésből
- Fölös szitavíz a vízvisszaforgatás arányától függően.

Az európai papír- és kartongyárak szennyvizeit túlnyomórészt közvetlenül a felszíni vizekbe bocsátják ki a telephelyen végzett elsődleges és biológiai kezelést követően, vagy a kommunális csatornahálózatba engedik, miután a lebegőanyagokat elsődleges derítéssel eltávolították.

Az 5.11. és 5.12. táblázat megadja az átlagos adatokat azokra az RCF alapú papírgyárakra, amelyek kizárólag elsődleges kezelés után engedik ki a szennyvizet a kommunális szennyvízkezelő üzembe, illetve azokra, amelyek biológiai kezelést is alkalmaznak a telephelyen.

Paraméter	Festéktelenítés nélkül		Festéktelenítővel	
	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)
BOI_5[1]	1900	4,7	550	10
KOI	3800 (570-9000)	9,4 (1,2-24)	1100 (440-1900)	20 (7-40)
Kj – N[2]	16 (10-40)	0,05 (0,02-0,1)	20 (13-25)	0,35 (0,19-0,62)
Átbocsájtott mennyiség		5,5 (0,4-15,5) m^3/t		5,5 (0,4-15,5) m^3/t
Megjegyzések: 1 A BOI_5 értékét $KOI=2 \cdot BOI_5$ alapján becsülték 2 A Kjeldahl-nitrogén a szerves és ammónium-nitrogén összege. A szerves N egy része hidrolizálhat a tisztítóban, az ammónium N potenciális táp a tisztító biomasszájának				

5.11. táblázat: RCF üzemi átlagos vízkibocsátás az elsődleges kezelés után, a kommunális szennyvízkezelő üzembe való kiengedés előtt

Az adatok az illetékes vízügyi hatóságok méréseiből, és a vállalatok saját önellenőrző méréseiből származnak 1994/95-ből [Dutch notes on BAT, 1996]

Paraméter	Festéktelenítés nélkül		Festéktelenítővel	
	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)	mg/l (min – max)	kg/t (min – max)
BO_{I5} kezelés előtt*	1800	12,3	770	8,3
BOI_5 kezelés után*	10 (3-28)	0,06 (0,01-0,13)	9	0,09
KOI kezelés előtt*	3200	22	1900	2,1
KOI kezelés után*	150 (60-270)	0,77(0,29-1,12)	290	3,1

Kj – N[1]	5,6 (3-13)	0,03 (0,01-0,04)	7,8	0,08
$P_{összes}$	1,5 (0,5-1,8)	0,01	n.a.	n.a.
Össz száraza.	25 (17-40)	0,13	n.a.	n.a.
Átbocsájtott mennyiség		5,7 (3,1-11) m^3/t		11 m^3/t

Megjegyzések:
* A bemenő BOI_5 pontos értéke nem áll rendelkezésre. Ezért ez egy festéktelenítő nélküli és egy festéktelenítővel rendelkező gyár adatai alapján számított érték.
1 A Kjeldahl-nitrogén a szerves és ammónium-nitrogén összege. A szerves N egy része hidrolizálhat a tisztítódan, az ammónium N potenciális táp a tisztító biomasszájának

5.12. táblázat: Átlagos vízszennyezési adatok olyan RCF gyárakban, amelyek a telephelyen végzett elsődleges és biológiai kezelés után bocsátják ki a vizet a befogadókba

Az adatok az illetékes vízügyi hatóságok méréseiből, és a vállalatok saját önellenőrző méréseiből származnak 1994/95-ből [Dutch notes on BAT, 1996]

Kémiai oxigénigény
A KOI kibocsátás eredhet mind a nyersanyagokból, mind az adalékanyagokból. A festékmentesítési és a fehérítési eljárások jelentős mennyiségű KOI-t oldanak ki a visszagyűjtött papírból. Azoknál a papírgyáraknál, amelyek a kommunális csatornába engedik ki a szennyvizet, a KOI kibocsátási adatok nagy eltéréseket mutatnak, attól függően, hogy milyen szakaszban van a feldolgozás a mérés során. A KOI eltávolítást és kiegyenlítést a kommunális szennyvízkezelő telepen végzik el. A helyszíni biológiai szennyvíz kezelő üzemmel ellátott papír- és kartongyárak KOI kibocsátási adatai kis ingadozásokat mutatnak. Az 5.12. táblázatban bemutatott ingadozásokat olyan papírgyárak okozzák, amelyekben a szennyvízkezelő üzem (WWTP) nem működik megfelelően. Ezeknek a gyáraknak tökéletesíteni kell a WWTP-jüket. A deinking eljárás magasabb KOI kibocsátást okoz, mint a deinking nélküli eljárás. Az utóbbi esetben a KOI nagy része a termékben marad.

BOI_5
A BOI_5 kibocsátási adatok a biológiai kezelés után nem mutatnak jelentős eltérést a visszagyűjtött papír deinkinggel történő vagy deinking nélküli feldolgozásánál. A megfelelően működő kezelőüzemekben a BOI koncentráció a kezelés után 20 mg/l alatti, függetlenül a beömlési koncentrációtól. A biológiai kezelés után a BOI_5 kibocsátás 0,01-0,13 kg/t papír és karton. [Dutch note BAT, 1996] A fajlagos BOI-terhelés különbségeit főleg a vízáram eltérései okozzák. Ha a papírgyári szennyvizek BOI_5: KOI aránya az elsődleges kezelés után kb. 0,5, ez azt jelzi, hogy a papírgyári szennyvíz biológiailag könnyen lebontható.

Szerves halogén származékok (AOX) és más szerves mikroszennyezők
Az abszorbeálható szerves halogén vegyületek forrása néhány adalékanyag (különféle nedvesszilárdítók), a klórosan fehérített cellulóz és bizonyos mértékig a nyomdafestékek.

Sók
A sók, főleg szulfátok és kloridok főként a visszagyűjtött papírral és néhány adalékanyaggal, mint pl. a timsó, kerülnek be. Bizonyos területeken, például ott, ahol az ivóvíz készletnek felszíni víz az elsődleges forrása, vagy fontos a vízminőség, figyelni kell a sólerakódásra.

A nyersanyagként felhasznált visszagyűjtött papír típusától és a vízkör zártságától függően 1000 mg/l értéket elérő szulfátkoncentrációt is tapasztaltak, még akkor is, ha az eljárás során nem adagoltak alumíniumszulfátot.

4.2.2.6 Szilárd hulladékok keletkezése

A feldolgozott papírhulladékból származó legtöbb szennyeződés hulladékként végzi. A fő hulladékanyag a reject, különféle iszapok, és – ha a maradékokat a helyszínen égetik el – hamu. Az RCF alapú papírgyár fő szilárd hulladékforrása az anyag-előkészítés, a technológiai víz derítése és a szennyvíz-kezelés.

Reject kezelő berendezés	Hidraulikus prés	Pneumatikus prés
Elérhető szárazanyagtartalom		
<70% rosttartalom	65 % fölött	55 – 58%
<30% rosttartalom	kb 70%	60 – 63%
Energiaigény (kWh/t)	15 - 20	8 - 12

5.13. táblázat: Elérhető reject szárazanyag-tartalom, és az ennek megfelelő energiafelhasználás különböző rosttartalomhoz. [Adatok egy gépszállítótól]

Iszap kezelő berendezés	Hidraulikus prés	Pneumatikus prés
Elérhető szárazanyagtartalom <50% hamutartalom >50% hamutartalom	 55% fölött 60% fölött	 65% fölött 70% fölött
Energiaigény (kWh/t)	10 - 15	18 – 20

5.14. táblázat: Elérhető iszap szárazanyag-tartalom, és az ennek megfelelő energia felhasználás különböző hamutartalmakhoz [Adatok egy gépszállítótól]

Az 5.15. táblázat megadja a termelési maradékok mennyiségét a bevitt nyersanyag százalékában a fő papírfajtákra és visszagyűjtött papír minőségekre.

			Osztályozás		Iszap		
Termék	Visszadolgozott minőség	Teljes veszteség	Darabos/ nehéz	Finom/ könnyű	Festéktelenítés	Gyártási víz tisztítása	Szenny-víz
Író-nyomó	Újság, magazin jobb minőségek	15-20 10-25	1-2 <1	3-5 <3	8-11 7-16	2-5 1-5	≈1
Tissue	Irodai hulladék, átlagos és közepes minőség	28-40	1-2	3-5	8-13	15-25	≈1
Áru rostanyag	Irodai hulladék	32-40	<1	4-5	12-15	15-25	≈1
Testliner/ fluting	Áruházi hulladék, háztartási hulladék, kraft minőség	4-9 3-6	1-2 <1	3-6 2-4	---	0-(1) 0-(1)	≈1
Papírlemez	Áruházi hulladék, háztartási hulladék	4-9	1-2	3-6	---	0-(1)	≈1

5.15. táblázat: A termelési maradékok mennyisége a bevitt nyersanyag százalékában meghatározza a használt papírhulladék minőségektől és a gyártott papírfajtától függően.

4.2.2.7 Reject

A reject a visszagyűjtött papírban található szennyeződésekből, főként rostcsomókból (szilánkokból), szegekből és fém fűzőkapcsokból, homok, üveg és műanyag részekből tevődik össze. A reject anyagokat a lehető legnagyobb méretű formában és a lehető legkorábban kell eltávolítani az alapanyag előkészítés során.

Paraméter	Egyes tényezők aránya (%)[1]	Egy gyár általagos értékei
Víztartalom	45	3,33%
Műanyag	25,9	
Rost	27	
Üveg és kő	0,11	
Fém	0,88	
Szerves anyagok	1,05	
Cl tartalom a műanyagban	5,45	

Cl tartalom a fűtőolajra von.	1,43	
Fűtőérték, H_u (100% sz.a.)	23 800 kJ/kg	25 335 kJ/kg
Fűtőérték, H_u (55% sz.a.)	11 991 kJ/kg	12 828 kJ/kg
Megjegyzés: 1 18 német papírgyár értékeinek átlaga		

5.16. táblázat: Visszagyűjtött papírból gyártott hullám-alappapír előállítása során keletkező reject (4-6 % reject)

A feldolgozott papírhulladék főleg háztartásokból és áruházakból begyűjtött használt papírból, valamint hullámpapír-lemez maradékokból származik.

4.3 *A gyártási víz derítése során keletkező iszap (papír maradék)*

Ez a fajta iszap főleg a rostvisszanyerés során keletkezik a szitavíz körökben és a mechanikai kezelés során a szennyvízkezelő üzemben. A papír maradék általában rövid rostokat és töltőanyagokat tartalmaz (mindkettő kb. 50 %), attól függően, hogy milyen visszagyűjtött papírt dolgoznak fel. A karton és hullám-alappapír gyártásánál az iszapot gyakran visszaforgatják a gyártásba.

Az 5.17. táblázat a rostvisszanyerésből és a mechanikai szennyvízkezelésből származó papír maradékok összetételét mutatja.

Paraméter	Egység	Értéktartomány
Szárazanyag-tartalom	%	29,4-52,7
Illékony szárazanyag	Sz.a. %-a	25,5-76,1
Ólom	mg/kg sz.a.	10-210
Kadmium	mg/kg sz.a.	0,01-0,98
$Króm_{összes}$	mg/kg sz.a.	8,8-903
Réz	mg/kg sz.a.	19,9-195
Nikkel	mg/kg sz.a.	<10-31,3
Higany	mg/kg sz.a.	0,1-0,89
Cink	mg/kg sz.a.	34,2-1320

5.17. táblázat: Rost visszanyerésből és kémiai-mechanikai szennyvízkezelésből származó iszap összetétele [Adatok a PTS elemzéséből, publikálva a szilárd hulladék kézikönyvben, 1996].

4.3.1 Festékmentesítési iszap

Ez a maradék főleg rövidrostokat, mázanyagokat, töltőanyagokat, festékrészecskéket, extrakt vegyületeket és festékmentesítési adalékokat tartalmaz. A festékrészecskék a nehéz fémek potenciális forrásai, de amint az 5.18 táblázatból látható, a festékmentesítési maradék tipikus szennyezőanyag-tartalmának hasonló szennyezőanyag-terhelése van, mint a biológiai szennyvízkezelő üzemek iszapjának, csak egyes anyagok értékei nagyobbak, például a réz- és a cinktartalom. A papírhulladékok szennyezőanyag-tartalma eléggé változékony, és következésképpen a festékmentesítési iszapé is.

A festékmentesítési iszapot általában hulladéklerakóban helyezik el, vagy elégetik. A hamu építőanyagok forrásaként szolgálhat.

4.4 *Szennyvíz-kezelési iszap*

Ez az iszap a biológiai szennyvízkezelés biológiai berendezéseinél keletkezik, és vagy visszaforgatják a termék gyártásához (hullám-alappapír és karton esetén), vagy besűrítik, víztelenítik, és azután elégetik (a helyszínen, vagy a gyáron kívül), vagy hulladéklerakóba viszik. Sok tagállamban a nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok hulladéklerakóban való elhelyezését a kormány korlátozza, és a közeljövőben teljesen megtiltja. Az EU hulladéklerakási direktívája támogatni fogja ezt a tendenciát, célértékeket tűzve ki a biológiailag lebontható (kommunális) hulladékok mennyiségének csökkentésére.

5.2.2.7 Kibocsátások a légtérbe

Kibocsátások a levegőbe az energiatermelésből

A papír- és kartongyárakból a levegőbe kibocsátott anyagok főként az energiatermelésből (gőz és elektromos áram) erednek, és nem magából a papírkészítési folyamatból. A gáztüzelés esetén a fő szennyezőanyagok a CO_2 és az NO_x, az olaj- vagy széntüzelés esetén CO_2, NO_x, SO_2, por és kis koncentrációban nehézfémek. Ezek a kibocsátások a termelés helyszínén jelentkeznek. A gőzt a papírgyárakban az erre a célra szolgáló kazánokban állítják elő, így a kibocsátások a helyszínen fordulnak elő. Sok esetben az elektromos energiát a hálózatból veszik, így a kibocsátások az erőműben jelentkeznek.

4.5 *A BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikák*

Ebben a fejezetben megadjuk az összes, kereskedelmi forgalomban elérhető **lényeges** technikát, amelyek rendelkezésre állnak a kibocsátások/hulladék megelőzésére vagy csökkentésére, valamint az energia- és nyersanyag-fogyasztás csökkentésére, mind az újonnan épülő és a már meglévő papírhulladékot feldolgozó gyárakra. „A BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák" azokat a lényeges (releváns) műszaki alternatívákat jelenti, amelyek a legjobb környezeti és gazdasági teljesítményt nyújtják, vagy a legjobb javítási lehetőségeket az integrált szennyezés-megelőzés és szabályozás eléréséhez.

Az 5.20 táblázat áttekintést ad a papírhulladék-feldolgozásból származó kibocsátások csökkentéséről. Megpróbáltuk mindegyik technikánál megadni a lehetséges több közegre irányuló (cross-media) hatásokat is ugyanabban a táblázatban. Megállapítható, hogy nem egyszerű feladat a több közegre irányuló (cross-media) hatásokat úgy megadni, hogy az ne váltson ki vitát. Ezen túlmenően ezek függhetnek más technikáktól is, amelyek egy adott intézkedéshez kapcsolódhatnak, amelyre való hivatkozásokkal egy technikát összehasonlítunk, és figyelembe vesszük a rendszerhatárokat is.

Az 5.20 táblázat sorainak elején fel vannak sorolva az egyes rendelkezésre álló technikák. Az oszlopokban a különböző technikák által eredményezett hatások tendenciái, például a nyersanyag fogyasztás és a kibocsátások alakulásai kvalitatív módon vannak jelezve, felfelé („↑") és lefelé („↓") mutató nyilakkal.

A lefelé mutató nyilak „↓" a nyersanyag vagy energia megtakarítást jelzik és a különböző közegekbe (víz, levegő és talaj) való kibocsátások csökkentését. A felfelé irányuló nyilak „↑" a kibocsátási és fogyasztási szintek, és a gyártási folyamatra kifejtett hatások növekedését jelzik. Az ebben a fejezetben bemutatott szennyezés-megelőzési és szabályozási intézkedések közül néhány egyidejűleg több környezeti közeggel is kapcsolatos (víz, levegő vagy talaj). Lehetnek olyan technikák is, amelyek pozitív és/vagy negatív hatást fejtenek ki más környezeti közegekre, vagy a nyersanyag- és energiafogyasztásra (közegeken átirányuló hatások). Az adott hatások a nyilak használatával vannak jelölve. Ha a nyíl zárójelben van megadva „(↑)", ez azt jelöli, hogy csak kicsi – gyakran elhanyagolható – az energiafogyasztás

és a nyersanyag-felhasználás, vagy a környezetbe való kibocsátás növekedése, amikor egy bizonyos intézkedést megvalósítanak.

BAT-nak megfelelő technikák	4.5.1.1.1 *Hatás a felhasználási és kibocsájtási értékekre* **(Kereszthatások)**					
	Vegyszer igény	Energia(E) és vízigény(V)	Kibocsájtás a vízbe	Kibocsájtás a levegőbe	Szilárd hulladék	Alkalmazhatóság
5.3.1. A gyengén szennyezett vizek elválasztása a szennyezettől, és visszaforgatása	(↓)	↓	(↓)	0	0	minden minőség
5.3.2. Optimális vízgazdálkodás (vízkörök kialakítása) és tisztítás	(↓)	↓	↓	0	(↓)	minden minőség
5.3.3. Frissvíz bevitel csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával	0	↓	(↓)	0	0	minden minőség
5.3.4. Zárt vízkör belső biológiai tisztítással	0	(↓)	↓	0	(↓)	„barna termékek”
5.3.5. Anaerob kezelés a biológiai tisztítás első lépcsőjeként	0	↓E	↓	(↓)	↓	„barna termékek”
5.3.6. Aerob biológiai szennyvíz-tisztítás	(↑)	↑E	↓	0	↑	minden minőség
5.3.7. A rostelőkészítő fejlesztése kisebb energiaigény és kibocsájtás irányába	0	(↓↑)	0	0	(↓↑)	„barna termékek”
5.3.8. A festéktelenítésnél tisztított víz alkalmazása	(↑)	(↑)	(↓)	0	(↑)	festéktelenített termékek
5.3.9. Hő és áram együttes termelése	0	↓	0	0	0	minden minőség
5.3.10. A rosszanyag és iszap helyi kezelése (víztelenítés)	↑	(↑)	0	0	0	minden minőség
5.3.11.	0	↓	(↓)	(↑)	↓	minden minőség
1. példa:	↑	(↓)	0	(↑)	↓	főleg „barna termékek”
2. példa:	0	↓	0	(↑)	↓	főleg „barna termékek”
3. példa: Az áru-rostanyag üzemi maradékok (osztályozás és iszap) égetése áram és gőz előállításra						főleg „fehér termékek”
Jelmagyarázat: ↑=növekedés, ↓=csökkenés, 0=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (↑) vagy (↓)=körülményektől függő kis hatás						

5.20. táblázat: A papírhulladékot feldolgozó gyárak BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák áttekintése; a kereszthatások és az alkalmazhatóság figyelembevételével

4.5.2 A kevésbé szennyezett vizek elválasztása a szennyezettektől, és ezek visszavezetése a gyártási vízhez

A technika leírása: Ez az intézkedés a papírgyárakban az optimális vízgazdálkodás része. A papírgyárak vízgazdálkodása összetett feladat, amelynek sok aspektusa van. Az áttekintés céljából az alábbiakban röviden összegezzük azokat a főbb intézkedéseket, amelyekkel csökkentik a frissvíz-fogyasztást és a szennyvíz-kibocsátást a papírhulladékot feldolgozó gyárakban. Mindegyik esetben hivatkozunk a dokumentum azon szakaszaira, ahol részletesebb információ található.

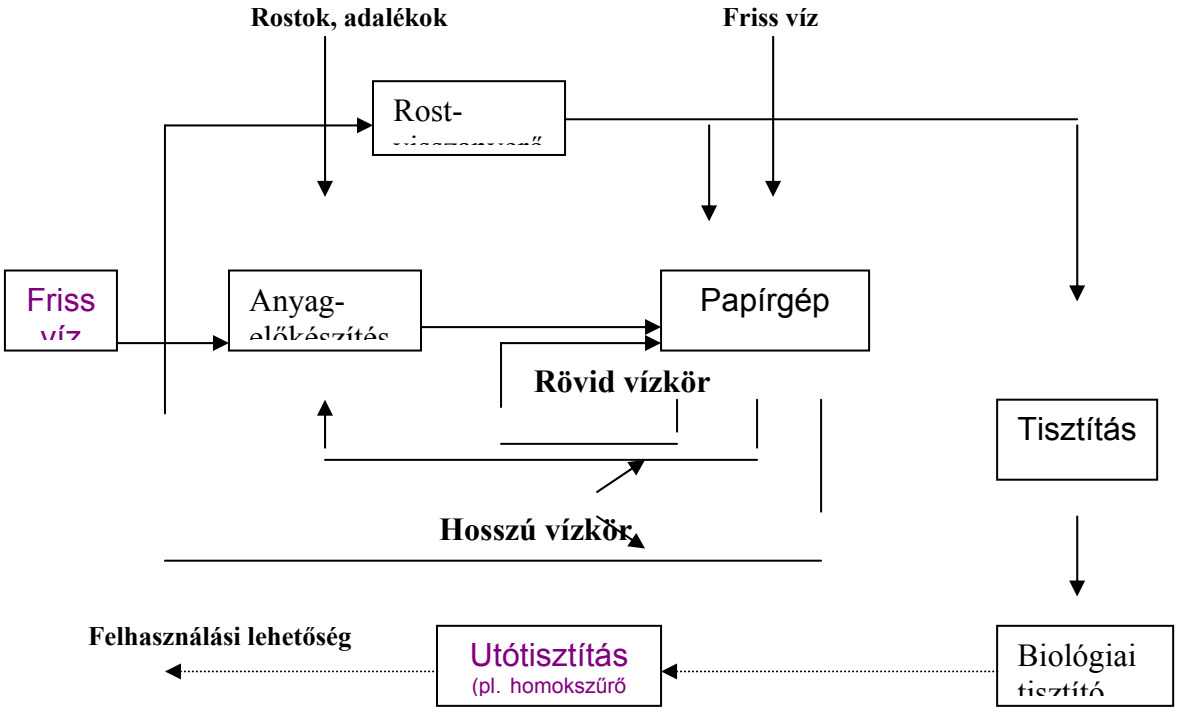
- Alkalmas technikák használata a kevésbé szennyezett víz elválasztására a szennyezett gyártási víztől. A megfontolandó intézkedések: a hűtővíz, valamint a vákuumrendszerekben használt kevésbé szennyezett tömítő és gyártási vizek elválasztása és újbóli felhasználása.

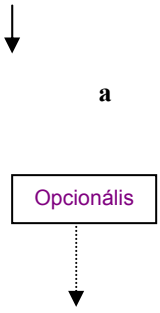
- A frissvíz-fogyasztás csökkentése a szitavíz különböző helyekre való visszaforgatásával az igényelt vízminőségektől függően. Különösen érdekesek a frissvíz-fogyasztás csökkentése szempontjából az olyan felhasználási helyek, mint a nyersanyagok és töltőanyagok hígítása, a gyártási és termék segédanyagok hígítása, a fecskendővíz-rendszer, a vákuumrendszer és a szivattyúk és keverők tömítővize (lásd az 5.3.2 és a 6.3.1 szakaszokat).
- A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt (lásd az 5.3.3 szakaszt).
- Derített víz előállítása a szitavízből a frissvíz helyettesítésére, amit általában a rostvisszanyerő egységben végeznek ívsziták, polydisc (soktárcsás) szűrők (lásd a 6.1.3 szakaszt) vagy oldott levegős flotáció (lásd az 5.3.8 szakaszt) alkalmazásával.
- Intézkedések a megnövelt gyártási víz visszaforgatás lehetséges negatív hatásainak kezelésére (lásd a 6.3.2 szakaszt).
- Egyes esetekben alkalmazzák a derített szitavíz további tisztítását (lásd a 6.3.3 szakaszt). Ez a tisztított víz viszonylag magas követelményeknek is megfelel.

Az elért fő környezeti teljesítmény: Az intézkedés jelentős hatással van a frissvíz-igény és a szennyvíz-kibocsátáscsökkentésére. A már meglévő gyárakban a légszáraz papír tonnájára számítva 10-15 m^3-es frissvíz-felhasználás csökkenést lehet elérni a hűtővizeknél. A használt hűtővíz elválasztása a szennyezett papírgépi elfolyó vizektől csökkentheti a külső szennyvízkezelésre jutó hidraulikus terhelést.
A megfelelő tömítővíz visszacirkuláltatással lehetséges 1 m^3/t alá csökkenteni a folyadékgyűrűs szivattyúk frissvíz-fogyasztását. Ugyanakkor lehetőség van a hőenergia egy részének visszanyerésére is, ha hőcserélőket használnak.

4.5.3 Optimális vízgazdálkodás (vízkör-elrendezés) és a víz tisztítása

A technika leírása: A papírgyártásnál a vízköröket általában egy minimalizált frissvíz-fogyasztáshoz alakítják ki. A mai vízkör-rendszerekben a gyártási vizet többször is újra felhasználják, amint ez az 5.10 ábrán látható.





5.10 ábra: A papírgyári vízkörök vázlatos elrendezése [ISP, 1998, módosítva az EIPPCB által]

A gyártási víz újrafelhasználásának fő alapelve az, hogy a vizet visszafelé áramoltatják, a rostárammal ellentétes irányban. Minden papírgyár a papírgépről jövő kezeletlen, rostban gazdag szitavizet használja az anyag hígításához a papírgép előtti keverőkádban (kis vízkör, vagy primer kör), vagy az anyag-előkészítőben (nagy vízkör vagy szekunder kör).
A szitavíz egy részét rostvisszanyerőkben derítik (lásd a 6.1.3 szakaszt), szűrést (soktárcsás szűrők, dobszűrők), flotálást (oldott levegős flotáció = DAF), vagy ülepítést (ülepítő tölcsérek, laminált szeparátorok) alkalmazva. A derített vizet azután újra felhasználják a frissvíz helyettesítésére, pl. a papírgépi öltözékek (sziták, nemezek) tisztítására használt fecskendőkben. A fölös derített gyártási vizet kiengedik a szennyvízkezelő telepre. Egyes esetekben a tisztított szennyvizet részlegesen újra felhasználják gyártási vízként, pl. a szekunderrost alapú hullámközépréteg (wellenstoff) és testliner, valamint kisebb arányban a szekunderrost alapú újságpapír gyártásánál.
A wellenstoff és testliner gyártásánál elérhető minimális frissvíz-fogyasztás a 4-7 m^3/t tartományban van.
Azonban a papírgyári vízrendszer zárása az előnyök mellett hátrányokkal is jár. A nagyobb fokú vízrendszer-zárás jelentősen terheli a gyártási vizet kolloid és oldott szerves és szervetlen vegyületekkel, amelyek komoly problémákat okozhatnak a gyártási folyamatban, ha nem valósítanak meg szabályozási intézkedéseket a lehetséges hátrányok elkerülésére (lásd a 6.3.2 szakaszt). A vízkör-zárás néhány előnyét és hátrányát az 5.21 táblázat összegzi.

Előnyök	Hátrányok
- kisebb vízigény - kisebb talajvízbe szivárgás - kevesebb frissvíz előkezelés - kisebb szennyvíz kibocsájtás - a termelés növekedés független a végtisztítótól - csökkentett rost- és töltőanyag veszteség - nagyobb gyártási hőmérséklet →a papír a szitán jobban víztelenedik - csökkentett energiafelhasználás	- szuszpendált szárazanyag növekedése - szerves és szervetlen anyagok felszaporodása - folyamatok bonyolultsága nő - korroziós nehézségek - segédanyag alkalmazás nő - berendezések dugulása - termék minőségével kapcsolatos problémák - vízkő és nyálka képződés - gyártási víz hőmérsékletének emelkedése (ez előnyös is lehet)

5.21. táblázat: A vízkör-zárás néhány előnye és hátránya a papírgyárakban (Holland megjegyzések a BAT-hoz, 1996)

A teljesen zárt vízrendszerekben (csak a wellenstoff és testliner gyártására alkalmazható) további komoly problémák fordulhatnak elő, amelyeket szabályozni kell:

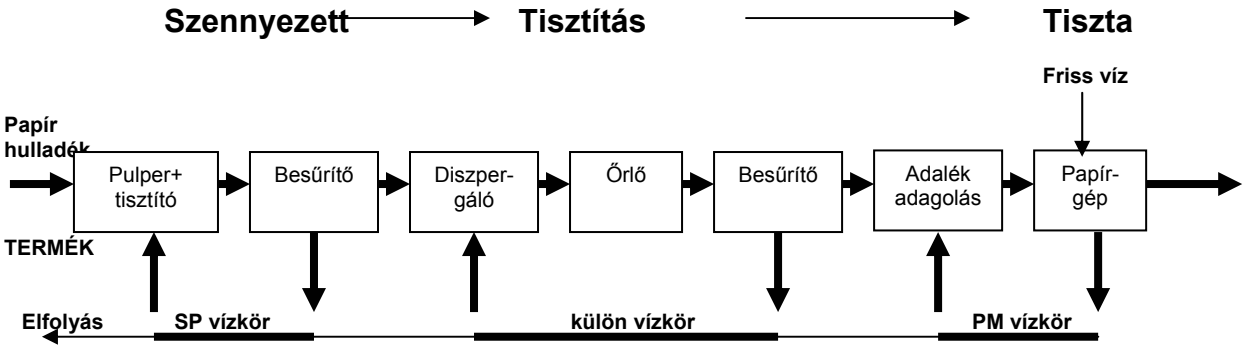
- A gyártási víz oxigéntartalmának jelentős csökkenése, amely elérhet anaerób körülményeket is, melyekhez kapcsolódik a kén mikrobiológiailag indukált redukciója hidrogénszulfiddá, és szagos kis molekulatömegű zsírsavak képződése.
- A mikroorganizmusok fokozott növekedése.
- Agresszív korrózió, amit a magas hőmérséklet és a kloridok, szulfátok valamint a szerves savak nagy tartalma okoz.
- Szagos szerves vegyületek jelentős kibocsátása a papírgép szárítószakaszából a papírgyár környezetébe.
- A gyártott papír csökkent minősége, amit a szagos vegyületek okoznak.
- Több nyálkaölő szerre van szükség.

Ezeknek a problémáknak a többsége a gyártott papír tonnájára számított 4-7 m^3/t alatti frissvíz-fogyasztásnál fordul elő. Azért, hogy kezelni tudják ezeket a komoly problémákat, néhány „barna papírt" előállító gyár újra kinyitotta a már zárt vízkörét, és most kis mennyiségű szennyvíz kibocsátása mellett – 2,5-5,0 m^3/t tartományban – végzik a gyártást.

Alkalmazhatóság és jellemzés: A gyártási folyamatba integrált technika. A „barna" csomagolópapíroknál a gyártott papír tonnájára számítva 4-7 m^3/t szintre csökkenthető a frissvíz-fogyasztás mind a már meglévő, mind az újonnan épülő papírgyárakban. Azonban úgy tűnik, hogy ez a szint kis ráfordítással csak az elég új, vagy a nemrégen feljavított gyárakban érhető el. A régebbi gyárakban, amelyekben még mindig elég nagy a frissvíz-fogyasztás, a csökkentés korrózió problémákat okozhat, a gépekhez és csövekhez használt anyag minőségétől függően. Ezen kívül optimalizálni kell a meglévő szennyvízkezelő telepeket.

4.5.4 A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt (vízkörök zárása)

A vízkörök szétválasztását besűrítőkkel, például víztelenítő csigákkal és szitaprésekkel, vagy egy mosási lépcsővel, vagyis egy besűrítési lépéssel végzik. Az 5.11 ábra azt az elrendezést mutatja be, amelyet egy holland gyárnak javasoltak, amelyik mostanában vizsgálta a vízkör-zárási lehetőségeket. A plusz besűrítővel jobban szétválasztható a „koszos" anyag-előkészítő és a tiszta papírgép, és így jelentősen csökken a papírgépi vízkörbe kerülő szerves anyagok mennyisége.



5.11 ábra: A vízkörök kialakítása egy papírgyárban a vízkörök szétválasztásával, a vizek ellenirányú áramoltatásával együtt

SP = anyag-előkészítő; PM = papírgép [RIZA, 1997a]; Ebben a példában kiszámították, hogy az anyag-előkészítőben keletkezett KOI mennyisége, ami a papírgépi körbe kerül, 1/2-1/4 részére csökkenthető.

A gyártási vizek visszacirkuláltatásával és a tárolókapacitások növelésével a szennyvizek mennyisége csökkenthető, de nem ugyanolyan mértékben, mint a tiszta meleg hűtővizek összegyűjtésével és elválasztásával.
A kisebb frissvíz-fogyasztás és a vízkör zárás előnyei az alábbiak:

- Kisebb vízmennyiség kerül a külső szennyvíz-kezelésre, tehát kisebb hidraulikus kapacitású kezelő telepet lehet építeni, kisebb beruházási költséggel. A telepre kibocsátott szennyvíz nagyobb koncentrációban tartalmazza a szennyezőanyagokat, ami gyakran nagyobb eltávolítási hatékonyságot eredményez
- Kisebb nyersvíz-költségek
- Kisebb rost- és töltőanyag-veszteségek
- Kisebb energiafogyasztás
- A gyártási víz nagyobb hőmérséklete gyorsabb víztelenedést eredményez a papírgépi szitán

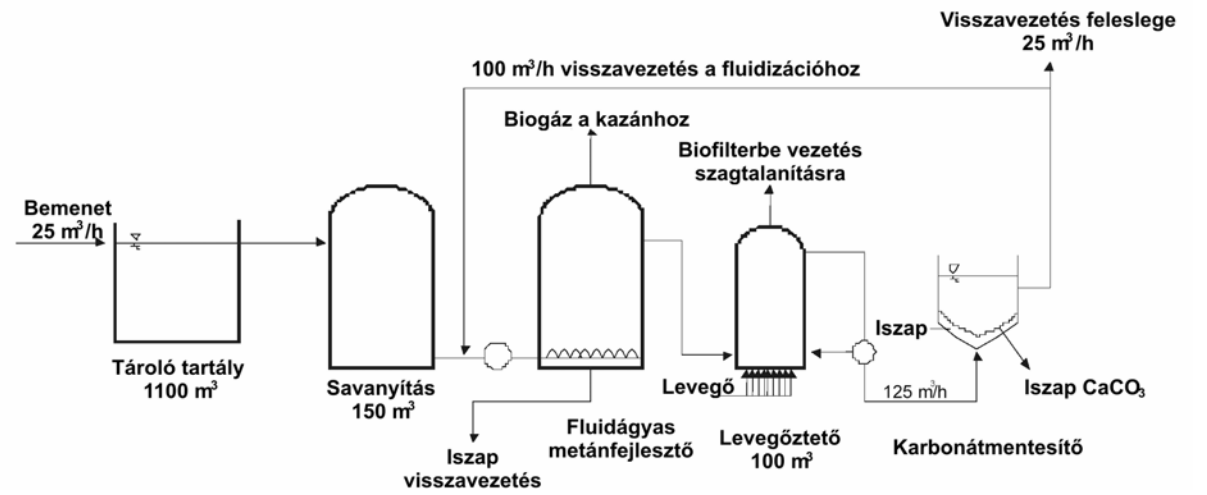
Egy modern papírhulladék-előkészítő üzemben a frissvíz-igényt tonnánként kb. 1 m^3-re lehet csökkenteni. Következésképpen egy újrahasznosított rostokra alapozott modern integrált újságpapírgyárban a teljes frissvíz-fogyasztásnak csupán 10 %-át (0,10 m^3/t) használják fel a visszanyert papírt feldolgozó üzemben.
Egy tissue papírgyárban azonban néha sok frissvízre van szükség a hatékony papírgépi filcmosáshoz. A deinkinget (festékmentesítést) nem alkalmazó újrahasznosított rostokra alapozott gyárakban nincs szükség frissvízre az anyagelőkészítőben.

4.5.5 Zárt vízkörök in-line biológiai vízkezeléssel

Ezt a technikát jelenleg csak a visszanyert papírból „barna papírt" előállító gyárak BAT-jának meghatározásánál kell figyelembe venni. Azonban az alapelv, a teljes folyamat egy részáramának kezelése kombinált fizikai és biológiai rendszer használatával, érdekes lehet sok más papírgyár számára is. A gyártási vizet kezelő üzemek „vesékként" foghatók fel a teljesen zárt vízkörökben.
A technika leírása: Néhány wellenstoffot és testlinert előállító gyár Európában és Észak-Amerikában sikeresen eljutott oda, hogy egyáltalán nem bocsát ki szennyvizet, és úgynevezett zárt vízrendszert üzemeltet. Azonban az oldott és kolloid szerves anyagok feldúsulása, ami elkerülhetetlen a zárt vízrendszerekben, súlyos problémákat okoz, mint a korrózió, kellemetlen szagok a gyártott papírban és a papírgépektől kiszívott levegőben.

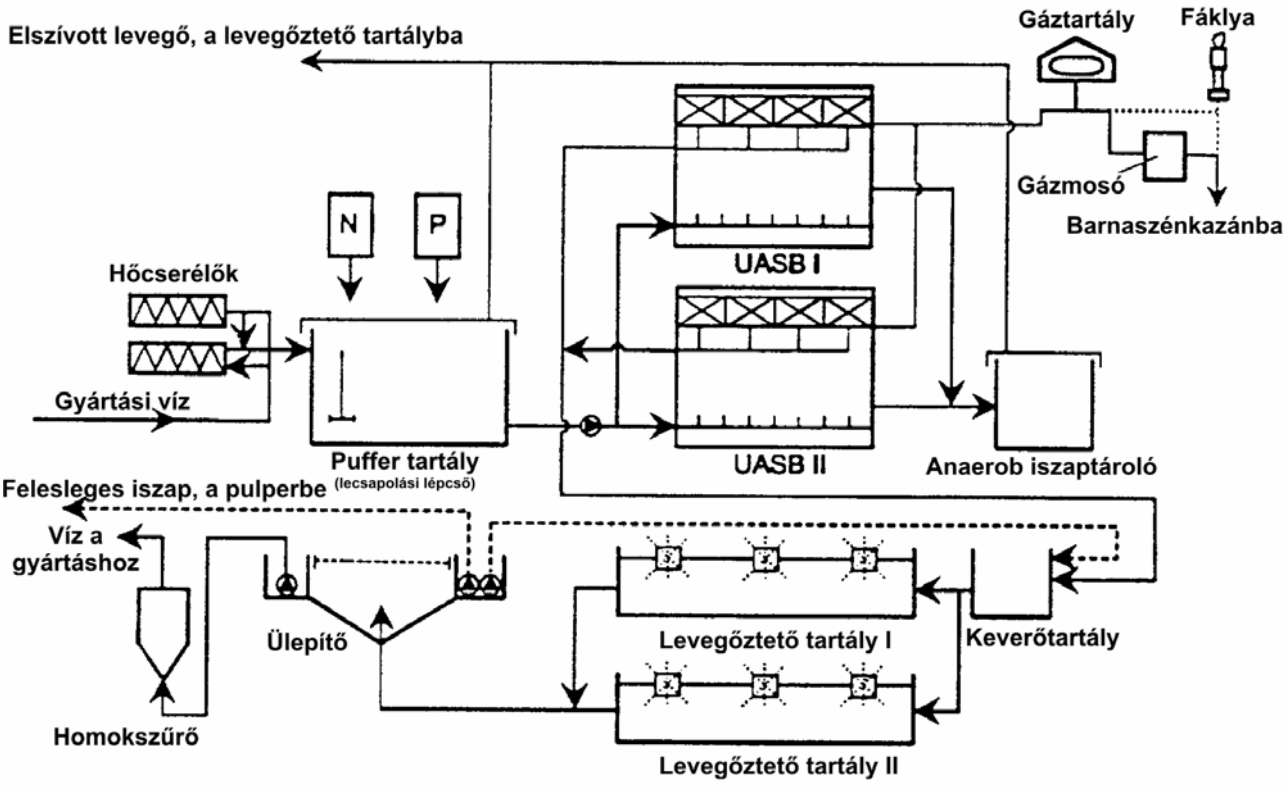
Jelenleg különböző technikai megoldásokat alkalmaznak. Ezek közül kettőt részletesen leírunk az alábbiakban:

változat: Anaerób kezelés, amit egy újralevegőztető lépcső és egy szénmentesítő telep követ. Miután a visszanyerhető rostokat fizikai kezeléssel eltávolítják, a teljes gyártási vízáram egy részét egy kezelő telepen tisztítják, és újra felhasználják gyártási vízként. A szennyvíz koncentrációját csökkentő kezelési kör egy lebegőágyas reaktorban végzett anaerób kezelésből áll, egy újralevegőztető lépcsővel a szulfidok szulfátokká való átalakításához, és egy szénmentesítő teleppel, amellyel megelőzik a kalcium-karbonát lerakódásokat az anaerób reaktorban és a vízrendszer egyéb részeiben.



5.12 ábra: Példa ipari in-line kezelésre egy zéró szennyvíz-kibocsátású hullám-középréteget előállító papírgyárban [Niovelon, 1997]

2. változat: Anaerób kezelés, amit eleveniszapos rendszerrel és homokszűrővel kombinálnak. A gyártási víz egy részáramát hűtik, hogy a víz hőmérsékletét 55-ről 35 °C-ra csökkentsék. Puffer tartályt / elősavasító reaktort használnak a víz tápanyagokkal való előkondicionálásához, mielőtt bevezetik az UASB reaktorba. Ezt a reaktort aerób kezelés követi két párhuzamos levegőztető tartályban. Egy ülepítő tartályon való áthaladás után a kezelt vizet homokszűrőkre vezetik, azért csökkentsék a szilárd vegyületek koncentrációját. Az anaerób reaktorban termelt biogázt átmossák, hogy eltávolítsák a H_2S-t, azután gőz előállításához használják.
A gyártási víz kezelésének egyszerűsített sémája az 5.13 ábrán látható.



5.13 ábra: Példa zárt vízkörök in-line kezelésére, a Zülpich Papier GmbH gyártásivíz-kezelő rendszere [Recyled Paper Europe, Diedrich, 1997]

Az in-line kezeléssel el lehet érni a vízkörökben a kívánt KOI-szintet, a kezelt vízáram és az üzem méretétől függően. A zéró szennyvíz-kibocsátáshoz nem tartozik hozzá a szabályoknak megfelelő nagyhatékonyságú szennyezettség-csökkentés, hanem csak olyan elfogadható koncentrációszintek elérése, amelyek jó jellemzőket adnak a papírtermékeknek. Amikor a KOI-szintet 7000-8000 mg/l körül tartják zárt vízrendszerben, a gyártási víz minősége hasonló azon gyárakéhoz, amelyeknél jelenleg az átlagos szennyvíz-kibocsátás kb. 3-4 m^3/t.

Az elért fő környezeti teljesítmény: Az in-line kezeléssel ellátott zárt vízrendszer eredményeként egyáltalán nem történik kibocsátás a vízbe.
Azoknak a papírgyáraknak az esetében, amelyek már szennyvíz-kibocsátástól mentes gyártási vízrendszert működtetnek, az in-line kezelés hatékony intézkedés lehet a gyártott papír szennyeződésének és a papírgéptől elszívott nedves levegőben lévő szagos vegyületek mennyiségének csökkentésére.

Üzemelési adatok: A német papírgyárban, amelyik megvalósította a 2. változatot, az in-line gyártásivíz-kezelést 1995 szeptemberében kezdték el. A biológiai kezeléstől elvárt hatékonyságot néhány héten belül elérték. Ettől az időtől kezdve a szennyvíz-kezelő telep teljesen problémamentesen működik. Azonban a jövőben meg kell oldani azokat a problémákat, amelyeket a kalcium-karbonát kicsapódása okoz a csövekben és a levegőztető medencében. A kalcium-karbonát kicsapódását csökkentő intézkedések kifejlesztése még folyamatban van.
A vízkör-zárás hidraulikai megbízhatósága azt is feltételezi hogy folyamatosan csak a szárítószakaszon elpárologtatott vízmennyiség 50 %-át (kb. 1 m^3/t) vezetik be, azaz el kell végezni a vízkörök belső módosítását a vízfogyasztás csökkentése érdekében.

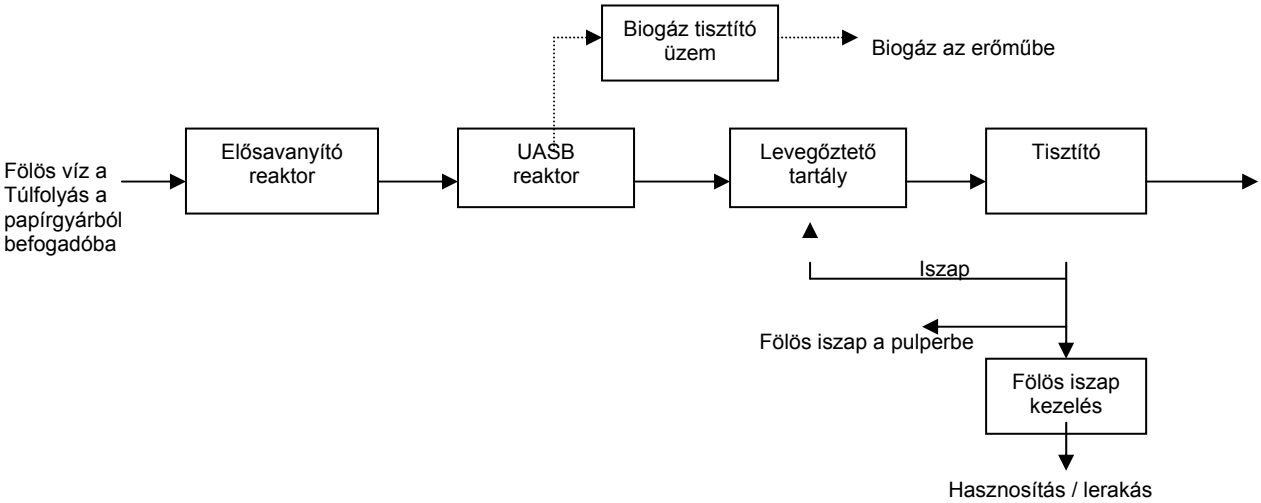
A szénmentesítéssel ellátott francia in-line vízkezelő üzem (1. változat) 1997 márciusa előtt nem érte el a javasolt üzemellési körülményeit. A gyártási vízrendszer teljesen zárt. A papírgép futtathatóságát és a gyártott papír minőségét a jelentések szerint ez nem befolyásolta hátrányosan.

Gazdaságosság: Az anaerób vízkezeléshez kisebb és olcsóbb berendezésekre van szükség, mint az aerób kezelésnél, és kisebbek az üzemelési költségek, és energia takarítható meg a metán előállítása révén. Az 1. változat esetén 15 millió FRF beruházási költségről számoltak be (beleértve a tároló tartályt, a savasító tartályt, az anaerób reaktort, és az újralevegőztető egységet a biológiai szűrővel). A szénmentesítés további 3 millió FRF beruházását igényelte [1].
Egy német in-line kezelő üzem esetében, ahol a 2. változatot valósították meg, 6 millió eurós beruházási költségről számoltak be (ebből 1 millió támogatás volt). Az éves üzemelési költség, amit a vegyszerekre, a kiválasztott kén elhelyezésére, a személyzetre és a karbantartásra fordítanak, 156.000 Eurot tesz ki. Ebbe beletartozik az évi 13.000 euró nettó energia-megtakarítás. Feltételezve, hogy az éves papírtermelés 360.000 tonna, és a kezelt gyártási víz mennyisége 1.000.000 m^3, kiszámítható, hogy a fajlagos üzemelési költség a papírra 0,5 euró/t, a gyártási vízre 0,2 Euro/m^3. A fajlagos összköltség, ami tartalmazza a beruházási és az üzemelési költségeket is, a papírra 1,8 Euro/t, a gyártási vízre pedig 0,7 Euro/m^3 [2].

4.5.6 Anaerób technika, mint a biológiai szennyvíz-kezelés első lépcsője

Ezt a technikát főként a „barna papírok” esetében kell figyelembe venni a BAT meghatározásakor.
A technika leírása: A vízrendszer fokozott zárása a papírhulladékot feldolgozó papírgyárakban nagyon megnöveli az oldott szerves vegyületek koncentrációját a gyártási

vízben. Ezért a befogadó vizekbe való kiengedés előtt a gyártási vizeket meg kell tisztítani biológiai kezeléssel. Az anaerób és aerób biológiai kezelés kombinációjával jelentősen csökkenthető a szennyvíz szerves terhelése. Az 5.14 ábra bemutatja egy kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzem egyszerűsített sémáját.



5.14 ábra: Egy kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzem egyszerűsített sémája [IFP, 1998]

A következő rendszerek használhatók anaerób reaktorként:

- Kontakt reaktor
- UASB reaktor (UASB = felfelé áramló anaerób iszappaplan)
- Fixágyas reaktor
- Lebegőágyas reaktor

A különböző reaktortípusok fő célja az, hogy nagy biomassza koncentrációt biztosítsanak a reaktorokon belül. Ezt vagy úgy érik el, hogy visszaforgatják a kimosott biomasszát egy külső leválasztóban való ülepítés után (kontakt reaktor rendszer), vagy úgy hogy a biomasszát egy tartóközeghez kapcsolják a reaktor belsejében (fixágyas reaktor, lebegőágyas reaktor, UASB reaktor). A reaktorok üzemeltethetők egyedülálló egységként, vagy modulrendszerű egységekként. A biomassza-tartó közegekkel üzemeltetett reaktor rendszerek különösen a nagy KOI-terhelések esetén alkalmasak.
Az anaerób technikáknak a biológiai szennyvízkezelés első lépcsőjeként való gazdaságos alkalmazásához a gyártási víz KOI-terhelése legalább 2000 mg/l kell hogy legyen. A kis frissvízfogyasztás mellett „barna papírfajtákat” előállító gyárak könnyen elérik ezt a szintet. Az anaerób lebontási folyamatot zavarhatja az oldott szulfát, amikor a koncentráció meghaladja az 1000 mg/l-t, mivel az anaerób folyamat során a szulfát átalakul hidrogénszulfiddá (H_2S), amely mérgező az anaerób mikroorganizmusok számára. Általában a toxikus szintet nem éri el.

A kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzemeket elsősorban „csővégi” azaz végtisztító technikáknak kell tekinteni. Azonban ha figyelembe vesszük azokat az erőfeszítéseket amelyeket a papírgyártási vegyi adalékok (pl. tisztítószerek, habzásgátlók, nyálkaölők) alkalmazásának szabályozása érdekében tesznek, hogy védjék az érzékeny anaerób mikroorganizmusokat a kezelőtelepen, a biológiai kezelést tekinthetjük (részben) a gyártási folyamatba integrált környezetvédelmi intézkedésnek is.

Egyes papírgyárak azzal kísérleteznek, hogy a biológiailag kezelt gyártási víz egy részét visszaforgassák a vízkörbe. A fő problémák, amelyeket még meg kell oldaniuk, a kloridok, szulfátok és a kalcium korróziót okozó feldúsulása a gyártási vízben, valamint a kalcium-karbonát kicsapódása és lerakódása a csöveken, szitákon és filceken. A kalcium-karbonát kicsapódása komplex probléma, ami további kutatási munkát igényel a jövőben.

Egy 100% újrahasznosított rostot (festékmentesítés nélkül) használó német papírgyár arról számolt be, hogy javult a kezelési hatékonyság a kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelés használatával a kétlépcsős aerób kezeléshez képest. Éves átlagban a következő értékeket érték el:

Paraméter	Egység	2 lépcsős aerob kezelés	Anaerob/aerob kezelés
KOI koncentráció	mg/l	290	190
BOI koncentráció	mg/l	21	12
KOI terhelés	kg/t	0,93	0,68

5.22 táblázat: A kezelt szennyvíz éves átlagértékei egy 100% újrahasznosított rostot (festékmentesítés nélkül) használó német papír- és kartongyárban

A kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzemekben 1 tonna eltávolított KOI-ra az energia-felhasználás (amit főként a szivattyúzáshoz és a levegőztetéshez használnak) kb. 200-300 kWh, míg az egyedül álló és jól megtervezett aerób üzemekben 1 tonna eltávolított KOI-ra az energiaigény 500-600 kWh.

Üzemelési adatok: Kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzemeket 1990/91 óta üzemeltetnek. Az egyedül álló aerób üzemekkel összehasonlítva bebizonyosodott, hogy ezek stabilabb rendszerek a változó KOI-terhelések és a gyártási vízben lévő mérgező vagy gátló vegyületek szempontjából. Az üzemek közel 100 %-oshatásfokúak.
Gazdaságosság: A kombinált anaerób / aerób szennyvízkezelő üzemek beruházási költségei széles határok között változnak, a fajlagos KOI-terheléstől és a szennyvíz mennyiségétől függően. Feltételezve, hogy a KOI-terhelés 20-35 t/nap, ami évi 200.000-350.000 tonnás wellenstoff és testliner termelésnek felel meg, a beruházási költségek 7 és 12 millió euró között vannak.

4.5.7 Aerób biológiai kezelés

Lásd a 6.3.9 részt is.
A technika leírása: A papírhulladékot feldolgozó gyárakból származó szennyvizekhez több mint 20 éve alkalmazzák az aerób biológiai kezelést, hogy eltávolítsák az oxigénfogyasztó vegyületeket és a speciális szerves vegyületeket. Ezeket a vegyületeket a biológiai kezelési rendszer különböző változataival átalakítják biomasszává, széndioxiddá és vízzé.
Az elért fő környezeti teljesítmény: Az elérhető eltávolítási hatékonyság a BOI_5-re 95-99 %, a KOI-ra 75-90 %. A kis sebességű eleveniszapos kezelésről rendelkezésre álló kibocsátási adatokat az 5.23 táblázat összegzi.

Paraméter	Elérendő koncentrációk és terhelések festéktelenített visszanyert rost üzemekre		Jellemző eltávolítási hatásfok (%)
	mg/l	kg/t	
BOI_5 kezelés után	<20 (5 alatt)	0,21	95 – 99
KOI kezelés után	<230	2,3	80 – 85
Össz szárazanyag	<30	0,2	99
Fajlagos mennyiség	11 m^3/t		

5.23. táblázat: Kis terhelésű eleveniszapos kezelés teljesítmény adatai újrahasznosított rostból papírt és kartont előállító gyárban

[Holland megjegyzések a BAT-hoz, 1996, és mért kibocsátási értékek újrahasznosított rostot felhasználó, festékmentesítést alkalmazó német papírgyárakban]

A kombinált anaerób / aerób biológiai kezeléseknél az eltávolítási hatékonyság általában kissé nagyobb (lásd az 5.3.5 részt). A teljes kezelési hatékonyság 99 % fölötti eltávolítás a BOI_5-re, és 95 % fölötti a KOI-eltávolítás.

Az 1 kg BOI_5 lebontásához/eltávolításához szükséges fajlagos energia-felhasználás 0,6 – 3 kWh/kg BOI_5. Ha a rendszer jól van megtervezve, < 1 kWh/kg BOI_5 érhető el [Möbius, 1997]. Ez az érték arra is használható, hogy összehasonlítsák különböző szennyvíz-kezelő rendszerek üzemelési költségeit.
Különösen a nyári időszakban, az újrahasznosított rostot használó papírgyárak szennyvízkezelő üzemei kellemetlen szagokat bocsáthatnak ki. Ha a szennyvízkezelést jól megtervezik és szabályozzák, a kellemetlen szagok elkerülhetők.

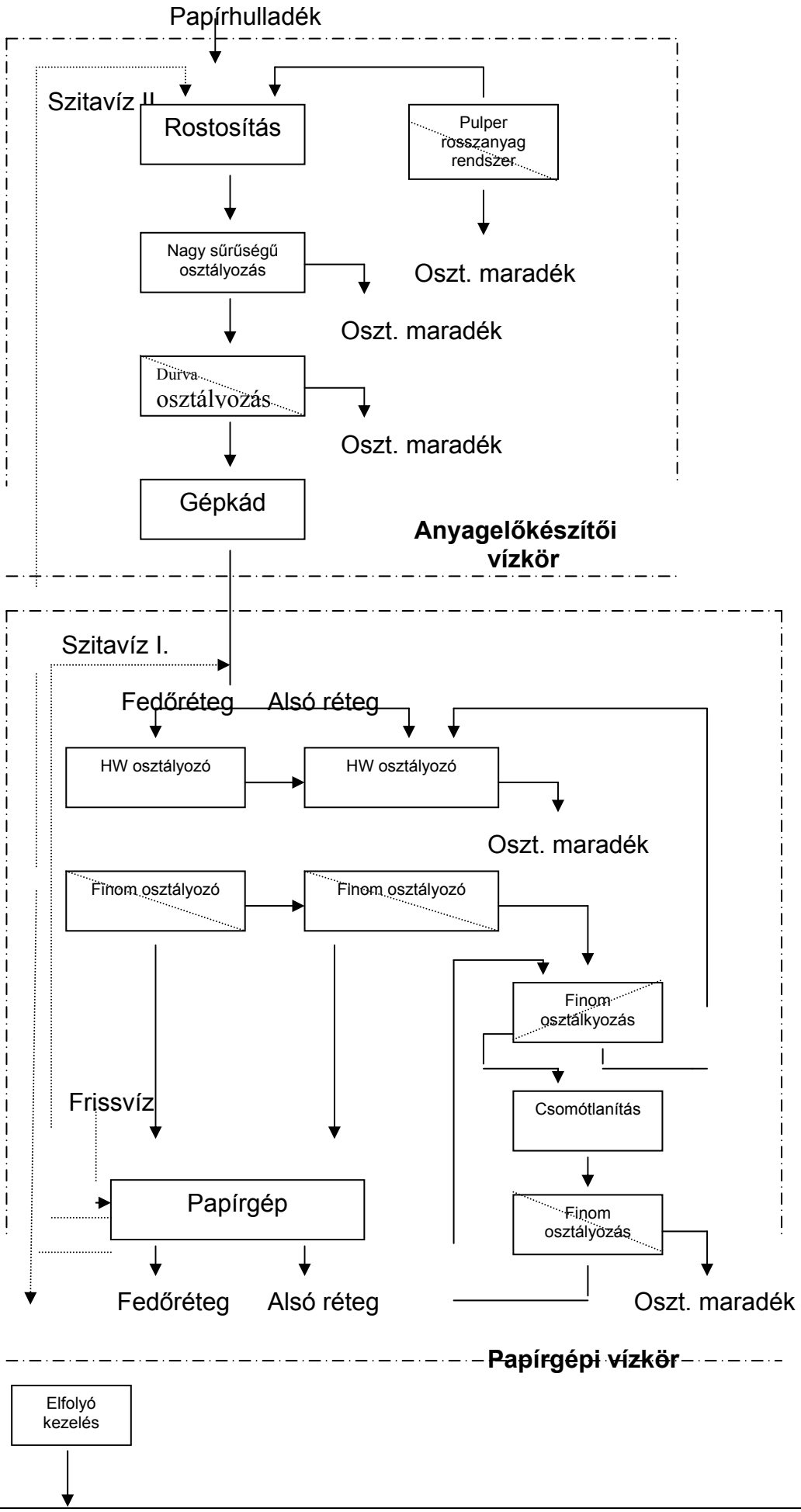
4.5.8 Az anyagelőkészítő üzemek modernizálása az elektromos energiafelhasznás és a kibocsátások csökkentése érdekében

A következő leírás főként az újrahasznosított rostot festékmentesítés nélkül felhasználó papírgyárakra vonatkozik, pl. hullám-alappapírokat (testliner, wellenstoff) előállító gyárakra.

A technika leírása: Az anyag-előkészítő üzemek modernizálási terveinek különböző céljai lehetnek. Ezek attól függnek, hogy milyen prioritásokat állít fel egy adott vállalat, pl. a kisebb méretű idegenanyagok és szennyeződések jobb eltávolítása a termék minőségének és a papírgép hatékonyságának javítása céljából, jobb rostvisszanyerés a kiosztályozott anyagból (reject) a rostveszteség csökkentése érdekében, vagy energia-megtakarítás. Egy másik cél lehet az anyag-előkészítő rendszer egyszerűsítése, ami kisebb energiafogyasztást eredményez, kisebb anyagveszteséget, és kevesebb helyre van szükség.

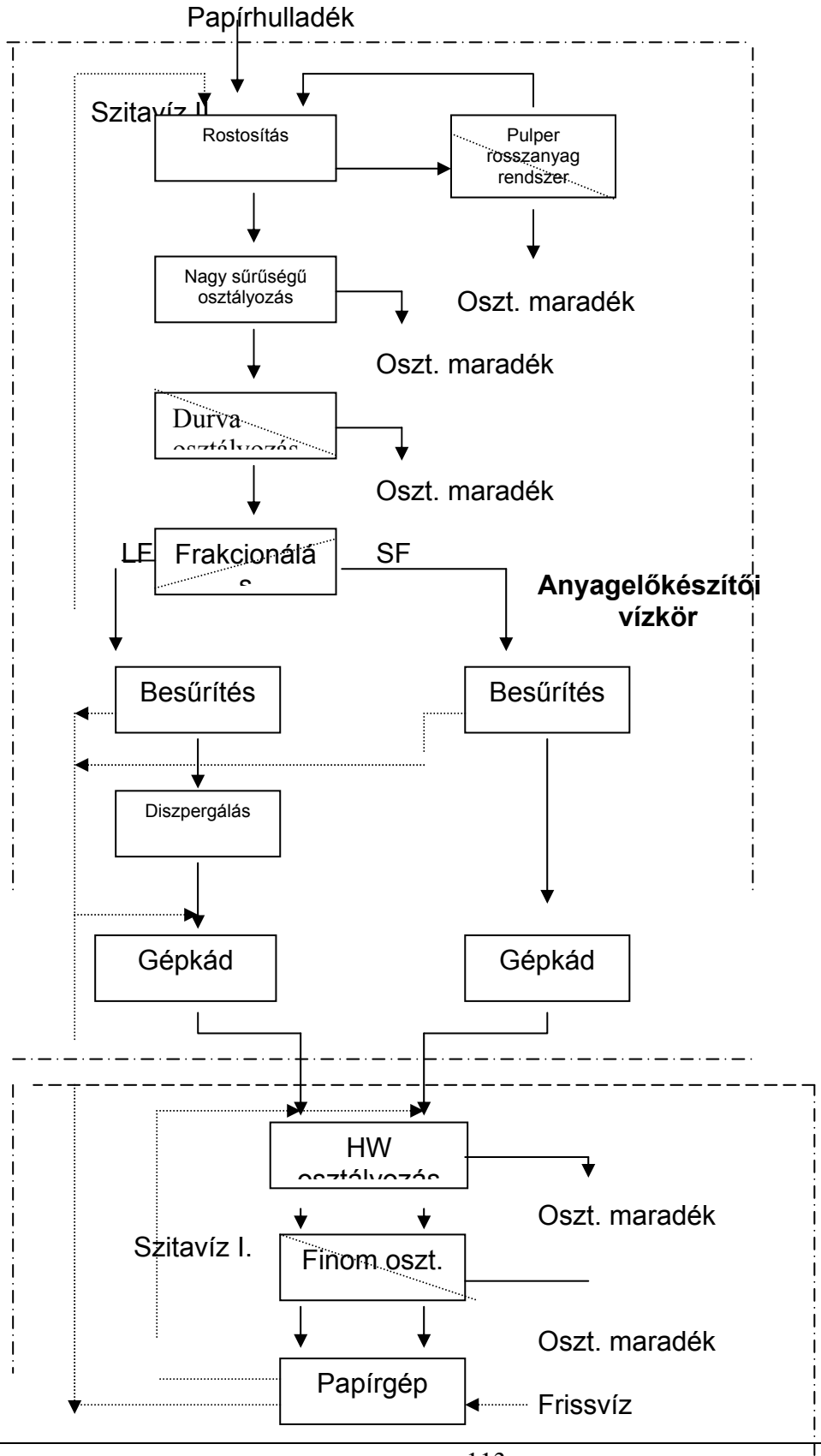
A hulladékpapír feldolgozásánál elsősorban az a cél, hogy eltávolítsák az összes nem rostos összetevőt (pl. műanyagok, fém, fa, homok) és a káros anyagokat, mint a ragacsos szennyeződéseket (stickies), viaszokat, vagy a kis nedvesszilárd papírdarabokat (csomókat), amelyeket nem sikerült elfoszlatni. A rostanyag-feldolgozás második célja maguknak a rostoknak a kezelése, hogy így szabályozzák a gyártott papír minőségét. Ennek a célnak az eléréséhez a rostokat szét lehet választani frakcionálással rövid- és hosszúrostú frakciókra, és tovább kezelni.
Az újrahasznosított rostanyag mindegyik speciális kezeléséhez speciális gépeket használnak különböző módokon. Így például az osztályozási és tisztítási eljárásokat 2-4 lépcsőben kell végezni, hogy csökkentsék a rostveszteségeket mindegyik eljárás végső lépcsőjében. A papírgép megfelelő futtathatóságának megvalósításához az is lényeges, hogy további tisztítókat és osztályozókat működtessenek a közelítőrendszerben. Ezzel elkerülik, hogy a kádak falairól vagy a csövekről leváló lerakódások bekerüljenek a felfutószekrénybe és a papírgép nedves szakaszára. Ezek a lerakódások papírszakadásokhoz vezetnének, és kieső időt okoznának a papírgépen.
Az 5.15 ábra bemutat 4 példát 2-rétegű testliner gyártásához papírhulladékot feldolgozó anyagelőkészítő üzem kialakítására. Ezt a papírfajtát azért használjuk példának, mivel az európai papír- és kartongyárak számára a gyártott mennyisége miatt nagyon fontos, és mert ezek az adatok könnyen hozzáférhetők voltak. Az 5.24 táblázat összegzi ennek a négy koncepciónak a fő jellemzőit, összegzi az elektromos energiaigényt, és néhány magyarázatot ad az anyag-előkészítő üzem elrendezéséről.
A négy különböző rendszer elektromos energiaigényére vonatkozó számok az egyes berendezések fajlagos energiaigényének értékeiből származnak, amelyeket az 5.25 táblázat ad

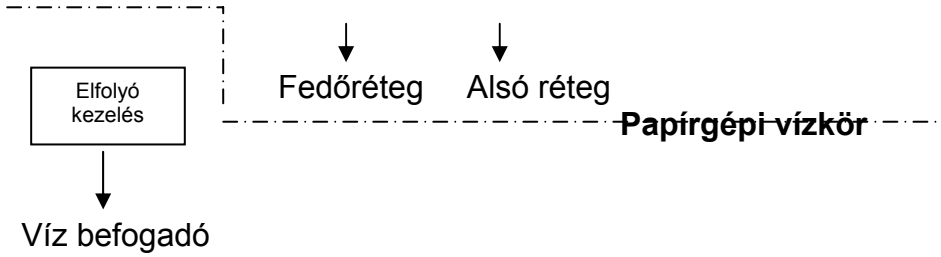
meg. Ezeket reális közelítésként kell venni. A valódi gyárak értékei kissé nagyobbak vagy kisebbek lehetnek.


Papírhulladék
Szitavíz II
Rostosítás
Pulper rosszanyag rendszer
Nagy sűrűségű osztályozás
Oszt. maradék
Oszt. maradék
Durva osztályozás
Oszt. maradék
Gépkád
Anyagelőkészítői vízkör
Szitavíz I.
Fedőréteg
Alsó réteg
HW osztályozó
HW osztályozó
Oszt. maradék
Finom osztályozó
Finom osztályozó
Finom osztályozás
Csomótlanítás
Frissvíz
Papírgép
Finom osztályozás
Fedőréteg
Alsó réteg
Oszt. maradék
Papírgépi vízkör
Elfolyó kezelés

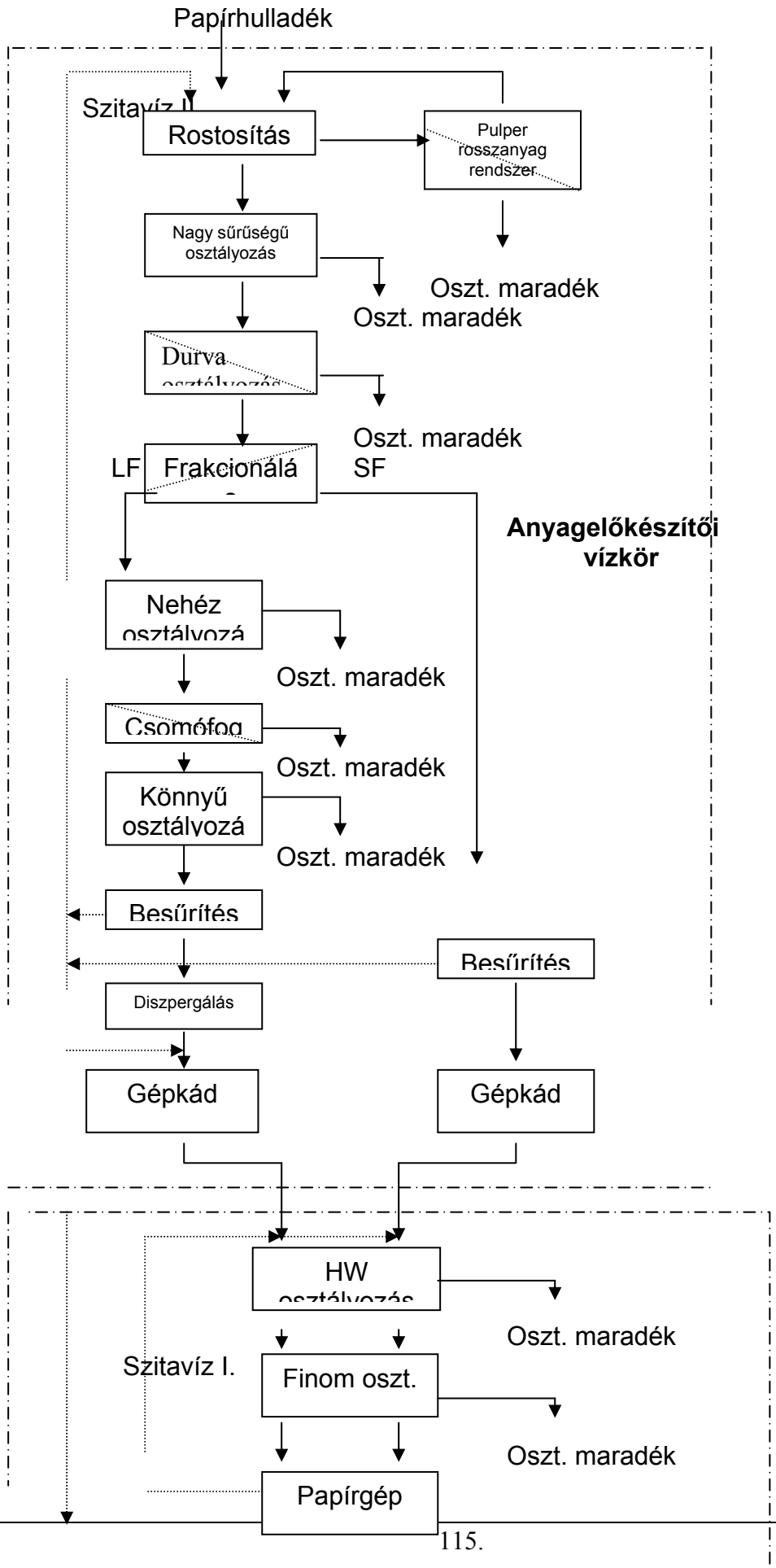
Víz befogadó

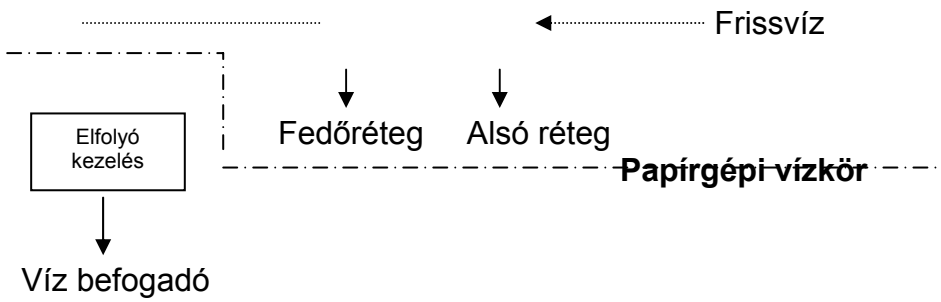
5.15. ábra: 1. példa



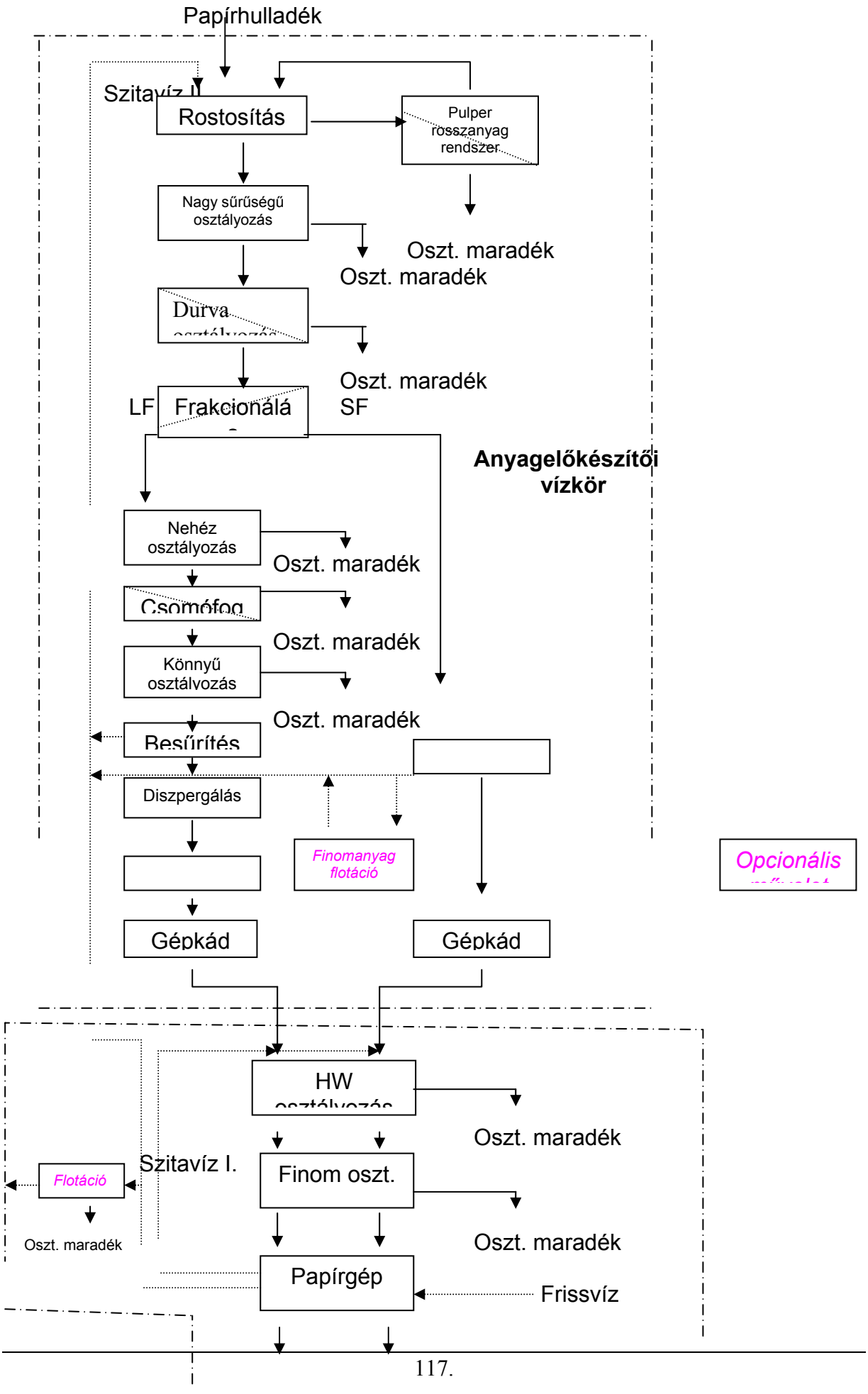


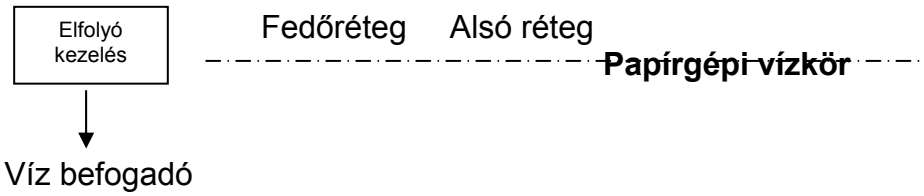
5.15. ábra: 2. példa


Papírhulladék
Szitavíz II.
Rostosítás
Pulper
rosszanyag
rendszer
Nagy sűrűségű
osztályozás
Oszt. maradék
Oszt. maradék
Durva
Oszt. maradék
LF
Frakcionálá
SF
Anyagelőkészítői
vízkör
Nehéz
Oszt. maradék
Csomófog
Oszt. maradék
Könnyű
osztályozá
Oszt. maradék
Besűrítés
Besűrítés
Diszpergálás
Gépkád
Gépkád
HW
Oszt. maradék
Szitavíz I.
Finom oszt.
Oszt. maradék
Papírgép



5.15. ábra: 3. példa


Papírhulladék
Szitavíz II
Rostosítás
Pulper rosszanyag rendszer
Nagy sűrűségű osztályozás
Oszt. maradék
Oszt. maradék
Durva
Oszt. maradék
LF
Frakcionálá
SF
Anyagelőkészítői vízkör
Nehéz osztályozás
Oszt. maradék
Csomófog
Oszt. maradék
Könnyű osztálvozás
Oszt. maradék
Besűrítés
Diszpergálás
Finomanyag flotáció
Opcionális
Gépkád
Gépkád
HW
Oszt. maradék
Szitavíz I.
Flotáció
Finom oszt.
Oszt. maradék
Oszt. maradék
Papírgép
Frissvíz



5.15 ábra: Négy példa 2-rétegű testliner gyártásához papírhulladékot feldolgozó anyag-előkészítő üzem kialakítására [IFP, 1998]. 4. példa

	A különböző rostelőkészítő rendszerek főbb jellemzői	**Áram szükséglet tartománya (átlag)**	**Magyarázó megjegyzések**
1. példa	A rostelőkészítő üzemben a tisztítás és osztályozás minimalizálása frakcionálás és további rostkezelés nélkül, mint pl. diszpergálás és további osztályozás. Az anyagáram közelítő rendszerét a megfelelő tisztaságú rostanyag érdekében osztályozókkal és tisztítókkal egészítik ki.	45 – 95 (70) kWh/t	A rostot frakcionálás nélkül két külön vonalra táplálják be osztályozás és tisztítás céljából, amelyek különböző réseléssel vannak ellátva. A fedőréteg rejectjét az alsó rétegbe vezetik át, további kezelés céljából. Az alsó rétegnél egy külön csomót-lanító fokozat van a csomók egyedi rostokká bontására, a végső osztályozás hatékonyságának növelésére és a reject mennyiségének csökkentésére.
2. példa	Frakcionálást, diszpergálást és azt követő osztályozást, foglal magában a hosszú-rostú frakció könnyű és nehéz szennyezéseinek kiválasztása nélkül. Kompromisszum a kevés alkalmazott berendezés általi minimális energia-igény és a termék minősége között.	65 – 175 (11) kWh/t	**A frakcionálást a** következő energiaigényes diszpergálásnál energia megtakarítás érdekében végzik, a rostoknak csak egy részét kezelik (hosszúrostú fr.). A hosszú-rostú frakció osztályozásának, könnyű- és nehéz szennyezőktől való megtisztításának elhagyása energiát takarít meg.
3. példa	A 2. példában leírtakhoz a frakcionálás után a hosszú rostú frakció osztályozása valamint a könnyű- és a nehéz szennyezők eltávolítása járul.	75 – 175 (120) kWh/t	A diszpergálást nagy sűrűségű szuszpenzióban kell végezni (22 – 32 %). Ezt megelőzően vízteleníteni kell tárcsás szűrővel, szalagpréssel, vagy csigás préssel.
4. példa	A frakcionálást kiegészítik to-vábbi osztályozással és	11 – 270 (190) kWh/t	A mosásés a DAF a finomanyag és a töltőanyag egy

	tisztítással (könnyű- és nehéz szennyezések), a hosszú ros-tú frakció őrlésével, a rövid frakció mosásával ésa víz visszavezetésekor 2 oldott levegős (DAF)* flotálóval.		részének kivonásával csökkenti a gyártott papír finomanyag- és töltőanyag-tartalmát, javítja a minőséget.
Magyarázó megjegyzés: * A mosó szűrlet és a szitavíz II. rész-áramban DAF-technikával való tisztítása elősegíti a szilárd anyagok és bizonyos mértékig a kolloidok eltávolítását (finom- és töltőanyag). A kolloid anyagok eltávolítása csökkenti a körvíz szervesanyag-terhelését KOI és BOI). A finomanyag és a töltőanyag kivonásának legfontosabb eredménye a gyártott papír szilárdsági jellemzőinek javulása. Mindkét intézkedés javítja a papír minőségét és a papírgépi futtathatóságot.			

5.24. táblázat: 2-rétegű testliner gyártásához papírhulladékot feldolgozó Különböző anyag-előkészítő üzem koncepciók főbb jellemzői és elektromos energiaigénye
Ahol ez hasznos lehet, adunk néhány magyarázó megjegyzést [Adatok az IFP-től, 1998]

Az elért fő környezeti teljesítmény: Az anyag-előkészítő és közelítő rendszer elektromos energiaigénye a festékmentesítés nélküli, papírhulladékot feldolgozó papírgyár teljes energiaigényének 20 és 40 %-a között van. Ezért az elektromos energia megtakarítás szempontjából érdemes megfontolni az anyag-előkészítő üzem modernizálását. A kisebb elektromos energia fogyasztás eredményeként kisebb az energiatermelésből a levegőbe történő kibocsátás, amit befolyásol még a használt ásványi fűtőanyag típus is.
A fenti 5.24 táblázatban megadott elektromos energiaigények az egyes részfolyamatok fajlagos energiaigényének értékeiből származnak, amelyeket az alábbi 5.25 táblázat ad meg. Amint látható, jelentősek a különbségek a négy koncepció elektromos energiaigénye között: a 4. példáé (az összes opcióval) 110 és 270 kWh/t között van, míg a 2. példában 65 és 160 kWh/t közötti a fogyasztás.

Gyártás részfolyamata	Fajl. energiaigény kWh/t	Anyagsűrűség (%)
Pulperozás	10-20	3-6
Csomótlanítás	20-60	3-6
Osztályozás	5-20	0,5-4,0
Utóosztályozás	20-40	1-4
Centrifugál osztályozás	4-8	<0,5→4,5 (<6,0)
Frakcionálás	5-20	3-4
Besűrítés	1-10	0,5→5 (10)
Víztelenítés (csigaprés)	10-15	2-5→15-50
Víztelenítés (kettősszitás prés)	2-4	2-5→15-50
Diszpergálás	30-80	22-32
Kis sűrűségű őrlés	5-25 (ºSR* egységenként)	3,0-5,5
Nagy sűrűségű őrlés	10-60(ºSR* egységenként)	25-35
Mosás	5-20	0,7-1,4→5-12
Oldott levegős flotáció (DAF)	10-20	<0,3→0,01
Tárolás	0,02-0,1	3,0-5,5 (12)

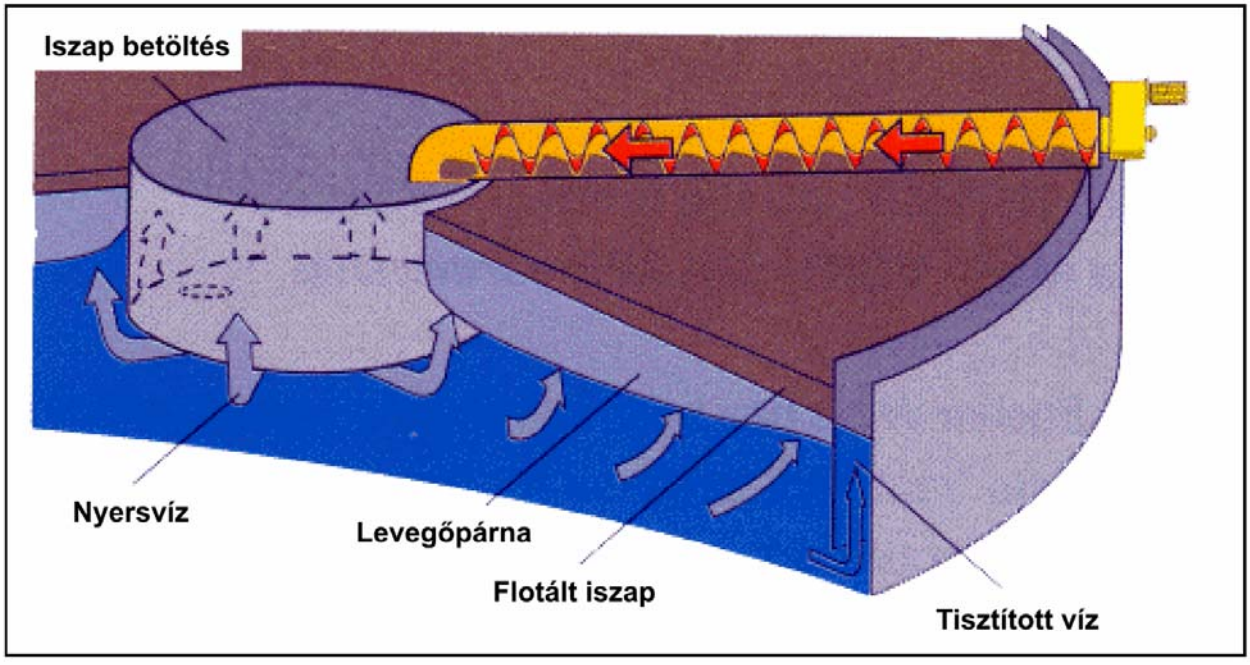
Keverés	0,2-0,5	3,5-4,5
Megjegyzések: → = sűrűségtartomány változása a berendezésbe bemenet és kijövet között ºSR = Schopper-Riegler őrlésfok		

5.25. táblázat: fajlagos energiaigény és üzemelési anyagsűrűség a wellenstoff és testliner gyártás részfolyamataiban [IFP-től, 1998; az adatok a gépszállítóknak megfelelően; az adatok 100 %-os hatékonyságra vonatkoznak]

Példa üzemek: Európában több papírgyár is el van látva a 2. példához hasonló anyag-előkészítő rendszerrel, ami tartalmazza a frakcionálást és a diszpergálást is. Azonban a felállított berendezések, és az eljárási lépcsők száma eltérő, és úgy tűnik, hogy nem léteznek pontosan azonos rendszerek. Egyes gyárak bevezették az oldott levegős flotálást is a gyártási víz kezeléséhez. A 4. példában bemutatott mosással való kombinálást mindezidáig nem valósították meg tesztlíner gyártásánál.

4.5.9 Derített víz előállítása festékmentesítést alkalmazó papírhulladék feldolgozó üzemben

A technika leírása: Csak akkor van lehetőség nagy mennyiségű szitavíz visszaforgatására a festékmentesítést alkalmazó papírhulladék-feldolgozó üzemekben, ha rendelkeznek szitavíz-derítő rendszerrel. A papíriparban a víz derítésére szinte kizárólag használt rendszerek ülepítésen, szűrésen (tárcsás szűrő) és flotáláson alapszanak. Az elérhető legjobb technika jelenleg az oldott levegős flotálás. Az anionos szennyeződéseket és a finomanyagot adalékok használatával alakítják fizikailag kezelhető pelyhekké. Nagy molekulatömegű vízben oldódó polimereket vagy szervetlen elektrolitokat használnak flokkuláló szerként. A keletkező agglomerátumokat (pelyheket) azután a derítő medencében leflotálják. Az oldott levegős flotálás (DAF) esetén a lebegő szilárd anyagok a levegőbuborékokhoz kapcsolódnak. Ezek a buborékok felviszik az anyagot a kerek vagy négyszögletes medence felszínére, ahonnan lekotorják, és visszavezetik az anyag-előkészítőbe. A derített szitavizet a medence alján veszik ki (lásd a lenti 5.16 ábrát).



5.16. ábra: Az oldott levegős flotálás (DAF) működési elve [M. Schwarz, 1995]

A kerek medencés flotációs rendszerben a levegőbuborékokat úgy hozzák létre, hogy nagy nyomáson levegőt kevernek a cirkulációs vízbe. Amikor csökkentik a nyomást a medence bemeneténél, mikroszkópikus méretű levegőbuborékok keletkeznek. A buborékok mérete kritikus fontosságú. A flokkuláló szereket általában a flotálás előtt adagolják a szitavízhez, hogy javítsák az leválasztást.
A flotálás előnye az, hogy a kisméretű kolloid anyagokat is el lehet távolítani. Ez nagy előny a festékmentesítést alkalmazó papírhulladék-feldolgozó üzemekben, ahol a gyártási vízben található szilárd anyagok jelentős része kolloid. A deinking rendszerekben ma a flotálás az egyetlen módja a visszaforgatott gyártási víz tisztításának. A deinking üzemekben a leválasztott anyagot az iszapvíztelenítéshez vezetik, és nem forgatják vissza, mint a primerrostot használó papírgyárakban. A flotációs rendszerek általában nagyon tiszta vizet adnak, de a hatékonyság számtalan tényezőtől függ, amelyeket figyelni és szabályozni kell, ilyen pl. a pH, az áramlási mennyiség, a levegőbuborékok mérete és a koncentráció. Optimális körülmények esetén a hatékonyság nagyon jó.

4.5.10 Az osztályozási hulladék és az iszap helyszíni kezelése és feldolgozása (víztelenítése)

A hulladékrostra alapozott papírgyárakban a szilárd hulladékok fő forrásai az anyag-előkészítő, a gyártási víz derítése és a szennyvízkezelés (lásd az 5.2.2.6 szakaszt is). Az eljárásoknak két fő típusát kell megkülönböztetni:
A papírhulladékot festékmentesítés nélkül feldolgozó papírgyárakban (pl. testliner, wellenstoff, karton gyártása) a fő hulladékfrakciók a pulperből eltávolított durva szennyeződések, az anyag-előkészítés különböző osztályozási és tisztítási lépcsőiből származó hulladékok, és a szennyvízkezelés iszapja. Az anyag-előkészítőben keletkező hulladékok (reject) mennyisége kb. a bevitt nyersanyag 4-10 %-a. A deinking nélküli barna csomagolópapír-gyártás anyag-előkészítő üzemében keletkező „reject”-ek csak korlátozottan alkalmasak anyagában való újrahasznosításra, mivel a hulladékpapírból eltávolított nem-papír jellegű összetevők meghatározatlan keverékéből állnak. Ezeket a „reject”-eket általában hulladéklerakóba viszik. Azonban nagy a fűtőértékük, a szárazanyag 1 kilogrammjára számítva 22-24 MJ, mivel nagy arányban tartalmaznak műanyagokat, ezért a „reject”-ek alkalmasak energia-visszanyerésre, ásványi fűtőanyagokat helyettesíthetnek (lásd lejjebb).

A papírhulladékot festékmentesítéssel (deinking) feldolgozó papírgyárakban keletkezik még deinking iszap is, és gyakran iszap a gyártási víz derítésénél. A keletkező „reject”-ek és az iszapok a bevitt nyersanyag kb. 15-40 %-át teszik ki. A DIP (festékmentesítő) üzemekben a főként rövidrostokat, mázakat, töltőanyagokat és festékrészecskéket tartalmaz deinking iszap a kezelendő hulladékfrakció.
Általában az iszap nagy része még mindig hulladéklerakóba kerül. Néhány országban alkalmazzák az iszap mezőgazdasági területeken való szétterítését, vagy komposztálását, míg más országokban ezt a lehetőséget nem ösztönzik, vagy tiltják. A nagyobb DIP-üzemekben a deinking iszap a szennyvízkezelés iszapjával együtt elégethető. Különböző lehetőségek léteznek a szerves anyagokat (műanyagokat, rostokat és finomanyagokat) tartalmazó „reject”-ek és iszap energetikai hasznosítására:

- Gyáron belüli égetőműben való elégetés (Lásd lejjebb az 1. és 3. példát. Az 1. példa a testlinerre és wellenstoffra vonatkozik, míg a 3. példa a DIP-üzemekből származó rejectek és deinking iszap égetését írja le.)
- Együttégetés gyáron belüli széntüzelésű erőműben (Lásd lejjebb a 2. példát)
- Együttégetés a cementiparban (Ezt nem írjuk itt le részletesen, mivel ezt az eljárást a cementégetők engedélyezése keretében szabályozzák. Csak néhány aspektust világítunk meg a továbbiakban.). A rejecteket fel lehet használni a cementiparban a fosszilis fűtőanyagok helyettesítésére. A főégetőn keresztül betáplált hulladékok az

elsődleges égési zónában bomlanak le, 2000 °C-ot elérő hőmérsékleten. A szervetlen összetevők beépülnek a cementklinkerbe. A másodlagos égetőbe, előfűtőbe vagy előkalcinálóba betáplált hulladékok alacsonyabb hőmérsékleten égnek el, ami nem mindig elégséges a szerves anyag teljes oxidálódásához. A rejecteket rendszerint a másodlagos égetési lépcsőbe táplálják be a forgókemence bemeneténél. A papírgyári rejectek és iszap másodlagos égetőbe való betáplálásánál bizonyos mértékig fennáll az a veszély, hogy nemkívánatos szénhidrogén-kibocsátás (VOC azaz illékony szerves vegyületek, dioxinok) történik.

Egyelőre a fent említett reject-hasznosítási lehetőségek egyike sem tekinthető általánosságban BAT-nak. A reject-hasznosítási technikák papírgyárról papírgyárra változnak, főként a helyi körülmények függvényében.

Az energia – és gőztermeléssel együtt végzett égetést környezetbarát megoldásnak tekintik. Különböző műszaki megoldásokat valósítottak meg az európai papírgyárakban a termelési maradékok energia-visszanyeréssel végzett égetésére. Ezek közül hármat leírunk az alábbiakban, megvitatva fő előnyeiket és hátrányaikat.

A festékmentesítés nélkül papírhulladékot feldolgozó gyárakban a rejectek gyáron belüli égetőműben való elégetése (1. példa) főként a gyár méretétől és az elégetni kívánt rejectek mennyiségétől függ. A rejectek gyáron belüli széntüzelésű erőműben való együttégetése (2. példa) egy egészen új technika, és alkalmazhatósága a hőtermeléshez használt fűtőanyag típusától függ. Ebből a szempontból ez speciális esetnek tekinthető és szintén nem vehető általánosságban BAT-nak. Ezzel szemben a rejectek és az iszap égetését a DIP-üzemekben elterjedtebben használják az európai papírgyárakban, és ezt BAT-nak tekintik, ott, ahol megvalósítható.

1. példa: A rejectek energetikai hasznosítása a papírhulladékot festékmentesítés nélkül feldolgozó gyárakban reject-égető műben.

Ennek a technikának a leírása a papírhulladékból „barna csomagolópapírokat” előállító gyárakra vonatkozik, azonban hasonló rendszerek alkalmazhatók más papírhulladék-feldolgozó gyárakra is (lásd a 3. példát).

A technika leírása: A legtöbb esetben a wellenstoffot és testlinert előállító papírgyárakban a papírhulladék-feldolgozásból származó maradékokat (reject) hulladéklerakóban helyezik el. Feltételezve, hogy a rejectek mennyisége a bevitt papírhulladék 4-10 %-a, a kiválasztott rejectek mennyisége sok papírgyárban nem elegendő egy reject-égető mű gazdaságos üzemeltetéséhez. Ezért az iszapégetéstől (3. példa) eltérően, csak néhány modern nagyméretű papírgyárban állítanak fel egyedül álló égetőművet a papírhulladék-feldolgozásból származó maradékok elégetéséhez.
A 90-es évek elejétől tökéletesített égetési technikát üzemeltetnek egy német papírgyárban. Az égetőmű többkemencés égetést alkalmaz, és a gyár erőművébe van integrálva. Évi 10.000 tonna rejectre tervezték. A rejectek víztartalma 45-50 % körül van. Az aprítás és a vashulladékok mágnessel való kiválasztása után a rejectet a felső kemencébe táplálják be, ahol a fölfelé áramló forró füstgázok kiszárítják. A rejectet keverők segítségével továbbítják a soron következő kemencékbe. Ezek végigviszik a rejectet az összes égetési zónán, a felsőtől az alsóig.
Az égetőmű tetejéről a füstgázt visszavezetik a kemencékbe, és ott újra felfűtik. 800-900 °C-on a füstgázok a kemencékben teljesen elégnek. Így nincs szükség külön égetőkamrára, és a rejectek gazdaságosan égethetők el.

A füstgáz-tisztító egység kétlépcsős gázmosóval van felszerelve a savas szennyezőanyagok, főként kén-dioxid és hidrogén-klorid eltávolítására. A gázmosóban nyert folyadékot semlegesítik, majd kicsapató és flokkuláló szerekkel kezelik a nehézfémek eltávolítása céljából. A nehézfémtartalmú iszapot hulladéklerakóban helyezik el. A dioxin kibocsátás minimalizálása céljából aktív szén és zeolit keverékét fecskendezik be a visszaforgatott füstgáz-áramba. Az elhasznált adszorbenseket hulladéklerakóba viszik. Az NO_x kibocsátást szelektív nem-katalitikus redukcióval (SNCR) csökkentik, ammóniát használva, amit az égetőkamrába fecskendeznek be.
A kibocsátott szilárd részecskék mennyiségét elektrosztatikus kicsapatóval csökkentik.

2. példa: A rejectek széntüzelésű erőműben való együttégetése festékmentesítés nélkül papírhulladékot feldolgozó gyárakban füstgáz-kezeléssel

Ez a technika szigorúan véve csak a hullámközépréteget előállító szekunderrostra alapozott papírgyárakra vonatkozik. Azonban érdemes lehet esetről esetre megvizsgálni, hogy alkalmazható-e hasonló rendszer más papírhulladék-feldolgozó gyárakban is.

A technika leírása: A festékmentesítés nélküli papírhulladékot feldolgozó papírgyárak rejectjeit inhomogén összetételük miatt általában hulladéklerakóban helyezik el. Azonban a rejecteknek nagy a fűtőértékük, a szárazanyag 1 kilogrammjára számítva 22-24 MJ, mivel nagy arányban tartalmaznak műanyagokat, ezért alkalmasak energia-visszanyerésre, ásványi fűtőanyagokat helyettesíthetnek (lásd az 1. példát is).
Az 5.28 táblázat bemutatja a rejectek összetételét, az eredmények wellenstoffot és tesztlínert előállító különböző német papírgyárakban végzett 18 elemzés átlagai.

Összetevő	Egység	Érték
Műanyag	súly %	26,0
Rost	súly %	27,0
Üveg és kő	súly %	0,1
Fémek	súly %	0,9
Egyéb szerves anyagok	súly %	1,0
Víz	súly %	45,0
Fűtőérték (100% szárazanyag)	MJ/kg	23,8
Fűtőérték (55% szárazanyag)	MJ/kg	12,0
Klórtartalom a műanyag részben	súly %	5,5
Klórtartalom a hulladék részben	súly %	1,4

5.28. táblázat: Wellenstoff és testliner gyártásából származó rejectek összetétele [IFP, 1998]

Azokban a papírgyárakban, amelyek szilárd tüzelőanyagot, pl. barnaszenet vagy kőszenet használnak az erőműveikben, megvalósítható a rejectek együttes égetése. Ehhez az erőmű égetőkamrájához csatlakozó szárító és gázosító kamra beépítésére van szükség. A szárító és gázosító kamrában a rejecteket elgázosítják a széntartalmú anyagok levegővel végzett oxidációjával. A gázosítással termelt gázok utóégetését az erőmű égetőkamrájában végzik. A VOC (= illékony szerves vegyületek) és a korom problémájának elkerüléséhez biztosítani kell a megfelelő égési körülményeket (> 850 °C, és az oxigénszint > 6 %). Ellenőrzési paraméterként figyelni lehet a CO koncentrációját (< 50 mg/Nm^3).

3. példa: A DIP-üzemekből származó maradékok (rejectek és iszapok) égetése energia- és gőztermeléssel kombinálva

Az 1. és 2. példától eltérően ez a példa a DIP-üzemekre vonatkozik, vagy azokra amelyek festékmentesített rost (DIP) és mechanikai rostanyag keverékét használják.
A technika leírása: A különböző fajta iszapok és rejectek – rejectek, deinking iszap, szennyvízkezelési iszap, stb. - égetését elterjedten használják a cellulóz- és papírgyárakban. Az alábbi két lehetőség áll rendelkezésre a rejectek és az iszap égetésére:

- Kéreggel való együttégetés a kéregégető kazánban
- Az iszap különégetése

Ahhoz, hogy alkalmas legyen a kazánban való égetésre, a papírhulladék-feldolgozásból származó iszapot először vízteleníteni kell (lásd az 5.3.10 szakaszt. A víztelenítési szűrletet kezelni kell a gyár szennyvízkezelő telepén. Jelenleg néhány gyárban az iszapvíztelenítési szűrletet mikroflotálás után újra felhasználják a rost-előállítási folyamatban.
A flotációs cellákból származó deinking *iszapot* a víztelenítés után kezelés nélkül el lehet égetni. A biológiai szennyvízkezelés víztelenített fölös iszapját is hozzá lehet adni, de ez csak kis része a teljes iszapmennyiségnek (kb. 5 %-a). A magas hőmérséklet ((> 850 °C) biztosítására általában gázt vagy kérget is égetnek a szilárd tüzelésű kazánban (lebegőágyas kazán). Vannak gyárak, amelyek magában égetik el az iszapot, míg mások elégetik az összes maradékot beleértve a rejecteket vagy a kérget is. Abban az esetben, ha a DIP rejecteket is elégetik, azokat először kezelni kell, hogy alkalmasak legyenek a lebegőágyas kazánban való égetésre (lásd a 2. példát is, 5.17 ábra). A festékmentesítő üzemi rejectek előkezelésének fő célja az, hogy leválasszák a nem éghető részeket, és megfelelő méretűre aprítsák a fűtőanyagnak alkalmas részecskéket, azért hogy nagy felületet, és jó égési viselkedést érjenek

el. Az elsődleges aprítás és osztályozás után az éghető anyagokat a kazán tüzelőanyag-tartályába kell vinni.
A fennmaradó rejecteket szét kell választani vashulladékokra és egyéb nem éghető hulladékokra.

4.6 *Elérhető legjobb technikák (BAT)*

4.6.1 Bevezetés

Ennek a fejezetnek a megértéséhez visszairányítjuk az olvasó figyelmét ennek a dokumentumnak az előszavához, annak is az ötödik szakaszához: „Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot". Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szinteket vagy szintek tartományait egy iterációs folyamaton keresztül értékeltük, amely a következő lépésekből állt:

- az ágazat számára kulcsfontosságú környezeti témák beazonosítása; a nem-integrált papírgyáraknál a vízhasználat, a szennyvíz-kibocsátás (KOI, BOI, lebegőanyagok, N és P, AOX), az energiaigény, (gőz és elektromos áram), a szilárd hulladékok, mint a kiosztályozott anyagok (reject), iszap és hamu, a levegőbe való kibocsátások az energiatermelésből (SO_2, NO_x, CO_2, por), a zaj és a vízbe kerülő hulladékhő a legfontosabbak; az utóbbi három a helyi hatásokra vonatkozik;
- Az ezekkel a kulcsfontosságú témákkal való foglalkozáshoz leglényegesebb technikák vizsgálata;
- A legjobb környezeti teljesítmény szintek beazonosítása az Európai Unióban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján;
- Azoknak a körülményeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítményeket elérték, mint például a költségek, a közegeken átirányuló hatások, az ezen technikák bevezetésében szerepet játszó fő hajtóerők;
- Az elérhető legjobb technikák (BAT) és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek kiválasztása ehhez az ágazathoz általános értelemben, a 2(11) cikkelynek és a Direktíva IV. mellékletének megfelelően.

Az Európai IPPC Iroda szakértői ítélete és az illetékes Műszaki munkacsoport (TWG) kulcsfontosságú szerepet játszottak ezen lépcsők mindegyikében, és abban ahogyan itt az információt bemutatjuk.

Erre az értékelésre alapozva ebben a fejezetben bemutatjuk azokat a technikákat és, amennyire lehetséges, a BAT használatához kapcsolódó kibocsátási és fogyasztási szinteket is, amelyeket alkalmasnak ítélünk az ágazat egészére, és amelyek sok esetben az ágazaton belül néhány helyen már működő berendezések jelenlegi teljesítményét tükrözik. Ahol bemutatjuk „az elérhető legjobb technikákhoz kapcsolódó" kibocsátási vagy fogyasztási szinteket, ezeket úgy kell érteni, hogy azokat a környezeti teljesítményszinteket reprezentálják, amelyek várhatók a leírt technikáknak az ágazatban való alkalmazásától, szem előtt tartva a BAT meghatározásának szerves részét képező költség-előny egyensúlyt.

4.6.2 BAT a papírhulladékot feldolgozó üzemek részére

A papírhulladékot feldolgozó papírgyárak számára a következő technikák tekinthetők BAT-nak. Az itt következő BAT lista nem vehető kimerítőnek, és egyéb technikák vagy technikák kombinációi, amelyekkel ugyanolyan (vagy jobb) teljesítményt érnek

el, szintén megfontolhatók; ilyen technikák lehetnek fejlesztés alatt, vagy kialakulóban lévők, vagy már rendelkezésre állók, de ebben a dokumentumban nincsenek leírva. Az integrált papírhulladék-feldolgozó gyárakra a 6.4 szakasz is vonatkozik, ahol további részletek vannak megadva a papírgyártásról. Ha az másként nincs megadva, az adatok az éves átlagos értékekre vonatkoznak.

5 Általános intézkedések

1. A személyzet és a gépkezelők oktatása, képzése és ösztönzése. A papírgyárakat emberek üzemeltetik. Ezért a személyzet oktatása nagyon költséghatékony módja lehet a vízfogyasztás és a káros anyag kibocsátás csökkentésének, mint például a vegyszerek véletlenszerű kiengedése.
2. A folyamatszabályozás optimalizálása. Ahhoz hogy képesek legyünk egyidejűleg különböző szennyezőanyagok csökkentésére, és az alacsonyszintű kibocsátások fenntartására, javított folyamatszabályozásra és mérésre van szükség.
3. Ahhoz, hogy magas szinten tartsuk a papírgyárak műszaki berendezéseinek és az azokhoz kapcsolódó mérséklési technikáknak a hatékonyságát, biztosítani kell az elégséges karbantartást.
4. Szükség van környezetirányítási rendszerre, amely világosan meghatározza a környezeti szempontból lényeges aspektusokért való felelősséget a gyárban. Ez növeli a tudatosságot, és megadja a célokat és intézkedéseket, a gyártási és munkaköri utasításokat, az ellenőrző listákat és egyéb lényeges dokumentumokat.

5.1 *Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére*

1. A kevésbé szennyezett víz elválasztása a szennyezettől, a technológiai víz újrahasznosítása. A frissvíz-fogyasztás csökkentésének módja a tiszta hűtővíz különválasztása és újbóli felhasználása, valamint a vákuumrendszerekben használt tömítő és gyártási vizek visszaforgatása.
2. Optimális vízgazdálkodás (vízkör elrendezés), ülepítéses vízderítés, flotációs, vagy szűréses technikák, és a technológiai víz újrahasznosítása különböző célokra.
3. A frissvíz-fogyasztás csökkentése a vízkörök szigorú elválasztásával, és a technológiai víz ellenáramú vezetésével.
4. Derített víz előállítása a festékmentesítő üzemeknél (flotálás). A víz szennyezettségének mérséklése erőteljesen összefügg a frissvíz-fogyasztás csökkentése érdekében végzett gyártásivíz-visszanyeréssel és –visszaforgatással. A gyártási-vízrendszer fokozódó zárása egyre kisebb és koncentráltabb szennyvízkibocsátást eredményez, amelyet általában hatékonyabban lehet kezelni. A gyártási víz mennyiségének csökkenése növeli a haladó technikák alkalmazhatóságát is. Így a gyárba bevitt frissvíz mennyiségének csökkenése a felszíni vizekbe történő kibocsátás csökkenését eredményezi. A frissvíz-bevitelt elsősorban a termékkel szembeni követelmények, a papírtípusok, és a papírgyár vízrendszerének kialakítása (a gyár állapota) határozza meg.
5. Kiegyenlítő medence és elsődleges kezelő beépítése. Ezeket az intézkedéseket szinte az összes papírgyárban alkalmazzák, és elég jó gyakorlatnak tekinthetők. Ezek az előfeltételei egy jól és stabilan teljesítő biológiai szennyvízkezelő üzemnek. A szekunder rostot feldolgozó papírgyárakban egyedül álló technikaként ezek nem tekinthetők BAT-nak.
6. Aerób biológiai vízkezelés. A festéktelenített minőségekre, valamint a feltételektől függően a nem-festéktelenített minőségekre is, ez az előnyben részesített megoldás. Sok különböző kezelési lehetőség áll rendelkezésre, amelyekkel eredményesen

csökkenthető a befogadókba kerülő szerves terhelés. A kezelési lehetőség kiválasztását főként a kiindulási koncentráció, a szennyvíz jellemzői és az elérni kívánt eltávolítási hatékonyság határozzák meg.

7. Kombinált anaerób és aerób biológiai kezelés. A nem festékmentesített típusoknál ez , bizonyos esetekben a flotáció is, és a kémiai kicsapatás az előnyben részesített választási lehetőség. Ezeknek a papírgyáraknak rendszerint jóval erősebben szennyezett szennyvizet kell kezelniük, a vízkörök magasabb fokú zártsága és/vagy az anyag-előkészítésnél kioldódó nagyobb mennyiségű szervesanyag miatt.
8. A kezelt víz részleges újrahasznosítása a biológiai kezelést követően. A víz újrahasznosításának lehetséges foka függ a gyártott papír sajátos minőségétől. A nem-festéktelenített papírfajtákra ezt az intézkedést tekintik az elérhető legjobb technikának, azaz BAT-nak. Ide olyan technikák tartoznak, amelyeket akkor kell megfontolni, amikor ki kell cserélni egy berendezést, vagy olyan területeken, ahol szigorúbb környezeti követelményeknek kell megfelelni. Általában csak a teljes vízmennyiségnek csak egyes részáramait kezelik, ahol speciális vegyületek vannak, amelyeket csökkenteni kell. Bár a gyártási víz in-line biológiai kezelésével ellátott zárt vízrendszernek több ipari méretű alkalmazása is van Európában, a nem-festéktelenített papírfajtákra ezt még nem tekintik BAT-nak. Nehéz megbízható számokat közölni a biológiai kezelés előtti szennyvízterhelésekről, mivel elég ritka, hogy ezekről a kibocsátásokról átláthatóan beszámolnak. Például gyakran nem világos, milyen folyamatba integrált technikákat alkalmaznak a csak elsődleges kezeléssel elért megadott kibocsátási szintekhez. A kezelés előtti vízbe való kibocsátások nagy mértékben függnek a használt nyersanyagok minőségétől (újrahasznosított papír, vegyi adalékok), és a folyamat kialakításától (anyagsűrűség, hőmérséklet, lúgos kezelés, és a vízkör kialakítása).

Paraméter	Egység	Festéktelenítés nélkül[4]	Festéktelenítéssel[1]	Hulladék alapú tissue
BOI_5	kg/t papír	<0,005-0,15[5]	<0,005-0,2[5]	<0,005-0,5[5]
KOI	kg/t papír	0,5-1,5	2,0-4,0	2,0-4,0
Össz szárazanyag	kg/t papír	0,05-0,15	0,1-0,3	0,1-0,4
AOX	kg/t papír	<0,005	<0,005	<0,005
Összes P	kg/t papír	0,002-0,005[2]	0,005-0,01[2]	0,005-0,015[2]
Összes N	kg/t papír	0,02-0,05[2]	0,05-0,1[2]	0,05-0,25[2]
Szennyvíz mennyiség	m^3/t papír	<7	8-15	8-25[3]

Magyarázat:

1. Más rostok keveréke (mint facsiszolat, TMP, CTMP) az összetételben 0 – 30% részarányban alkalmazható
2. A N és P kibocsájtás a biológiai tisztítóban az optimális tápanyag adagolásra vonatkozik. Az érték az adagolás finom szabályozásával állítható.
3. A tissue termelésnél több tényező növelheti a fajlagos vízfelhasználást: kisebb felülettömeg (12 g/m^2 alatt), a termék nagyobb tisztasága, a minőség vagy a szín jelentős változása, kisebb gépsebesség, olyan folyamat, ami nagyobb présmosást igényel. Igy a BAT 8-25 m^3 vízigényt fogad el.
4. Mázolt karton gyártása több vizet igényel, mint a testliner, hullám alap vagy a mázolatlan karton termelés (7-15 m^3/t). Igy a BAT szerint a kibocsájtás felső határa a mázolt kartonra vonatkozik.
5. A BAT szerinti alsó kibocsájtási határérték a biológiailag lebontható szervesanyagok szinte teljes eltávolítását jelenti. Érthetően ez nem egy pontos érték.

5.32. táblázat: A BAT használatához kapcsolódó évi átlagos kibocsátási és fogyasz-tási szintek újrahasznosított rostanyagot (az újrahasznosított rost aránya >50 %) festékmentesítéssel (pl. újságpapír, másolópapír, néhány esetben dobozkarton) illetve festékmentesítés nélkül (pl. fehér felsőrétegű líner / tesztlíner / wellenstoff / fluting) feldolgozó papírgyárakban

A kibocsátási adatok újrahasznosított rostanyagot feldolgozó integrált papírgyárakra vonatkoznak. Azonban Európában egyre több olyan gyár van, amelyek különböző fajtájú rostbehordást használnak. A behordás egy része állhat újrahasznosított rost okból, egy részét adhatja a helyszíni mechanikai rostanyag-gyártás, agy másik része állhat vásárolt cellulózból. Az ilyen típusú gyárakra vonatkozó BAT kibocsátási szintek a 4.4 és 6.4 szakaszokban találhatók. A vízbe való kibocsátásokat csak három különböző csoportra mutatjuk be: festékmentesítés nélküli papírfajták, festékmentesített papírfajták és újrahasznosított rostanyagra alapozott tissue gyárak. Ami a vízbe való kibocsátást illeti, a különböző papírtípusok közötti különbségek nem túl jelentősek. Például az író-nyomó papírt gyártó újrahasznosított rostanyagot feldolgozó gyárak hasonló kibocsátási szinteket tudnak elérni, mint az újrahasznosított rostra alapozott újságpapír-gyárak.

Számos tissue papírgyár is visszanyert rostokat használ fő nyersanyagként. Ezek visszanyert rostok és primer rostok különböző keverékeit használhatják. Ha főként festékmentesített rostanyagot (DIP) használnak, akkor gyakran jobb minőségű papírhulladékokat használnak nyersanyagként. Amint a fenti táblázatból látható, a vízbe való kibocsátásaik más festékmentesített fajtákéval összemérhetők. Azonban a tissue termelésnél számos tényező létezik, amelyek valamelyest nagyobb fajlagos vízfogyasztáshoz vezethetnek.

A fenti táblázatot az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell olvasni:

BOI: A jól megtervezett kezelő telepeken a BOI szinte teljesen eltávolítható (95% fölötti eltávolítás) az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárak szennyvizéből, amikor a szén-foszfor-nitrogén arányt és az oxigén-ellátást megfelelő értéken tartják, és jól szabályozzák. A BOI_5 szintje általában jóval 25 mg/l alatt van, és lemehet akár 5 mg/l értékre is, azaz szinte teljes az eltávolítás.

KOI: A festékmentesítéssel való feldolgozás nagyobb KOI kibocsátásokat eredményez, mint a festékmentesítés nélküli feldolgozás. Olyan tényezők, mint a használt nyersanyagok, a gyártott papírfajták, az alkalmazott folyamatba integrált vagy külső intézkedések és az egy tonna termékre eső vízmennyiség hatással vannak a végső szennyezőanyag-terhelésre. Amikor BAT-ot alkalmaznak, 100-200 mg/l közötti KOI érhető el (festékmentesítés nélkül), illetve 200-300 mg/l közötti KOI (festékmentesítéssel).

TSS (lebegőanyag): Normális üzemelési körülmények között a másodlagos derítőből származó víz elég tiszta. A lebegőanyag tartalma 10 és 30 mg/l között van. Ez tonnánként 0,1-0,3 kg TSS kibocsátásnak felel meg. Az értékek függnek a másodlagos derítő felületi terhelésétől, és a biomassza jellemzőitől.

AOX: Manapság a klórozott szerves vegyületek kibocsátása nagyon kicsi, mivel az eredeti papírokban, melyeket újrahasznosítanak, a klórtartalom az évek során lecsökkent. A primer rostokat használó papírgyárakban általában vagy ECF vagy TCF fehérített cellulózt használnak, ami tükröződik az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakból kibocsátott vizek kisebb AOX-tartalmában is.

N és P: A biológiai kezelő telepen általában adagolnak ásványi tápanyagokat, hogy fenntartsák a C:P:N egyensúlyt, amely kritikus fontosságú az eleven biomassza növekedéséhez. Ahhoz hogy megtalálják és megtartsák az egyensúlyt a biológiailag lebontható szén-, nitrogén- és foszforvegyületek között, szükséges az adagolt ásványi tápanyagok bizonyos finombeállítása.

5.2 *Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére*

Az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakban a levegőbe történő kibocsátások főként a hő termelésére és az elektromos energia előállítására felállított erőművekhez kapcsolódnak. Ezért a hő- és elektromos energia-megtakarítás megfelel a levegőbe való kibocsátások csökkentésének. Az erőművek általában szabványos kazánok, és ezeket úgy kell kezelni, mint bármely más erőművet. Ezért az általánosan elismert BAT technikákat csak röviden említjük meg ebben a részben. A levegőbe való kibocsátások csökkentéséhez az alábbi intézkedések álnak rendelkezésre:

1. A hő és az elektromos energia együttes (kombinált) előállítása
2. A meglévő gőzkazánok feljavítása kis NO_x kibocsátású technológiák bevezetésével, kis kéntartalmú fűtőanyag használatával, vagy az SO_2 kibocsátások szabályozásával
3. Megújítható források, mint fa vagy fahulladék használata a fosszilis CO_2 kibocsátások csökkentése érdekében (csak azokban az újrahasznosított rostot feldolgozó papírgyárakban alkalmazható, amelyek primer rostanyagot előállító gyártósort is üzemeltetnek).

5.3 *Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére*

A hulladéklerakóba kerülő szilárd hulladék mennyiségének csökkentésére a következő intézkedéseket tekintik BAT-nak:

1. A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása, és amennyire csak lehetséges, az újrahasznosítható anyagok visszanyerése, újrafelhasználása és újrahasznosítása.
2. A hulladékfrakciók elkülönített gyűjtése keletkezési forrásuknál, és ha szükséges, a maradékok/hulladékok átmeneti tárolása, hogy lehetővé tegye nagyobb részarány újrafelhasználását, vagy visszaforgatását a hulladéklerakóban való elhelyezés helyett.
3. A rostvisszanyerés optimalizálása az anyag-előkészítő üzemek tökéletesítésével.
4. A tisztítási lépcsők mennyiségének optimalizálása az anyag-előkészítőben.
5. Oldott levegős flotálás (DAF) a rostok visszanyerésére és a gyártási víz derítésére. Az anyag-előkészítő üzem koncepciójának megtervezésénél (ahogyan azt említettük a 3-5 tételekben) meg kell találni az egyensúlyt az anyag tisztasága, a rostveszteségek, a termékminőség, az energiakövetelmények és a költségek között.
6. A szennyvíz anaerób előkezelése. Az egyedül álló aerób szennyvízkezeléshez képest a kombinált aerób/anaerób kezelés jelentősen kevesebb fölös iszapot eredményez.
7. A reject (osztályozási és tisztítási maradék) és az iszap hatékony helyszíni kezelése (víztelenítése) a szárazanyag-tartalom növelése és az égetési tulajdonságok javítása céljából.
8. A hulladéklerakásra kerülő hulladék mennyiségének csökkentése. A visszanyerési lehetőségek beazonosítása, és – ha az megvalósítható – a hulladék anyag hasznosítása anyagvisszanyerésre, vagy a reject és az iszap elégetése energia-visszanyeréssel.

A gyártáshoz használt papírhulladékok minőségétől és az elérendő terméktulajdonságoktól függően változik a szilárd hulladék mennyisége. Mind az alacsonyabb minőségű papírhulladékok feldolgozása, mind a jobb minőségű papírok gyártása hasonló nyersanyagokból a reject mennyiségének növekedését eredményezi. Általánosságban, a nem

festéktelenített papírfajták gyártása kevesebb szilárd hulladékot termel, mint a festéktelenített fajtáké.

5.4 *Energia-megtakarítási intézkedések*

Általánosságban ebben az ágazatban BAT-nak az energia-hatékony technológiák használatát tekintik. A gyártási folyamaton belül sok részfolyamatnál számos lehetőség áll rendelkezésre az energia-megtakarításra. Általában ezek az intézkedések a gyártási berendezések cseréjére, átépítésére vagy feljavítására irányuló beruházásokhoz kapcsolódnak.

Az energiafogyasztás csökkentésére számos intézkedés áll rendelkezésre:

1. Monitoring rendszer kiépítése az energiafogyasztás és teljesítmény nyomonkövetésére. Az energiateljesítményre vonatkozó megbízható információk alapján meg lehet tenni a megfelelő intézkedéseket.
2. A berendezések tökéletesítése. Amikor lecserélik a berendezéseket, kevesebb energiát fogyasztó berendezéseket kell felállítani automatizált folyamatszabályozás lehetőségével a hagyományos kézi rendszerek helyett.
3. Anaerób szennyvízkezelés alkalmazása. Az energiafogyasztás tizede az aerób kezelésének és a keletkező metánt fűtőanyagként lehet használni. Az anaerób kezelés nem alkalmazható mindig. A szennyvíznek meg kell felelnie bizonyos minimális követelményeknek, amelyekről az 5.3.5 szakaszban van szó.

Sok európai országban nehezen alig áll rendelkezésre publikus információ a papírgyárak energiamérlegeiről. Különböző sémákat használnak – ha egyáltalán használnak –az energiafogyasztási jelentésekhez. Az energiaigény függ a termékminőségtől is (különösen a tissue gyárakban) és részben a helyi körülményektől.

Gyár típusa	Gyártási hőigény (nettó) GJ/t[1]	Elektromos energia igény (nettó) MWh/t[1]
Hulladék alapú testliner és hullám alap gyártás festéktelenítés nélkül	6,0-6,5	0,7-0,8
Hulladék alapú kartongyártás festéktelenítés nélkül	8,0-9,0	0,9-1,0
Hulladék alapú újságnyomó gyártás festéktelenítéssel	4,0-6,5	1,0-1,5
Hulladék alapú tissue gyártás festéktelenítéssel	7,0-12,0	1,2-1,4
Magyarázat: Az egységek MWh-ról GJ-ra átszámíthatók: 1 MWh=3,6 GJ, 1 GJ=0,277 MWh 1. Az összes adateredete: J. Pöyry, 1988. 2. A tissue gyárakban az energia felhasználás főleg a szárítórendszertől függ. A levegő átfújásos szárítás és az újbóli kreppelés jelentős energiatöbbletet igényel. A tissue gyárak gőzfűtés helyett primer fűtőanyagot alkalmaznak(leggyakrabban a szárítókat közvetlenül gázzal fűtik.)		

5.34 táblázat: A BAT használatához kapcsolódó gőz és elektromos energiafogyasztás különböző típusú újrahasznosított papírok gyártásánál egy tonna termékre számítva

5.5 *Zajcsillapítás*

BAT a papírgyárak környezetében hallható zajszintek csökkentésére. Az alkalmazott intézkedések nagymértékben függnek az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött célértékektől. Általában ezek sokkal szigorúbbak, amikor agyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

5.6 *Vegyszerhasználat*

Általánosságban a vegyszerhasználatnál az alábbiakat tekintjük BAT-nak:

1. Rendelkezésre kell állnia egy adatbázisnak mindegyik használt vegyszerről és adalékról, amely tartalmazza az információt a vegyületek kémiai összetételéről, lebonthatóságáról, az emberekre és a környezetre való toxikusságáról, és a biológiai felhalmozódási potenciáljáról.
2. A helyettesítés elvének alkalmazása, azaz kevésbé veszélyes vegyületek használata, amikor ilyenek rendelkezésre állnak.
3. Intézkedések, hogy elkerüljék a talajra és vízbe való véletlen kibocsátásokat a vegyszerek kezelésekor és tárolásakor. A létesítményeket úgy kell kialakítani és üzemeltetni, hogy veszélyes vegyületek ne szabadulhassanak ki.

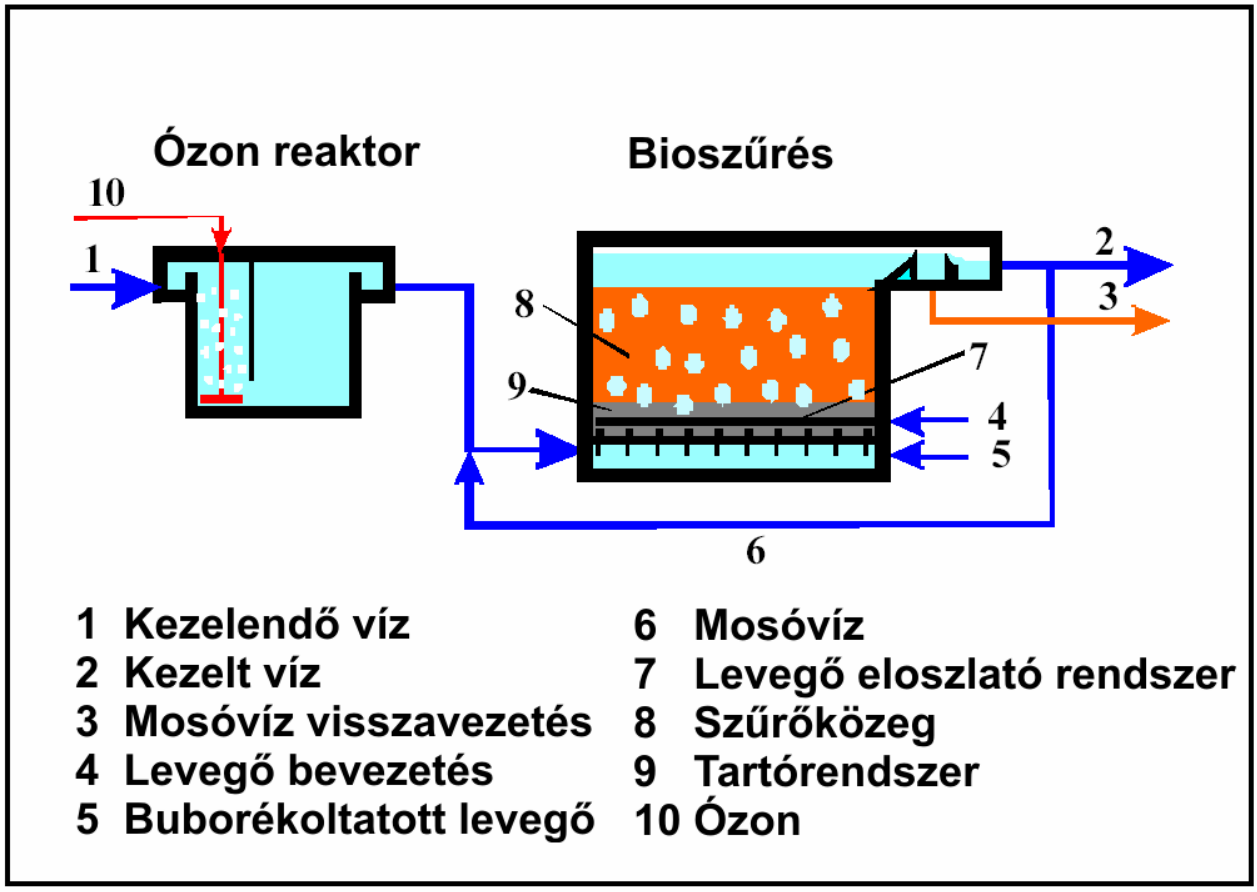
5.7 *Újabban kifejlesztett technikák*

Ebben a részben számos olyan technikát említünk meg, amelyeket (még) nem alkalmaznak ipari méretekben. Más technikák már előrehaladottabb fejlesztési szakaszban vannak, de még mindig nem tekinthetők BAT-nak.

5.7.1 Progresszív szennyvíz-kezelés fixágyas biofilm reaktor és ózonos kezelés együttes alkalmazásával

Leírás: A papírgyárakból származó szennyvíz másodlagos kezelését Európa számos papírgyárában alkalmazzák, jelentősen csökkentve így a vízbe való kibocsátásokat. Azonban az iparban jelenleg folyó fejlesztések megpróbálják tovább csökkenteni a szerves anyagok és a hulladékhő kiengedését folyamatba integrált és külső intézkedések kombinálásával.

A hatékony haladó szennyvízkezelés – hacsak nem lehetséges a részáramok sikeres előkezelése – általában a biológiai kezelési lépcsőt követi. Az utóbbi öt évben kifejlesztettek egy kezelési eljárást a kezelt szennyvíz minőségének javítására, egyrészt a szigorúbb környezeti szabályozás miatt, másrészt, hogy újból fel lehessen használni a gyártási folyamatban a kezelt szennyvizet. Ez a harmadlagos szennyvízkezelés ózonos kezelés és rögzített ágyas biofilm reaktorok kombinációjából áll, és jelentős KOI-, szín- és AOX-eltávolítást eredményez minimális ózonadagolás mellett. Ennek az eljárásnak a tipikus vázlatát az 5.18 ábra mutatja be.



5.18. ábra: Szennyvízkezelési eljárás ózonos kezelés és rögzített ágyas biofilm reaktorok kombinációjával

A kezelt szennyvízben kevés zavaróanyag van, ezért érdekes lehetőségnek tűnik a harmadlagosan kezelt szennyvíz újbóli felhasználása a gyártási folyamatban. Ez azt jelenti, hogy az ózonnal kezelt víz vagy kiengedhető, vagy újra felhasználható a gyártáshoz.
A harmadlagosan kezelt szennyvizek kémiai elemzése azt mutatja, hogy a (KOI-ban mért) szervesanyagok eltávolításán kívül más vegyületek mennyisége is radikálisan csökken, például a szín, az AOX, a nehezen lebontható fehérítők és kelátképző szerek, a baktériumok és a spórák.

Ez az eljárás azonban főként arra összpontosít, hogy a nehezen eltávolítható szerves vegyületeket (maradék KOI, AOX és szín) átalakítsa biológiailag lebontható frakciókká (a szerves szénvegyületek csak részlegesen, azaz korlátozott és szabályozott módon oxidálódnak). Ez a BOI/KOI arány jelentős növekedését eredményezi. Papírgyárakban a biológiai kezelés után végzett félüzemi kísérletek eredményei azt mutatják, hogy akár 90 %-os további KOI-eltávolítási hatékonyság érhető el (a másodlagos derítő utáni KOI-koncentrációhoz képest) 0,7-1,0 kg O_3/kg eltávolított KOI fajlagos ózonfogyasztással a bioszűrők után.

Gazdaságossági megfontolások: A költségbecslések kimutatták, hogy a jelenlegi haladó kezelési technikákhoz képest, mint pl. a flokkulálás/kicsapatás, az ózonos kezelés bizonyos körülmények között gazdaságilag életképes alternatívát nyújt.
A bioszűrést követő egylépcsős ózonos kezelés fajlagos kezelési költségei általában 0,5 euró alatt vannak a kezelt szennyvíz 1 m^3-ére számítva. Ez tartalmazza a teljes beruházási és

üzemelési költséget (ózonelőállítás, szivattyúk, stb.) és a folyékony állapotban szállított oxigént. Az ózonos kezeléssel többé-kevésbé teljes színeltávolítás is elérhető ésszerű költségek mellett.

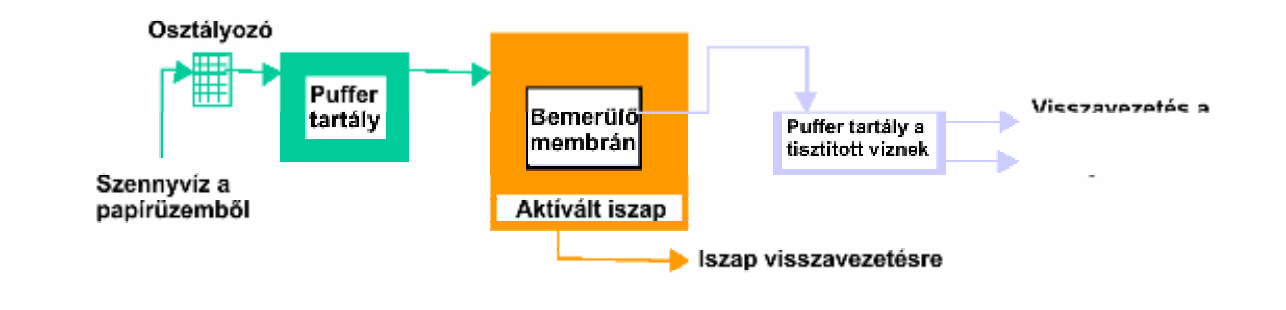
Irodalom/hivatkozások: [Öller, 1997 a+b], [Möbius, 1997 a], [Möbius, 1999], [Helble, 1999], [Kaindl, 1999]

5.7.2 Membrános bioreaktor végtisztításhoz vagy (részleges) in-line kezelésre

Leírás: A membrános bioreaktorok (MBR) kombinált kiválasztási-oxidálási eljárások. Ezeknek két fő funkciójuk van:

1. Javított biológiai oxidálás (a szervesanyag elbontása)
2. A szilárdanyagok és a folyadék szétválasztása membrán eljárással

A membránreaktoroknak ez az új generációja bemerített burkolatnélküli membránokat használ a külső modulok helyett, amint ez az alábbi ábrán látható



5.19. ábra: Membrános bioreaktor, amely bemerített membránokat használ egy eleveniszapos reaktorban

A membránokat közvetlenül az eleveniszapos berendezés biomasszájába merítik, és nagyon kicsi transzmembrán nyomáson üzemeltetik (általában 0,2 bar). Ennek az eljárásnak az energiafogyasztása csak 0,2 kWh/m^3 a szűrésre (beleértve a szivattyúzást, és a turbulencia fokozására végzett membránlevegőztetést), míg a külső körökben alkalmazott MBR reaktoroknál 4-8 kWh/m^3 (a számok az ún. BIOSEP reaktor körülményeire vonatkoznak).

5.7.3 A regeneráló kazánból származó hamu és a szén-dioxid felhasználása visszanyert töltőanyag előállítására papíripari felhasználásra

Leírás: Egy új vegyi eljárás hasznosítja mind a hamut, ami a festékmentesítési maradékok égetéséből származik, mind a az égés közben keletkező széndioxidot, egy kicsapatott kálcium-karbonát (PCC) típusú újrahasznosított ásványi töltőanyagot előállítva.

Az újrahasznosított ásványi töltőanyagot előállításának folyamata az alábbi egyenlettel írható le:

Anyag:	Kazánhamu +	$Ca(OH)_2 + CO_2$	$\Rightarrow$	Hamu/$CaCO_3$	$+ H_2O$
Mennyiség:	5-50 g	37-70 g	22-43 g	100 g	9-18 g

(friss mész) (Újrahasznosított ásványi töltőanyag)

A papírgyári maradékok vagy a festékmentesítési iszap égetéséből származó hamu főként olyan vegyületeket tartalmaz, amelyek kalciumban, szilíciumban és alumíniumban gazdagok. Ezek a hulladékban található ásványi anyagokból, főként a kalcium-karbonátból ($CaCO_3$) és a kaolinból ($H_2Al_2Si_2O_8$-H_2O) származnak.

5.7.4 „Vese" elvű kezelés – technika a körvíz további tisztításhoz

Lásd a 6.5.1 szakaszt is

Leírás: Kis szennyvíz-terhelés érhető el a megfelelően kialakított gyártási vízrendszer és a belső szennyvíztisztítás kombinációjával. A gyártási vizet a papíriparban számos célra használják, amelyeknél különbözőek a vízminőségi követelmények. A különböző gyártási berendezések hidraulikus elválasztásával viszonylag kis belső vízkörök jönnek létre, amelyeket hatékonyabban lehet kezelni.

A vízkör-zárást jelenleg korlátozzák a gyártási vízben lévő különböző szennyeződések (zavaróanyagok), amelyek káros hatással vannak a technológiára, vagy a termékre. A gyártási berendezések egymástól való elválasztása (pl. besűrítők használatával) lehetővé teszi, hogy a zavaró anyagokat azon a gyártási berendezésen belül távolítsák el, ahol keletkeztek, annak érdekében, hogy megelőzzék a szennyeződések továbbjutását az egész papírgyártási folyamatba. A szétválasztott vízkörökben lévő szennyeződések (részlegesen) eltávolíthatók a kérdéses vízkörön belül a kívánatos szintig, annak érdekében, hogy kielégítsék az adott gyártási berendezésre előírt vízminőségi követelményeket. Ez a megközelítés komplex koncepciókat eredményez, amelyek sok tudást igényelnek a rendszer szabályozásához.

5.7.5 Folyamatosan működő szakaszos rostvisszanyerő rendszer a papírhulladék komplett rendszerben való feldolgozásához

Leírás: Ez a technológia, a folyamatos szakaszos rostvisszanyerési rendszer (CBFRS, az úgynevezett „Alagútmosó") képes javítani a kisebb gyárak és papírgépek versenyképességét, mivel ezzel gazdaságosan dolgozhatók fel a papírhulladékok kis mennyiségben, akár csupán napi 3 tonna is. Az elsődleges cél az, hogy mini papír-újrahasznosító gyárakat tudjanak felállítani közel a papírhulladék-forrásokhoz. Ezt a berendezést nem a nagy papírhulladék-feldolgozó gyárak alapjául szánják. A CBFRS egy berendezésben egyesít egy pulpert, egy mosót és egy durva osztályozót. Az ipari tisztítóágazatban kifejlesztett elképzeléseken alapul.

A rendszer úgy épül fel, hogy a berendezéseken belül cellák vannak, amelyek kiterjeszthetők és bővíthetők, a kívánt végterméktől függően. Az ideális az, amikor két négycellás berendezést kapcsolnak össze, ez napi 7-8 tonnás szekunderrost kapacitást biztosít. A papírhulladékot az első cellába adják be. A cellák egy forgó dob belsejében vannak elválasztva egymástól, meghatározott sorrendben. Miközben az első töltet továbbhalad a következő cellába, az első cellába bekerül az új adag. Ez folytatódik mindaddig, amíg a jó rostokat ki nem ürítik, pép formájában, az utolsó négy cella alján lévő leeresztő lemezen át.

6 Papírgyártás és a hozzá kapcsolódó folyamatok

A különféle papírfajták gyártásánál vagy elsődleges rostokat (vegyi vagy mechanikai rostanyagokat) vagy szekunderrostokat használnak fő nyersanyagként.

Európában nagy számban vannak olyan gyárak is, ahol a papírt rostos anyagok keverékéből gyártják. Ma, jobban mint korábban valaha is, a papírhoz használt nyersanyag összetételét befolyásolja az egyes összetevők költsége. A papír készítéséhez használt nyersanyagok összetétele (pld. rostos anyag, ásványi töltőanyagok, máz) nagy hatással van a teljes termelési költségre, a termékminőségre és a folyamat környezeti hatására.

Bár a papírtermékek nagyon változatosak és a gyártási folyamatok kialakítása is sokféle a papírgyárakban, szinte az összes papír- és kartonkészítési folyamat tartalmazza a következő alapelemeket:

- Anyagelőkészítés
- Közelítő rendszer
- Papír- és kartongyártó gép, amely az alábbi egységekből áll:
    - Felfutószekrény vezeti a szitára a rostszuszpenziót és egyenletesen eloszlatja a rostokat a szitapálya teljes szélességében.
    - A szitaszakasz kb. 12-20% szárazanyag tartalomig vízteleníti a papírpályát.
    - A présszakasz további vízeltávolítást végez, kb. 50% nedvességtartalmúra préselve a papírpályát.
    - A szárítószakasz eltávolítja a többi nedvességet, szárítóhengerekkel melegítve a papírpályát.
    - A feltekercselő hengerré tekercseli fel a papírpályát.

A papír- és kartontípustól függően lehetnek további gyártási berendezések is, ilyenek a kalanderek, mázolók, mázkonyha, tekercsvágók, áttekercselők, és tekercs-csomagoló egységek.

6.1 *Az alkalmazott folyamatok és technikák*

6.1.1 Anyagelőkészítés

Az anyagelőkészítéssel a nyersanyagot feldolgozzák kész alapanyaggá (behordás) a papírgép számára.
A papírgép számára végzett anyag-előkészítésbe tartozik a különböző rostanyagok összekeverése, a hígítás és a vegyszerek adagolása. A nyersanyag bálák, ömlesztett anyag, vagy – integrált gyárak esetében – szuszpenzió formájában áll rendelkezésre. Az anyag-előkészítés több egymáshoz igazított részműveletből áll, ilyenek a rost dezin-tegrálása (foszlatás), a tisztítás, rostmódosítás, valamint a tárolás és keverés.

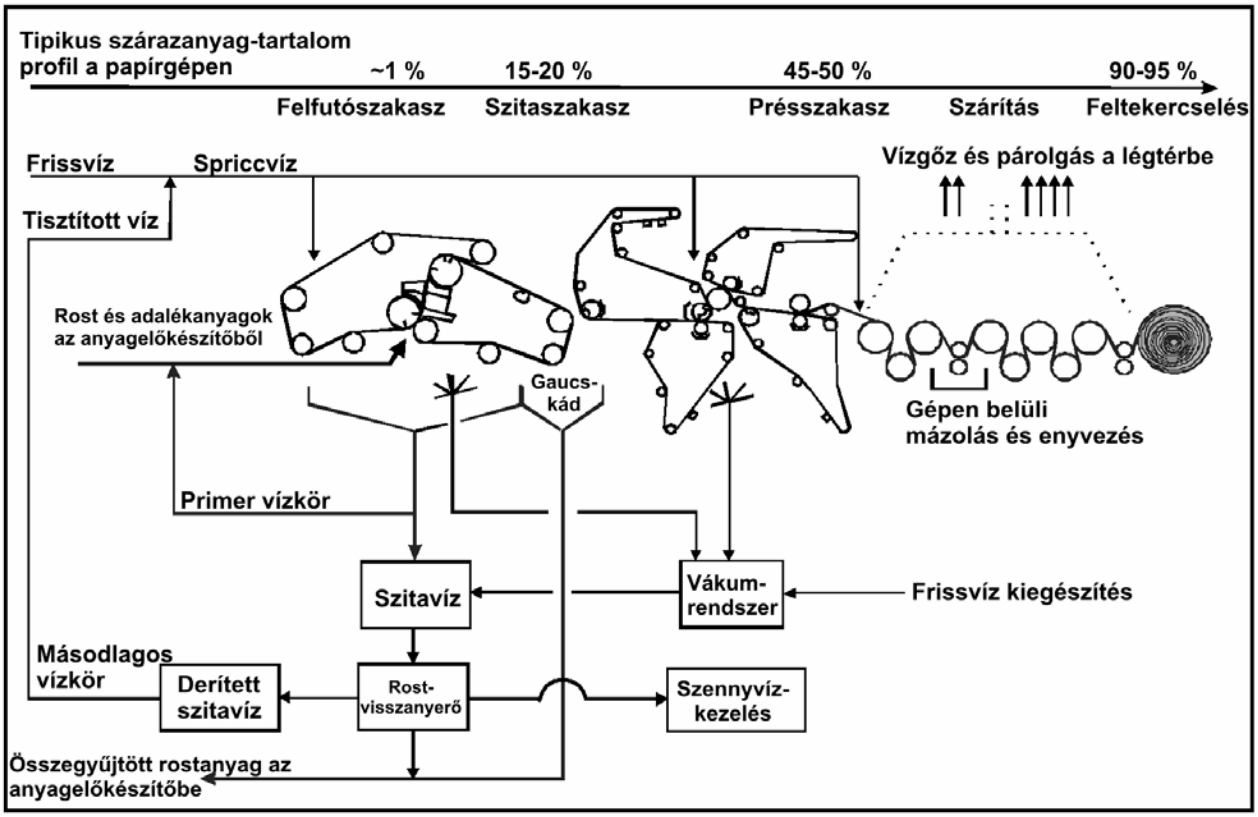
A rostelőkészítés a következőkön alapszik: a szennyeződések eltávolítása, a rostok szilárdsági tulajdonságainak kialakítása (őrlés) és vegyszerek adagolása a folyamat segítése és a papírlap végső tulajdonságainak befolyásolása céljából (gyanták, nedvesszilárdító adalékok, színezékek, töltőanyagok). A nem-integrált (különálló) papír-gyárakba a rostok szárazon érkeznek. A rostanyagokat pulperban (anyagfeloldó berendezésben) pépesítik, hogy szivattyúzható szuszpenziót kapjanak. Ezután a fel nem oldódott szennyeződéseket osztályozással (sziták) és tisztítással (centrifugális tisztítók) távolítják el a rostszuszpenzióból. Az osztályozás célja az, hogy a rostok közül eltávolítsák a zavaró anyagokat.

A kész papír egyedi rostjainak kötőképesség javítása céljából őrlés végezhető (opcionális).
Az őrlés célja az, hogy a rostok állapotát a végtermék kívánt tulajdonságainak megfelelően alakítsák. Az őrlést őrlőkben végzik, amelyek pld. forgó tárcsával vannak felszerelve, amelyet egy állótárcsához (sztator) nyomnak. A papírgyártási folyamat részeként végzett őrléshez felhasznált elektromos energia mennyisége általában 100 és 300 kWh/t között van a papírok többségénél, azonban különleges papíroknál elérhet akár 3000 kWh/t értéket is.

Egy papírgép teljes anyag-előkészítése általában több sorból áll, amelyek mindegyikén különböző nyersanyagot dolgoznak fel. A papírgépről származó szakadási selejt feldolgozása és e folyamat részét képezi (lásd 6.1.4. alfejezet). Végül a rostanyagot (pépet) a tárolókádakba vagy keverőkádakba szivattyúzzák.

6.1.2 A papírgyártás

A papírgépen megy végbe a papír képzése és a papír legtöbb tulajdonságának meghatározása.

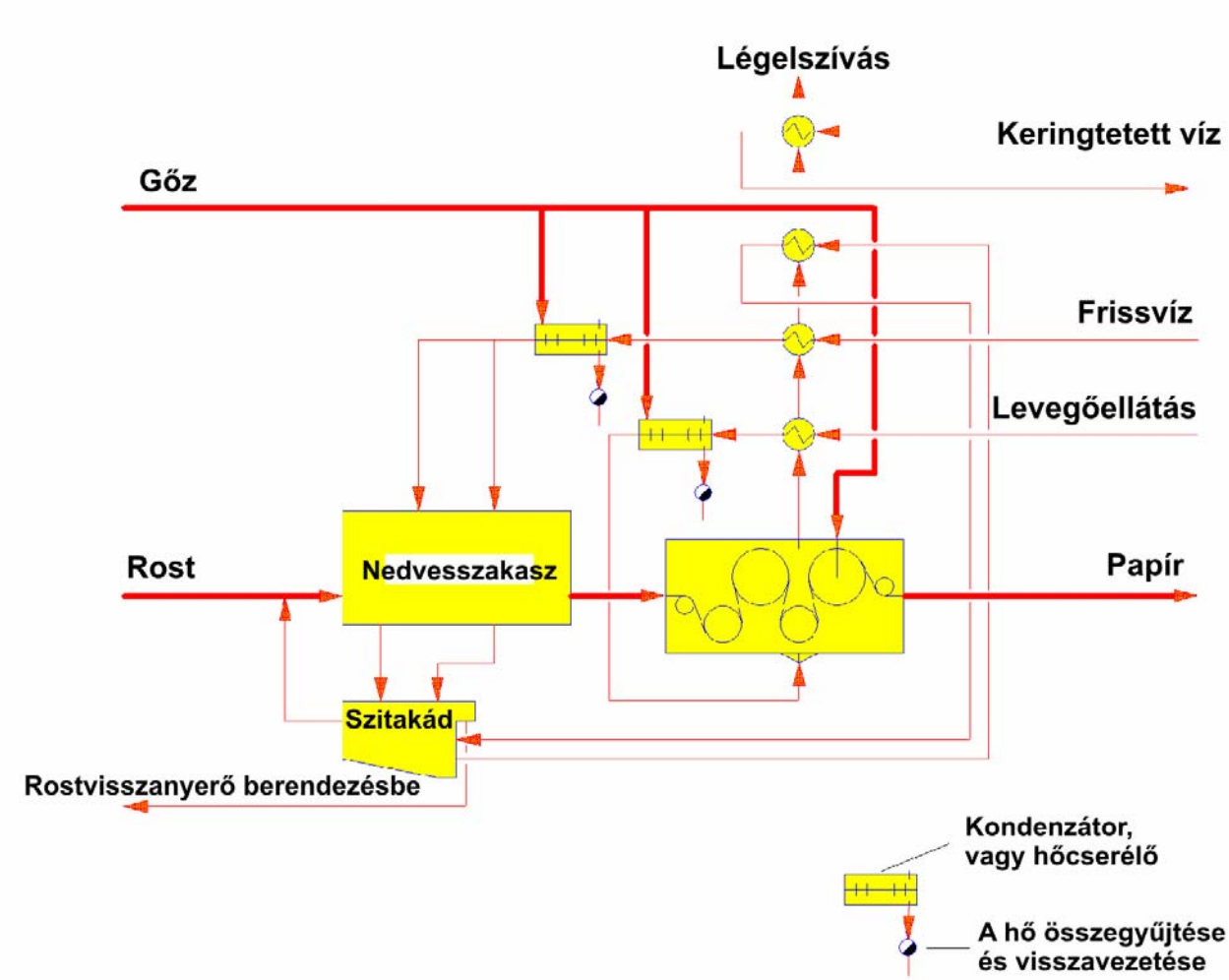


6.1. ábra: Az ikerszitás papírgép fő jellegzetességei

A papírgép tulajdonképpen egy nagy víztelenítő berendezés, ami felfutó szekrényből, szitaszakaszból, présszakaszból és szárító szakaszból áll. A legelterjedtebb gépkialakítás a legutóbbi időkig és jelenleg is a Fourdrinier (síkszitás) eljárás, ennél a papírt egy végtelenített szitán vagy szövedéken képezik, amelyre a felfutószekrény vezeti rá a rostok szuszpenzióját. Az utóbbi időben ikerszitás lapképzőket használnak a papírpálya képzéséhez, ezek váltak korszerű kialakítássá. Az ikerszitás lapképzésű papírgépeken a rostszuszpenziót két azonos sebességgel működtetett szita közé vezetik be, és a víztele-nedés egyik vagy mindkét oldalról megy végbe.

A papírt úgy készítik, hogy a híg rostszuszpenziót, amely tartalmazhat töltőanyagokat, színezékeket és egyéb vegyszereket is, rávezetik egy finom szitára, amelyen keresztül a víz elfolyik és a rostok és finomanyagok szövedéke, valamint a töltőanyagok pedig fennmaradnak és leülepednek a szitán.
A rostszuszpenziót, melynek koncentrációja a papírgép nedves szakaszának legelején 0,2 és 1,5% között van, a felfutószekrény juttatja a szitaszakaszra. A felfutószekrény feladata az, hogy egységes rost eloszlást alakítson ki a szitapálya teljes szélességében, az egységes papír képződése érdekében. Mire a papírpálya a szitán 10-20% körüli szárazanyag tartalmúra víztelenedik, meg tudja tartani saját súlyát, és átvezethető a szitáról a soron következő préselési és szárítási lépcsőkre.
A gépsebességek széles határok között változnak. A leggyorsabb járatú gépeken, amelyek általában az újságpapírt gyártó gépek, a 10 m szélességű papírpálya 1500 m/perc sebességgel halad. A tissue gépek, bár a szélességük kisebb, ma 2000 m/perc értéket meghaladó sebességgel mennek.

A papírpálya átmegy a présszakaszba, ahol hengerek között futó nemezek támasztják alá, és vákuumos szakaszokon is áthalad, amelyek további vízeltávolítást végeznek (általában 60-55%, egyes esetekben egészen 50% nedvességtartalomig) és ezután kerül a szárítószakaszba. A szárítást általában gőzzel fűtött hengerekkel végzik, amelyek egy burával vannak lefedve.
A szárítószakaszon a papírpályát a végleges szárazanyag-tartalomig szárítják, ami általában 90-95%. Gyakorlatilag a szárításhoz használt összes hő a bura alól kiszívott levegőbe kerül. A burából távozó levegő hőmérséklete általában 80-85 ^{o}C, nedvességtartalma 140-160 g H_2O/kg szárazlevegő.
A nedvesség egy része (kb. 1 – 1,5 m^3/t papír) az atmoszférába kerül. Gazdasági okokból az összes papírgyárban hővisszanyerő rendszert működtetnek. A 6.2. ábrán egy papírgép szárító és hővisszanyerő szakaszának sematikus rajza látható.



6.2. ábra: Papírgépi hővisszanyerő rendszer

A 6.1. táblázat egy tipikus nagy és modern papírgép hőáramaira ad példát.

6.2 *Hővisszanyerési helyek*	**Hőáramok a szárítószakaszból, MW illl. MJ/t**	**Hőmennyiség megoszlása, %**
6.2.1 Szükséges levegő	1,8 MW vagy 233MJ/t	6
Szitavíz kád	3,6 MW vagy 466MJ/t	11
Frissvíz	5,5 MW vagy 712MJ/t	19
Körvíz	8,0 MW vagy 1036J/t	27
Elszívás a légkörbe	10,8 MW vagy 1399MJ/t	37
Összes (elszívás a búrából)	29,7 MW vagy 3847MJ/t	100

6.1. táblázat: Példa a hővisszanyerésre és hőveszteségekre egy napi 667 tonna kapacitású papírgépen /adatok a Valmettől/

Az értékek skandináviai téli körülményekre vonatkoznak. Melegebb klímájú országokban nincs szükség a gépterem fűtéséhez használt cirkulációs víz fűtésére.

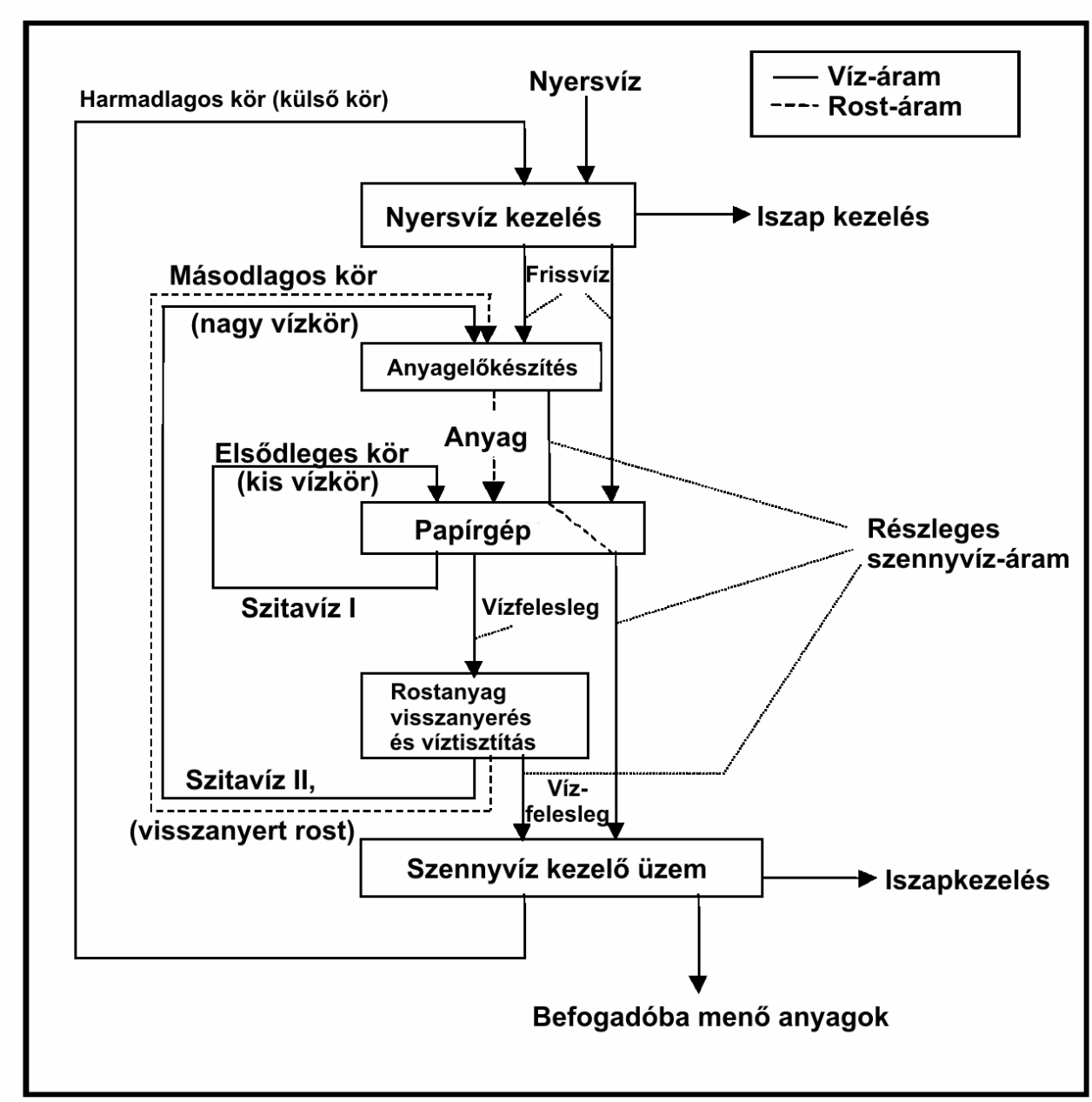
A papírgép egyik változata a nagy fűtött „Yankee” henger használata a kistömegű gépi simítású vagy hagyományos tissue papírt gyártó gépeken. Ezen a papírpálya szárítása a Yankee henger körbefordulása közben megy végbe.

A legtöbb alkalmazásnál a papírpálya széleit folyamatosan levágják vízsugárral, a levágott szél a gaucskádba kerül, amint elhagyja a szitát. Amikor papírpálya szakadás történik - ez naponta többször is előfordulhat – jelentős a papírveszteség. Hasonló veszteségek jelentkeznek a rutinszerű beindulásoknál is. Az összes ilyen papírt, amit szakadási selejtnek neveznek, újrafoszlatják és visszavezetik az anyagelőkészítő területre az anyagkádakba.

A szilárd anyagok (rostok, finomanyagok és töltőanyagok) és oldott anyagok (hozzáadott vegyszerek, a rostanyagból származó szervesanyagok, stb.) visszatartása a papír-pályában, vagyis retenciója fontos fogalom. Azok az anyagok, amelyek nem maradnak vissza, áthaladnak a szitán, és a körvízben maradnak. A retenció mértéke befolyásolja egy adott vegyület valószínű útirányát – a termékbe vagy az elfolyó vízbe.

6.2.2 Vízkörök és rostvisszanyerés

Egy papírgyárban három vízkör van: az elsődleges vagy primer vízkör, a másodlagos vagy szekunder vízkör, és a harmadlagos vagy tercier vízkör. A 6.3. ábra bemutatja a papírgyár vízköreinek vázlatos ábráját.



6.3. ábra: A víz és anyagáramok egyszerűsített sémája egy papírgyárban.

Az elsődleges vízkörben (rövid vagy kis vízkör) a rostokban, finomanyagban és töltőanyagban gazdag vizet, ami a szitaszakasz lapképző zónájából származik (szita I. víz) visszavezetik az anyag hígítására a közelítő rendszerbe. Az elsődleges vízkörben a lehető legnagyobb fokú zártságra törekszenek.

A lapképző szakasz fölös vízét, a szívással és préseléssel eltávolított vizet és a tisztítóvizet, amelyeket együtt szita II. víznek neveznek, a másodlagos vízkörben (nagy vízkör) cirkuláltatják.

A szitáról lefolyó rostos vizet általában kezelik egy ún. rostvisszanyerőben, amely lehet szedimentációs vagy flotációs telep, vagy egy szűrőberendezés, például dob- vagy tárcsás szűrő. Az itt nyert vizet azután derített víznek nevezik.

Flotációs rendszereket is használnak rostvisszanyerőként. Optimális körülmények esetén a flotációs rendszerek szilárdanyag-eltávolítási hatékonysága majdnem 100%-os, aminek eredményeként a lebegőanyag-tartalom 10-50 mg/l (primer rostanyag esetén). A flotált iszap anyagsűrűsége 3 és 10% közötti.

A szedimentációs berendezések alkalmasak a nagy töltőanyag-tartalmú gyártási vizek derítésére, de nagy térfogatokra van szükség, ezért nagy a helyigényük.

A rostvisszanyerőkben kapott rostanyagot visszavezetik az anyagkádba, a különböző minőségű vizeket pedig minőségüktől függően különböző felhasználási helyekre, ahol frissvizet helyettesítenek.
A harmadlagos vízkör a másodlagos vízkör fölös vizét tartalmazza, valamint az összes többi olyan gyártási vizet, amelyek nem, vagy közvetlenül nem használhatók fel újra a szennyezettségi fokuk miatt. Ezeket kémiai-mechanikai és/vagy biológiai szennyvízkezelő telepeken kezelik.

Ebből a leírásból látható, hogy igen nagy mennyiségű vízre van szükség a papírgép nedves szakaszán, és általában nagyfokú a vízvisszaforgatás a különböző vízkörökben.
A gyártott papír tonnájára számítva kb. 1-1,5 m^3/t víz általában elpárolog a gép szárítószakaszán, és veszteségként távozik a folyamatból. A normál atmoszférikus körülményekkel egyensúlyban lévő „száraz” papír általában 6-10 % vizet tartalmaz.

6.2.3 . A gyártási selejt rendszer

A „selejt” kifejezés vonatkozik mindazon képzett papírra, amelyet a papírkészítési folyamat kezdetétől a késztermékig előállítottak, de soha nem szállítottak ki a vevőnek. A selejt sokféle formában és eltérő minőségekben létezik, és mindig is keletkezett és keletkezni fog a papírgyártási folyamat során.

A papírgyártás folyamán keletkező selejt mennyisége általában a papírgépi kapacitás 5-20%-ának felel meg. Néha akár a normál termelés 50%-át is elérheti. A konkrét esetektől függően a gépi selejt különböző helyeken képződik. Selejt keletkezik pályaszakadáskor. Nedves selejt van még normál üzemelés közben is, a szitaszakaszon levágott szélek formájában, a kiszerelési műveleteknél pedig száraz selejt keletkezik.
A papírgép nedves és száraz szakaszairól származó selejt pépek (szuszpenziók) nem azonosak a papírgyártási jellemzőik szempontjából.

6.2.4 Enyvezés (opcionális)

Általában az enyvezés a nedves szakaszon (anyagában) végzett enyvezést jelenti, ahol keményítőt vagy szintetikus enyvező-anyagokat adnak közvetlenül az anyaghoz, hogy csökkentsék a papír természetes szívóképességét. A felületi enyvezésnél a keményítőt, vagy egyéb enyvezőanyagokat azért viszik fel a rost-mátrixra, hogy növeljék az alap papírpálya szilárdságát és módosítsák a folyadékfelvétellel kapcsolatos felületi tulajdonságokat az írás, nyomtatás vagy mázolás során. Anyagában enyvezést alkalmaznak például a finompapíroknál (másolópapír) és néhány különleges papírfajtánál.

Az enyvezőanyag alkalmazásának potenciális környezeti hatása a vízbe történő kioldódás. Ha a papír anyagához enyvezőanyagokat adnak, jelentősen nagyobb KOI koncentráció mérhető a vízkörökben. Az enyvezett selejt újrafoszlatása is megnöveli valamelyest a KOI-t a vízkörökben. Például a keményítővel bevont selejt újrafoszlatása a BOI egyik fő forrása az írópapír és finompapír szektorban.

6.2.5 Vegyianyagok adagolása

A fő nyersanyagokon, vagyis a rostos anyagon és töltőanyagokon kívül a papírkészítés különböző vegyi adalékok és segédanyagok együttesének használatát is igényli.
Ezek egy része bizonyos papírtulajdonságok elérésére szolgál (pld. enyvezőanyagok, nedves szilárdító szerek, színezékek, mázanyagok); más részük a gyártási folyamat műveleteit javítja (pld. retenciós szerek, habzásgátló szerek, tisztítószerek és nyálkaölő anyagok). A vegyi adalékokat vagy használatra készen szállítják a gyárba, vagy a helyszínen készítik – általában a kis mennyiségben használt speciális vegyszereket használatra készen szállítják, míg a nagyobb volumenű vegyszereknél lehet így is, úgy is. Ez érvényes mind a bevonatként használt, mind a papíranyaghoz adott vegyszerekre.
A vegyi adalékokat lehet a nedves szakaszon hozzáadni a higított anyaghoz, illetve a szitára lehet spriccelni, ahol az beépül a papír szerkezetébe, vagy pedig az enyvező-présen vagy a gép mázolóegységén lehet felvinni a papír felületére. Az első esetben az összes vegyszer, amelynek nem sikerül fennmaradnia a papírpályában, a vízkörben marad, és valószínűleg átkerül az elfolyó vízbe.
A vízkörben maradó vegyszerek akadályozhatják a vízkör zárásának folyamatát, és negatív hatással lehetnek a szennyvízkezelő telepre is. Ez azonban függ az alkalmazott vegyszerek típusától és mennyiségétől.

6.2.6 Kalanderezés /símítás/ (opcionális)

A kalanderezés célja az, hogy sima papírfelületet állítsunk elő, amely megfelel a szándékozott felhasználáshoz kapcsolódó nyomtatási és írási követelményeknek.
A kalanderezésnél a papírpályát átvezetik egymáshoz nyomott préselő hengerek között, és ezen folyamat közben a felületi érdességet befolyásolja a nyomás és nagyon gyakran a hőmérséklet hatása.
A gépi kalander (gépsimító) kettő vagy több csiszolt öntöttvas hengerből áll, amelyek nagyon sima felülettel rendelkeznek.
A papír áthalad ezeknek a hengereknek az érintkezési vonalain (kemény hengerközök). Manapság a kalanderekben egy fűtött öntöttvas hengert kombinálnak egy lágy műanyag borítású hengerrel (lágy hengerköz). Két vagy több ilyen hengert helyeznek el egymás mögött. A hengereket belülről fűtik forró vízzel, gőzzel, vagy fűtő olajjal.

6.2.7 Áttekercselés (tekercsvágás), kiszerelés

A végső papírtermék formáját (tekercs vagy ív méretek), a papír fajlagos tömegét, színét és kiszerelését a vevői előírásoknak megfelelően alakítják. A legtöbb papírgép nagy papírtekercseket gyárt, ahol a papírszalag szélességét a gép nedves szakaszán végzett szélvágás határozza meg. Általános az, hogy a termékek készre-vágását a papírgépen kívül, éles rotációs késekkel és guillotine vágókkal végzik, pontos szélességűre vágják a tekercseket és ívekre darabolják a kiszállításhoz való becsomagolás előtt. Van olyan is, hogy egy kondicionálási lépcsőt iktatnak be, azért, hogy a papír nedvességtartalmát az előírt értékre állítsák be, úgy hogy az mindenütt egységes legyen, stabilak legyenek a papír méretei és megfeleljen a szándékozott felhasználási célra, például nyomtatásra vagy csomagolásra.

6.2.8 Példák nem-integrált papírgyárakra Európában

A papír és kartongyártási folyamatok végbemehetnek ugyanazon a helyen, ahol a rostanyagot állítják elő (integrált papírgyárak), vagy pedig egy különálló helyen (nem-integrált papírgyárak).
1993-ban Nyugat-Európában 830 nem-integrált papírgyár működött, évi 30 millió tonna össz kapacitással. Ez kb. 35.000 t/év átlagos kapacitásnak felel meg. Nagy a nem-integrált papírgyárak részaránya Olaszországban (211 gyár), Németországban (161 gyár), Spanyolországban (114 gyár), Franciaországban (107 gyár) és az Egyesült Királyságban (81 gyár). [J. Pöyry, 1994]

A különböző papír és kartonfajtákat különböző nyersanyagokból állítják elő az egyes papír és kartonfajtákhoz kialakított gépekkel. Azonban mindezidáig nem alakult ki közös értelmezés Európában arról, hogy milyen papírfajtákat kell megkülönböztetni környezeti szempontból ahhoz, hogy leírják az elérhető kibocsátásokat azokban a papírgyárakban, amelyek bevezették a BAT-ot.

6.2.8.1 Mázolatlan famentes író-nyomópapírok

Az író-nyomó papírok közé olyan termékek tartoznak, mint a fatartalmú magazinnyomó papírok és a famentes natúr nyomópapírok.
A famentes natúr nyomópapírok szinte kizárólag fehérített lombos és fenyő vegyi rostanyagból állnak. 10-20 % töltőanyag használható. Ezeket a mázolatlan papírokat általában enyvezik, és tovább javítják a minőségüket felületi enyvezéssel és kalanderezéssel. A famentes papírok nem sárgulnak érzékelhető mértékben, és nagy szilárdsággal rendelkeznek.

Az anyag tisztítása és osztályozása folyamán csak kis mennyiségű szennyezőanyagot (reject) távolítanak el, mivel a nyersanyagok túlnyomóan tiszták. Őrlés közben a rostok rövidülnek és fibrillálódnak. A rostfibrillálás közben a szerves anyagok egy kis része feloldódik.

6.2.8.2 Tissuepapír

A tissue általában olyan termék, ahol a papírgépen gyártott egyedi rétegeket a papírgép után egy különálló berendezésen többrétegű termékké egyesítik. Ez a papírlap kis négyzetmétertömege miatt van így (akár 12 g/m^2 is lehet a szitán). A tissue-nál a fő terméktulajdonságok a lágyság és a szilárdság. A késztermékké való feldolgozást gyakran integrálják a tissue papír gyártásához, vagyis a tissue gyárak gyakran maguk adják el a termékeiket a végfelhasználóknak (beleértve a csomagolást is).

A tissue papírt túlnyomórészt fehérített vegyi rostanyagokból vagy festékmentesített újrahasznosított rostokból állítják elő (lásd az 5. Fejezetet). Az újrahasznosított papír alkalmazása esetén a töltőanyagokat és a finomanyagokat (a tissue gyártásra alkalmatlan nagyon apró rostokat) el kell távolítani.

A tissue gyártásánál különböző szárítási technológiákat alkalmaznak a különböző termékekhez, például a hagyományos Yankee szárítóhengert, vagy a jelentősen nagyobb energiafogyasztású levegő-átfúvásos szárítási folyamatot (TAD), ahol óriási mennyiségű levegőt kell fűteni. A TAD eljárással szárított termékek lazábbak és lágyabbak, ami jelentősen kisebb rostfogyasztást eredményez egy adott terméknél a szokásosan szárított kreppelt tissuehoz képest.

6.2.8.3 Különleges papírok

A műszaki és különleges felhasználási célokra gyártott papír és kartonfajták széles skálán helyezkednek el.
A különleges papírok gyakran olyan rostos anyagokat vagy speciális rostelőkészítést igényelnek, aminek a használata máskülönben túl drága lenne. Például a dokumentum papírok, bankjegyek és biztonsági papírok nem csak szintetikus rostokat, hanem rongyokból készített gyapot és juta rostanyagokat is tartalmaznak.

Ebbe a csoportba erősen őrölt papírok tartoznak, amelyek tiszta vegyi rostanyagból állnak. A speciális tulajdonságokat, mint például az áttetszőség és zsírállóság, intenzív őrléssel érik el. Többek között a következő papírtípusokat gyártják: könyvelési pergamen, elektromos szigetelő papír, kondenzátor tissue papír, mázolatlan pauszpapír, pergamin, pergamenpótló, cigarettapapír, stb.

A tisztítási és osztályozási lépcsőkben csak kismennyiségű veszteség származik az alkalmatlan anyagokból, mivel a nyersanyagok nagyrészt tiszták.

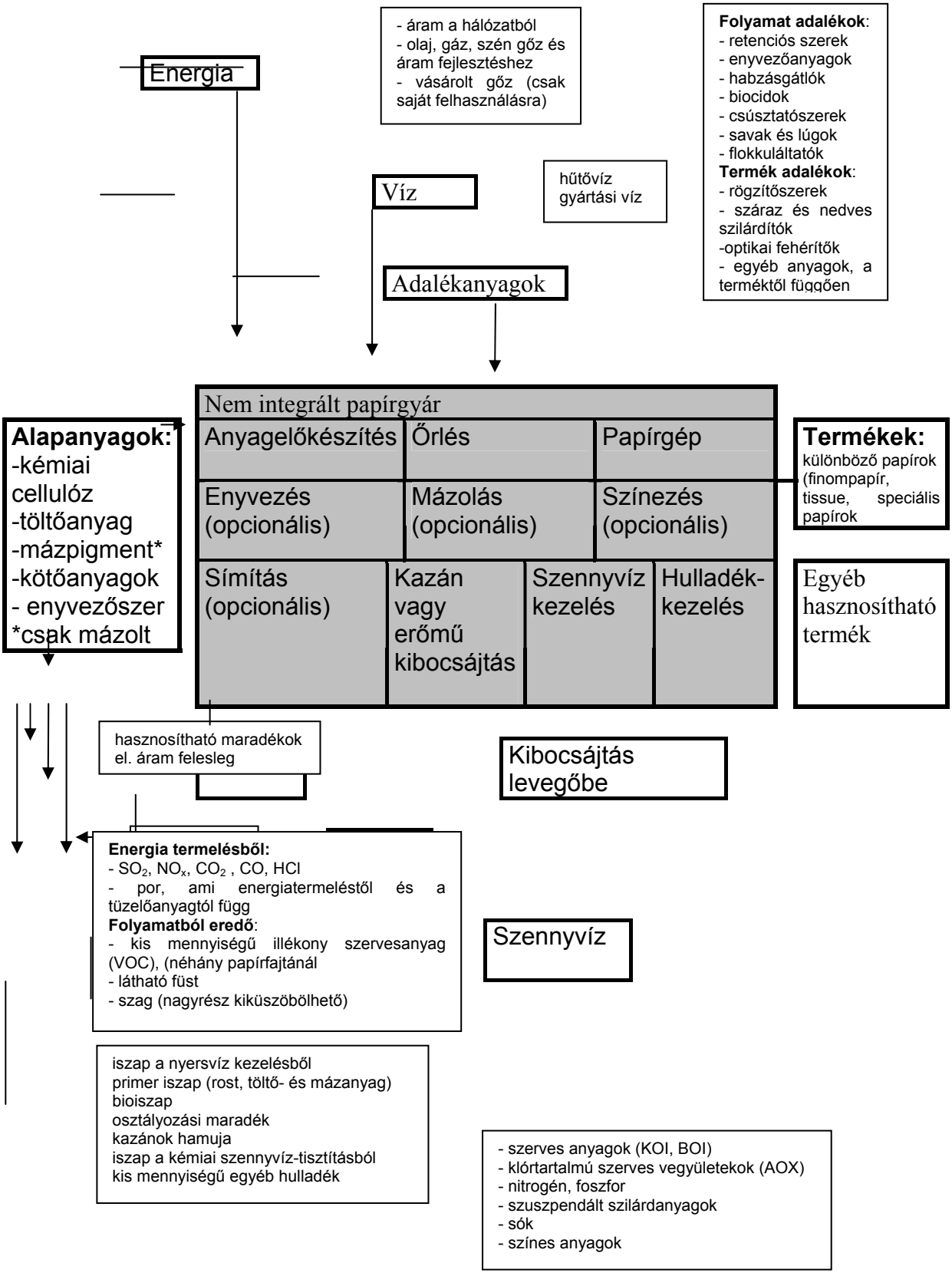
A műszaki, orvosi, gyógyszerészeti és egyéb alkalmazásokhoz való különleges papírokat kis tételekben gyártják, napjában és gépenként egynél többszöri típusváltással.

Az alkalmazott rostanyagok típusa és minősége eléggé változatos. Többek között az alábbi papírfajtákat gyártják: teszt-csík papír, fotó alappapír, laboratóriumi szűrőpapír, speciális papír klinikai használatra, olajszűrő papír, porszűrő papír, impregnálási alappapír, vulkánfíber alappapír, elektromos kasírozó papír, tömítő papír, kalander-henger papír (pld. prégelő hengerekhez), karbon-mentes (null-karbon) papír, címkepapír, öntve-mázolt papír, stb.

6.3 *A papírgyárak jelenlegi fogyasztási és kibocsátási értékei*

6.3.1 A bemenet / kimenet áttekintése

A 6.6. ábra mutatja be a papírgyártás nyersanyag és energia inputjait, valamint a termékeket, a további hasznosításra szánt gyártási maradékokat és fő szennyezőanyag kibocsátásokat és hulladékokat.



6.6. ábra: A papírgyár anyagáramainak áttekintése

Az egyes vegyületek jelenléte főként a gyártott papírfajtáktól és az elérni kívánt tulajdonságoktól, valamint az energiaellátás típusától függ.

6.3.2 Felhasználási és kibocsátási értékek

A papírgyártáshoz kapcsolódó alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- A nyersanyagok fogyasztása
- Vízhasználat
- Adalékok használata
- Energia igény
- Szennyvíz kibocsátások
- Szilárd hulladék keletkezése
- Levegőbe történő kibocsátás a papírgépről
- Levegőbe történő kibocsátás az energiatermelésből
- Szag az elpárolgó anyagokból és a szennyvízkezelő telepről (helyi)
- Zaj a papírgéptől (helyi)

6.3.2.1 A meghatározó nyersanyagok felhasználásai

A papírt rostokból, vízből és vegyi adalékokból készítik. A papírgyártás nyersanyag fogyasztása erősen függ a gyártott papírfajtától és az elérni kívánt végtermék tulajdonságoktól és minőségektől.

A 6.4. táblázat bemutat egy összeállítást a használt nyersanyagokról. Megad néhány termékjellemzőt is.

Papírfajta	Főbb nyersanyagok	Néhány termékjellemző és termék példa
Újságnyomó	Új töltőanyag adagolás nélküli, kevés segédanyag hozzáadással, néha pigment adagolással. Elenyésző mennyiségű színezék. Mechanikai vagy RFC rostból.	Irányadó tartomány: 40 – 50 g/m² a) 100 – 70 % + 0 – 30 % TMP b) jellemzően TMP + 0 – 50% festéktelenített rost alapú
Kraft csomagoló	Töltőanyag nélküli Fehérítetlen kraftcell. + szekunder-rost, vagy tisztán szekunderrost alapú	Nagy szilárdságú termék, 70 – 100 g/m²
Kraftliner vagy testliner	Töltőanyag nélküli Fehérítetlen kraftcell. + szekunder-rost, vagy tisztán szekunderrost alapú	Nagyobb felülettömegű: 110 – 160 g/m², a testliner 90 – 100 % szekun-derrost alapú
Karton	Többrétegű, az egyes rétegek gyakran különböző összetételűek, minden rostféleség, szekunder is.	Nagy felülettömeg: 175 g/m² fölött (2000 g/m²-ig)
Író- nyomópapír	Mindenféle, főleg fehérített rostanyag, töltőanyag, enyvezőanyag, színezék, fehérítő adagolással készül, lehet mázolt. Széles felülettömeg-tartomány	Pontos felhasználási specifikáció 30-tól 50-60 g/m²-ig (LWC), efölött 90-120 g/m²-ig

Tissue	Töltőanyag adagolás nélküli, nedves-szilárdító adalékkal. Tiszta cellulóz és szekunderrost különböző adányú keverékeiből.	Vékony termék[1] Kéztörlők: 15 g/m² (3 réteg) Zsebkendők: 20 g/mř (2 réteg)
Speciális papírok	Egyedi rostelőkészítés, a rostanyag változik a termék fajtája szerint	Széles tartományt ölel fel a csoport
Megjegyzés: 1. A tissue gépen gyártott lap néha meghaladja a 40 g/m²-t. A nagyobb felülettömeg a feldolgozás során, a dublírozáskoz alakul ki.		

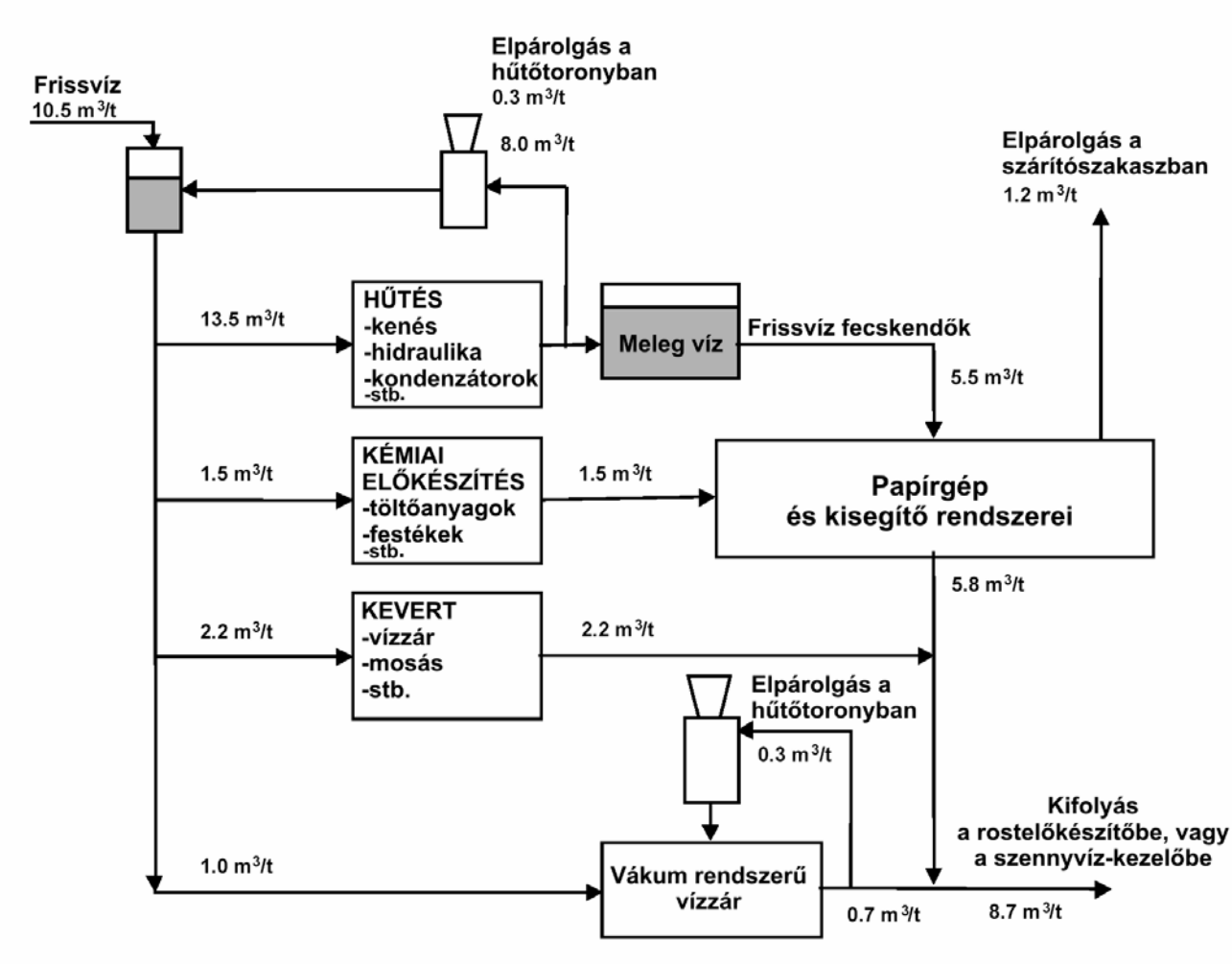
6.4. táblázat: A különböző papírtípusok gyártásánál használt főbb nyersanyagok

6.3.2.2 Vízfelhasználás

A papírgyárakban a frissvizet főként az alábbi célokra használják:

- A papírgép tisztítóvizeként, amit fecskendő víznek neveznek. A fecskendők célja az, hogy nedvesítsék és tisztítsák a lapképző szitákat és nedvesítsék a présnemezeket, hogy biztosítsák a kielégítő víztelenítési teljesítményt: 5-20 m^3/t.
- Tömítővízként, és tömítőszekrények, szívószekrények, vákuumrendszerek és tisztítóberendezések záróvizeként: 1,5-3 m^3/t.
- Oldó és diszpergálószerként a töltőanyagokhoz és adalékokhoz: 1,5-3 m^3/t.
- Egyes papírfajtáknál foszlatáshoz az anyagelőkészítésnél.
- A gyártási berendezések hűtéséhez: 3-10 m^3/t.
- Ezeket a vizeket gyakran visszaforgatják és gyártási vízként használják. Más gyárak elkülönítve bocsátják ki ezeket. Ezért ezeket a vizeket általában nem veszik számításba, amikor a papírgyárak vízfogyasztásáról van szó.
- Erőmű: 2-3 m^3/t. Általában ezt a vizet nem számítják be a papírgyár vízfogyasztásába.

A 6.7. ábrán bemutatott egyszerűsített folyamatábra jelzi azokat a főbb helyeket, ahol frissvizet használnak. Ez feltételezi, hogy a hűtővizet újrahasználják a folyamatban. Ennek megfelelően azokban a papírgyárakban, ahol elengedik a hűtővizet, több frissvízre van szükség. Amikor összehasonlítják a különböző papírgyárak vízfogyasztási számait, ügyelni kell arra, hogy az összehasonlított számok mindenütt ugyanazokat a vízfogyasztási helyeket tartalmazzák.



6.7. ábra: Friss vizet igénylő helyek a papírgyárban

Egy 10,5 m^3/t frissvizet használó papírgyár példája. A hűtővizet hűtőtornyok használatával visszaforgatják. A vákuumszivattyúkból visszacirkuláltatott víz nincs feltüntetve (ennek mennyisége 6-8 m^3/t között lehet).
Az ábra csak a folyamatos üzemelés közbeni nettó vízmennyiséget (input/output) mutatja. Az olyan kiegyensúlyozatlan vízmennyiségeket, amelyek például újraindításkor jellemzőek, amikor általában nagyobb mennyiségű vizet használnak, nem vettük figyelembe.
Az úgynevezett „Vegyes vagy egyéb” eléggé behatárolhatatlan, de nem elhanyagolható.

A frissvizet a papírgyártási folyamatban általában a papírgép lapképző szakaszának és présszakaszának fecskendőin keresztül vezetik be, és ezt követően a gyártási folyamat irányával szemben betáplálják a gyár különféle mosási és hígítási folyamataiba.

A papírgyártásnál felhasznált frissvíz mennyisége változó, függ a gyártott papírfajtától, az alkalmazott nyersanyagok természetétől, és az egyes papírfajtákon belül a végső minőségi színvonaltól.

A 6.5. táblázat megadja a tipikus vízfogyasztási tartományokat néhány papírtípusra.

Papírfajta	Vízfelhasználás m^3/t	Megjegyzések
Tissue	10[1]- 50	Hulladékrost alapú tissue,

		rostelőkészítéssel együtt
Író- nyomópapír, mázolatlan	5[1]- 40[2]	a cellulózgyártás vizét is tartalmazhatja
Író- nyomópapír, mázolt	5[1]- 50	a cellulózgyártás vizét is tartalmazhatja
Karton, lemez	0[1]- 20	a cellulózgyártás vizét is tartalmazza
Speciális papírok	10 - 300[3]	

Megjegyzések:
1. a tartomány alsó értéke az EIPPCB szerint, az érvényben lévő előírásnak megfelelően változik
2. a tartomány felső értéke az EIPPCB-nek megfelelően változik, mivel a 90 m³/t érték túl magas
3. a tartomány felső értéke az EIPPCB-nek megfelelően változik, mivel a 4000 m³/t érték túl magas

6.5. táblázat: Vízkibocsátás az európai papírgyárakban
[J.Pöyry, 1994 b] A nem integrált papírgyárakra nem állnak rendelkezésre adatok.

A frissvíz-fogyasztás számításánál a hűtővízként használt frissvizet nem veszik figyelembe, abból a feltételezésből kiindulva, hogy ez nem kerül érintkezésbe a rostanyagokkal és az adalékokkal.

6.3.2.3 Segédanyagok felhasználása

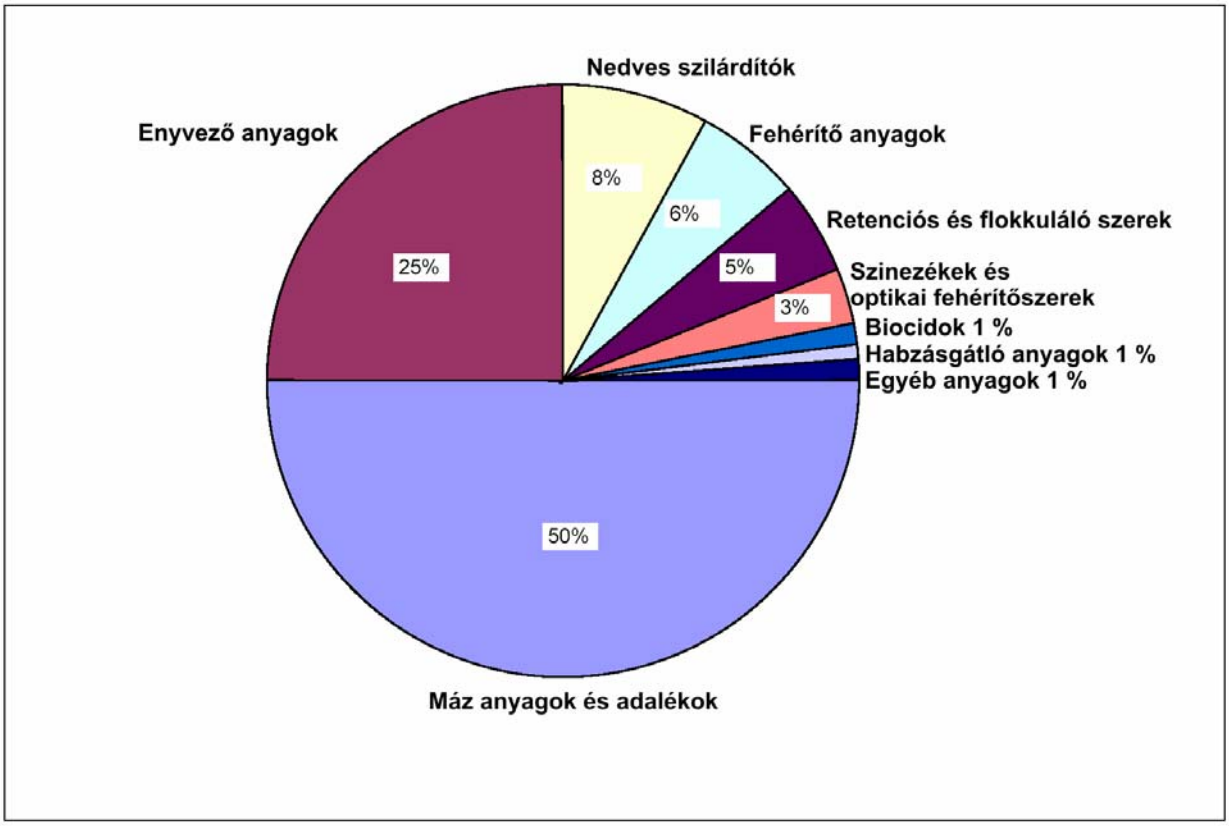
A gyártott papírtípustól függően számos vegyi adalékot használhatnak fel a papírkészítésnél. Azonban a tömegpapírok, mint például a csomagolópapírok, néhány író-nyomó papír, újságpapír és a higiéniai papírok gyártásához felhasznált vegyszerek az adalékok mintegy 10-20 csoportjára korlátozódnak. Másfelől viszont, egyes finompapírok és kiváltképpen a különleges papírok gyártásához jóval nagyobb számú vegyszerre lehet szükség, az elérni kívánt papírtulajdonságok változatossága miatt. Mindent összevetve, kb. 1300 terméket használnak, amelyek mintegy 800 vegyület fajtába tartoznak [svéd Környezetvédelmi Felügyelet, 1997].

A termelési hatékonyságra és a termékminőségre kifejtett pozitív hatások mellett – amelyek céljából ezeket az adalékokat használják – egyes vegyületek potenciálisan veszélyes környezeti hatásokkal is rendelkezhetnek.
A primer rostos anyagok teszik ki az európai papíripar teljes nyersanyag felhasználásának 45,8%-át. Az újrahasznosított (szekunder) rostok 38,8%-ot tesznek ki. Ehhez jön 14,9% nem rostos anyag [CEPI statisztika, 1997], amelyből kb. 11% jut a töltőanyagokra és pigmentekre, ezeket főként kaolin, és kalciumkarbonát formájában használják. A fennmaradó 3%-ba tartoznak a vegyi adalékok. Ennek egy jó része keményítő, ami megújítható nyersanyagokból származik.

A papír-gyártók hagyományos vegyszere, a timsó, vagyis alumíniumszulfát, szintén jelentős részt képvisel a vegyi adalékok között.

Átlagosan a papírgyártáshoz felhasznált nyersanyagoknak kb. 1%-át adják a szintetikus vegyi adalékok [EUCEPA, 1997]. A papírgyártáshoz világszerte felhasznált vegyi adalékok mennyisége összesen 8,1 millió tonnát tesz ki. 2,8 millió tonna szintetikus vegyszert használnak (szárazanyagra számítva). Ez a vegyszer mennyiség indokolttá tesz egy tüzetesebb vizsgálatot, hogy jobban értsük, milyen potenciális vegyi hatásokkal járhatnak ezek az anyagok. Az általános cél az, hogy megtaláljuk a helyes egyensúlyt a víz- és vegyszer-fogyasztás, a papírminőség és a környezetvédelem között.

A vegyszerek e sokasága néhány behatárolható szintetikus vegyi adalék csoportba sorolható. Nem állnak rendelkezésre statisztikai adatok arról, hogy milyen mennyiségben használják fel az egyes speciális adalékokat az európai papíriparban. De feltételezhetően a relatív mennyiségek hasonlóak a globális becsült adatokhoz. A 6.8. ábra alapján megállapítható, hogy a szintetikus vegyi adalékok kb. 50%-át a máz kötőanyagok, 25%-át az enyvezőszerek és 8%-át a nedves szilárdító szerek adják.



6.8. ábra: A különböző szintetikus vegyi adalékok részaránya a világfogyasztáson belül. [EUCEPA, 1997]

Feltételezhetően az adalékok relatív mennyiségei hasonlóak az Európában felhasználtakhoz. Az enyvezőszerekbe értendők a száraz szilárdító adalékok is (pld. kationos keményítő), amelyeket a papírgép nedves szakaszán használnak enyvezéshez.

A 6.8. ábrán látható, hogy az anyagok 5 csoportja képviseli az összes felhasznált szintetikus adalék 95%-át.

Az adalékok várható vízbe kibocsátott mennyisége összefügg a vegyszereknek a papírtermékben való retenciójával (retenció a gyártási folyamatban) és a szennyvízkezelő telepen való retencióval. A retenciós tényező megmutatja, hogy a papírban az alkalmazott vegyszerek mekkora része marad vissza, amely így nem kerül át a környezetbe (vízbe, levegőbe és talajba). Minél nagyobb a retenció, annál kisebb a szennyvízbe történő vegyszerkibocsátás, és annál kisebb az alkalmazott adalékok potenciális környezeti hatása. A termékhez használt segédanyagok esetében maximális retenciós fok kívánatos mind gazdasági (adalékveszteség), mind környezeti szempontból. Mivel a termék segédanyagokat arra alakítják ki, hogy a papírnak bizonyos jellemzőket kölcsönözzenek, a költségek és a hatékonyság miatt ezek általában viszonylag nagy retencióval rendelkeznek a cellulóz rostokhoz. A gyártási segédanyagok retenciója általában kisebb, mivel ezek a papírgyárak

vízköreiben fejtik ki hatásukat. Elég nagy részük kerül ki a szennyvízbe. Ezért fontos a vegyi adalékok és a segédanyagok retenciójának ismerete.
Az anyagok lebonthatósága kardinális pont annak megítélésében, hogy mekkora anyagmennyiség kerül végül a vízközegbe.
Feltételezve, hogy a papírgyárakból származó szennyvizek többségét biológiai szennyvízkezelő telepen tisztítják, a retenciós tényező a biológiai lebonthatósággal együtt lehetővé tesz egy közelítő becslést arról, hogy mekkora mennyiségű vegyület kerül a befogadóba.
Végül, ha a vegyületek sem a papírszalagban nem maradnak vissza, sem a szennyvízkezelő telepen nem kerülnek kiválasztásra, az akvatoxicitás és a biológiai felhalmozódási potenciál különleges fontosságú.

6.3.2.4 Energiaigény

Általánosságban a papíripar energia-intenzív iparágként írható le. A papírgyártási folyamatban az energia a harmadik legnagyobb költségtényező, amely az éves forgalom közel 8%-át teszi ki [DG XVII, 1992]. Ennek ellenére jóval kevesebbet publikálnak a fajlagos energiafogyasztásról, mint például a vízgazdálkodásról. Ezért elég nehéz szakszerű információhoz jutni az egyes papírfajtákra és termékminőségekre vonatkozó energiafogyasztásról, az energia-hatékony technológiákról, valamint az energia-előállítás és -felhasználás gyakorlatáról az európai papíriparban.
A papírgyártási folyamat feloszthető néhány nagyobb részterületre: anyag-előkészítés, a papírgép nedves szakasza, a szárítószakasz és a mázolás (opcionális). Ezek még tovább oszthatók a fő gyártási műveletekre.
A 6.6. táblázat mutatja az energia szerepét az egyes részfolyamatokban és az energia megtakarítási lehetőségeket ezekben a gyártási lépcsőkben.

Fő folyamatok	Fő egységek	A folyamatok energia fajtái és szerepük	Energia megtakarítási lehetőség
Rost előkészítés	rostosítás	60 kWh/t energia száraz cellulóznál	kis mértékű
	tisztítás/osztá-lyozás	A szivattyúzási munka és a melegedés függ a szükséges lépcsők számától és a rost fajtájától (visszagyűjtött többet igényel, mint az eredeti); primer rostnál 5 kWh/t körüli	primer rostnál kicsi
	őrlés	Nagyon energiaigényes. Az elektromos energiafőleg az őrlők rotorjainak forgatásához kell. Főleg a kívánt papírtulajdonságoktól függ, 100-3000 kWh/t	nagy
Nedves szakasz	lapképzés és víztelenítés	Nagy mennyiségű el. áram kell a gépek hajtására és a vákuum rendszerhez. A felfutószekrény kialakítása és a kettős sziták megtakarítást tesznek lehetővé. A vákuum rendszerek kb 70 kWh/t –t igényelnek (függ a minőségtől)	kis mértékű
Szárítószakasz	préselés	Nem nagy eneriaigényű, de a hatékony víztelenítés nagy megtakarítást tesz lehetővé a szárításnál	kis mértékű
	szárítás	Az őrlés mellett a legenergiaigényesebb folyamat. Főleg hőenergia.	igen nagy
	enyvezőprés és utószárító	hőenergia az enyvezőprés utáni szárításra	kicsi
	simítás	El. energia a gép hajtására és a préselésre	kicsi
Mázolás	mázolás és szárítás	El. és hőenergia az újbóli szárításra	kicsi

6.6. táblázat: Az energia szerepe a fő papírgyártási részfolyamatokban és a javítási lehetőségek [A DG XVIII szerint, 1992; változtatások - EIPPCB]

Egy nem-integrált finompapírgyár teljes energiaigénye (fogyasztása) hő (gőz) és elektromos energia formájában egy jelentés szerint [SEPA jelentés 4712-4, 1997] az alábbi:

- technológiai hő: 8 GJ/t (2222 kWh/t)
- elektromos energia: 674 kWh/t.

Ez azt jelenti, hogy a gyártott termék minden egyes tonnájához közel 3 MWh elektromos energiát és hőt használnak fel. Ha azt a primer energiát is figyelembe vesszük, amely az ásványi tüzelőanyagok energiává való átalakításához szükséges, akkor a papírgyártásnál tonnánként 4 MWh energiára van szükség.

Az elektromos energia fogyasztása valamelyest függ a gyártott papírfajtától.
A legkisebb értékek a csomagolópapírok vagy hullám-alappapírok gyártásának felelnek meg, ahol az energiafogyasztás kb. 500 kWh/t, míg az író-nyomó papíroknál 700-800 kWh/t a jellemző. A legnagyobb energiafogyasztásra, amely 5600 kWh/t értéket is elér a légszáraz papír tonnájára számítva, egyes különleges papíroknál van szükség. Az energiát főként az intenzívebb őrlés igényli. Részletesebb információ az elektromos energia fogyasztásról a továbbiakban található.

Technológiai hőt a papíriparban főként négy célra használnak:

- A víz és a folyadékok, a fa vagy a rostanyag, a levegő és a vegyszerek felmelegítése az eljárás által megkívánt hőmérsékletre.
- A víz elpárologtatása. A papírgyártásnál a papír szárítása a legtöbb energiát igénylő részfolyamat, amelynek során a hő legnagyobb részét a papírlapban lévő víz elpárologtatására használják. Fontos, hogy mechanikai módszerekkel (préselés) minimálisra csökkentsék a párologtatással eltávolítandó víz mennyiségét.
- A környezetbe távozó hőveszteség pótlása. A papírgépi szárítószakaszról kiszívott nedves levegővel távozó hő (veszteség) nagy részét a bevezetett száraz levegővel pótolják, amelyet újra fel kell melegíteni.
- Átalakítás elektromos energiává. Egyre több papírgyár helyez üzembe együttes hő- és energiatermelésű erőműveket.

Az elektromos energiát a papíriparban főként a különféle motormeghajtások működtetéséhez és az anyag-előkészítőben az őrléshez használják.
Az őrlésnél az elektromos energiát elsősorban az őrlő forgórészének meghajtásához használják. Az energia-felhasználás termékenként változó, a legkevesebb energiát a szűrő és itatós papírok igénylik, a legtöbb energia bevitelre a pauszpapíroknál van szükség. A tipikus energiafogyasztást a 6.8. táblázat mutatja be.

Papír típusa	Nettó őrlési energia[1], kWh/t	Összes energia[2], kWh/t
Tissue	nincs adat	100 fölött
Író- nyomópapír	60 – 100	90 – 300
Önátíró papír	150 – 200	250 – 500
Pergamin és zsírálló	450 – 600	600 – 1000
Pauzpapír	800 1200	1600 – 3000

Megjegyzés:
1 A nettó energiát az összes energiából a terheletlen[3] vagy a szabad futási energiának levonásával számítják
2 Összes energia a felhasznált összes el. energia, beleértve a veszteségeket is
3 A terheletlen energia a gépek mechanikai veszteségeiből és a turbulens erőkből származnak, ezek nem fordítódnak a rostok kezelésére

6.8. táblázat: Az őrlés tipikus energia felhasználása termékenként [DG XVII, 1992]

Sok esetben elég nagy lehetőség van az energia megtakarításra. Például sok őrlő helytelenül van méretezve, vagy nincs jól karbantartva, és ez nagyobb terhelés nélküli energia-felvételt eredményez, ami csökkenti az őrlő hatékonyságát. A helytelen őrlő betétek (kések) használata miatt egy adott tulajdonság eléréséhez nagyobb energia felhasználás kell.
Az új, javított hatékonyságú őrlőkkel is takarítható meg energia, mert az ilyen típusú őrlőknél nagyon kicsi a terhelés nélküli energia felvétel.

6.3.2.5 Szennyvíz kibocsátás

A papírgyárakban különböző helyeken történik szennyvíz kibocsátás (lásd a 6.3. ábrát).

Az anyagtisztítás rosszanyaga (reject).
A papírgép előtt a rostanyagot tisztítják a szennyeződések eltávolítása céljából. A tisztítóberendezésekből (klínerekből) származó rosszanyag (reject) tartalmazza a szennyeződéseket (pld. szilánkok és homok) és valamennyi értékes rostot is, vízben szuszpendálva. Ezeket a rejecteket általában kiengedik a szennyvízkezelésre, de engedhetik közvetlenül az iszap víztelenítéshez is.

Fölös szitavíz
A gyártási víz nagy része az alkalmazott vegyi adalékokkal együtt lefolyik a papírgép szitaszakaszán, a többit pedig a présszakaszon és a szárítószakaszon távolítják el a papírból.
A szitavíz tartalmazza a sziták és filcek tisztítására felhasznált fecskendő vizet is.
A szitavíz nagy részét újra felhasználják a papírgépen hígítóvízként és fecskendővízként.

Ideiglenes és véletlen vízkibocsátások
Ezek a kibocsátások nem kapcsolatosak közvetlenül a gyártási folyamattal és időnként fordulnak elő. Példa ilyen kibocsátásra a szitavíz túlfolyása, vagy esetleg még a rostanyagé is, a tartályokból vagy egyéb berendezésekből, amelyeken rossz a szintszabályozás, idesorolható a berendezés takarításából eredő mosóvíz, a padlók lemosására használt víz, stb.

Hűtő és tömítő vizek
A vákuumrendszerből és a szivattyúkból származó használ hűtővizek és tömítővizek általában nem tartalmaznak lebegőanyagot. Ezeknek a vizeknek bizonyos részét gyakran újra felhasználják. A tiszta hűtővizeket el kell különíteni a többi elfolyó használt víztől, hogy minimalizáljuk a vízkezelő telepek terhelését, és fenntartsuk a hatékonyságukat.

A papírgyárakból kibocsátott végső szennyvizek jellemzésére használt legáltalánosabb minőségi paraméterek közé tartozik a lebegőanyag, (SS - suspended solids); a biológiai oxigénigény azaz BOI (5 vagy 7); a kémiai oxigénigény - KOI; az összes N és összes P; AOX; és néha egyes fémek. Újabban a teljes minta toxikusságát használják az egyes papírgyárakra (pld. Németországban), vagy a papírgyári szennyvízkibocsátásokra vonatkozó rendelet paramétereként (pld. Ausztriában), amiatt, hogy a kibocsátott szennyvizek komplexek, vegyületek széles körét tartalmazzák.

Papírtípus	Szárazanyag, kg/t		KOI, kg/t		BOI_5, kg/t	
	kezelés előtt	kezelés után	kezelés előtt	kezelés után	kezelés előtt	kezelés után
Famentes író-nyomó	12-25	0,3-2	7-15	1,5-4	4-8	0,4-0,8
Karton és lemez	2-8	0,3-1	5-15	1,2-3	3-7	0,3-0,6
Tissue	2-30	0,3-3[2]	8-15	1,2-6[2]	5-7	0,3-2[2]
Különleges papír[1]	20-100	0,1-6[1]	nincs adat	1,5-8[1]	nincs adat	0,3-2[1]

Megjegyzés:
1 A különleges papírok értékei a 4713-2, 1997 SEPA-Reportból származnak, és az EU gyáraiban vízbe történő kibocsájtást képviselhetik. A kezelés utáni érték az elsődleges kezelés utáni.
2 Az emissziós tartomány felső határa a tissuera a Német Papírgyártók Szövetségétől származik

6.16. táblázat: tipikus szennyvíz kibocsátások a papírgyárakból kezelés nélkül és biológiai szennyvízkezelést követően [ADEME, 1996]**.**

A különleges papíroknál a „kezelés után" csak az elsődleges kezelés utáni vizet jelenti. Az értékek vélhetően az éves átlagoknak felelnek meg (de ez nincs feltüntetve).

Az értékek tartományai tükrözik a különbségeket a rendszerek zártságában, a gyárak állapotában (méret, a berendezések kora), a vízhasználat optimalizálására alkalmazott belső intézkedéseket, valamint a külső szennyvízkezelő telepek eltérő hatékonyságát és folyamatszabályozását.

Az integrált papírgyárakban (pld. a begyűjtött használt papírt feldolgozó gyárakban) a papírgép szitavizét integrálják az anyag-előkészítés gyártási vízével. Ezért néha szinte lehetetlen megkülönböztetni az anyag-előkészítésből és a papírgépről eredő kibocsátásokat a visszanyert rostot feldolgozó papírgyárakban (lásd a 2.-5. fejezeteket).

A kibocsátott szerves anyagok fő forrásai:

- A rostanyaggal átkerülő, vagy a rostanyagban lévő szervesanyagok. Ezek mennyisége általában az integrált papírgyárak esetén fontosabb.
- A papírgép előtt végzett őrlési lépcső során a rostanyagból kioldódó szerves anyagok. Az ilyen módon kioldódó szerves anyagok mennyisége általában nagyobb a mechanikai rostanyagoknál, mint a kémiai rostanyagnál (cellulóznál). Ez a mennyiség, amit általában „a papírgyárban keletkezett" kifejezéssel jelölnek, a papír tonnájára számítva kb. 2-10 kg KOI-nak felel meg. A nem-integrált papírgyárakban ez a szerves anyag adja a kibocsátott KOI (és BOI) túlnyomó részét.
- A papírgyártásnál alkalmazott vegyi adalékok, vagy segédanyagok, amelyek nem maradnak vissza a papírban. Általában a keményítők és azok származékai járulnak hozzá jelentősen a szervesanyag-terheléshez. Viszont ezek a vegyületek biológiailag könnyen lebonthatók.

A papírgyárakból származó AOX kibocsátás csökkent az utóbbi években, mivel a klóros fehérítéssel mára gyakorlatilag felhagytak, és ezek az AOX kibocsátások általában nagyságrendekkel kisebbek, mint az ECF cellulózgyárakból kibocsátott mennyiségek.
Ezért manapság az abszorbeálható szerves halogén vegyületek forrásai főként egyes adalékok (pld. nedvesszilárdító vegyszerek és az olyan szennyezőanyagok, mint pl. az epiklórhidrin), és kisebb mértékben a klórtartalmú fertőtlenítőszerekkel kezelt technológiai víz.

6.3.2.6 Szilárd hulladékok keletkezése

A papírgyárakban különféle típusú hulladékok keletkeznek az alábbi különböző forrásokból:

Az anyag-előkészítésnél eltávolított nemkívánatos anyagok (reject)

A reject a rost-szuszpenzió papírgép előtt végzett tisztítása közben keletkezik. Ez különböző szennyeződéseket tartalmaz, például szilánkokat, homokot, stb. és valamennyi rostot. A reject szárazanyag tartalma általában 1-25 % körül van.

A vízkezeléskor keletkező iszap
A nyersvíz és a szennyvíz kezeléséből származó iszapok képviselik sok papírgyárban a potenciális hulladékok fő csoportját. Különféle iszaptípusok különböztethetők meg:

- A technológiai víz előállításakor a felszíni vizek kémiai kicsapatással/flokkulálással végzett vegyi előkezeléséből keletkező iszap.
- Az elsődleges derítésből származó iszap. Ez minden gyárban keletkezik. Ez elsősorban rostokból és finomanyagból áll, valamint a töltőanyagot is használó gyárakban szervetlen anyagokból.
- A biológiai kezelés fölös iszapja. Ez nagy arányban tartalmaz szerves anyagot. Az anaerób kezelésnél mérsékelt az iszapkeletkezés (kb. 1/7 az aerób kezeléshez képest).
- A vegyi flokkulálásból eredő iszap azokban a gyárakban keletkezik, amelyek harmadlagos (tercier) szennyvízkezelést is végeznek. Ez a kezelés jelentős mennyiségű iszapot termel. A szerves/szervetlen anyagok mennyisége az iszapban gyárról gyárra változik, az alkalmazott flokkulálószerek típusától és adagolásától függően.

A 6.17. táblázat bemutat néhány példát a gyártott papír egy tonnájára számítva keletkező rejectek, iszap és egyéb hulladék frakciók mennyiségére és típusára.
A papírgyárakban keletkező szilárd hulladékok mennyisége függ a gyártott papírtípustól, a használt nyersanyagoktól és az alkalmazott technikáktól.

	Famentes papír és karton	**Tissue vásárolt cellulózból**	**Különleges papírok**
Éves termelés (1994)	904509	24540	965962
Gyárak száma	6	1	20
Szilárd hulladék, összes	29761	211	161945
Kéreg	0	0	407
Osztályozási maradékok	0	0	639
Iszapok, összes	27972	50	76506
- kémiai-mechanikai iszap	8852	0	46259
- biológiai iszap	120	0	159
- szennyvízkezelési vegyes iszap	19000	50	30088
Égetési maradékok, összes	1	0	26842
- hamuk/salakok	1	0	26671
- maradékok a légtérbe bocsájtás előtti leválasztásból	0	0	171
Egyéb, összes	1788	161	57551
- papírhulladékok	1709	90	46817
- egyéb	79	71	10734
Speciális hulladékok, kg/t termék	**33**	**9**	**168**

6.17. táblázat: A szilárd hulladék mennyisége [t/év] néhány papírfajtánál.
(A számok nedves hulladékra vonatkoznak, amelynek a szárazanyag-tartalma a további hasznosításhoz vagy lerakáshoz szükséges mértékű és a teljes hulladék mennyiséget mutatják, függetlenül attól, hogy hasznosítják-e azt vagy nem). [Szilárd hulladék kézikönyv, 1996]

A biológiai és vegyi iszapok rossz víztelenedési tulajdonságokkal rendelkeznek. Az iszapot általában besűrítik, mielőtt víztelenítenék szalagprésen, szűrőprésen, csigaprésen vagy vákuumszűrőn. Általában víztelenítés előtt ezeket az iszapokat összekeverik elsődleges iszappal (vagy kéreggel, ha van).
Szervetlen és/vagy szerves vegyszereket használnak az iszap víztelenedésének javításához nagyobb pelyheket kialakítva. A kevert iszapot 25-35% szárazanyag-tartalmúra lehet vízteleníteni szalagpréssel, 35-40%-ra szűrőpréssel és 40-60%-ra csigapréssel, gőzt használva az előkezelési lépcsőben. Az elérhető vízeltávolítási fok függ bizonyos mértékben a primer iszaphoz kevert biológiai iszap mennyiségétől, a hamutartalomtól és a rosttartalomtól. Egyes papírgyárakban az iszapot víztelenítés után ki is szárítják.

Egyéb hulladék frakciók
A fentieken kívül egyéb hulladéktípusok is keletkeznek kisebb mennyiségben, de még ezeknek az elhelyezése is okozhat problémákat.
A következő típusok különböztethetők meg, de nehéz megadni, hogy ezekből mennyi keletkezik a papír tonnájára számítva:

- vashulladék és egyéb fémek
- műanyagok
- vegyszerek, beleértve a mázolási maradékokat is
- kifröccsent olaj
- üveg
- csomagolóanyag (pld. a vegyszerek tartályai, raklapok, stb.)
- építési hulladékok, mint például fa, beton, tégla, stb.
- laboratóriumi hulladék
- háztartási hulladék
- olyan papírhulladék, amely nem hasznosítható a gyárban
- sziták és nemezek

Ezen anyagok többsége hasznosítható, ha az egyes hulladék frakciókat külön gyűjtik és tárolják.

6.3.2.7 Légkörbe történő kibocsátások

Kibocsátások a levegőbe az energiatermelésből
A papír- és kartongyárakból a levegőbe kibocsátott anyagok főként az energiatermeléshez kapcsolódnak, vagyis a különböző típusú erőművekhez és nem magához a papírkészítési folyamathoz. Mivel a légköri kibocsátási szintek a papírgyárakban közvetlen kapcsolatban vannak az energiafogyasztással, az energia megtakarítás a levegőbe történő kibocsátások csökkenéséhez vezet. Például a kombinált hő- és elektromos energiatermelés kevesebb energiát fogyaszt, mint az elektromos energia és a hő hagyományos elkülönített előállítása, mivel a kombinált erőművekben (CHP) jóval nagyobb hatékonyságú a felhasznált fűtőanyag konverziója.
A teljes felhasznált elsődleges energiamennyiség és az ahhoz kapcsolódó kibocsátások szempontjából nagy jelentőségű, hogy a papírgyár a közhálózatból vásárolt elektromos energiát fogyaszt-e, vagy pedig a helyszínen, CHP-ben termelik az elektromos energiát.
Ezen felül a kibocsátási szintek függnek a használt fűtőanyagok típusától (szén, olaj, gáz) és a kibocsátás-szabályozó technológiák alkalmazásától, amelyekkel csökkenthető az SO_2 és NO_x, a szilárd részecskék és az el nem égett szerves gázhalmazállapotú vegyületek mennyisége.

Kibocsátások a papírgyárból a levegőbe
Az energiatermeléshez nem kapcsolódó levegőbe történő kibocsátások főleg illékony szerves anyagok (VOC). Ezek a kibocsátások általában kisebb fontosságúak, és az általánosan elfogadott határértékeken belül vannak (pld. az ezekre a vegyületekre vonatkozó nemzeti határértékek alatt).
Néhány korlátozott számú különböző típusú papírgyárban előfordulnak olyan helyzetek, amikor szabályozni kell az illékony szerves vegyületek kibocsátását. Azoknak a papírgyáraknak a légköri kibocsátásában, ahol illékony szerves adalékokat használnak a gyártáshoz, kis koncentrációban mérhetők ezek a vegyületek.

Megállapítható, hogy a papírgyárakból távozó levegőben a szerves vegyületek koncentrációja olyan alacsony, hogy nincs szükség csökkentési módszerekre a levegőbe történő kibocsátásoknál.
Az összes szerves szén (TOC) mért koncentrációja széles határok között van, 2 és 135 mg/Nm^3 közötti értékeket mérnek. Hét vizsgált papírgyárnál a távozó levegőben mért összes szerves szén terhelés 0,05 és 0,5 kg között volt a gyártott papír tonnájára számítva. [PTS-FB 09/97].

Az atmoszférába kibocsátott illékony szerves vegyületek példái a következők:
- alkoholok,
- a nedves szilárdító adalékként használt urea vagy melamin formaldehid (UF/MF) gyantákból származó formaldehid,
- aceton és egyéb ketonok,
- fenolok (csak speciális esetekben),
- a gépi sziták/szövetek tisztítására használt oldószerek (általában ezeket csak kis mennyiségben alkalmazzák),
- szerves savak, és a polimerek monomer maradványai.

Egyes speciális esetekben a kiszerelési műveletekből származó szilárd részecskék érdemelhetnek figyelmet.

Az elpárolgó anyagokból és a szennyvízkezelő telepekről eredő szagok (helyi jelleggel)
A papírgyárakban előfordulhatnak szagok. Ezeket okozhatja a gyártási víz túl hosszú ideig való tartózkodása a vízrendszerben (csövekben, kádakban, stb.), vagy az iszaplerakódások, amelyet az illékony szerves savak (illékony zsírsavak, elsősorban ecet- és propionsav). Ezek a vegyületek keletkezhetnek a szerves vegyületeken (keményítőkön) anaerób körülmények között végbemenő mikrobiális tevékenységből, és a nedves szakaszon, a papír szárítása és a szennyvízkezelés folyamán felszabadulhatnak.

6.3.2.8 Papírgépi zajok (helyi jelleggel)
A papírgyárakban fellépő zajoknak csak helyi hatása van, de a munkahelyi környezet és a szomszédság számára ezek jelenthetik a legkomolyabb környezeti problémákat, amit a papírgyár okozhat.
A papírgépekről köztudott, hogy zajos berendezések. A 6.19. táblázat bemutatja a papírgép legzajosabb részeit, ilyen a szitaszakasz, a présszakasz, a mázoló, a feltekercselő, és a szellőző berendezés.

Szitaszakasz	Présszakasz	Szárítószakasz	Mázoló	Áttekercselő	Szellőztetés
Szívóhengerek	Beépített szerelvények	Gőz- és kondenz	Levegős szárító	Szennyeződés ellenőrző	Rendszer légvezetékei

		rendszer		rendszer	
Vákuumrendszer	Szívóhengerek	Lefedés	IR szárító (hűtő levegő)	Meghajtás	Gépterem légvezetékei
Fecskendők	Hidraulikus rendszer	Rendszer szellőztetése	Gépállvány szerkezeti zajai	Vágási hulladék eltávolítás	Levegő szárítók
Hajtási rendszer	Fecskendők	El. motorok	Késes mázoló	Papírszalag	légfúvókák
Elszívás	Gőzszekrények	Szerelvények	Meghajtás	Szerelvények	Szellőztetők meghajtásai és motorjai
El. motorok	Szerkezeti zajok a gépvázból (szerelvények, vezető hengerek)	Hulladék kihúzó	Papírszalag	Hidraulikus rendszer	Levegő kivezető nyílások
Centrifugális osztályozók	Meghajtás	Papírszalag	Levegős szárító szellőzése	Kések	
Nagynyomású szivattyúk	Vákuum rendszer	Szárítás végi pulper		Vezetőhengerek	
Gaucs pulper	Prés pulper			Hulladék pulper	

6.19. táblázat: a papír- és a kartongépek fő zajforrásai

A papírgépen kívül vannak egyéb zajforrások is, amelyek hozzájárulhatnak a zajszinthez. Ilyenek például az őrlők és a vákuumszivattyúk. Példaként a 6.10. ábra bemutatja, milyen határok között vannak a zajszintek a papír- és kartongyárakban. Az itt bemutatott abszolút értékek nem jellemzőek az egész iparágra, sőt inkább alacsonyak, mivel a példaként szereplő papírgép gyártási sebessége nem nagy (600-800 m/p) és sok intézkedést hajtottak végre a zajszint csökkentése érdekében. Egy gyorsjáratú papírgép (pld. 1700 m/p) nedves szakaszán a zajszint 95-105 dB(A).
A külső zajszabályozási intézkedésekre példa az abszorpciós zajcsökkentők és/vagy csőrezonátorok felszerelése a levegőkiszívó ventillátorok és vákuumszivattyúk zajszintjének csökkentésére, vagy zajcsökkentők és hangszigetelő búrák az épület tetején lévő ventillátorokhoz, stb. (lásd a 6.3.19. részt).
Az, hogy milyen intézkedéseket alkalmaznak, nagymértékben függ az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött céloktól.
Általában az intézkedések sokkal szigorúbbak, amikor a gyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

6.4 *A BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikák*

Ebben a fejezetben megadjuk az összes, kereskedelmi forgalomban elérhető **lényeges** technikát, amely rendelkezésre áll a kibocsátások/hulladék megelőzésére vagy csökkentésére, valamint az energia- és nyersanyag-fogyasztás csökkentésére, mind az újonnan épülő és a már meglévő papírgyárakra. Ebben a dokumentumban ezeket a környezetvédelemhez és energia-megtakarításhoz használt fő technikai lehetőségeket „a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikák”-nak nevezzük, ami azt jelenti, hogy ezek lényeges (releváns) műszaki

alternatívák vagy javítási lehetőségek a legjobb környezeti és gazdasági teljesítménnyel. Ezek közé tartoznak a gyártási folyamon belüli és a „csővégi" technológiák egyaránt. Körvonalazzuk egyes technikák megvalósításának előnyeit és hátrányait. A rendelkezésre álló technikák listája nem teljes, és folytatható e dokumentum felülvizsgálatakor.

Áttekintést adunk a papírgyártásból és a vele kapcsolatos tevékenységekből származó kibocsátások csökkentésére alkalmazott technikákból. Megpróbáltuk mindegyik, a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikánál megadni a lehetséges közegeken átirányuló (cross-media) hatásokat is ugyanabban a táblázatban.

A táblázat azt is jelzi, melyik környezeti közegre (víz, levegő, hulladék és energia) irányul egy adott intézkedés. Az egyes módszerek részletes megvitatása után következő megfelelő paragrafusok további magyarázattal szolgálnak.

A sorok elején vannak felsorolva az egyes rendelkezésre álló technikák. Az oszlopokban a különböző technikák által eredményezett hatások tendenciái, például a nyersanyag fogyasztás és a kibocsátások alakulása vannak jelezve kvalitatív módon, felfelé („↑") és lefelé („↓") mutató nyilakkal.
A lefelé mutató nyilak „↓" a nyersanyag vagy energia megtakarítást jelzik és a különböző közegekbe (víz, levegő és talaj) való kibocsátások csökkentését. A felfelé irányuló nyilak „↑" a kibocsátási és fogyasztási szintek növekedését jelzik.
Az ebben a fejezetben bemutatott szennyezés-megelőzési és szabályozási intézkedések közül néhány egyidejűleg több környezeti közeggel is kapcsolatos (víz, levegő vagy talaj). Lehetnek olyan technikák is, amelyek pozitív és/vagy negatív hatást fejtenek ki más környezeti közegekre, vagy a nyersanyag és energiafogyasztásra (közegeken átirányuló hatások). Az adott hatások a nyilak használatával vannak jelölve. Ha a nyíl zárójelben van megadva „(↑)", ez azt jelöli, hogy csak kicsi – gyakran elhanyagolható – az energiafogyasztás és a nyersanyag-felhasználás, vagy a környezetbe való kibocsátás növekedése, amikor egy bizonyos intézkedést megvalósítanak. A gazdasági szempontokat (beruházási, üzemelési költségek) a táblázat nem tartalmazza, de a szövegben meg vannak magyarázva. Alapjában véve, a gazdasági adatok csak egy közelítő képet adnak és jelzik a költségszinteket. Ezek változnak a teljes üzem kialakításától függően, és többek között függnek a gyár méretétől, és attól, hogyan illeszkedik egy adott intézkedés a gyár többi berendezéséhez. Mindegyik technikánál meg van adva egy hivatkozás, ami segít beazonosítani a szöveg vonatkozó részét, ahol az egyes technikák részletes megvitatása szerepel.

BAT-nak megfelelő technikák	***Hatás a felhasználási és kibocsájtási értékekre* (Kereszthatások)**					
	Vegyszer igény	Energia(E), vízigény(V)	Kibocsájtás a vízbe	Kibocsájtás a levegőbe	Szilárd hulladék	Alkalmazhatóság
6.3.1. Vízgazdálkodás, a gyártás során a víz felhasználás minimalizálása	(0)	(↓)E,(↓)V	↓	0	0	minden minőség
6.3.2. Az egész vízrendszerben a potenciális zárási és csökkentési lehetőségek ellenőrzése	↑	0	(↓)	0	0	minden minőség
6.3.3. A szitavíz körön belüli kezelése membrán szűréssel	0	(↑)E,(↓)V	(↓)	0	0	minden minőség
6.3.4. A rost és töltőanyag veszteségek csökkentése	↑	↓	↓	0	(↓)	minden minőség
6.3.5. A mázanyag tartalmú vizek összegyűjtése és felhasználása	(↓)	0	↓	0	↓	minden minőség
6.3.6. A mázolói szennyvíz elkülönített előtisztítása	(↑)	0	↓	0	(↑)	minden mázolt minőség

6.3.7. A véletlenszerű vételezések mérése a mennyiség és hatásának csökkentése érdekében	0	0	(↓)	0	0	minden mázolt minőség
6.3.8. Mérés és automatizálás	(↓)	↓	↓	0	0	minden minőség
6.3.9. A tartályszintek és a primer szennyvíz-kezelés kiegyenlítése	0	0	↓	0	0	minden minőség
6.3.10. Aerob biológiai kezelés	(↑)	↑E	↓	0	↑	legtöbb minőség
6.3.11. Kémiai kicsapatás	↑	(↑)E	↓	0	↑	minden minőség
6.3.12. A potenciálisan ártalmas anyagok helyettesítése	0	0	↓	0	(↓) Ártalom	minden minőség
6.3.13. Az iszapok előkezelése	(↑)	(↑)E	0	0	↓ térfogat	minden minőség
6.3.14. Változatok a hulladékok kezelésére	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	nem adható meg	minden minőség
6.3.15. Az égető kazánoknál kis NO_x kibocsájtású technológia bevezetése	0	0	0	↓	0	minden minőség
6.3.16. Kombinált hőenergia és elektromos energia termelés	0	↓E	0	↓	0	minden minőség
6.3.17. A papírgép présszakaszában a víztelenítés optimálása	0	↓E	0	0	0	minden minőség
6.3.18. Energiatakarékosság energia-hatékony technológiával	0	↓E	0	0	0	minden minőség
6.3.19. Mérések a külső zaj ellenőrzésére	0	0	0	↓	0	minden minőség
Jelmagyarázat: ↑=növekedés, ↓=csökkenés, 0=nincs (vagy elhanyagolható) hatás, (↑) vagy (↓)=körülményektől függő kis hatás						

6.20. táblázat: a papírgyárak BAT meghatározásánál figyelembe veendő rendelkezésre álló technikák áttekintése

6.4.1 Vízgazdálkodás és a vízfelhasználás minimalizálása különböző papírfajtáknál

Ezeket az intézkedéseket együtt kell elolvasni a 6.3.2. fejezettel, amelyik a vízkörök zárásával kapcsolatos potenciális problémák szabályozásáról szól.

A módszer leírása: A papír és kartongépek vízfogyasztásának csökkentésére irányuló intézkedések kérdése komplex téma és nagymértékben függ a megcélzott zártsági foktól.

Bár sok olyan műszaki alternatíva létezik, amelyek gyáranként valamelyest különbözhetnek, létezik néhány alapvető vízfogyasztás-csökkentési megoldás, amelyik közé tartozik:

- A hűtővizek és a technológiai víz hatékony elkülönítése, és az előbbiek újrafelhasználása hűtőtornyok segítségével. Az újrafelhasznált hűtővízhez pótlásként 10-15 % friss vízre van szükség. A berendezések védelme érdekében mikroszűrőket, vagy más tisztító eszközöket lehet használni a szilárd anyagok eltávolításához. Azokon a helyeken, ahol a hűtővíz frakciókat a csatornába engedik, nem vezetik be a szennyezett technológiai víz csatornákba.
- Az integrált papírgyárakban a papírgép vízkörforgását elkülönítik a rostanyagot előállító üzemrészekétől, és a papírgép fölös szitavizét ellenáramú módszerrel bevezetik a rostanyag-gyártó részlegbe.
- A papírgépi rendszerben általában a fecskendővíz rendszer a legnagyobb frissvíz fogyasztó. A gyártott papír tonnájára számítva 20-30 m^3/t teljes vízfogyasztás esetén a fecskendővíz fogyasztása általában 4-15 m^3/t között van. A frissvíz felhasználás ésszerű szintre való csökkentése érdekében a friss víz nagy részét derített szitavízzel kell helyettesíteni.
- Visszaforgatási kör kialakítása a vákuumszivattyúk tömítővízének egy részéhez, hűtéssel és a szilárd anyagok eltávolításával.
- A papírgyáron áthaladó összes nyersanyag áram egymással kölcsönhatásban lévő rostokból, vegyszerekből és vízből álló egységként való kezelése.
- A csőrendszer és a kádak olyan módon való kialakítása és karbantartása, hogy a fölös vízmennyiségeket a vízminőség romlása nélkül lehessen tárolni.
- Kulcsfontosságú a személyzet oktatása és ösztönzése a kis vízfogyasztás elérése és fenntartása érdekében.

A kiindulási ponttól, a gyár jellemzőitől és a termék minőségétől függően ezekkel az intézkedésekkel egy mázolatlan papírt vagy kartont gyártó gép frissvíz fogyasztását 5-12 m³/t-ra lehet csökkenteni (légszáraz papírra számítva), egy mázolt nyomópapírt gyártó gépét pedig 7-15 m³/t értékre.

Az elért fő környezeti teljesítmény: az elért eredmények a főként a gyár korábbi helyzetétől függnek. A már működő papírgyárakban a frissvíz fogyasztás csökkentésekor a hűtővíznél 10-15 m³/t, a technológiai víznél 5-8 m³/t csökkentés általában elérhető különleges gyáron belüli kezelés bevezetése nélkül is, de a vízrendszer zártsági foka nagyban függ a terméktől. A kisfehérségű kartonoknál könnyebb elérni a kisebb szennyvízkibocsátást, mint a folyadékcsomagoló kartonnál, vagy író-nyomó papíroknál.

A papírgyár kiindulási állapotától függően az elérhető frissvíz fogyasztási értékek néhány különböző papírfajtánál az alábbi határok között vannak:

- Újságnyomó papír: 8-13 m³/t
- Mázolatlan finompapír: 5-12 m³/t
- Mázolt finompapír: 5-15 m³/t
- LWC papír: 10-15 m³/t

- SC papír: 10-15 m³/t
- többrétegű dobozkarton: 8-15 m³/t (primer rostok)
- Fluting papír: 4-10 m³/t (primer rostok)
- Tissue papír: 10-15 m³/t (primer rostok; nagy laptömegű termékek, vagy gyengébb minőségű papírfajták)

  15 – 25 m³/t (primer rostok; kis laptömegű termékek vagy kiváló minőségű papírfajták).

A frissvíz fogyasztás főként a papírfajtától, a fecskendők mennyiségétől és a papírgépi fecskendőkhöz használt rosttartalmú vizek mennyiségétől, a gyári körülményektől, valamint a vízfelhasználási információk összegyűjtésétől függ. A kis laptömegű termékek általában több vizet igényelnek a végtermék egy tonnájára számítva.

6.4.2 A vízrendszer zárásából adódó potenciális hátrányok ellenőrzése

A módszer leírása: a gyártási víz fokozott visszaforgatása a papír és kartongyártó gépeken a kolloid és az oldott szerves és szervetlen anyagok koncentrációjának növekedését okozza ezekben a vízáramokban.
A vízfogyasztás csökkentésének lehetséges előnyeit és hátrányait a 6.21. táblázat mutatja be. A vízkörök zárása által okozott lehetséges hátrányok szabályozást igényelnek, amit az alábbiakban vitatunk meg.

Lehetséges előnyök	Lehetséges hátrányok
Az oldott anyagok fokozott megkötése a papírban	A vízkörben az oldott és kolloidális anyagok koncentrációja nagyobb
Csökkentett energiaigény a fűtésnél és a szivattyúzásnál	Nyálkaképződési veszély, ami lerakódásokat és szakadásokat okoz
Jobb víztelenítés a szitán, ami energia megtakarítást tesz lehetővé a szárításkor	Termék minőségi romlásának veszélye, mint a csökkenő fehérség, szilárdság, lágyság és porozitás
Kisebb beruházási költség a kisebb berendezésekre	Növekvő segédanyag szükséglet
Anyagmegtakarítás a veszteségek csökkentésével	Korrózió veszély (nagyobb klorid-koncentráció)
Nagyobb hatásfok a szennyvíz-tisztításnál	Csövek, fecskendők, sziták és nemezek eltömődési veszélye nő
A vízbe való kibocsájtás csökkentése	Tissuenál, élelmiszer csomagolónál és az egészségügyi alkalmazásoknál a higiéniai alkalmasság romolhat

6.21. táblázat: A papírgyári vízkörök fokozott zárásának lehetséges előnyei és hátrányai.

A zárt vízkörök hatásának szabályozásánál az alábbi követelmények érvényesülnek:

- A papír- vagy kartongépi szitavíz rendszerek nem kapnak vizet az integrált rostanyag-gyártó részlegekből vagy a párhuzamos gépekről.
- A visszaforgatott hűtő vagy tömítő vizet és a gépi fecskendőkbe beadott tiszta szitavizet megfelelő szűrővel kell kezelni, hogy megvédjék a papírgépi berendezéseket az eldugulástól vagy elhasználódástól.

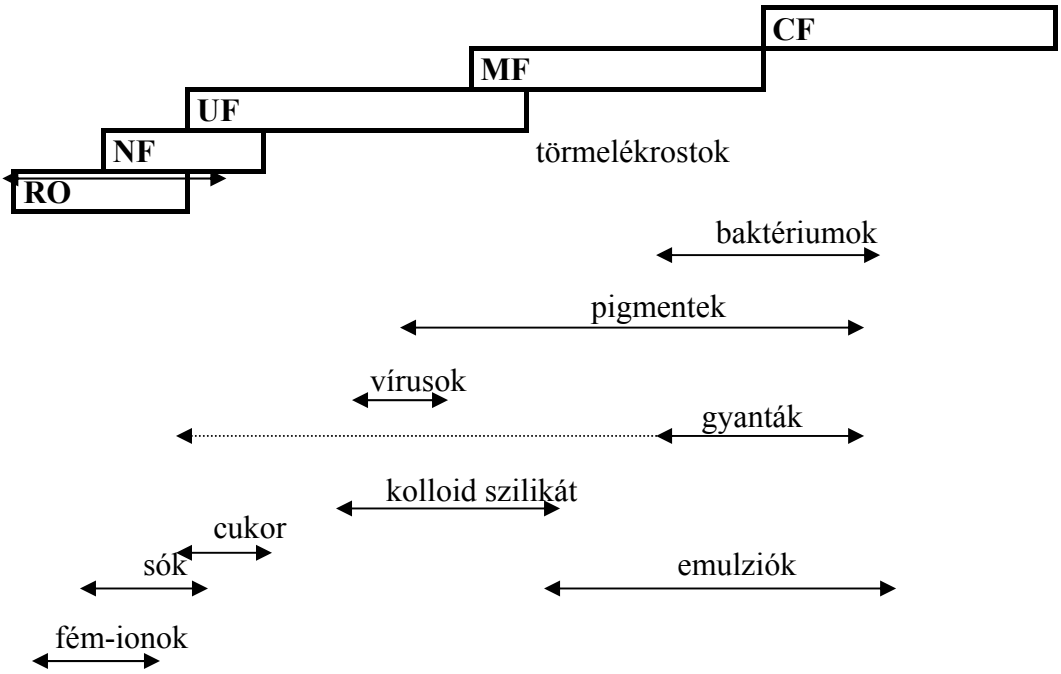
- A visszaforgatott tömítő vizeket eléggé lehűti a hőcserélő berendezés, vagy a tiszta pótvíz. Különösen a vákuumszivattyúk teljesítménye korlátozza a megengedhető tömítővíz hőmérsékletet.
- Egy adott felhasználási helyre betáplált visszaforgatott vizek összetétele (pld: kolloid vegyületek jelenléte), keménysége, pH-értéke és hőmérséklete kompatibilis az ottani berendezéssel, vagy technológiai anyagáramokkal. Jó, ha meghatározzák azt a vízminőséget, amelyre valóban szükség van.
- A papírgyárba való betáplálás előtt a rostanyagokat hatékonyan át kell mosni, hogy csökkentsék a kolloid és oldott anyag tartalmat. Az integrált gyárakban az is hasznos lenne, ha a rostanyagot 30 % feletti rostkoncentrációval adnák át a papírgyárba a tipikus 2-4 % helyett, hogy csökkentsék az oldott anyag átvitelét.
- A papírgyári vegyszerek és a gyártási segédanyagok kiválasztását át kell értékelni, amikor vízkör-zárási elveket alkalmaznak, mivel egyes vegyszerek eléggé másként viselkednek a megváltozott kémiai környezetben.
- A visszaforgatott vízáramokat nyomon kell követni on-line mérőeszközökkel, és laboratóriumi elemzés is hasznos lehet a minőségi célértékek túllépésének elkerülésére.

Az intézkedés alkalmazhatósága és jellemzése: Gyártási folyamatba integrált technikák. Ezek az intézkedések alkalmazhatók mind már működő, mind új gyáraknál. Azonban a működő gyárakban általában több évre van szükség ezeknek a javító intézkedéseknek a megvalósításához.
A fokozott gyártási víz visszaforgatás miatt megnövekedett oldott vagy kolloid anyag koncentrációk miatt több ilyen anyag martad vissza a végtermékben. Ennek a termék minősége és a papírgyártási vegyszerek elfogadható fogyasztása szab határt.
A tömítő és hűtővizek alkalmazásánál pedig a vízáram hőmérséklete, valamint az oldott anyagok és szilárd részecskék koncentrációja állít korlátokat, és ezek kezelésére tisztító berendezést és/vagy elégséges kifolyatást kell alkalmazni.
A tömítések esetében a mai technológiában már rendelkezésre állnak olyan mechanikai tömítések is, amelyeknél nincs szükség vízre.

6.4.3 A szitavíz gyártási folyamaton belüli kezelése membránszűrés segítségével, és a kezelt víz visszaforgatásával

Ez a technika alkalmazható a szekunderrostra alapozott gyárakban is. Azonban mindezidáig a papírhulladékot feldolgozó gyárakban még nem alkalmaztak teljes méretű membránszűrést.
A gyártósoron belüli (in-line) biológiai kezelés lehet egy alternatíva a szekunderrostokból gyártott „barna papírok” esetében. (lásd az 5.3.4. pontot).
Bár az ebben a részben leírt technika ugyanaz, mint a 6.3.5. pontban bemutatott, az alkalmazás nagyon eltérő.

A technika leírása: a hagyományos szűrés nem tudja jól eltávolítani a szilárd és kolloid anyagokat 1μm részecskeméret alatt. Így a kis baktériumok és a kolloid anyagok átjutnak a szűrő közegen. Ez azonban csak a nem flokkulált szilárd és kolloid anyagokra igaz. Ezek flokkulálással könnyen átalakíthatók 100-1000 μm méretű pelyhekké és könnyen kiszűrhetők. De a flokkulálószerek adagolásának az a hátránya, hogy nemkívánatos sók kerülhetnek be a vízrendszerbe (a modern szerves/szintetikus flokkulálószerek nem visznek be jelentős sóterhelést).



µm	**0,0001**	**0,001**	**0,01**	**0,1**	**1**	**10**
Å	**1**	**10**	**100**	**1000**	**10000**	**100000**
megközelítő molekulatömeg	**100**	**200**	**2000**	**100000**	**500000**	

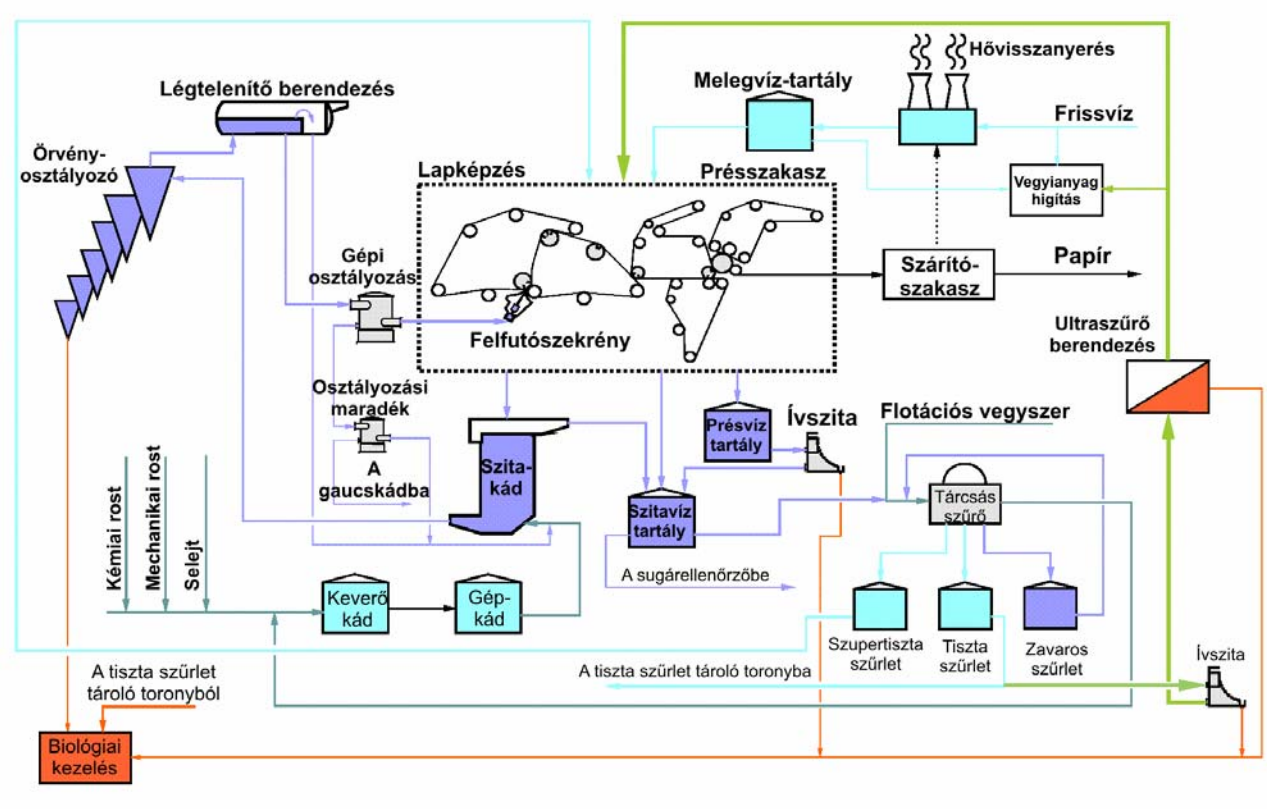
6.11. ábra: Különböző mérési technológiák szűrési tartományai

Az eltérő pórusméreteknek megfelelően különböző membrán eljárásokat lehet megkülönböztetni:

- Mikroszűrés, amely 1 bar-nál kisebb nyomáson üzemel, és 0,1-0,2 µm pórusméretű membránokat alkalmaz, ott alkalmazható, ahol a kezelés utáni elfogadható finom szilárdanyag tartalom 1-5 mg/l.
- Jelenleg egy teljesméretű alkalmazás van Európa papírgyáraiban.
- Az ultraszűrés 1-2 bar nyomáskülönbségnél üzemel, és ezt lehetséges megoldásnak tartják a maradék szilárd és kolloid anyagok, és a nagy molekulatömegű szerves anyagok 100%-os eltávolítására a cellulóz- és papírgyárak víz- és szennyvíz-áramaiból. Európában létezik néhány teljesméretű alkalmazása a szitavíz UF (ultraszűrési) technológiával való kezelésének.
- Nanoszűrés (NF) vagy fordított ozmózis (RO) 15-25 bart elérő nyomásokat alkalmaz, de mindezidáig ezeket a módszereket nem vették komolyan megfontolandónak az európai cellulóz- és papírgyárakban való üzemi méretű alkalmazásra (létezik egy üzemi méretű alkalmazás Új-Mexikó északnyugati részén, a sivatagban).

Az ultraszűrést „veseszerűen” lehet alkalmazni a zavaróanyagok kiválasztására a szitavizekből, és a vízrendszer további zárásához.
A gyártási folyamaton belüli szitavíz kezeléshez ezek a „vesék” tárcsás szűrőből, ívszitákból és az UF rendszerből állhatnak. Az előszűrt szitavizet csövön átvezetik az UF-rendszer táptartályába, és szivattyúval benyomják az UF egységbe. Az üzemeltetett egységek száma szabályozza a tiszta UF-szűrlet kapacitást. A nyomáskülönbséget a lehető legkisebb értéken tartják, például 0,7-0,8 bar körül.

Az UF-szűrlet minősége megfelel például fecskendővízként való alkalmazáshoz, tömítővízhez, és a papírgépi vegyszerek feloldásához. A szűrők koncentrátuma átvezethető a fő szennyvíz áram kezeléshez. A 6.12. ábra bemutatja egy olyan papírgyár lehetséges kialakítását, ahol ultraszűrést alkalmaznak a szitavíz tisztításához.



6.12. ábra: Egy lehetséges egyszerűsített elrendezés szitavíz tisztításához ultraszűrést alkalmazó papírgyárban.

A szitavíz kezeléséhez az ultraszűrést (UF) általában úgy alkalmazzák, hogy a tárcsás szűrő tiszta szűrletét és/vagy a zavaros szűrlet egy részét kezelik. Az UF-membránok gyakorlatilag eltávolítják a TSS (lebegőanyagok) 100%-át a baktériumok 99%-át, a zavarosság (turbiditás) 100%-át (az összes kolloid anyagot), és az anionok 45-70%-át. Az oldott KOI kb. 10-20%-kal csökken. Ez azt jelenti, hogy az UF membránokon még mindig át tud jutni a szerves vegyületek egy része (pld. a kis molekulatömegű szerves anyagok) és az oldható szervetlen anyagok. A szitavíz ultraszűrése jobb minőségű visszaforgatott vizet eredményez, amely felhasználható kis- és nagynyomású fecskendővízként a szitaszakaszon, vegyszerek feloldásához, síkosító vízként a présszakaszon, vagy egyéb mosási és tisztítási célokra. Arról még nem rendelkeznek tapasztalattal, hogy a szűrlet alkalmas-e filctisztításra.

6.4.4 A rost és töltőanyag veszteségek csökkentése

Ez a tissue kivételével mindegyik papírfajtára vonatkozik. A tissue esetében a töltőanyagok vagy finomanyagok visszanyerése nem lényeges, mivel ezeket a tissue papírhoz nem lehet felhasználni, ezért az anyagelőkészítőben eltávolítják.

A technika leírása: a papír és kartongyártásnál fontos a hulladékgazdálkodás a rostvisszanyerés szempontjából, mivel a primerrost feldolgozásnál általában a papír- és kartongép anyag-előkészítőjén átmenő rostanyag több mint 98%-a elfogadható a végtermékhez.

A papír- és kartongépeknél a hulladékgazdálkodás főként az alábbiakkal kapcsolatos:

- osztályozás az anyag-előkészítőben,
- rostvisszanyerő berendezések a nedves-szakaszon,
- a nedves és száraz szakadási selejt kezelése.

Részben összefüggnek a rostgazdálkodással azok az intézkedések is, amelyeket a vízfogyasztás csökkentése és a vízkörök zárása érdekében hajtanak végre. A vízkörök zártságának javításával a legtöbb esetben azt is elérik, hogy csökken a szervesanyagok gyárból való kibocsátása. A rost és töltőanyag visszanyerés a papír- és kartongépeken a lebegőanyagok mennyiségének csökkentése miatt is fontos.

Amikor a rostanyag a felfutó-szekrényből a szitára kerül és elkezdődik a papírlap képzése, a rostok és töltőanyagok bizonyos része elsőre nem marad vissza, hanem a gép alatti gyűjtőkádakba kerül (lásd a 6.1. ábrát). A kis vízkör vízét kezelés nélkül forgatják vissza. A többi ilyen vizet rostvisszanyerő egységen vezetik át, általában dob vagy tárcsás szűrőn, illetve egy oldott levegős flotációs egységen, hogy kiválasszák a vízből a szilárdanyagokat. Ezeket a szilárdanyagokat azután egy kádban összegyűjtik, és visszavezetik a papírgépre bemenő anyaghoz. A derített vizet, amit szitavíznek neveznek, általában tiszta és zavaros vízfrakcióként gyűjtik össze, és újrahasznosítják a papírgép megfelelő helyein a rostanyag hígításához a gép anyag-előkészítőjében, a selejt hígításához, a papírgépi fecskendőkben. Az integrált gyárakban a szitavizet legjobb a rostanyag előállításánál felhasználni, vagy, ha ez alkalmazható, a párhuzamos papír vagy kartongépeken, a nem-integrált gyárakban viszont a csatornába vezetik.

A tárcsás szűrő lehetővé teszi a szitavíz hatékony szétválasztását tiszta és zavaros részekre, a zárt vízkörű gyárakban még egy szuper-tiszta frakció is leválasztható speciális felhasználási célokra. A tárcsás szűrő szuper-tiszta szűrletében 10-20 mg/l lebegőanyag lehet, a tiszta szűrletben 20-50 mg/l, viszont a hagyományos szűrők esetében jóval 50 g/ml fölött van.
A tiszta szűrlet sok papírgépen felhasználható a nedves szakasz fecskendőiben és csökkentheti a frissvíz-fogyasztást.

A papírgépen, sőt még előtte is, rendelkezésre állnak egyéb módszerek is a rost- és töltőanyag veszteségek csökkentésére:

- A rostanyag őrlésének és osztályozásának beállítása közvetlenül a papírgépre való betáplálás előtt, hogy megfelelő egyensúlyt tartsanak fenn a rostanyag különböző típusú rostjai között.
- A papírgépi felfutó-szekrény hatékony szabályozása, hogy egyenletes papírpálya legyen képezhető a gép teljes szélességében.
- A papíradalékok (vegyszerek) és a különböző papírgépi, vagy segédanyagok elegendő mennyiségben való használata a modern szabályozó rendszerrel együtt, hogy jobb

rostretenciót érjenek el a szitán és jó papírlap képzést. Azonban a túladagolást kerülni kell.

A szakadási selejt és szitavíztároló kapacitás szintén hatással van a szilárdanyaggal való gazdálkodásra és a víztakarékosságra. A kádak méreteinek lehetővé kell tenni, hogy legalább a papírgép 2-3 órai termelési mennyiségének megfelelő anyagot tároljanak a selejtkádakban, és újrahasznosítsák ezeket a nagy rosttartalmú frakciókat.

Az elért fő környezeti teljesítmény: egy papírgép teljes szilárdanyag vesztesége, a papírgépi anyag-előkészítés rosszanyagai (reject), a csatornába kerülő fölös szitavíz, a papírgépi présszakaszok és rostanyag-tartályok túlfolyásai a 10-100 kg/t tartományban vannak (légszáraz papírra számítva). A jobb teljesítményű papírgyárak sok papírfajtánál 10-20 kg/t (azaz 1-2 % veszteség) mennyiséget érnek el. Egyes már meglévő líner és fluting vagy különleges papírt előállító gépsorokon a veszteség 50 kg/t-nál is nagyobb.

Amikor ezeket az intézkedéseket végrehajtják egy már működő, napi 1000 t (légszáraz) nyomópapírt előállító papírgyárban, 10-20 kg/t szilárdanyag visszanyerése azt jelenti, hogy ez a szilárdanyag terhelés nem kerül tovább a primer szennyvízkezeléshez, és a szennyvíziszap elhelyezéshez.

6.4.5 Intézkedések a véletlenszerű kibocsátások gyakoriságának és hatásainak csökkentésére

A módszer leírása: a papír- és kartongépeken az a cél, hogy a papírpálya folyamatosan, megszakítás nélkül képződjön a gépen a végtermék előállítása céljából. Véletlenszerű kibocsátások rendszerint a következők miatt keletkeznek:

- fennakadások a papírgép üzemelésében,
- beütemezett karbantartási leállások és újraindulások,
- nem megfelelő irányítás a szitavíz tartályoknál vagy a papírgépi szakadási selejt kádaknál a nedves szakaszon, a szárítószakasz szakadási selejt kádjainál, vagy a gépen kívüli mázolásnál.

A szennyvízkezelő üzem és egyidejűleg a környezet védelme érdekében megfontolható egy kiegyenlítő medence (retenciós medence) beépítése. Véletlenszerű kifröccsenések esetén a szennyvizet ebbe a medencébe lehet vezetni. Innen szabályozott/ellenőrzött módon lehet a vizet a szennyvízkezelő üzembe továbbítani.

A vegyszerek kezelésénél és tárolásánál a véletlenszerű kibocsátások elkerülésére a következő intézkedések alkalmazhatók:

- A berendezéseket olyan módon kell kialakítani és üzemeltetni, hogy a veszélyes vegyületek ne szabadulhassanak ki.
- A berendezések veszélyes vegyületekkel érintkező részein gyorsan és megbízhatóan kell észlelni az elfolyást.
- Ki kell alakítani, és be kell tartani az üzemeltetési utasításokat, beleértve a megfigyelési (monitoring), karbantartási és riasztási terveket.
- A véletlenszerű kibocsátásoknál a szennyvízkezelés a legkritikusabb pont.

6.4.6 Mérés és automatizálás

A módszer leírása: a papírgyártás hatékonysága szempontjából fontos, hogy a folyamat stabil, a minőség egyenletes legyen.

- **Rostvisszanyerés:** a lebegőanyag vagy zavarosság mérések fontos csúcs indikátorok, amikor a cél az, hogy a szűrletből a lehető legtöbbet használják fel a fecskendő vizekhez. Így a szükségtelen rostveszteségek elkerülhetők, és nem terhelik meg a szennyvízkezelőt. A bemenő sűrűség mérése és szabályozása megkönnyíti a rostvisszanyerő üzemeltetését.
- **Keverés:** a sűrű rostanyag komponenseinek összekeverésénél, az arányok kialakításánál az anyagsűrűség eltéréseket és a rosttulajdonságokat (pld. őrlésfok, rosthosszúság, hamutartalom) stabilizálják, azért hogy elkerüljék a minőségingadozásokat a papírgépen.
- **Őrlés:** Az őrlésszabályozási stratégia kialakításánál a minimális követelmény az áramlási mennyiségek és anyagsűrűségek pontos mérése. Az optimális őrlésszabályozási eredmények eléréséhez szükségesek a rostminőség mérések is, mint például az őrlésfok/víztelenedés és a rosthosszúság mérése.
- **A nedves-szakasz irányítása:** a felfutó-szekrény anyagának és a szitavíznek a teljes szilárdanyag és töltőanyag tartalmára/koncentrációjára vonatkozó információk idejekorán jelzik a nedves-szakasz kémiájának potenciális problémáit. Az automatikus retenciószer szabályozás, amelynél a cél az, hogy egyenletes mennyiségben tartsák vissza a papírlapban a finomanyagokat és töltőanyagokat, a kis vízköri rost és töltőanyag koncentrációk on-line mérésein alapszik.

Gazdaságosság: Gazdaságossági szempontból a cél az, hogy javítsuk a papírgyártás nyereségességét. Hetente egy 7-perces szakadás miatti leállás kiküszöbölése azt jelenti, hogy a papírgép időkihasználása 0,5%-kal nő, ami egy napi 300 tonna papírt előállító gyárban napi 1,5 tonnával több termelést eredményez. Ha a kieső termelés költsége 500 USD/t, a jobb stabilitásnak köszönhető megtakarítások több mint évi 260.000 tonnát tesznek ki.

6.4.7 Kiegyenlítő medencék kialakítása, és elsődleges szennyvízkezelés megvalósítása

A módszer leírása: A legtöbb papírgyárnál ezt az intézkedést nem önálló technikaként veszik figyelembe, hanem előkezelésként. Ezt általában a biológiai kezelés előtt végzik, azért hogy megkönnyítsék és javítsák azt. Egyes speciális esetekben, amikor a szervesanyag-terhelés nem elegendő a hatékony biológiai kezeléshez, előfordul hogy ez az egyetlen szennyvízkezelés.
A következő módszerek a legfontosabbak:

- Durva osztályozást végeznek, hogy eltávolítsák a darabos szennyeződéseket és a homokot, amelyek károsíthatnák a soron következő berendezéseket.
- Szükséges lehet a kiegyenlítés és a kifröccsenések összegyűjtése azoknál az elfolyó szennyvizeknél, amelyeknél nagyon ingadozó az áramlási mennyiség és a szennyezőanyag-tartalom.
- Elsődleges, vagy mechanikai kezelést végeznek gravitációs erők révén a lebegő anyagok (suspended solids - SS), mint például a rostok, kéregrészecskék, és szervetlen részecskék (töltőanyagok, mészrészecskék, stb.) eltávolítására.

Az elsődleges derítő aljára leülepedő részecskék iszapot képeznek, amelyet el kell távolítani. Ezt szivattyúzással érik el, a kerek derítőkben fenék-kotrással kombinálva. Az iszap szárazanyag tartalma általában kicsi, kb. 1-2 %, és a végső elhelyezés előtt az iszapot víztelenníteni kell.

Alkalmazhatóság, és az intézkedés jellemzése: végkezelési (csővégi) technika. Az eljárás alkalmazható mind meglévő, mind új papírgyárakban.

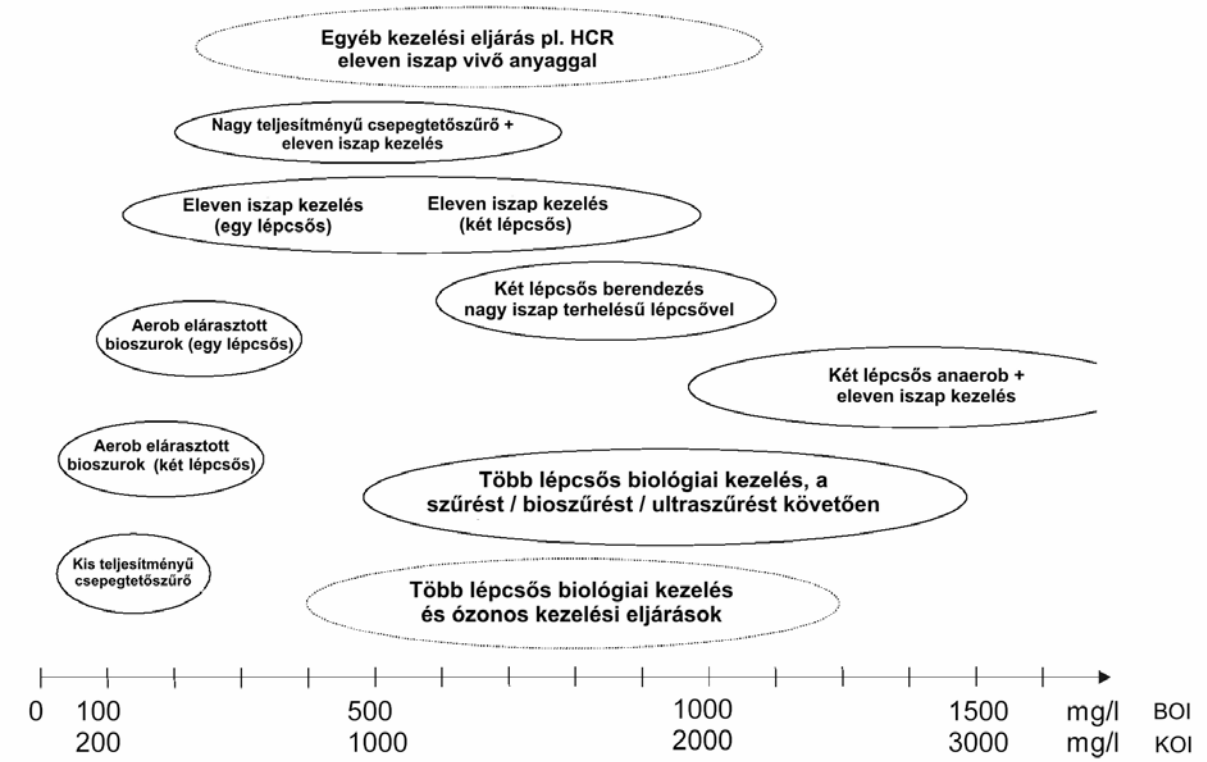
A fő elért környezeti teljesítmény: az elsődleges kezelés eredménye függ a szennyvíz tulajdonságaitól, de a rostanyag- vagy papírgyár belső rostvisszanyerési fokától is. A lebegőanyagokra (TSS) az eltávolítási arány 60-90% között lehet. Az ülepedő szilárdanyagokra az eltávolítási arány általában magasabb, kb. 90-95%.
Az elsődleges ülepítést követően a TSS érték a 30-200 mg/m^3 tartományban lehet.

6.4.8 Szekunder vagy biológiai kezelés – aerób módszerek

A módszer leírása: A másodlagos kezelésnél két alapvető alternatíva között lehet választani: aerób, vagy anaerób/aerób biológiai rendszerek használata. Azonban az anaerób módszer azokra a szennyvizekre korlátozódik, amelyekben nagy a biológiailag lebontható szerves vegyületek tartalma (általában KOI ≥ 2000 mg/l), amely lehetővé teszi a metánképződést.

A papírgyári szennyvizek biológiai kezelésének sokféle kialakítása létezik. Élőiszapos rendszerek, aerób süllyesztett szűrők, csepegtetős szűrők egy- vagy kétlépcsős alkalmazásként, vagy egymással kombinálva, sorba kapcsolt szakaszos reaktorok, forgó biológiai kontaktorok vannak használatban.

A papírgyári szennyvizek külső biológiai kezelésének fő technológiáit és a megfelelő alkalmazások koncentráció tartományait a 6.14. ábra mutatja be.



6.14. ábra: A papírgyári szennyvizek külső biológiai kezelésének fő folyamatai, és a megfelelő alkalmazások tartományai

A koncentráció értékek a bemenő koncentrációkra vonatkoznak [Demel szerint, PTS, 1998]; a pontozott területek az újabb kezelési technikákat jelzik, amelyeknek még kevesebb alkalmazásuk létezik Európában. Az ózonos kezelést még mindig újonnan kialakuló technikának tekintik (lásd az 5.5.1 pontot). Egy kétlépcsős aktív iszapos rendszer két különálló levegőztető medencéből áll, két külön iszap-visszaforgató rendszerrel.

A 6.22. táblázat áttekintést ad a legfontosabb biológiai kezelési rendszerekről, azok alkalmazási tartományairól, egyes előnyeikről és hátrányaikról.

Folyamat	**Alkalmazás** (bejövő BOI koncentráció**)**	**Előny**	**Hátrány**	**Megjegyzés**
Aerob merített biofilter (1. lépcső)	20-100 mg/l	Biztonságos eljárás, rögzített biomassza, kis szárazanyag-tartalom az elfolyóban	Érzékeny a nagyobb szárazanyag-tartalomra	
Aerob merített biofilter (2. lépcső)	100-300 mg/l (vagy több)			
Kis kapacitású csörgedeztető szűrő	<100 mg/l	Egyszerű felépítés, kis energia igény, hűti a szennyvizet	Esetenként eltömődhet, lehántáskor bűzös lehet	
Nagy kapacitású csörgedeztető szűrő +aktivált iszap	200-800 mg/l			
Aktivált iszap (egyedüli lépcső)	100-1000 mg/l	Szokásos folyamat, számos változatban, sok példával	Energiaigényes, iszap fölösleg, problémák az iszap flotációja vagy felhabzása miatt	
Aktivált iszap (2 lépcső)				Döntő a leválasztás az iszapkörben
Aktivált iszap (2 lépcső nagy iszaptöltési különbséggel)	600-1200 mg/l	Aktivált iszapos eljárás továbbfejlesztése	Energiaigényes, iszap fölösleg	
Mozgó ágyas biofilm-reaktor (rörzített biomassza mozgó hordozón)	300-1500 mg/l	Rögzített biomassza, kisebb reaktortérfogat, nincs iszap visszavezetés, kevésbé érzékeny a csúcsterhelésekre	Iszap fölösleg	pl Kaldness folyamat, ami nagy térfogati terhelhetőségű
Forgó biológiai kontaktor (RBCs):	fő tömeg eltávolításra, vagy további kezelésre	Kis gyáraknál költség-hatékony, kis energiaigény (<0,3 kWh/kg BOI	Sok európai országban hiányzik a gyakorlat	Az USA-ban és Olaszországban sikeresen alkalmazzák

rögzített biofilm rdsz/biocidok	alkalmazzák	eltávolítás)		
Aktivált iszap mint osztott szakaszos reaktor (SBR)	100-1000 mg/l	Folyamat flexibilisebb üzemelésű	Nagyobb folyamatszabályozási igény, szakaszos folyamat	

6.22. táblázat: a papírgyári szennyvizek biológiai kezelése; áttekintés
[a PTS szerint, 1998, változtatások az EIPPCB által] .

A biológiai kezelés kombinálható olyan tökéletesített kezelésekkel is mint az ózonos kezelés vagy a membránszűrés, ha szigorúbb követelményeknek kell megfelelni.

A papírgyári szennyvizek a kezelés után 50-150 mg KOI/l értéket érhetnek el. Az általában elérhető BOI_5 szint 25 mg BOI_5/l alatt van, de akár 5 mg/l érték is elérhető. A szűrt papírgyári szennyvíz minták KOI/BOI aránya a biológiai kezelést követően általában 4 és 7 vagy 8 között van (10-ig).

A kibocsátások figyelése (monitoring): általában a KOI, BOI_5, TSS, N, P és AOX értékeket szabályozzák. További mérések is ajánlottak a biológiai rendszer szabályozásához, például az O_2-tartalom, iszap térfogat mutató, vízáramlás, és időnként az eleveniszap mikroszkópos vizsgálata. Ez utóbbi egyre nagyobb fontosságra tesz szert.

A beruházási költségek az alábbiak szerint összegezhetők:
Eleveniszapos kezelés: 300-600 Euro/kg KOI∗nap; Bioszűrés: 500 Euro/kg KOI∗nap.
A beruházási költségek mértéke mindenek előtt a naponta kezelendő szennyezőanyag terhelés mennyiségétől függ.

6.4.9 A papírgyári szennyvizek kémiai kicsapatása

A módszer leírása: Egyes esetekben a kémiai kicsapatás, mint a papírgyárak kezeletlen szennyvizének komplett másodlagos kezelése, alkalmas lehet a vízbe való kibocsátások csökkentésére. A kémiai kicsapatásnál vegyszereket adnak a szennyvízhez, hogy megváltoztassák az oldott és lebegő anyagok fizikai állapotát, és megkönnyítsék azok eltávolítását ülepítéssel vagy flotálással. Különféle vegyületeket használnak kicsapató szerként. A legáltalánosabbak az alumínium sók [$Al_2(SO_4)_3$, $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$], vasklorid ($FeCl_3$), vas-szulfát ($Fe_2(SO_4)_3$), vas2-szulfát ($FeSO_4$), vagy mész ($Ca(OH)_2$). A flokkuláció optimalizálása érdekében a keverési szakaszban polielektrolitokat is használnak.
A lebegő és kolloid anyagokat kicsapatással és az azt követő szűréssel vagy derítéssel választják le, a nitrogént és a foszfort is eltávolítva. A kémiai kicsapatással tiszta elfolyóvíz nyerhető, amely gyakorlatilag mentes a lebegő vagy kolloid állapotú anyagoktól.
A nyers szennyvízhez (a kezeletlen, vagyis az elsődleges derítő előtti vízhez) viszonyítva az elérhető eltávolítási arány a TSS-re 97-99 %, a KOI-ra 70 %. A KOI csökkenése főleg a TSS csökkenésének köszönhető.

A KOI (és a BOI) oldható részét ez a kezelés csak kissé csökkenti (kb. 10 %-kal). A KOI és a BOI oldott részének csökkentése biológiai kezeléssel érhető el (lásd a 6.3.10. szakaszt).

6.4.10 A potenciálisan veszélyes anyagok helyettesítése alternatív, kevésbé veszélyes anyagokkal

A módszer leírása: A papíriparban a víz az a közeg, ahol a legtöbb kibocsátott vegyület végezheti, mivel általában az adalékokat a vizes rost-töltőanyag szuszpenzióhoz adják, és ezek azután vagy bennmaradnak a papírban, vagy a szitavízbe kerülnek. A levegő kevésbé fontos, a talaj érintett lehet a hulladék-elhelyezés révén (komposztálás, a papíriszap felhasználása a mezőgazdaságban, hulladéklerakás).
Az adalékok várható vízbe való kibocsátása közvetlenül összefügg a vegyszereknek a papírtermékben való retenciójával, a vegyületek lebonthatóságával, és a szennyvízkezelő telepen való visszatartásukkal. Minél nagyobb a visszatartás, annál kisebb az elfolyó vízbe való kibocsátás, és annál kisebb az alkalmazott adalékok potenciális környezeti hatása. A papír-segédanyagok esetében maximális retenciós fok kívánatos gazdaságossági (adalék-veszteség) és ökológiai szempontból.

Egyes vízügyi hatóságok használják mind a visszatartási tényezőket, mind a vegyületek biológiai lebonthatóságát ahhoz, hogy értékeljék és minimalizálják az adalékok hozzájárulását a KOI terheléshez a kezelés után.

Túl azon az általános megközelítésen, hogy csökkentsük a vegyi adalékok kibocsátását a vízbe, lehetnek olyan anyagok, amelyek környezeti szempontból alkalmasak a helyettesítésre/kiváltásra. Ez különösen akkor lehet lényeges, amikor veszélyesnek számító vegyszereket használnak, amelyek helyett rendelkezésre állnak kevésbé veszélyes helyettesítők ugyanarra a célra. Ahol csak lehetséges, előnyben kell részesíteni a biológiailag lebontható, nem mérgező és biológiailag nem felhalmozódó vegyszereket.

6.4.11 Az iszap előkezelése (víztelenítése) a végleges lerakás vagy égetés előtt

A módszer leírása: A szennyvízkezelésnél nagy mennyiségű iszap keletkezik az elsődleges kezelésnél, a biológiai eleveniszapos kezelésnél és a vegyszeres flokkuláló telepeken, beleértve a mázolóüzemi elfolyások kezelését is. A levegőztető medencék, valamint az anaerób telepek rendszerint kevesebb iszapot termelnek.
Az iszapkezelés a következő fő lépcsőkből áll:

- Az elsődleges kezelésből származó rostos iszap újrafelhasználása. Sok esetben ez a gyakorlat.
- A rostos/biológiai/(vegyi) iszap besűrítése és víztelenítése.
- A víztelenített iszap végső elhelyezése.

A rostos iszap újrafelhasználása azokban az esetekben gyakorlat, ahol ez alkalmazható a termék követelmények stb. szempontjából. A belső rostvisszanyerés azonban gyakran kis mennyiségű rostkibocsátáshoz és rossz iszaptulajdonságokhoz vezet, ezekben az esetekben az iszap újrafelhasználása nem megvalósítható.

A biológiai és vegyi iszapokat általában be kell sűríteni a víztelenítés előtt. Ez azt jelenti, hogy a szárazanyag tartalmat kb. 1-2 %-ról 3-4 %-ra vagy többre kell növelni. A besűrítést általában egy gravitációs besűrítőben végzik, ami alapjában egy ülepítő medence, kis terheléssel.
A víztelenítés előtt az iszapot általában vegyszerekkel kell kezelni. Rendszerint elegendő a polielektrolit. Ez különösen a kevert iszapokra vonatkozik, amelyekben biológiai és/vagy vegyi iszap van.
A víztelenítő berendezések a következő típúsuak lehetnek:

- szalagprések (ikerszitás prések)

- csigaprések
- dekantáló centrifugák
- kamrás szűrőprések.

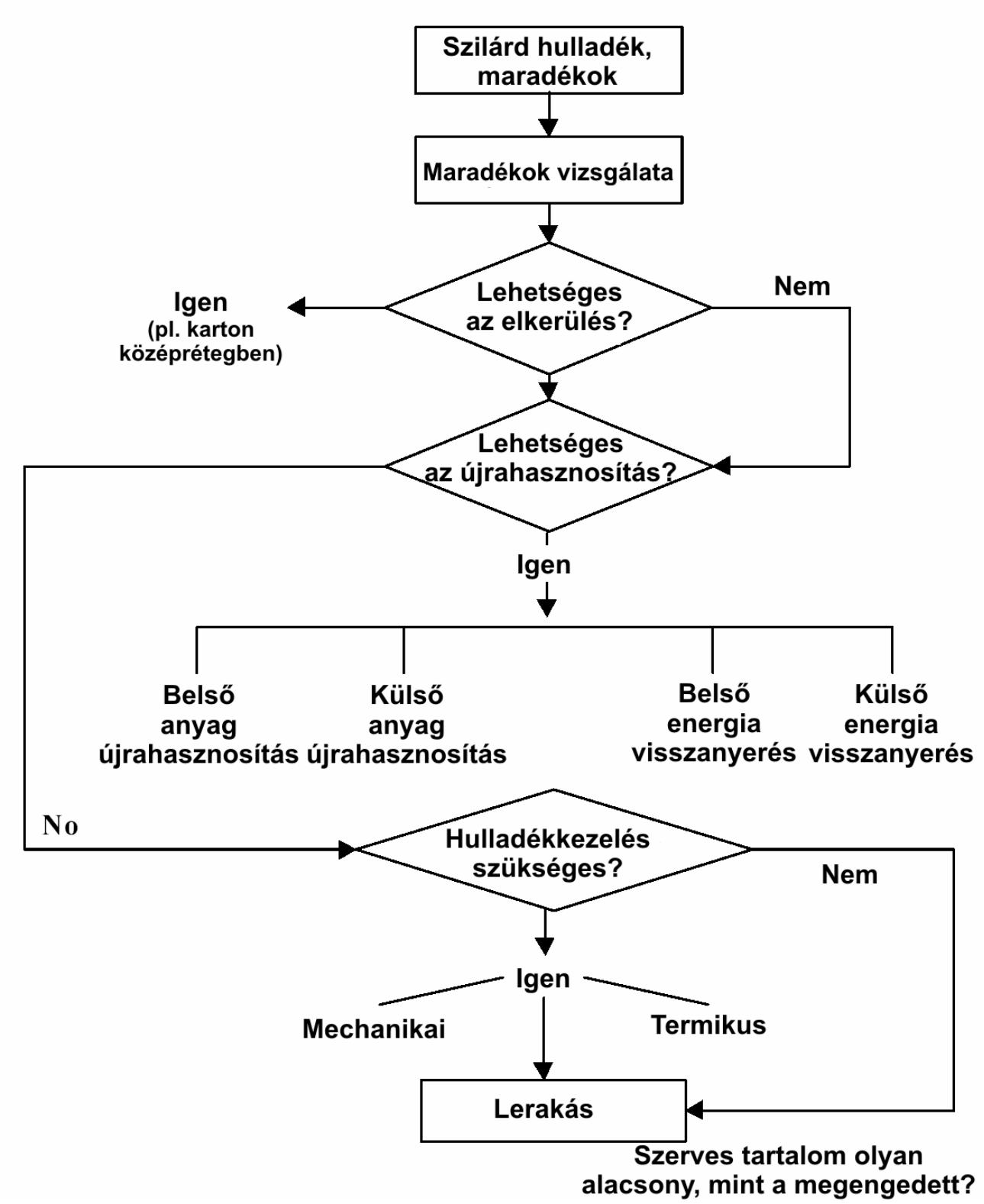
6.4.12 Hulladék kezelési lehetőségek

6.4.12.1 Bevezetés

A papír és karton gyártása maradékok és hulladékok keletkezésével jár. Az európai hulladék katalógus (94/3/ECC) szándéka az, hogy közös terminológiát alakítson ki a közösségi tagállamokra. Azonban Európában még mindig különböző terminológiák vannak használatban a papírgyárakban keletkező különféle hulladék frakciókra. Az európai hulladék katalógus a következő hulladék frakciókat említi a papírgyáraknál:

- Rost és papíriszap
- Az újrahasznosított rostokat használó gyárakban: a papír és karton újrahasznosításból származó osztályozási hulladékok (reject), és a papír újrahasznosításból származó festékmentesítési (deinking) iszap – lásd az 5. fejezetet, amelyben bizonyos átfedés van ezzel a szakasszal.
- A primer rostanyag-gyártással integrált papírgyárakban: kéreg, üledékek és zöldlúg-iszap (a feketelúg kezelésből), lásd a 2, 3 és 4 fejezeteket. Ezekkel itt nem foglalkozunk.
- Hulladékok az ipari felhasználásra való víz-előkészítésből
- Iszapok a szennyvízkezelő üzemekből
- Máshol meg nem nevezett hulladékok.

A hulladék frakciókat különféle módokon szétválasztják, illetve egyesítik, attól függően, hogy milyen lehetőségek vannak az újrafelhasználásra/visszaforgatásra, és a további kezelésre és elhelyezésre. Az egyes hulladék frakciókra vonatkozó adatok alig hozzáférhetők. Gyakran csak az iszap és az osztályozási hulladék (reject) adatokat, vagy néha csak az iszap adatokat adják meg. Ezért a továbbiakban a papírgyári maradékokat egyetlen anyagáramként tárgyaljuk. A legfontosabb maradékfajták az anyag-előkészítőből származó osztályozási hulladékok (reject), a rost és papíriszap, és a szennyvízkezelésből származó iszap.
A hulladékgazdálkodás a hulladék-keletkezés megelőzéséből, az újrafelhasználásból, az anyagában történő újrahasznosításból, komposztálásból, energia visszanyerésből és végső lerakásból áll. Az alábbi döntéshozási fa vázlatos áttekintést ad a főbb hulla-dékgazdálkodási lehetőségekről, és megvilágít néhány fontos szempontot. A papírgyá-rakban a hulladék-kezelésre nem létezik szabványos megoldás.

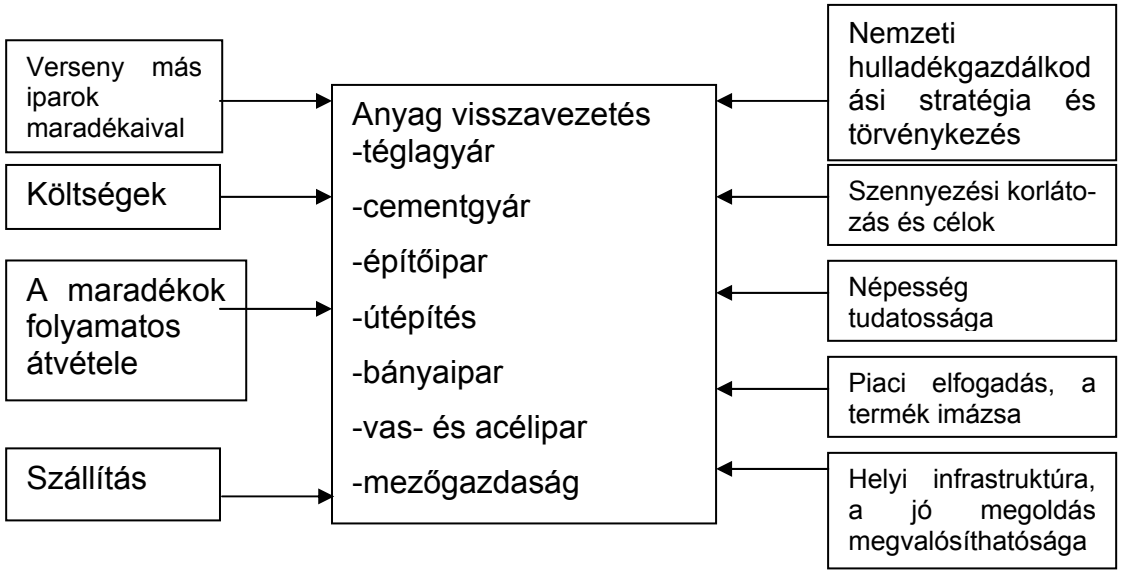


6.17. ábra: Egy lehetséges döntési séma a papírgyári hulladékgazdálkodáshoz
[Hamm szerint, 1996]

A papírgyárak maradékaira – az erőművek vagy kazánházak és a helyszíni égetőművek hamuját kivéve – jellemző a viszonylag nagy szervesanyag-tartalom.
Ennek ellenére a hulladéklerakókban való elhelyezést még mindig elterjedten használják sok európai országban (pl. Egyesült Királyság, Spanyolország). Ugyanakkor a sok tagállamban a nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok hulladéklerakóban való elhelyezését a kormányzatok nehezítik, és a közeljövőben valószínűleg megtiltják. A hulladéklerakásra vonatkozó EU Direktíva támogatja ezt a tendenciát, célértékeket tűzve ki a hulladéklerakóba küldhető biológiailag lebontható (kommunális) hulladékok mennyiségének csökkentésére. Következésképpen a jövőben fontos szerepet fognak játszani az alternatív visszanyerési műveletek, mint az anyagában való újrahasznosítás, és energia-visszanyeréssel párosuló égetés. Ezeket a kezelési lehetőségeket tárgyaljuk a továbbiakban mint a BAT meghatározásánál figyelembe veendő technikákat.

6.4.12.2 Anyagában való újrahasznosítás

A 6.18 ábra ad egy áttekintést az anyagában való újrahasznosítás főbb kezelési lehe-tőségeiről, és a kezelési lehetőségek megválasztását vezérlő tényezőkről.



6.18. ábra: A papírgyári maradékok anyagában való újrahasznosításának lehetőségei és a kezelési lehetőségek megválasztását vezérlő tényezők.
[Hamm, 1996; változtatások az EIPPCB által]

A 6.18. ábrából látható, hogy számos tényező vezérli egy adott papírgyár által választható lehetőségek megválasztását. A főbb tényezők a helyi infrastruktúra, a költségek és az egyéb iparágakból származó maradékok konkurenciája lehetnek. Ez utóbbi különösen lényeges a papíriszap cement- és téglaiparban való hasznosítása esetén.

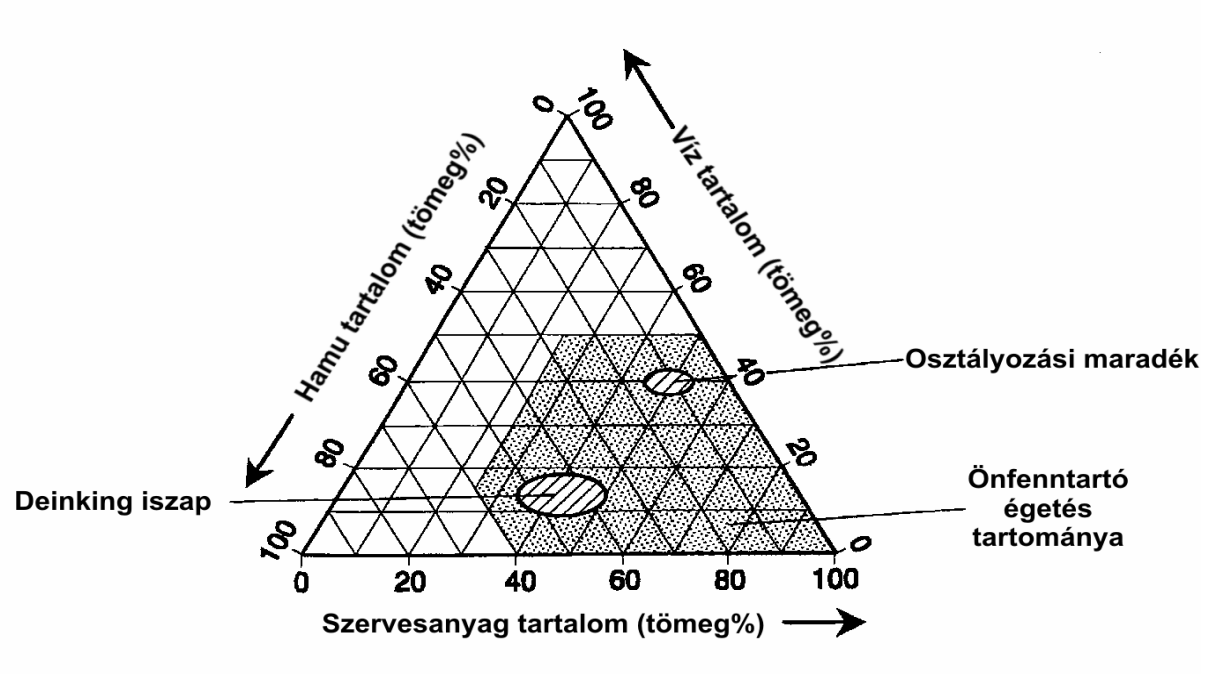
Egyes országokban a papíriszap komposztálása vagy a mezőgazdasági területeken való szétterítése a gyakorlat. Ennél az alternatívánál különösen fontos a potenciális szennyezőanyagok ellenőrzése. Azonban a papírgyárakból származó iszap rendszerint nem tartalmaz több szennyezőanyagot mint a kommunális vízkezelő művekből származó iszap, és a korlátozott mértékű alkalmazás pozitív hatással lehet a talajra (a $CaCO_3$ mint semlegesítő szer a savas talajoknál, a rostok és finomanyagok nedvesség-visszatartása a száraz talajoknál, alacsony nitrogéntartalom).

A talajon való szétterítés megvalósíthatósága erősen függ attól, hogy a tagállamokban mennyire elfogadott az iszap mezőgazdasági területeken való alkalmazása. Egyes tagállamokban ezt a gyakorlatot ösztönzik, mint gazdaságilag előnyös elhelyezési módszert, más tagállamokban aggódnak a papíriszap talajon való szétterítése miatt.
A komposztálásnál a legfontosabb a komposzttal szemben támasztott minőségi követelményeknek való megfelelés, hogy értékesíthető terméket nyerjenek. A különböző mennyiségű papírhulladékkal és papíripari maradékokkal kevert szerves hulladékokból készített komposzt megfelel ezeknek a követelményeknek, mint például az érettségi fok, vagy a növénynevelésre való alkalmasság.
Egy másik lehetőség a papírgyárakból származó iszap kezelésére a cement- és téglaiparban (a porozitás javítására) vagy egyéb építőanyagok gyártásánál való hasznosítás. A cementiparban a papíripari maradékoknak mind az anyag-, mind az energiatartalmát vissza lehet nyerni.

6.4.12.3 Energia visszanyerés

A maradékok és az iszapok szerves vegyületeket tartalmaznak, amelyek a helyszínen vagy máshol energia visszanyeréssel elégethetők az erre a célra kialakított égetőművekben (a helyszíni égetésnél a nem-integrált gyárakban általában nem elegendő az elégetésre szánt iszap mennyisége). Az energia visszanyeréssel működő égetőművek mono-égetőművekre és kombinált égetőművekre oszthatók.
A mono-égetőművekben – általában lebegőágyas, több tűzterű kemencék vagy kazánok a 850-950 °C hőmérséklet-tartományban – kizárólag papíripari hulladékot égetnek. Ezek a berendezések, ha a levegőbe való kibocsátást csökkentő megoldásokat is alkalmaznak, megfelelnek a törvényi előírásoknak, és BAT-nak tekinthetők. További információ található erről ezen dokumentum 5.3.11 fejezetében. Az égetőművekben keletkező hamu hulladéklerakóban helyezhető el, vagy felhasználható az építőiparban.
A papíripari maradékok más anyagokkal kombinált égetése a gyakorlat a cementégető kemencékben, a széntüzelésű erőművekben (lásd az 5.3.11 fejezetet, 2. példa), a kommunális hulladékégetőkben, a nagyolvasztókban (vas- és acélipar), és az öntödék kemencéiben. Ebben az esetben különösen a nagy fűtőértékű maradékok alkalmasak az ásványi tüzelőanyagok (pl. szén, fűtőolaj) helyettesítésére.

A papírgyártási maradékok, mint a festékmentesítési (de-inking) iszap, tisztítási és osztályozási maradékok, vagy a szennyvízkezelésből származó iszap égési viselkedését a 6.19 ábra mutatja be.



6.19. ábra: tüzelőanyag háromszög a papírgyártási maradékokra
(rendelkezésre bocsátotta az IFP)

Az a terület, ahol a víztelenített festékmentesítési iszap, és a víztelenített mechanikai tisztításból és osztályozásból származó maradékok helyezkednek el, vonalkázással van jelölve. Látható, hogy mind az osztályozási maradékok, amelyeknek viszonylag nagy a fűtőértéke, mind a viszonylag nagy hamutartalmú deinking iszap az önnfenntartó égés tartományában helyezkedik el. Az iszapégetésnél a nettó energiatermelés nulla körüli vagy negatív, ha az iszap szárazanyag-tartalma 40 % alatt van, vagy ha az iszap nagyon sok szervetlen anyagot tartalmaz.

A papírgyártási maradékok és az iszap kombinált égetésének a levegőbe történő kibocsátásokra gyakorolt hatása függ az égetett anyag összetételétől. A rost és a papíriszap együttes égetése – különösen a nagy lúgtartalmúak esetében – szén- vagy lignittüzelésű erőművekben vagy egyáltalán nincs hatással a levegőbe történő kibocsátásokra, vagy a szennyezőanyagok mennyiségének enyhe csökkenéséhez vezet. Az SO_2, HCl és HF kibocsátás csökken a nagy lúgtartalmú iszap (de-inking iszap, mázpigmenteket és töltőanyagokat tartalmazó rostos iszap) kombinált égetésekor.

6.4.13 A víztelenítés optimálsa a papírgépek présszakaszában (széles hengerközű prés)

A módszer leírása: a papírgép lényegében egy hatalmas víztelenítési folyamatot alkot. Alapjában három fő részből áll:

- a szitaszakasz alapképzéshez és a gravitációval valamint vákuummal végzett első víztelenítéshez
- a prés-szakasz a nedves papírszalag mechanikai erőkkel végzett további víztelenítéséhez
- a szárítószakasz a papírszalag végső szárazanyag-tartalmúra való szárításához gőzfűtésű hengereken végzett párologtatással.

A prés-szakasz után (lásd a 6.1 ábrát is) a papírszalag szárazanyag-tartalma általában 45-50 %, vagyis 1 kg rostanyaggal kb. 1 kg víz marad. Az „utolsó cseppek” elpárolog-tatásához sok párologtatási energiára és hosszú szárítószakaszra van szükség.
A papírgépen a papír szárításához van szükség a legtöbb energiára (572 kWh/t gőz). Elektromos energia szükséges a hengerek meghajtásához (100 kWh/t) és a vákuum létrehozásához (67 kWh/t). Minél nagyobb a papír szárazanyag-tartalma a prés-szakasz után, annál kevesebb hőenergiára van szükség a végső papírszárításhoz. A szárítószakaszba belépő papírszalag szárazanyag-tartalmának 1%-os növelésével kb. 4 % hőenergiát lehet megtakarítani (kisnyomású, kb. 2 báros gőzben kifejezve). Ezért a papírgépen meg kell tenni az intézkedéseket a szárazanyag-tartalom nedves préseléssel való maximalizálásához.
A hagyományos hengeres présközben a préselési nyomás már elérte a felső határt és nem növelhető tovább a prés-szakaszon való víztelenítés javításához. Helyettesítve a hagyományos rövid hengerközű prést széles hengerközű préssel (présekkel), úgynevezett papucsos préssel, nagyobb préselési impulzust lehet elérni, mint a hagyományos préssel, ennek eredményeként intenzívebb a nedves papírszalag víztelenítése, és nagyobb a papírszalag szárazanyag-tartalma a prés-szakasz után.

Alkalmazhatóság és jellemzés: Folyamatba integrált technika. A papucsos prés alkalmazható mind új, mind már meglévő papírgépeken a legtöbb papírtípusnál (a tissue kivételével), feltéve, hogy elegendő hely áll rendelkezésre a prés-szakaszban, és az építési konstrukció megengedi a nagyobb súlyú papucsos prést. Az alapozásnak alkalmasnak kell lennie a papucsos préses kialakítású berendezés nagyobb súlyához.

A laza szerkezetű (voluminőz) érzékenyebb papírtípusoknál – főként famentes fajtáknál – a kis terhelés (600 kN/m) és hosszú papucs (250 mm) az előnyös. A fatartalmú típusoknál nagyobb terhelést (800 kN/m), és rövidebb papucsot (180 mm) lehet használni.

Még a nagysebességű (ma ez 2000 m/p értéket elérő sebesség) gépekhez is fejlesztettek már ki papucsos prést.

Az elért fő környezeti teljesítmény: A környezetre gyakorolt hatások a papírszárításra fordított hőenergia megtakarításával kapcsolatosak. Már meglévő, csomagoló papírt és kartont előállító papírgépekbe beépített papucsos préssel 5 és 15 %-pont közötti száraz-anyag-tartalom növekedésről számoltak be [IFP, 1998].

A papucsos hengerközű présekben a prés-szakasz hossza, az alkotórészek és a préssziták száma, valamint a sziták élettartama megnövekedett termelés esetén is állandó marad. A papucsos hengerköz lágy hengerköz. Itt kevesebb a kiszolgálási igény, kevesebb a szitafelhasználás és az ebből eredő hulladék, kisebb a rezgés és a zaj. Ez azt jelenti, hogy a papír tonnájára számított kibocsátások kisebbek.
A papucsos prés révén növelhető gépsebesség, miközben fenntartható a jó futathatóság.

A papucsos préselés utáni nagyobb szárazanyag-tartalom eredményeként nő a véglegesen kiszárított papír fajlagos sűrűsége és belső kötési szilárdsága. Az összefüggés majdnem lineáris. A papírszalag nagyobb szilárdsága általában javítja a papírgép futtathatóságát, mivel kevesebb a papírszakadás. Ennek eredményeként jobb a papírgép hatékonysága. Például, ha a papucsos prés beépítése után a nem-tervezett papírpálya szakadások számát napi kettővel csökkentik (mindegyik 20 percig tart) a napi papírgépi termelési kapacitás majdnem 3 %-kal nő.

Gazdaságosság: Egy 5m vágatlan szélességű papírgépen a papucsos prés beruházási költsége összesen kb. 10 millió euró (beleértve a teljes felállítási költséget is). Az üzemelési költségek, beleértve a nemezeket, hengerborításokat, hengercsiszolást, és a papucsos prés meghajtási energiáját, nagyjából akkorák, mint a hagyományos prés költségei. A papírszárításhoz használt gőz a 10–15 Euro/tonna tartományban van, a fajlagos gőzmegtakarítás kb. 2 tonna gőz a papír tonnájára számítva, így a megtakarítás tonnánként 20 és 30 euró között van.

6.4.14 Energia-megtakarítás energia-hatékony technológiák alkalmazásával

Bevezető megjegyzések
A gyártási folyamaton belül sok szakaszon van lehetőség energia-megtakarításra. Általában ezek az intézkedések beruházásokat igényelnek a gyártási berendezések cseréjéhez, átépítéséhez vagy feljavításához. Ugyanakkor ezeket az intézkedéseket nem csupán az energia-megtakarítás céljából alkalmazzák. Ezek azért érdemelnek különös figyelmet, mert egyidejűleg növelik a termelési hatékonyságot, javítják a termékminőséget, és csökkentik az összköltséget. Ezért lényeges, hogy az energia-megtakarítási intézkedések beépüljenek a papírgyártás minden aspektusába és szintjébe. Az energia-hatékony technikák tárgyalásakor mindig szem előtt kell tartani az energiaügyek és az eljárások közötti kapcsolatot (szinergikus hatások). Ezen technikák legtöbbje eljárási előnyökhöz és jobb termelékenységhez vezethet.

Összegezve az energia-megtakarítási lehetőségeket: a közvetlen energia-megtakarításra lehetőséget adó területek az őrlés, a préselés és a szárítás. Azonban miután elvégezték a „jó gazdálkodási” változtatásokat, a szárítás módosítása a leginkább beruházás-igényes eljárás.

Kisebb megtakarításokat adó, de szinergikus előnyökkel is járó intézkedésekre van lehetőség a foszlatásnál, lapképzésnél és az enyvezőprésnél.

Példa: Energia-megtakarítások hő-visszanyerő rendszerek révén
A módszer leírása: A hő-visszanyerő rendszer célja az, hogy csökkentsék a gyár elsődleges energia felhasználását a folyamatból származó hulladékhő gazdaságilag előnyös módon való hasznosításával. A papírgyárban felhasznált hőenergia szinte teljes mennyiségét a papír szárításához használják, így a papírgépen a szárítószakasz a legnagyobb energia-felhasználó. A szárítószakasz által igényelt energia közel 80 %-át elsődleges gőzként viszik be a szárítóhengerekbe, a többi a szárító és kiáramló levegővel, és a papírszalaggal jön.
A szárítószakaszt elhagyó szinte összes energia a kiszívott levegővel távozik. Ennek az energiának kb. 50 %-a, vagyis a papír tonnájára számítva 620 kWh körüli energia visszanyerhető egy hatékony hő-visszanyerő rendszerrel (téli körülmények között).

6.4.15 Intézkedések a zajcsökkentésre

A módszer leírása: Az ipari zajforrások belső és külső zajforrásokra oszthatók. A papírgyártó gépsoron a belső zajforrások száma nagy (lásd a 6.2.2.8 szakaszt). A belső zajszabályozáshoz egy lehetséges intézkedés például új zárt, nagyobb hangszigetelésű burák felszerelése a papírgépre. Ezt azonban nem tárgyaljuk tovább, mert ez kívül esik a jelen dokumentum témakörén (munkakörnyezet). A külső zajszabályozási intézkedésekre példa lehet hangelnyelő zajcsökkentők és/vagy csőrezonátorok felszerelése a levegő-kiszívó ventillátorokból és vákuumszivattyúkból eredő zajszint csökkentésére, és hangszigetelő búrák az épület tetején lévő ventillátorokra.

A zajcsökkentési intézkedéseknek lehetőleg a fő forrásokra kell koncentrálniuk, különösen az összes nyílásra a tetőkön és a falakon. A papírgyár fő külső zajforrásai a gyártási folyamat légtechnikája (folyamatos), a gépterem szellőzése (folyamatos), a vákuumszivattyúk kifúvása (folyamatos), és a gőz-kifúvás (csak alkalmanként).
A zaj megszüntetése az esetek többségében viszonylag drága. Ezért a berendezések kialakítása és a zajcsökkentő intézkedések nagyon fontosak már a projektek korai szakaszában. Amikor már meglévő zajforrásokat kell csillapítani, a zajcsökkentők és a hangszigetelő betétek költségei igen magasak lehetnek.

Példa 1: abszorpciós zajcsökkentők felszerelése (egy francia papírgyárban)
Ebben az esetben az egyenértékű A-súlyozott hangnyomás-szint célértékek a falu papírgyárral határos részeiben nappal 65 dB(A), éjszaka 55 dB(A). A zajforrások mérései azt mutatták, hogy a zárt búra alóli levegőt elszívó ventillátorok a legnagyobb zajforrások között voltak. A számítások megmutatták, hogy ezek 15 dB(A)-val való csillapítása elegendő ahhoz, hogy a hivatkozási pontokon elérjék az 55 dB(A) éjszakai célértéket.

Példa 2: Reaktív csöndesítők felszerelése (egy német papírgyárban)
Ebben az esetben a papírgép vákuumszivattyúiból eredő zajkibocsátás túl nagy zajt okozott a gyárterületen kívüli hivatkozási pontokon. A zajnyomás szintek mérése a vákuumszivattyúk kimenetétől 1 m távolságban feltárta, hogy 160 Hz frekvenciánál zajcsúcs van. Ez a csúcs 10 dB(A)-val magasabb volt, mint bármely más frekvencián. A reaktív csöndesítők (pl. csőrezonátorok) hatásosak kisebb frekvenciákon (500 Hz alatt), és ilyeneket szereltek fel ebben az esetben. A csöndesítők felszerelése utáni mérések azt mutatták, hogy az intézkedés hatásos volt, a csúcs zajszint kb. 28 dB(A)-val csökkent, és a kibocsátási ponton elérték a 26,9 dB(A) célértéket.

6.5 *lérhető legjobb technikák (BAT)*

6.5.1 Bevezetés

Ennek a fejezetnek a megértéséhez visszairányítjuk az olvasó figyelmét ennek a dokumentumnak az előszavához, annak is az ötödik szakaszához: „Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot”. Az ebben a fejezetben bemutatott technikákat és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szinteket vagy szintek tartományait egy iterációs folyamaton keresztül értékeltük, amely a következő lépésekből állt:

- az ágazat számára kulcsfontosságú a környezeti témák beazonosítása, a nem-integrált papírgyáraknál a vízhasználat, a szennyvíz-kibocsátás (KOI, BOI, lebegőanyagok, N és P, AOX), az energiaigény, (gőz és elektromos áram), a szilárd hulladékok, mint a kiosztályozott anyagok (reject), iszap és hamu, a levegőbe való kibocsátások az energiatermelésből (SO_2, NO_x, CO_2, por), a zaj és a vízbe kerülő hulladékhő a legfontosabbak; az utóbbi három a helyi hatásokra vonatkozik;
- Az ezekkel a kulcsfontosságú témákkal való foglalkozáshoz leglényegesebb technikák vizsgálata;
- A legjobb környezeti teljesítmény szintek beazonosítása, az európai unióban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján;
- Azoknak a körülményeknek a vizsgálata, amelyek között ezeket a teljesítményeket elérték, mint például a költségek, a közegeken átirányuló hatások, az ezen technikák bevezetésében szerepet játszó fő hajtóerők;
- Az elérhető legjobb technikák (BAT) és az azokhoz kapcsolódó kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek kiválasztása ehhez az ágazathoz általános értelemben, a 2(11) cikkelynek és a Direktíva IV. mellékletének megfelelően.

A továbbiakban megadott elérhető legjobb technikák, ha más kitétel nincs, alkalmazhatók mind az új, mind a már meglévő üzemekben. A papírgyárakban egy technika alkalmazhatóságát kevésbé vezérli az a tény, hogy a gyár új, vagy már meglévő. A papírgyárakra jellemző, hogy a gépezetet inkább átépítik, semmint teljes mértékben kicserélik. Az üzemek modulrendszerű újjáépítése és fejlesztése azt jelenti, hogy minden egyes gyár a saját elhelyezkedésének és történelmének egyedi terméke. Másrészt a papírgyártás egységműveletek sorozata, amelyek közösek minden országra és minden papírfajtára.
A BAT meghatározásánál figyelembe veendő kritériumok az egye speciális esetekben inkább abban állnak, hogy a fajlagos költségek a kisebb gyárakban viszonylag nagyobbak (lépték gazdaságosság).

6.5.2 BAT a papírgyárak részére

A papírgyárak számára a következő technikák tekinthetők BAT-nak. Az itt következő BAT lista nem vehető kimerítőnek, és egyéb technikák vagy technikák kombinációi, amelyekkel ugyanolyan (vagy jobb) teljesítményt érnek el, szintén megfontolhatók; ilyen technikák fejlesztés alatt lehetnek, vagy kialakulóban lévők, vagy már rendelkezésre állók, de ebben a dokumentumban nincsenek leírva.
Ha az másként nincs megadva, az adatok az éves átlagos értékekre vonatkoznak.

6.5.2.1 Általános intézkedések

1. a személyzet és a gépkezelők oktatása, képzése és ösztönzése. A papírgyárakat emberek üzemeltetik. Ezért a személyzet oktatása nagyon költséghatékony módja

lehet a vízfogyasztás és a káros anyag kibocsátás csökkentésének, mint például a vegyszerek véletlenszerű kiengedése.
2. A folyamatszabályozás optimalizálása. Ahhoz hogy képesek legyünk egyidejűleg különböző szennyezőanyagok csökkentésére, és az alacsonyszintű kibocsátások fenntartására, javított folyamatszabályozás folyamatszabályozásra és mérésre van szükség.
3. Ahhoz, hogy magas szinten tartsuk a papírgyárak műszaki berendezéseinek és az azokhoz kapcsolódó mérséklési technikáknak a hatékonyságát, biztosítani kell az elégséges karbantartást.
4. Szükség van környezetirányítási rendszerre, amely világosan meghatározza a környezeti szempontból lényeges aspektusokért való felelősséget a gyárban. Ez növeli a tudatosságot, és megadja a célokat és intézkedéseket, a gyártási és munkaköri utasításokat, az ellenőrző listákat és egyéb lényeges dokumentumokat.

6.5.2.2 Intézkedések a vízbe való kibocsátások csökkentésére

1. A különböző papírtípusokhoz használt víz mennyiségének minimalizálása a gyártási vizek fokozott visszaforgatásával és vízgazdálkodással. A jó vízgazdálkodás alapját a különböző felhasználási helyeken fogyasztott víz pontos mennyiségének és minőségének ismerete képezi. Azokban a papírgyárakban, amelyek megvalósították a BAT-ot, a friss vizet főként fecskendővízként és a vegyszerek feloldásához vezetik be a folyamatba. A hatékonyabb rost- és töltőanyag-visszanyerési technikák lehetővé tették a kapott tiszta víz felhasználását a papírgép kevésbé kritikus fecskendőiben, és ezáltal a vízvisszaforgatás növelését. Az oldott szervetlen és szerves valamint kolloid anyagok (DisCo) azonban korlátozzák ezeknek a vizeknek a használatát a szitaszakaszon. Az igényelt frissvíz mennyiségét részben a gyártási vízben lévő szennyezőanyagok koncentrációja alapján határozzák meg.
2. A vízrendszerek zárásával kapcsolatos potenciális hátrányok szabályozása. A vízrendszer zárása tudatosságot, ismereteket, és megfelelő intézkedéseket igényel a vízrendszer szabályozásához. A mikrobiális szabályozás, a csővezetékek és a tárolórendszerek megfelelő kialakítása, és az anyagok megválasztása segít a felületek tisztán tartásában és csökkenti a mosási igényt.
3. Kiegyensúlyozott szitavíz, (tiszta) szűrlet, és selejt tárolási rendszer kiépítése, és csökkentett vízfogyasztású konstrukciók, kialakítások és gépezetek használata mindenütt, ahol az gyakorlatilag megvalósítható. Ez általában akkor valósítható meg, amikor a gépezeteket, vagy azok részeit kicserélik, vagy átépítik.
4. Intézkedések a véletlenszerű kibocsátások gyakoriságának és hatásainak csökkentésére. Ebbe tartozik a személyzet betanítása arra az esetre, ha véletlenül vegyszereket bocsátanak ki a kezelő telepre, és megfelelő elővigyázatossági intézkedések a balesetek kiküszöbölésére.
5. A potenciálisan veszélyes vegyületek helyettesítése kevésbé veszélyes anyagokkal.
6. A kibocsátott szennyvíz kezelése kiegyenlítő medence és elsődleges kezelés kiépítésével.
7. A szennyvíz másodlagos vagy biológiai kezelése, és/vagy egyes esetekben a szennyvíz másodlagos kémiai kicsapatása vagy flokkulálása.

Sokféle különböző kezelési lehetőség áll rendelkezésre amelyekkel jó eredmények érhetők el a befogadókba kerülő víz szerves terhelésének csökkentésében. A kiindulási koncentráció és a választott kezelési rendszer függvényében a BAT-hoz kapcsolódó szennyezőanyag-terhelés eltávolítási hatékonyság az alábbiakban megadott szennyezőanyag típusokra a következő:

Kezdeti koncentráció tartomány	Kezelés	KOI eltávolítás	BOI eltávolítás	AOX eltávolítás	Össz szárazanyag a kezelés után	Tápanyag
BOI>500 mg/l	Csepegtető szűrő + aktivált iszap	80-90%	95+%	30-50%	Konc. 30 mg/l alatt	wwtp-ben adagolva
BOI>500 mg/l	Csepegtető szűrő (előkezelés)	50-60%	60-70%	30-50%	Konc. nagy, 100 mg/l körül	wwtp-ben adagolva
BOI>100 mg/l	Aktivált iszap[1),2)]	75-90%	90-95+%	30-50%	Konc. 30 mg/l alatt	wwtp-ben adagolva
BOI<150 mg/l	Bioszűrés	40-60%	60-80%	30-50%	Konc. 10 - 30 mg/l	wwtp-ben adagolva
Megjegyzések: wwtp = szennyvíz-kezelő üzem 1) Ez a hatás a kis terhelésű aktivált iszapos rendszerre érvényes, 0,1 és 0,2 kg BOI/kg szárazanyag aránynál 2) néhány alkalmazásnál nagy terhelésnél is jó eltávolítási hatásfok érhető el						

6.28. táblázat: Példák papírgyári szennyvizek tisztítására alkalmas biológiai kezelő rendszerek eltávolítási hatékonyságára

BAT-nak tekinthető a papírgyárból, vagy papírgyárak konzorciumából származó szennyvizek kommunális biológiai szennyvízkezelő telepen végzett közös kezelése is, amennyiben hasonló eltávolítási hatékonyságokat érnek el ezzel a közös kezeléssel.

A 6.30 táblázat bemutatja néhány jó teljesítményűnek tartott nem-integrált európai papírgyárban elért kibocsátási szinteket.

Papírgyári példák	Elért emissziós értékek a biológiai tisztítás után						Kezelés módja
	KOI mg/t	BOI_5 kg/t	AOX kg/t	Össz sz.a. kg/t	Elfolyás m^3/t	Termelés, t/év (1997)	nornál/ kis terhelés
1. gyár: mázolatlan finompapír, S	0,63	0,3	nincs adat	0,2	2,6	150000 (’98)	csepegtető szűrő+mozgóágyas reaktor
2. gyár: mázolatlan finompapír,NL	1,5	0,4	nincs adat	0,3	14	nincs adat	nincs adat
3.gyár: mázolt/má-zolatlan finom-papír, D	0,44	0,1	0,0007	nincs adat	4,5	1000020	csepegtető+aktivált iszap
4. mázolt finompapír, NL	0,93	0,17	<0,01	0,23	13,8	nincs adat	nincs adat
5. mázolt papír, S	0,95	0,17	0,0025	0,26	9,35	180000	mozgóágyas reaktor+kémiai lecsapás
6. mázolt	0,4	0,1	nincs	0,2	14	125000	Aktivált iszap

finompapír, F			adat				
7. mázolt finompapír, F	0,8	0,3	nincs adat	0,2	14	125000	Csepegtetés+aktivált iszap
8. mázolt finompapír, F	0,4	0,2	nincs adat	0,4	11,5	160000	Aktivált iszap
9. tissuepapír (primer rost), F	1,5	0,4	nincs adat	0,2	20	nincs adat	Aktivált iszap
10. tissuepapír (primer rost), D	0,67	0,11	0,005	nincs adat	11,5	97000	Aktivált iszap

6.30. táblázat: Példák néhány jó teljesítményű európai papírgyárban a biológiai kezelés után elért évi átlagos vízbe történő kibocsátásra (hivatkozási év: 1997).
A lista azokat a gyárakat tartalmazza, ahol rendelkezésre álltak az adatok, illetve megadták azokat, ezért nem tekinthető teljesnek. Az adatok személyes megkeresésekből származnak. Az alkalmazott mérési módszer az, amelyet az adott országban használnak. Svédországban a BOI adatok mint BOI_7 vannak megadva.

Feltételezve, hogy a szennyvízkezelő üzem kialakítása és kapacitása megfelelő, és képzett gépkezelők által megfelelően van üzemeltetve és szabályozva, a BAT technikák kombinációjához kapcsolódó kibocsátási szinteknek azokat tekintik, amelyek a 6.31 táblázatban meg vannak adva. A szennyvízterhelésbe nincs beszámítva a rostanyag-gyártás hozzájárulása.

Annak ellenére, hogy milyen nagy számú különböző papírterméket gyártanak, megállapítható, hogy azokban a papírgyárakban, amelyek megvalósították a BAT-ot, viszonylag hasonlóak a vízbe való kibocsátások. Az alkalmas szennyvízkezelés utáni kibocsátások szerint tekintve a különböző papírgyártási kategóriákat, nem állapítottak meg további lényeges különbségeket a papírfajták között (kivéve speciális papírgyárakat; lásd a 6.4.3 fejezetet).

Paraméter	Egység	Mázolatlan finompapír[1]	Mázolt finompapír[2]	Tissue[3]
BOI_5	kg/t	0,15-0,25	0,15-0,25	0,15-0,4
KOI	kg/t	0,5-2	0,5-1,5	0,4-1,5
Össz szárazanyag	kg/t	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4
AOX	kg/t	<0,005	<0,005	<0,001[4]
Össz P	kg/t	0,003-0,01	0,003-0,01	0,003-0,015
Össz N	kg/t	0,05-0,2[5]	0,05-0,2	0,05-0,25
Szennyvíz mennyiség	m^3/t	10-15[6]	10-15	10-25[7]

Megjegyzések:
1) Az összetétel lehet pl 100% feh. szulfátcell. + töltőanyag (15-30%) + enyvezőanyag. A felső KOI és BOI értéékek az anyagában enyvezett papírra vonatkoznak.
2) Az összetétel lehet pl 100% feh. szulfátcell. + töltőanyag + mázanyag 20-40%. A papír mindkét oldalon felületileg enyvezett és mázolt.
3) A rostösszetétel 100% cellulóz.Tissue gyártáshoz használhatók primer és szekunder rostkeverékek is, l. 5.4.2. fejezet
4) A nagyobb AOX értéket olyan nedvesszilárdító okozhatja, ami klórtartalmú szerves vegyület
5) A színes termékek N tartalma nagyobb lehet, ha azo-színezéket használnak
6)Azok a gyárak, amelyek színes és erős színű papírokat gyártanak, a frissvíz-felhasználás általában nem szorítható 17 m^3/t alá.
7)A felülettömeg és a gépsebesség változtatása jelentős hatással van a fajlagos vízfogyasztásra (SWC). Kis feülettömeg (egész 12 g/m^2-ig) és kisebb gépsebesség nagyobb SWC-vel jár.

6.31. táblázat: A BAT használatához kapcsolódó évi átlagos kibocsátási és fogyasztási szintek nem-integrált finompapír, mázolt finompapír és tissue gyárakban.

A 6.31 táblázatot az alábbi kiegészítő magyarázatokkal együtt kell olvasni:
BOI: A jól megtervezett kezelő telepeken a BOI szinte teljesen eltávolítható (95% fölötti eltávolítás) a papírgyári szennyvizekből, amikor a szén-foszfor-nitrogén arányt és az oxigén-ellátást megfelelő értéken tartják, és jól szabályozzák. Zavarok esetén, vagy ha az üzemelési paraméterek valamelyike kezd eltérni a célértéktől, az elfolyóvíz BOI koncentrációja elkezd nőni.

KOI: Attól függően, hogy milyen papírfajtát gyártanak, milyen technikákat alkalmaznak a kibocsátások megelőzésére és szabályozására, és mekkora az egy tonna termékre számított vízmennyiség, a papírgyárakból származó szennyvíz a kezelés után 50-150 mg KOI-t tartalmaz literenként.

TSS (lebegőanyag): Normális üzemelési körülmények között a másodlagos derítőből származó víz elég tiszta, és a lebegőanyag tartalma 20 és 30 mg/l között van. Ez tonnánként 0,2-0,4 kg TSS kibocsátásnak felel meg.

AOX: Manapság a klórozott szerves vegyületek kibocsátása nagyon kicsi, mivel a nem-integrált papírgyárakban használt vásárolt cellulóz általában vagy ECF vagy TCF fehérített cellulóz.

N és P: A biológiai kezelő telepen általában adagolnak ásványi tápanyagokat, hogy fenntartsák a C:P:N egyensúlyt, amely kritikus fontosságú az eleven biomassza növekedéséhez. Ahhoz hogy megtalálják és megtartsák az egyensúlyt a biológiailag lebontható szén-, nitrogén- és foszforvegyületek között, szükséges az adagolt ásványi tápanyagok bizonyos finombeállítására.

6.5.2.3 Intézkedések a levegőbe történő kibocsátások csökkentésére

A nem-integrált papírgyárakban a levegőbe történő kibocsátások főként a gőzkazánokhoz és az erőművekhez kapcsolódnak.
Ezért az általánosan elismert BAT technikákat csak röviden említjük meg ebben a részben.

1. Kis NO_x kibocsátású technológiák bevezetése a segédkazánokban

2. A gőzkazánokból származó SO_2 kibocsátások csökkentése kis kéntartalmú olaj és szén használatával, vagy az SO_2 kibocsátások szabályozásával
3. Kombinált gőz- és elektromos energia-termelés alkalmazása
4. Megújítható források, mint fa vagy fahulladék használata a fosszilis CO_2 kibocsátások csökkentése érdekében (csak akkor alkalmazható, ha a papírgyártás integrálva van a primer rostanyag előállításához).

Megjegyzendő, hogy a cellulóz- és papíriparban a segédkazánok mérete nagyon váltakozó (10-től egészen 200 MW-ig). A kisebbek esetében csak a kis kéntartalmú tüzelőanyagok használata, és az égetési technikák alkalmazhatók ésszerű költséggel, míg a nagyobbaknál a szabályozási intézkedések is.

A papír tonnájára számított fajlagos atmoszférikus kibocsátási terhelések helyspecifikusak. A termék tonnájára számított kibocsátások közötti különbségeket két fő szempont okozza: az energiaellátás fajtája, beleértve a használt tüzelőanyagot, és a levegőbe való kibocsátás mérséklését, valamint a termék egy tonnájához felhasznált gőz vagy elektromos áram mennyisége.

Az első szempont, a gáz, fűtőolaj vagy szén, fa vagy elektromos áram közötti választás nagyban függ a fennálló gazdasági körülményektől, és kívül esik ezen dokumentum hatókörén annak meghatározása, hogy ezen tüzelőanyagok közül melyik képviseli a BAT-ot. Mindazonáltal, ahol elérhető a földgáz ellátás, és ahol a gazdasági körülmények lehetővé teszik annak használatát, a földgáz használata BAT-ot képviselő technikának tekinthető.
Ahol fűtőolajat használnak, ott 1%, vagy annál kisebb kéntartalom tekinthető BAT-nak.

6.5.2.4 Intézkedések a szilárd hulladék csökkentésére

1. A szilárd hulladék keletkezésének minimalizálása, és amennyire csak lehetséges, az újrahasznosítható anyagok visszanyerése, újrafelhasználása és újrahasznosítása.
2. A hulladékfrakciók elkülönített gyűjtése keletkezési forrásuknál, és ha szükséges, a maradékok/hulladékok átmeneti tárolása, hogy lehetővé tegye nagyobb részarány újrafelhasználását, vagy visszaforgatását a hulladéklerakóban való elhelyezés helyett.
3. A rost- és töltőanyag-veszteségek csökkentése.
4. A mázolási szennyvizek visszanyerése és visszaforgatása.
5. Az iszap előkezelése (víztelenítés) a további hasznosítás vagy hulladéklerakás előtt. Számos technika áll rendelkezésre a maradékok és az iszap víztelenítéséhez.
6. A hulladéklerakóba kerülő hulladékok mennyiségének csökkentése. A visszanyerési lehetőségek beazonosítása, és – ha megvalósítható – a hulladékok hasznosítása anyagában való visszaforgatással, vagy energia-visszanyeréssel párosuló égetéssel.

A hulladéklerakóba kerülő hulladékok mennyisége főként a hasznosítási foktól és a választott kezelési lehetőségektől függ. A kezelési lehetőségek megválasztását befolyásolják olyan tényezők, mint a helyi infrastruktúra, a költségek és az egyéb iparágakból származó hulladékok konkurenciája. Megjegyzendő, hogy kevés részletes és megbízható információ áll rendelkezésre a szilárd hulladékok elérhető mennyiségéről.

6.5.2.5 Energia-megtakarítási intézkedések

Általánosságban ebben az ágazatban BAT-nak tekintik az energia-hatékony technológiák. A gyártási folyamaton belül sok részfolyamatnál számos lehetőség áll rendelkezésre az energia-megtakarításra. Általában ezek az intézkedések a gyártási berendezések cseréjére, átépítésére

vagy feljavítására irányuló beruházásokhoz kapcsolódnak. A léptékgazdaságosság miatt a kisebb gyárak kevésbé képesek befektetni az új energia-hatékony technológiákba.

A gőz- és elektromos energiafogyasztás csökkentésére számos intézkedés áll rendelkezésre:

1. Monitoring rendszer kiépítése az energiafogyasztás és teljesítmény nyomon követésére.
2. A papírszalag hatékonyabb víztelenítése a papírgép prés-szakaszán széles hengerközű (papucsos) préselési technológia használatával (ez nem vonatkozik a tissue gyárakra).
3. Energia-hatékony technológiák használata, pl. nagysűrűségű foszlatás, a legjobb gyakorlat szerint végzett őrlés, állítható sebességű meghajtások a ventillátorokhoz és szivattyúkhoz, nagy hatékonyságú elektromos motorok, az elektromos motorok jó méretezése, a gőzkondenzátum visszanyerése, a szárazanyag-tartalom növelése az enyvezőprésben, vagy az elszívott levegőből a hőt visszanyerő rendszerek.
4. A közvetlen gőzfelhasználás csökkentése körültekintő folyamatintegrálással, „pinch” elemzés használatával.

6.5.2.6 Zaj csillapítás

BAT a papírgyárak környezetében hallható zajszintek csökkentése. Az alkalmazott intézkedések nagymértékben függnek az adott gyár speciális zajproblémájától, és a kitűzött célértékektől. Általában ezek sokkal szigorúbbak, amikor agyár lakóterület szomszédságában helyezkedik el.

6.5.2.7 Vegyszerhasználat

Általánosságban a vegyszerhasználatnál az alábbiakat tekintjük BAT-nak:

1. Rendelkezésre kell állnia egy adatbázisnak mindegyik használt vegyszerről és adalékról, amely tartalmazza az információt a vegyületek kémiai összetételéről, lebonthatóságáról, az emberekre és a környezetre való toxikusságáról, és a biológiai felhalmozódási potenciáljáról.
2. A helyettesítés elvének alkalmazása, azaz kevésbé veszélyes vegyületek használata, amikor ilyenek rendelkezésre állnak.
3. Intézkedések, hogy elkerüljék a talajra és vízbe való véletlen kibocsátásokat a vegyszerek kezelésekor és tárolásakor. A létesítményeket úgy kell kialakítani és üzemeltetni, hogy veszélyes vegyületek ne szabadulhassanak ki.

6.5.3 BAT a különleges papírgyárakra

A különleges papírgyárak egy nagyon összetett csoportot alkotnak, nagyszámú különböző termék tartozik ide. Gyakran vannak közöttük kisebb gyárak, de sok közülük eléri azt a küszöböt, ahol már IPPC engedélyezésre van szükség (20 t/nap). Az egyes termékek rostanyag összetétele jelentősen eltérhet, és tartalmazhat fehérített vagy fehérítetlen vegyi rostanyagot, vegyi és ásványi rostokat, vagy más rostokat (pl. gyapot, len, kender, juta, szalma, rongy vagy alga).
Másrészt viszont a legtöbb olyan technika, amit általában BAT-nak tekintenek a papírgyárak számára, alkalmazható ezekre a gyárakra is de gyakran eltérő mértékben. A vízbe történő kibocsátásokra kiegészítő magyarázatokat adunk az alábbiakban.

A szennyvíz biológiai kezelését BAT-nak tekintik azoknál különleges papírgyáraknál, amelyeknél nagyobbak a szervesanyag terhelések, például az intenzív őrlés miatt (amelynek során a szervesanyagok egy része kioldódik), vagy a használt vegyi adalékok miatt, amelyek a

szennyvízben végzik. Más gyáraknál a szervesanyag terhelés túl kicsi lehet a biológiai kezeléshez.
A különleges papírgyárakban a többi gyáréhoz hasonló koncentráció értékek érhetők el a BOI-ra (25 mg/l) és a TSS-re (20-40 mg/l). Az ennek eredményeként a befogadókba kerülő terhelés – ami a KOI-ban kifejezett szerves terhelést jelenti – gyakran nagyobb, mint más papírgyáraknál, a nagyobb vízmennyiségek miatt.
A felhasznált fajlagos vízmennyiség jelentősen változhat, a terméktulajdonságoktól és az alkalmazott eljárásoktól függően. De a különleges papírgyárakban is vannak lehetőségek a vízfogyasztás minimalizálására.

Egyes különleges papírgyárak adalékok széles körét alkalmazzák bizonyos terméktulajdonságok elérésére. Ezen vegyszerek között lehetnek olyanok, amelyek klórozott szerves vegyületeket, vagy szervesen kötött nitrogént tartalmaznak, ami nagyobb tápanyag és AOX kibocsátáshoz vezet.
A 6.34 táblázatban bemutatott kibocsátási tartományok nem ugyanazon a háttérinformáción alapulnak, mint az ebben a dokumentumban az egyéb papírfajtáknál tárgyalt megfelelő kibocsátási szintek. Ezek inkább csak jelzik a nem-integrált különleges papírgyárak egyes típusainál várható kibocsátási szinteket.

Paraméter	Egység	Tartomány
BOI_5	kg/t	0,15-1,3
KOI	kg/t	0,4-7,0
Össz szárazanyag	kg/t	0,3-1,0
AOX	kg/t	<0,005-0,01
Össz P	kg/t	0,01-0,04
Össz N	kg/t	0,15-0,4
Szennyvíz mennyiség	m^3/t	15-50[1)]
Megjegyzés: 1) A fajlagos vízfogyasztás néha meghaladja a 100 m^3–t.		

6.34 táblázat: A vásárolt cellulózra alapozott nem-integrált különleges papírgyárak egyes típusainál várható kibocsátási szintek

6.6 *Kialakulóban lévő technikák*

Ebben a részben néhány olyan „ígéretes” technikával foglalkozunk, amelyek (még) nem tekinthetők BAT-nak, mivel fejlesztési szakaszban vannak.

6.6.1 Bevezetés

A legújabb fejlesztések és a várható technológia azt mutatják, hogy a jövő papírgyára nagyjából a következő jellemzőkkel írható le:

- A papírgyári vízfogyasztás és a fajlagos kibocsátások csökkentése a növekvő víz újrafelhasználás, a zárt vízkörök, és a belső vízkezelés révén.
- Az elektromos energia-fogyasztás növekedése (ez gyártás-specifikus).
- A papírgyári zajszint csökkenése.

A dinamikus szimuláció és a teljes üzem integrálási eszközök új segítséget fognak nyújtani a teljes papírgyártási folyamat irányításának komplex optimalizálási feladatához. A papírgépeken gyorsan fog növekedni az automatizálás és „intelligencia”, és beágyazódik a papírgépbe.

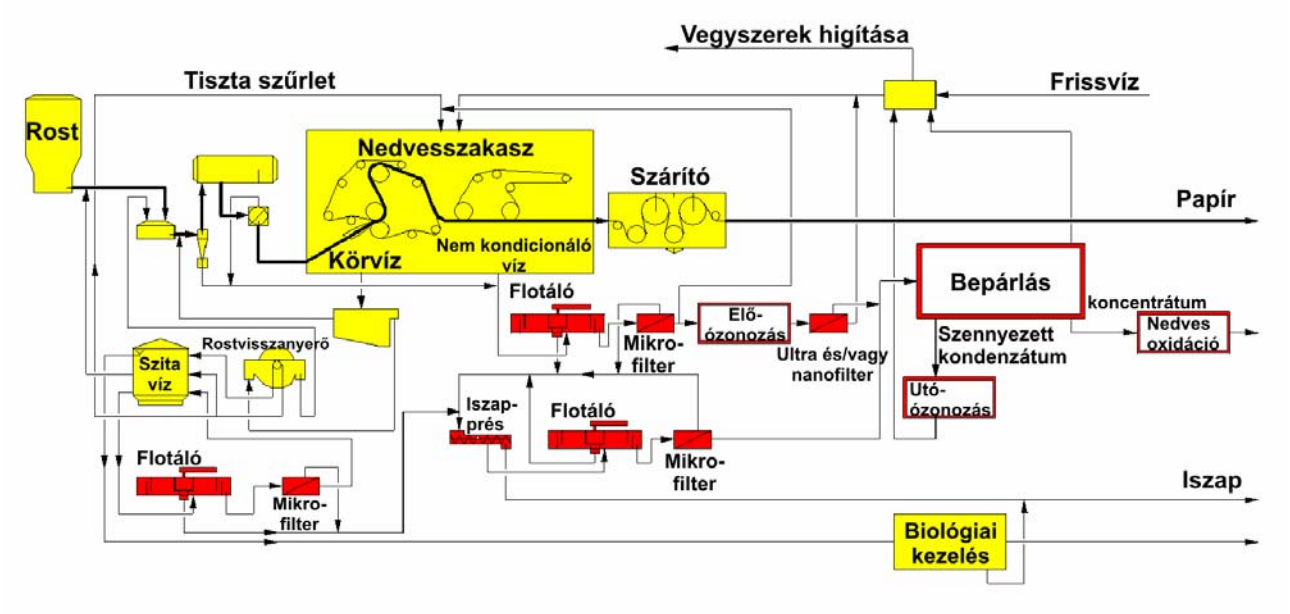
Az új komplexebb technológiákba való beruházás költsége jelentős tényező a papírgyárak nyereségességében, és a nagy egységeknek kedvez. Várhatóan folytatódik a nagy gyárak jelenlegi tendenciája. A növekvő hatékonyság és a kibocsátások csökkenése egymással kéz a kézben járnak.
A következő részben bemutatjuk a nyersanyag-felhasználás és a kibocsátások csökkentésének ígéretes újszerű technikáit.

6.7 *Újabban kifejlesztett technikák*

6.7.1 Minimális szennyvíz-kibocsátású papírgyárak – a vízkörök optimális kialakítása és haladó szennyvíz-kezelési technikák

Leírás: A cellulóz- és píriparban a haladó szennyvízkezelés főként a további biológiai-membrán-reaktorokra, a membránszűrési technikákra, mint a mikro-, ultra- vagy nanoszűrés, az ózonos kezelésre és a bepárlásra összpontosít.
Ezek a technikák különösen alkalmasak arra, hogy gyártási folyamaton belüli (in-line) kezelésre, úgynevezett „vesék”-ként alkalmazzák az olyan vegyületek jól célzott eltávolítására, amelyek negatívan hatnak a papírgyártás hatékonyságára, vagy a papírminőségre.

A 6.25 ábra bemutat egy példát arra, hogyan lehet alkalmazni a membránszűrés, az ózonos kezelés és a bepárlás kombinációját a gyártási víz kezelésére egy papírgyárban.



6.25. ábra: Eszköztár a papírgépi vizek lehetséges belső kezelésére és újra felhasználására [Edelmann, 1997]

Fejlesztési állapot: ezen technikák némelyikét csak félüzemi méretben alkalmazzák. A papírgyári teljesméretű alkalmazás tapasztalatai világszerte csak néhány gyárra korlátozódnak. Az alkalmazott technikától függően még vannak üzemelési problémák, és viszonylag nagyok a költségek.

Azonban új gyárak építésénél, vagy meglévő gyárak feljavításánál és kapacitásnövelésénél ezek a technikák komolyan megfontolhatók. Ezek a vízvisszanyerési technikák használhatók a

frissvíz-fogyasztás csökkentésére a már meglévő papírgyárakban is, anélkül hogy a vízrendszer teljes zárása lenne a szándék.

A papíripari vízkezelési technológiák állapota az alábbiakban összegezhető:

- Rostvisszanyerő szűrők (általános technika). Az újrahasználható szupertiszta szűrlet mennyisége növelhető.
- Flotálás (iparilag igazolt).
- Mosó prések (iparilag igazolt).
- Osztályozási selejt (reject) és iszap víztelenítési technika (iparilag igazolt)
- A hagyományos biológiai kezelés különböző változatai, pl. eleveniszapos (egylépcsős vagy kétlépcsős, hordozóanyaggal vagy anélkül), csepegtető szűrő (eleveniszappal kombinálva), egyedülálló bemerülő bioszűrők (egy- vagy kétlépcsős) vagy eleveniszappal kombináltak. Ezek a technikák mind iparilag igazoltnak tekinthetők.
- Biológiai „in-line" kezelés (az első ipari alkalmazások már megvalósultak).
- Előszűrés + membránszűrés (UF, NF) (az első ipari alkalmazások már megvalósultak).
- Előszűrés + bepárlás (az első ipari alkalmazások már megvalósultak). Ha a frissvizet bepárlással nyert vízzel helyettesítik, az valószínűleg nem jár hatással a kémiára és a papírgyártásra.
- Ózonos kezelés (az első ipari alkalmazások hamarosan várhatók). Ha a frissvizet részlegesen tisztított vízzel helyettesítik, felhalmozódhatnak a zavaróanyagok. Például a kezelés nincs hatással a szervetlen sókra, és ezek kölcsönhatásba léphetnek a gyártási vegyszerekkel és a berendezésekkel. Az ózonos kezelést még mindig viszonylag drágának tartják, és kevésbé drága alternatívákat kell kifejleszteni. Az említett potenciális hatásokat szabályozni kell, és gyarapítani kell a vízminőségre vonatkozó tudást.
- A gyártási víz enzimes kezelése (kutatási szakaszban).

Környezeti összefüggések: A haladó hulladék/gyártási víz kezelési technológiák célja általában az, hogy eltávolítsák azokat a szennyezőanyagokat, amelyeket nem távolított el a közönséges biológiai kezelés, például az eleveniszapos telepek használatával.

6.7.2 Impulzus technológia a papír víztelenítésére

Leírás: A cellulóz- és papíriparban az új víztelenítési technikák, például az impulzus technológia kifejlesztésének hajtóereje a papírtulajdonságok javítása. Ez a technológia alkalmas az energia-megtakarításra is.
Az impulzus technológia lehetőséget ad arra, hogy nagy szárazanyag-tartalmat érjenek el az impulzus egység után, és így hőenergiát takarítsanak meg az ezután következő szárításnál. Egy közönséges prés-szakaszon a papírszalag kb. 40 % szárazanyag-tartalmat ér el. A nyújtott hengerközű présekben a papír kb. 50 % szárazanyag-tartalmat tud elérni. Az impulzus víztelenítéssel egyes jelentések állítása szerint 55-65 % körüli szárazanyag-tartalmat értek el a szárítószakasz előtt, ami lehetőséget ad a hőenergia-fogyasztás csökkentésére.

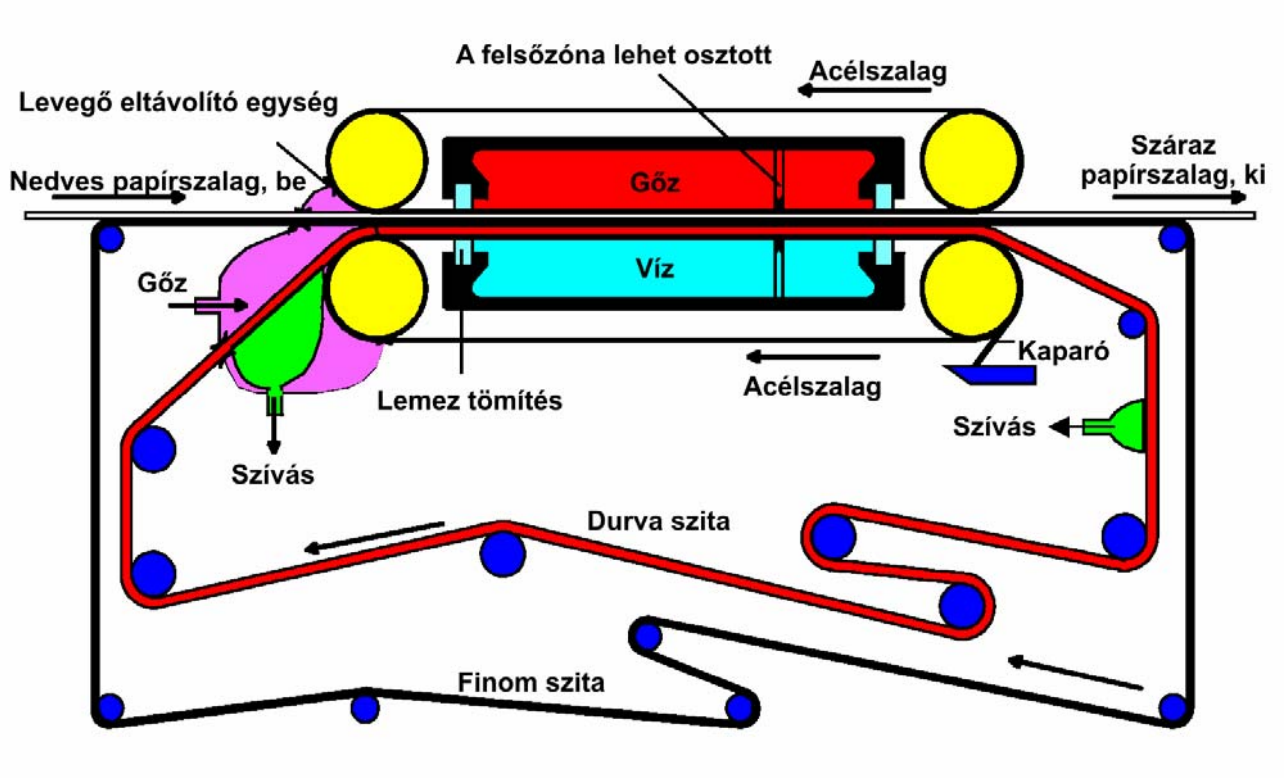
Az impulzus technológia megpróbálja a préselést és a szárítást egy kompakt műveletben kombinálni. A nedves papírszalagot nyomás alatt egy intenzív hőenergia impulzusnak teszik ki a papírgépben a préselem és egy fűtött elem között.

Amikor a papírszalag érintkezésbe kerül a forró felülettel, a keletkező gőz elkezdi kiszorítani a vizet a papírszalagból. A szalag forró oldala összenyomódik a termikus lágyulás miatt, és kémiailag is módosulhat. Rögtön az első egység után a papírszalag belép egy második impulzus lépcsőbe. A második lépcsőben, amelyik az ellenkező oldalról fejt ki hatást, a

vízkiszorítás az ellentétes irányban megy végbe. A két impulzusos lépcsőt megfelelően ki kell egyensúlyozni, hogy szimmetrikus lapot gyártsunk.

6.7.3 A Condebelt eljárás

Leírás: A Condebelt szárítási eljárás egy új módja a papír és karton szárításának. Eredetileg az eljárással egyszerűen csak javítani kívánták a papír és karton szárítását, és csak később derült ki, hogy jelentősen növeli a szilárdsági tulajdonságokat. A Condebelt szárítási eljárásban a présszakaszról érkező papírszalagot két acélszalag között szárítják a hagyományos gőzfűtésű hengerek helyett, amint az a 6.26 ábrán látható.



6.26. ábra: A Condebelt szárítási eljárás vázlatos ábrája (magas Z-nyomás típusú)

A papírszalag egy gőzfűtésű felső és egy vízhűtésű alsó acélszalag között halad. A forró fölső szalag elpárologtatja a papírban lévő nedvességet, amely ismét kondenzálódik a hűtött alsó szalagon. A vizet az acélszalag és egy durva szita szállítja el. A papírszalag és a durva szita között elhelyezkedő finom szita csökkenti a hátoldali szitamarkírozást. A forró acélszalaggal érintkező papírfelület nagyon simává válik. A papíron belül a nagy nyomás és a magas hőmérséklet a rostanyagban lévő hemicellulóz és lignin meglágyulását okozza, ami egymáshoz „hegeszti" a rostokat. Ez nagyobb szilárdságot eredményez, és jobb védelmet a nedvesség káros hatásaival szemben. Így gyakran meg lehet lenni felületi enyvezés nélkül is, bár általában használni szokták.
A Condebelt® szárítás jelentősen javítja a szilárdságot (20-60 %), a felületi simaságot, a méretstabilitást, és a nedvességgel szembeni ellenállást. A Condebelt szárítás alkalmazásával az újrahasznosított rostokkal is ugyanolyan szilárdsági értékeket lehet elérni, mint a primer rostokkal hagyományos szárítással.

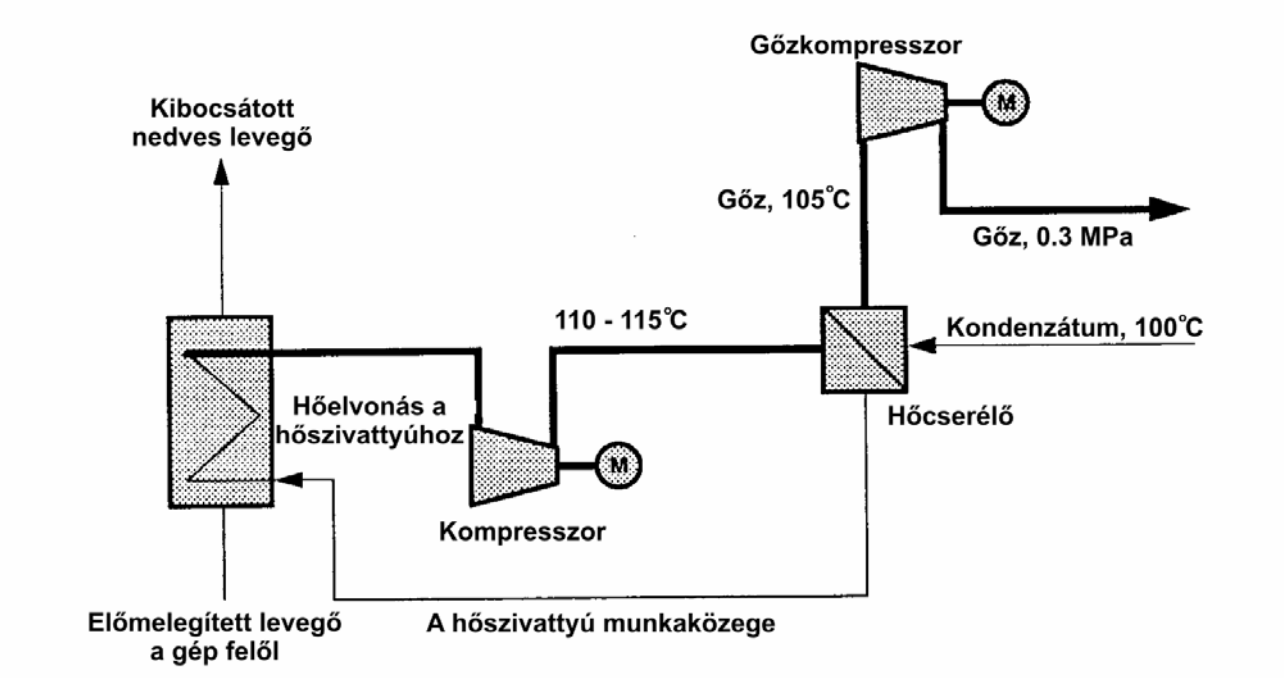
Fejlesztési állapot: Jelenleg (1999) Két Condebelt szárítási eljárás működik ipari méretben. Az első 1996 májusa óta üzemel a Stora Enso Pankakowski gyárában Finnországban, ahol

duda kartont, línerkartont és speciális kartonokat gyártanak. A másodikat 1999 januárjában üzemelték be Koreában, a Dong Il Paper Mfg. Co. Ltd. ansani gyárában Dél-Koreában, ahol línerkartont és flutingot gyártanak.
Figyelembe véve, hogy már két teljes méretű egység üzemel, a Condebelt is elérhető tekinthető, amely elérte az ipari szintet, nem pedig „kialakulóban lévő" technikának. Azonban a Condebelt szárításba való beruházás fő hajtóereje nem a környezet védelme, hanem a jelentősen javuló terméktulajdonságok.

Környezeti összefüggések: Ennek az új szárítási technológiának a használata nem eredményez jelentős közvetlen energia-megtakarításokat.

6.7.4 Belső hőszivattyúk

Leírás: A hőszivattyúkat arra használják, hogy hőt pumpáljanak át egyik közegből (pl. levegő) egy másikba (pl. víz). A 6.27 ábra bemutat egy papírgépi alkalmazást.



6.27. ábra: Gyártási hőt termelő rendszer hőszivattyúval

6.8 *A hőforrás a papírgépi nedves levegő*

Fejlesztési állapot: A hőszivattyúkat sok helyen alkalmazzák a cellulóz- és papíriparban, de a beruházási költségeik elég magasak, és ez gátolja az ilyen berendezések használatát. Ezen kívül, a hagyományos munkaközeghez kapcsolódó környezeti problémák még inkább megnehezítik a hőszivattyúk használatát, még akkor is, ha a hőszivattyúk termodinamikája nagyon előnyös.

7 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AJÁNLÁSOK

Ez a fejezet az elvégzett munka időbeosztásával; az információ forrásával hozzáférhetőségével és minőségével; az elérhető legjobb technikák általános kérdéseivel; a TWG szakértők közötti konszenzus és további munkákra vonatkozó ajánlásokkal foglalkozik.

7.1 *A munka időbeosztása*

A jelenlegi BREF összeállítás majdnem három évet vett igénybe. A fő lépések az alábbiak voltak:

- A Műszaki Munka Bizottság (TWG) első ülése hét napos volt és 1997 május 5-6-án tartották meg.
- A dokumentum bevezetőjének első változatát 1997 novemberében küldték meg a TWG szakértőinek. Ez foglalkozott a szektor bizonyos részeinek kibocsátási szintjeivel, jelenlegi fogyasztási szinttel, néhány alkalmazott technikával és a szektorra vonatkozó általános információkkal. A TWG tagok megtették az észrevételeiket.
- 1998 januárjában megváltozott a cellulóz –és papíriparért felelő szakértői iroda.
- A dokumentum második változata 1998 augusztusában (kémiai feltárás, mechanikai feltárás, hulladékpapír kezelés) és 1998 szeptemberében (papírgyártás és a kapcsolódó folyamatok) készült el. Ennek a konzultációnak a hozzászólásai kiegészítő adatokat és jelentést eredményezett.
- A második TWG értekezlet 1998 november 25. és 27. között tartották. A megbeszélés nagyon tartalmas volt és a TWG megállapodásra jutott a BAT következtetések ismertetésével, stílusát és módszerét illetően. Néhány kijelentést mint például a BAT használatával kapcsolatos kibocsátási értékeket, a kraft cellulóz gyárak erősen kifogásolták. Nyilvánvalóvá vált, hogy a világban levő gyárak valós adataiból kiegészítést kell tenni, a javasolt BAT kibocsátási értékek támogatására. Az új adatok rendelkezésre bocsátása megtörtént.
- A cellulóz és papíripari BREF vázlat egy részét, melyet a második TWG értekezleten elhangzottak és az azt követően kapott javaslatok alapján átírtak, 1999 januárjában köröztek. Ez egy kraft cellulóz gyártási folyamat példáján mutatta be, hogy hogyan lehet jó információk alapján BAT következtetéseket levonni. A TWG tagok megtették az észrevételeiket.
- A BAT következtetések és az IPPC elvek ismertetésre és megvitatásra kerültek az ötödik IPPC BAT információcsere fórumon 1999 február 18-19-én. Az IEF kibocsátotta az anyagot és egyetértett azzal, hogy a következtetések jól megalapozottak.
- A harmadik változata a teljes dokumentumnak 1999 augusztusára készült el. Az itt elhangzottak ismét értékes kiegészítő információkkal szolgáltak. A konzultáció során nyújtott információk bekerültek a végső jelentésbe.
- A végső BREF változat 2000 februárjára készült el.
- A végső dokumentum és a TWG szakértők között még meglapuló eltéréseket, az IPPC BAT következő 7. ülésén 2000 február 27-29-én adták elő és vitatták meg.

7.2 *Az információk forrásai*

A cellulóz-papíripar egyedi környezetvédelmi aspektusaira vonatkozóan számos információ és tanulmány áll rendelkezésre. Az egyedi országok és nemzetközi szervezetek számos BAT dokumentumot, magyarázó dokumentumokat és műszaki háttéranyagot publikáltak a különböző környezetvédelmi szempontokra vonatkozóan. Számos európai országban speciális szabályokat alkalmaznak a cellulóz és papírgyárak esetében, míg más országokban esetről esetre vonatkozó útmutatásokat alkalmaznak (néhány országban azonban, sem speciális szabályokat, sem útmutatásokat nem használnak). A Tengeri Környezet Védelme című Konvenció keretén belül javaslatokat és elhatározásokat fogadtak el. Ezek a javaslatok a cellulóz-papíripari üzemek víz és légszennyezésének csökkentésével foglalkoztak. Továbbá az Európa Bizottság nevében számos BAT tanulmány készült el a cellulóz-papíripar számára. Ezen információk mindegyike hasznos volt a BREF-ben leírt BAT egyedi aspektusának meghatározására. Azonban a kibocsátás csökkentésének mértéke, melyet gyakran egymástól függetlenül írtak elő, korszerűsítést és kiegészítést igényel és olyan integrált megközelítést igényel mely érinti a BAT meghatározás jelentős részét, az Irányelvek IV. Függelékében foglaltaknak megfelelően.

Az európai IPPC titkárság munkájának segítésére, néhány tagország és az ipar tanulmányokat vezetett és megbízást adott a cellulóz és papíripari szektor jobb, integrált BAT leírások létrehozására. Az Európai Papíriparágak Konföderációja (CEPI) három BAT tanulmányt készített a munka elősegítésére, a Groupement Ondulé (Hullámalappapírt Gyártók Európai Szövetsége) jelentés készítésre adott megbízást az reciklált rostokból előállítandó dobozgyártásra alkalmas anyagok BAT előírásaira vonatkozóan. Finnország két BAT tanulmányt bocsátott rendelkezésre, melyek tartalmazták a BAT kibocsátási értékeket. Svédország az energia megtakarítás és a költség megtakarítás lehetőségeit tartalmazó két tanulmányt adott, Hollandia a reciklált rostokból történt rost és papírgyártásra vonatkozó BAT jelentést készített. A Műszaki Munkacsoport tagjai által tett észrevételek és hozzászólások igen hasznosak voltak, a BAT-ra vonatkozó információcsere kialakulására nézve.

7.3 *Az elérhető legjobb technikák*

Az IPPC direktívákban leírt BAT-hoz többé kevésbé hasonló koncepciót, a cellulóz papíriparban már jó néhány éve bevezettek. Olyan technológiákat, stratégiákat fejlesztettek ki, mely csökkenteni volt hivatott a nyersanyag, a vegyi anyagok, az energia, a frissvíz használatát, valamint a víz, a levegő és a talaj szennyeződésének mértékét. Különösen az utóbbi két évtizedben jelentős beruházások és módosítások valósultak meg a gyártási vonalakon Európa szerte. A cellulóz-papíripar környezeti hatása egészében, jelentős mértékben csökkent, mind a belső, mind a külső intézkedések következtében. Azonban a fenntartható fejlődés hosszútávú megvalósítása érdekében, további javítások és erőfeszítések szükségesek.

Az információ csere a BAT-tal kapcsolatos következtetéseket tesz lehetővé szektor szinten. Az elérhető legjobb technika kombinálásának alkalmazása bizonyos kibocsátási és alkalmazási szinteket érint. Mind ezen technikák mind pedig a kibocsátási szintek a BREF-ben le vannak írva. A végrehajtási összefoglaló tartalmazza valamennyi, a BAT-tal kapcsolatos fő megállapításokat. A BAT egyes elemeit részletesen, a BAT fejezetek és a kiegészítő magyarázatok tartalmazzák.

7.4 *A konszenzus mértéke*

Ezt a BREF dokumentumot a TWG tagok és a hetedik Információcsere Fórum résztvevőinek nagyobb része támogatta. Azonban a CEPI – a cellulóz-papíripar képviselője – és néhány tagország nem fogadta el teljes mértéken a végső változatot és a dokumentumokban leírt néhány következtetéssel nem értett egyet. Hogy miért azt az alábbiakban közöljük.

Néhány tagország és a CEPI véleménye az, hogy a kibocsátási értékeket az új, és a már működő üzemek esetében külön kell bemutatni. Az első pillanatban logikusnak tűnik, de gyakorlati szempontból problematikus. A nehézségek abból a tényből adódnak, hogy a cellulóz-papírgyárakban a technika alkalmazhatósága ne csak attól függjön, hogy az üzem új vagy már meglévő. A cellulóz és papírgyárakat az a trend jellemzi, hogy a gépeket az évek során többször átépítik, sem hogy teljes egészében lecserélnék azokat (az üzem átépítése és fejlesztése modulokban történik). Így az állandó átépítés, korszerűsítés, folyamatszabályozás és környezetvédelmi irányítórendszer következtében, sok jelenleg üzemelő gyár összemérhető, vagy jobb környezetvédelmi mutatókkal rendelkezik, mint egy újabban épült üzem. Továbbá az új üzemekre vonatkozó BAT megállapítások csak feltételezéseken alapulnak. Következésképpen a dokumentumokban leírt valamennyi adat, előírás a most meglévő üzemeken alapul.

Elfogadva a fentieket a CEPI és egy tagország azt a véleményt fejezte ki, hogy az új /meglévő és nagy/ kis üzem közötti gazdasági különbségeket nem kell lényegében figyelembe venni és hogy a világon látható különbségeket kell csak a BREF-ben leírni. Továbbá a tagország úgy érzi, hogy nincs eléggé leírva az a probléma, mely az azonos berendezésekkel de más papírféleségek gyártását végző üzemekben tapasztalható.

Ezen általános észrevételeken túlmenően néhány speciális kiadványban, több olyan megállapítás található, melyet nem támogattak egységesen. A CEPI és két tagország úgy véli, hogy a fehérített kraft cellulóz esetében, a TSS-nek a BAT alkalmazásával kapcsolatos felső határa 2kg/t kell, hogy legyen a megadott 1,5 kg/t helyett. A CEPI és egy tagország úgy véli, hogy a mázolatlan finompapír, a mázolt finompapír és a tissue papír esetében a BAT alkalmazásával kapcsolatos néhány határ túl szigorú. Más tagországok úgy vélik, hogy a segéd kazánokra vonatkozó rendelkezésre álló adatok nem hasonlíthatók össze és a kazánok kibocsátási értéke, melyeket a BAT-ban közöltek aláássák azok érvényességét. Ennek ellenkezője azok a TWG tagok akik úgy vélik, hogy bizonyos a BAT-tal kapcsolatos szintek túl enyhék (pl. a kraft cellulóz üzemek KOI értékére vonatkozó előírásai).

7.5 *Javaslatok a további munkákra vonatkozóan*

A „felfutó technikák” rész valamennyi fejezetében, a különböző szintű fejlettséget elért ígéretes technikát adja meg. Néhány ilyen új technika újabb bevezetése lehet az iparágban. Ez igaz például az új bepárlási technikára, a membrán alkalmazásokra, az ózonos kezelésre, az üzemen belüli vízkezelő rendszerekre, a vízkör zárás alkalmazásával kapcsolatos projektekre, valamint a szennyvíz kezelésre vonatkozó új megoldásokra. Számos nagyüzemi méretű berendezést helyeztek üzembe. Várható, hogy néhány éven belül, különböző üzemek hosszú ideig végzett kísérleteinek eredményei is hozzáférhetők lesznek. Ezek a tapasztalatok beépíthetők a BREF-be és más releváns technikák is hozzáférhetők.

Gyáron belüli biológiai szennyvízkezelési folyamattal működő zárt vízrendszer, néhány nem festéktelenített rostokkal üzemelő papírgyárban realitássá vált. A TWG megbeszélést folytat arra vonatkozóan, hogy ez már most elfogadható-e, mint általános BAT technológia. A

szakértők iparági szinten félnek ettől, mivel néhány műszaki probléma megoldása még mindig várat magára. Azonban a „barna papírok” esetében az elfolyás mentes gyár reális célkitűzésnek látszik. Néhány év múlva várható, hogy több javaslat lesz a világ papíriparából, ahol az üzemek ezeket a technikákat fogják alkalmazni és abban a helyzetben lesznek, hogy az üzemeltetési tapasztalatukat közöljék. Ezeket a tapasztalatokat érdemes lesz bevenni a BREF következő átdolgozásába.

Általában a szilárd hulladék mennyiségének csökkentése és a talajfeltöltésre kerülőfrakciójának csökkentése az általános cél. Ez környezetvédelem szempontjából megfelelő technikák alkalmazásával valósítható meg, melyek közül néhányat a BREF tartalmaz. Azonban a hulladék visszanyerés, újrahasznosítás és reciklálás szempontjából legjobb technikák Európa szerte változnak és további információ szükséges a legjobb hulladékkezelés szempontjából alkalmazandó technikákra vonatkozóan.

Úgy tűnik, hogy különböző gyakorlat létezik a kraft cellulóz üzem által kibocsátott illékony gáz összegyűjtése, mintavétele és mérése vonatkozásában, mely különböző kisméretű szennyezőforrásból fakadhatnak. Több munka szükséges annak eldöntésére, hogy ezek a különböző gyakorlatok valóban lényegesen különböznek egymástól.

A jövőben a kibocsátási adatokat úgy kell közölni, hogy fel kell tüntetni a fajlagos adatokat-mennyiséget és koncentrációt a gázokra és a szennyvízre vonatkozóan, hogy a fajlagos kibocsátásokat a szkeptikus olvasók is jobban megértsék.

A következő BREF kiadványban jobban kell foglalkozni a kis üzemek speciális körülményeivel és a speciális papírfajtákkal. Hasznosnak tűnik egy hálózat kialakítása, a kisüzemek közötti információcsere megvalósítása érdekében, hogy a sajátos helyzeteikből adódó, megfelelő megoldásokat lehessen támogatni.

Ha az IPPC-vel és a BREF használatával tapasztalatokat szereznek, ki kell értékelni, hogy mikor kell további, a termékkel kapcsolatos részletes leírás kiadása. Ezek a tényezők lehetnek a speciális nyersanyagok, specifikus minőségű végtermékek és a hozzá kapcsolódó üzemeltetési tényezők. A TWG javasolja, hogy a BAT referencia dokumentumok korszerűsítését 2005 körül kezdjék meg.

Meghatározások és rövidítések jegyzéke

Mértékegységek és átszámítási értékek

- a= év, 365 nap
- d= nap, 24 óra
- h= óra
- 1kWh= 3,6 MJ
- 1MJ= 0,2778 kWh
- 1 kg gőz= feltételezve 2,5 bar nyomást a csővezetékben, a gőz hőtartalma mely felhasználható, megfelel 0,7 kWh/kg vagy kb. 2,5MJ/kg gőznek
- ppm= az érték szorozva a molekulatömeggel és osztva 22,41= mg/m^3, vagy 1ppmNO_2= 2,05mg NO_2/Nm^3, vagy 1ppm SO_2= 2,85 mg SO_2/ Nm^3
- t= metrikus tonna(1x10^6 gramm)
- m^3n vagy Nm^3= normál (szabvány) köbméter, az atmoszférikus nyomáson (1013 mbar) és 273,15 K (=0°C) hőmérsékleten, a gáz által elfoglalt térfogat
- I-TEQ=PCDD/F nemzetközi toxicitási ekvivalens
- °C= Celsius fok
- μ= mikro= 1x10^{-6}

Rövidítések

ADt Egy tonna légszáraz rost 90%-os szárazanyag tartalmat jelent. Megjegyezendő, hogy egy tonna légszáraz papír 6%-os nedvességtartalmú papírt jelent.

AOX A szennyvizekben az ISO 9562:1998 szabvány alapján meghatározott adszorbeálódó szerves halogén mennyisége

BAT Az elérhető legjobb technikák, ahogy az IPPC Direktíva 2(11) cikkelyében van leírva.

BOD_5/BOD_7 Biológiai Oxigénigény, amely jelzi a szennyvízben lévő biológiailag lebontható szerves anyagok mennyiségét, 5 vagy 7napos vizsgálattal.

BREF Az elérhető legjobb technikák referencia dokumentuma.

C A fehéréskor alkalmazott klórozási lépcső, vízben oldott elemi klór felhasználásával.

COD Kémiai Oxigénigény, amely a szennyvízben lévő, kémiailag oxidálható szerves anyag mennyiségét adja meg (általában a dikromátos módszerrel mérve).

CSF Kanadai őrlésfok- mely jellemzi az anyagot, hogy adott körülmények között a víz milyen gyorsan tud a rostból eltávozni. Minél kisebb ez az érték, annál nehezebben víztelenedik a rostanyag.

CTMP Kémiai-mechanikai-termikus rostanyag

D Klór-dioxidos fehérítési lépcső, mely a klórdioxid vizes oldatát használja fel a rost fehérítésére.

DAF Oldott levegős flotáció

D/C Klór-doxidos és klórt használó fehérítési lépcső, ahol a klórdioxid dominál, a klórral szemben (melyet az aktív klór mennyisége szerint jellemezhetünk pl. D_{90}/C_{10} azt jelenti, hogy 90% klórdioxid és 10% klór).

DIP	Festékmentesített rost – a visszanyert nyomópapírból pl. újságpapírból, de-inking folyamat segítségével előállított rost.
DS	Szárazanyagtartalom.
DTPA	Dietil-triamin-tetra-ecetsav komplexképző anyag.
E	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid (NaOH) alkalmazásával.
ECF	Elemi klór mentes (fehérítés)
EDTA	Etilén-dimin-tetra-ecetsav komplexképző anyag.
e.g.	például (exempli gratia, latin)
E/O	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid és megfelelő mennyiségű gáznemű oxigén, mint erősítőanyag alkalmazásával.
EOP	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid, oxigén és hidrogén-peroxid oldat, mint erősítőanyag alkalmazásával.
E/P	Extrakciós fehérítési lépcső, nátrium-hidroxid és hidrogén-peroxid oldat, mint erősítőanyag alkalmazásával.
EPA	Környezetvédelmi hivatal.
EQO	Környezetminőségi tényező.
ESP	Elektrosztatikus leválasztó.
ETS	Európai Tissue Szimpózium, Tissue Gyártók Európai Egyesülete
Euro	Európai pénzegység
FAS	Formamidin-szulfénsav, redukciós fehérítőszer
FEI	Finn Környezetvédelmi Intézet
GW	Facsiszolat rost
HC	Nagy sűrűségű rost koncentráció, 30-50% közötti szárazanyagtartalommal
H_2O_2	Hidrogén-peroxid
i.e.	vagy is (id est, latin)
IPPC	Integrált szennyezés megelőzés és ellenőrzés
ISW	Iszap térfogati index; 1 gramm eleven iszap által elfoglalt térfogat mm-ben, meghatározott idejű (általában 30 perc) és feltételű ülepedés után.
% ISO	Fehérségi egység az ISO, Nemzetközi Szabványosítási Szervezet előírásai szerint mérve.
LC	Alacsony sűrűség – rost koncentráció, 3-5% közötti szárazanyagtartalommal
LWC	Könnyű mázolt papír
MBR	Membrán Bioreaktor
MC	Közepes sűrűség – rostkoncentráció 8-15% közötti szárazanyagtartalommal
Meuro	millió Euro, európai pénzegység
Mg	magnézium
MLSS	kevert folyadék lebegő anyag
NCG	nem kondenzálódó gázok a kémiai feltárás rossz illatú gázainak felel meg
Ndg	normál száraz gáz a szabvány körülményeknek megfelelően
Nsp	nem hegeszthető papír
NO_x	az NO nitrogén-oxid és NO_2 nitrogén-dioxid gáz összes mennyisége NO_2-ban kifejezve
NPE	nem folyamat elem, amely feldúsulhat, ha a vízköröket a cellulózgyárban zárják, ilyen például az Al, Si, Ca, Mg, Mn
NSSC	semleges szulfitos félcellulóz, a legközönségesebb félcellulóz típus, amely kémiai és mechanikai feltárás kombinálásával állítható elő. Ebben az eljárásban a faaprítékot részben feltárják a rostok és a lignin

közötti kötőerő gyengítése érdekében. Az aprítékot azután mechanikailag az őrlőkben kezelik.

O oxigénes fehérítési lépcső

P lúgos fehérítési lépcső, hidrogén-peroxid(H_2O_2) mint folyadék alkalmazásával

PCDD/F poliklórozott dibenzo-p-dioxin / furán

PGW nyomás alatti facsiszolat(feltárás)

Q savas fehérítési lépcső, amelybe EDTA és DTPA kelátképző anyagokat adagolnak a fémek eltávolítása érdekében

RCF reciklált rostok, amelyeket visszanyert papír kezelésével nyernek

RMP őrlőkkel előállított mechanikai rost

S 1. kén
2. savas fehérítési lépcső nátrium-hidroszulfit($NaHSO_3$) alkalmazásával

SC szuperkalanderezett papír (erősen simított)

SEPA Svéd Környezetvédelmi Hivatal

SGW köves facsiszolat

SNCR szelektív nem katalitikus redukció

SO_2 kéndioxid

SS lebegőanyag

TCF teljesen klórmentes (fehérítés)

TMP termo-mechanikai rost

TRS összes redukált kén a feltárásban keletkező alábbi kellemetlen szagú kénvegyületek összessége a redukció után: kénhidrogén, metil-merkaptán, dimetil-szulfid, dimetil-diszulfid kénben kifejezve

TSS összes lebegőanyag (a szennyvízben)

TSP összes szilárd részecske (a füstgázban), por

VOC illékony szerves anyag

WWTP szennyvíz-kezelő üzem

Z ózonos fehérítési lépcső, ózon gáz(O_3) alkalmazásával