

## **Integrált Szennyezés-megelőzés és Csökkentés (IPPC)**

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

**Ipari hűtőrendszerek**

**TARTALOMJEGYZÉK**

Bevezetés	11
1. A dokumentum jogi szabályozása	11
2. Az IPPC irányelvben foglalt törvényi kötelezettségek és a BAT meghatározása	11
3. Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot?	11
Szószedet	13
Termodinamikai meghatározások	13
Egyéb meghatározások	14
1. az ipari hűtőrendszerek általános bat koncepciója	18
1.1. Hőforrások, hőmérsékleti tartományok és alkalmazások	21
1.2. A hűtőrendszer hőfokszintje és hatása a folyamat hatékonyságára	22
1.2.1 Hőmérséklet-érzékeny technológiákban történő alkalmazások	22
1.2.2. Hőmérsékletre nem érzékeny alkalmazások	24
1.3. A primer folyamat optimalizálása és a hő újrafelhasználása	24
1.3.1. A primer folyamat optimalizálása	24
1.3.2.. A veszteség-hő felhasználása egyéb helyen	25
1.4. A folyamat követelményeinek és a helyszíni feltételeknek megfelelő hűtőrendszer kiválasztása	25
1.4.1. A folyamat követelményei	25
1.4.2. A hely kiválasztása	25
1.4.3. Éghajlati viszonyok	29
1.4.4. Matematikai modellek és kísérletek	29
1.5. A környezetvédelmi előírásoknak megfelelő hűtési mód kiválasztása	29
1.5.1. A lég- és víz-hűtésű rendszerek általános összehasonlítása	29
1.5.2. A megfelelő hűtőrendszer és az anyagok kiválasztásának szempontjai	30
1.5.3. Meglevő rendszerek technológiai változtatása	31
1.6. Gazdasági szempontok	33

2. Az alkalmazott hűtőrendszerek technológiai vonatkozásai	34
2.1. Bevezetés	34
2.2. Hőcserélők	36
2.2.1. Csőköteges köpenyes hőcserélő	36
2.2.2. Lemezes hőcserélő	36
2.2.3. A hőcserélők környezetvédelmi problémái	36
2.3. Átfolyó rendszerű hűtés	37
2.3.1. Közvetlen átfolyó rendszerű hűtés	37
2.3.2. Hűtőtornyos átfolyó rendszerek	37
2.3.3. Közvetett átfolyó hűtőrendszerek	38
2.4. Nyitott recirkulációs hűtőrendszerek	39
2.4.2. Ventilátoros nedves hűtőtornyok	40
2.5. Zárt hűtőrendszerek	42
2.5.1. Léghűtésű rendszerek	42
2.5.2. Zárt nedves hűtőrendszerek	44
2.6. Kombinált nedves/száraz hűtőrendszerek	46
2.6.1. Nyitott nedves/száraz (hibrid) hűtőtornyok	46
2.6.2. Zárt hibrid hűtőrendszerek	47
2.7. Recirkulációs hűtőrendszerek	49
2.7.1. Közvetlen recirkulációs hűtőrendszerek	49
2.7.2. Közvetett recirkulációs hűtőrendszerek	49
2.8. A hűtőrendszerek költségei	49
3. az ipari hűtőrendszerek környezetvédelmi vonatkozásai és alkalmazott megelőzési és csökkentési technológiák	51
3.1. Bevezetés	51
3.2. Energiafelhasználás	54
3.2.1. Közvetlen energiafelhasználás	54
3.2.2. Közvetett energiafelhasználás	54

3.2.3. A hűtés energiaigényének csökkentése	54
3.3. Hűtővíz-fogyasztás és -kibocsátás	55
3.3.1. Vízfogyasztás	55
3.3.2. Halak befogása	57
3.3.3. Hőkibocsátás felszíni vizekbe	58
3.3.3.3 Alkalmazott csökkentési eljárások	59
3.4. A hűtővíz kezeléséből származó kibocsátások	59
3.4.1. A hűtővíz-kezelés alkalmazása	59
3.4.3. A felszíni vizekbe történő kibocsátások csökkentése	64
3.4.4. Csökkentés kiegészítő és alternatív vízkezelés alkalmazásával	68
3.4.5. Kibocsátások csökkentése az adalékanyagok vizsgálatával és megválasztásával	68
3.4.6. Adalékanyagok használatának optimalizálása	69
3.5. A levegő felhasználása és kibocsátások a levegőbe	73
3.5.1. Levegőigény	73
3.5.2. Közvetlen és közvetett emisszió	73
3.5.3. Fáklyák	74
3.6. Zajkibocsátás	74
3.6.1. Zajforrások és zajszint	74
3.6.2. Zajcsökkentés	77
3.7. Az ipari hűtőrendszerekkel összefüggő kockázatok	79
3.7.1. A szivárgás kockázata	79
3.7.2. Vegyi anyagok tárolása és kezelése	80
3.7.3. Mikrobiológiai kockázat	80
3.8. A hűtőrendszerek működéséből származó hulladék	82
3.8.1. Iszapképződés	82
3.8.2. A vízkezelésből és tisztításból származó maradékok	82
3.8.3. A létesítmény cseréje, leszerelése során keletkező hulladék	82

4. legjobb elérhető technológiák az ipari hűtőrendszerek esetében	83
4.1. Bevezetés	83
4.2. A BAT meghatározásának horizontális megközelítése	84
4.2.1. Integrált hógazdálkodás	84
4.2.2. A BAT alkalmazása ipari hűtőrendszerekben	88
4.3. Az energiafelhasználás csökkentése	89
4.3.1. Általános megjegyzések	89
4.3.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	89
4.4. Vízigény csökkentése	90
4.4.1. Általános megjegyzések	90
4.4.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	91
4.5. Élő szervezetek befogásának csökkentése	92
4.5.1. Általános megjegyzések	92
4.5.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	92
4.6. Vízbe történő kibocsátások csökkentése	93
4.6.1. Általános BAT-szemlélet a hő kibocsátás csökkentésére	93
4.6.2. Általános BAT szemlélet a vegyi anyagok vízbe történő kibocsátásának csökkentésére	93
4.6.3. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	94
4.7. Levegőbe történő kibocsátások csökkentése	98
4.7.1. Általános szemlélet	98
4.7.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	98
4.8. Zajkibocsátás csökkentése	99
4.8.1. Általános megjegyzések	99
4.8.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	99
4.9. Szivárgás kockázatának csökkentése	100
4.9.1. Általános szemlélet	100
4.9.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	100

4.10. A biológiai kockázat csökkentése	102
4.10.1. Általános szempontok	102
4.10.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások	102
5. Záró megjegyzések	103
I. melléklet - termodinamikai alapelvek	104
I.1. Hőátadás a csököteges köpenyes hőcserélőben	104
I.2. Hőfoklépcső	104
I.3. A hőcserélő hőteljesítménye	105
I.5. A hőátvitel és a hőcserélő felület közötti összefüggés	105
II: melléklet	107
az optimális hűtés révén történő energia-Megtakarítás elve	107
II.1. Tárgy	107
II.2. Megállapítások	107
II.3. Bevezetés	108
II.4. Számítások	108
II.4.1. Alapelvek	108
II.4.2. A hűtővíz mennyisége növekszik	110
II.4.3. A hűtőlevegő mennyisége növelése	111
II.4.4. A termék (gáz) hőmérséklete és ezzel együtt a térfogata növekszik	111
II.4.5. A termék nyomása növekszik illetve a hűtőkompresszor fogyasztása növekszik	111
II.5.1. Az energiafejlesztés hatékonysága növekszik	112
II.6.1. Az oxidáció hatása	113
II.6.1.2. Nyitott recirkulációs rendszer	114
II.7. Példák a relatív energia-megtakarítás számítására hidegebb hűtővíz esetén	114
II.7.1. Parti vizek vagy hűtőtornyok	114
II.7.2. Folyóvízzel való hűtés és hűtőtornyok összehasonlítása	114
II.7.3. Talajvíz vagy hűtőtornyok	114

II.8. Környezeti hatások	114
III. melléklet	116
csököteges köpenyes hőcserélők az ipari átfolyó Hűtőrendszerekben és a szivárgás előfordulása	116
III.1. Csököteges köpenyes hőcserélők az átfolyó rendszerekben	117
III.2. Szivárgás csököteges köpenyes hőcserélők esetében	117
III.3. Alternatívák	118
IV. melléklet	119
Példa a hűtőrendszer anyagának kiválasztására	119
IV.2. Közvetlen átfolyó rendszerek (brakkvízzel)	120
IV.3. Közvetett átfolyó rendszerek (tengervíz – tiszta víz)	121
IV.4. Nyitott recirkulációs hűtőrendszerek	121
IV.4.1. Édesvíz alkalmazása nyitott nedves hűtőtornyokban	121
V. melléklet	122
Hűtővízes rendszerek kezelésére alkalmazott vegyi Anyagok	122
V.1. Korróziógátlók	122
V.1.1. Korrózió	122
V.1.2. Alkalmazott korróziógátlók	122
V.2. Vízkövesedés-gátlók	122
V.2.1. Vízkő	122
V.2.2. A vízkő lerakódás megakadályozása	123
V.3. Szennyeződésgátlók (diszperzánsok)	123
V.3.1. Szennyeződés	123
V.3.2. Alkalmazott szennyeződésgátlók	123
V.4. Biocidok	123
V.5. Koncentrációs tényező és vízegyensúly	125
VI. melléklet	127
példa a tagállami törvényhozásra	127

Az 1994. január 31-i általános rendelet a szennyvíz-kibocsátással kapcsolatos minimális követelményekről (31. melléklet: vízkezelés, hűtőrendszerek, gőzfejlesztés)	127
vii. melléklet	129
biztonsági koncepció példája nyitott nedves hűtőrendszerek esetében	129
VIII. melléklet	134
Példák a hűtővíz adalékanyagainak értékelésére	134
VIII.1. Viszonyítási eljárás a hűtővíz adalékanyagainak értékelésére	134
VIII.1.1.1. Törvényi háttér	134
VIII.1.1.2. A vízről szóló keretirányelv	134
VIII.1.2. Viszonyítás: az elmélet bemutatása	134
VIII.1.3. Anyagok egyensúlya a hűtőtornyban	135
VIII.1.4. A PEC számítása és viszonyítás	136
VIII.1.6. I. Függelék, a műszaki útmutató dokumentum kivonata	137
VIII.2. Hűtővíz-kezelés helyi értékelése (biocidok)	137
ix. melléklet	140
példa a biocidok mérésére a leiszapolásban	140
x. melléklet	141
beruházási és működési költségek (erőművek kivételével)	141
XI. melléklet	142
Az elsődleges BAT szemlélet keretében Alkalmazható eljárások ipari hűtőrendszerek esetében	142
XI.2. Hűtővíz-megtakarítás a víz újrafelhasználásával	142
XI.2.1. Víz újrafelhasználása hűtőtornyok pótvizeként	142
XI.2.2. Nulla kibocsátású rendszer	143
XI.2.3. Hűtőtavak	143
XI.3. A kibocsátások csökkentése optimális hűtővíz-kezelés révén	143
XI.3.1. Oldaláramú bioszűrés nyitott recirkulációs hűtőrendszerben	143
XI.3.2. Fizikai módszerek	144



XI.3.3. Biocidok felhasználásának optimalizálása	147
XI.3.3.2. Biocidadagolás	147
XI.3.4. Alternatív hűtővíz-kezelések	150
XI.3.4.1. Ózon	150
XI.3.4.2. UV kezelés	150
XI.3.4.3. Katalitikus hidrogén-peroxid kezelés	151
XI.3.4.4. Klór-dioxid	151
XI.3.4.5. Ionos víztisztítás	152
XI.3.4.6. Halogénezett biocidok stabilizálása a hűtőtorony vizében	152
XI.3.4.7. Szennyeződést, korróziót és vízkövesedést gátló filmbevonat	152
XI.3.4.8. Stabil szerves korróziógátlók nyitott nedves hűtőtoronyban	153
XI.3.5. A kibocsátott hűtővíz kezelése	153
XI.4. Változó frekvenciájú meghajtás az energiafelhasználás csökkentésére	153
XII. melléklet	154
Különleges alkalmazás: energiaipar	154
XII.1. Bevezetés	154
XII.2. Erőművek hűtőrendszerei – elvek és emlékeztetők	154
XII.3. Hűtőrendszerek lehetséges környezeti hatásai	155
XII.3.1. Hőkibocsátás a légkörbe	155
XII.3.2. A befogadó vízi környezet felmelegedése	155
XII.3.3. Élő szervezetek a vízkivételben	156
XII.3.4. A befogadó környezet megváltoztatása kémiai kibocsátással	156
XII.3.5. A hűtőrendszerek egyéb lehetséges káros hatásai	157
XII.4. A helyszínek előzetes tanulmányozása: befogadó kapacitás, hatás-ellenőrzés, káros hatások megakadályozása	158
XII.4.1. A helyzet elemzése	158
XII.4.2. Matematikai modellek, szimulációk és laboratóriumi-félüzemi kísérletek	158
XII.5. A komponensek megtervezése és az anyagok kiválasztása	158

XII.5.1. Nedves hűtés	158
XII.5.2. Száraz hűtés	159
XII.5.2.1. Ventilátoros léghűtésű kondenzátor	159
XII.5.2.2. Természetes huzatú léghűtésű kondenzátor	159
XII.5.2.3. Zárt recirkulációs száraz hűtőtorony	159
XII.5.4. Tisztított füstgáz kibocsátása hűtőtornyokból	160
XII.6. Különböző típusú hűtőtornyok költségeinek összehasonlítása	160
XII.7. A keringő víz kezelése és ellenőrzése – alternatív eljárások	161
XII.7.1. Vízkőmentesítő eljárások	161
XII.7.2. Szennyeződés megakadályozása (biocidok)	162
XII.7.3. Felügyelet	162
XII.8. A hűtőrendszer tervezése	163
XII.8.1. Tervezés és energia-megtakarítás	163
XII.8.2. A hűtőrendszer kiválasztása	163

Bevezetés

## 1. A dokumentum jogi szabályozása

Eltérő utasítás hiányában, amikor a jelen dokumentum az „irányelvre” hivatkozik, ezen az egységes szennyezés-megelőzésről és ellenőrzésről szóló 96/61/EK tanácsi irányelv értendő. Ez a dokumentum – több egyéb dokumentummal együtt - az EU tagállamok és a legjobb elérhető technológiákban érdekelt iparágak közötti információcsere eredménye, amelyet az Európai Bizottság az említett irányelv 16. cikk (2) bekezdése értelmében tett közzé, és a „legjobb elérhető technológiák” (BAT) meghatározásakor az irányelv IV. mellékletének megfelelően figyelembe kell venni.

## 2. Az IPPC irányelvben foglalt törvényi kötelezettségek és a BAT meghatározása

A jelen bevezetés megismerteti az olvasót az IPPC irányelv legfontosabb rendelkezéseivel, ideértve a „legjobb elérhető technológiák” kifejezés meghatározását. A bemutatás természetesen nem teljes, és csak tájékoztatásra szolgál. A jelen dokumentumnak törvényi ereje nincs, és semmi esetre sem módosítja vagy sérti az irányelv rendelkezéseit.

Az irányelv célja az I. mellékletében felsorolt tevékenységekből eredő szennyezés egységes megelőzése és ellenőrzése, ezáltal a magas szintű környezetvédelem megvalósítása.

Az irányelv 2. cikk (11) bekezdése a következőképpen határozza meg a „legjobb elérhető technológiákat”:

A „legjobb elérhető technológián” értendők azok a leghatékonyabb és legfejlettebb tevékenységek és eljárások, amelyek lehetővé teszik a szennyezés-kibocsátás megakadályozását, illetve, amennyiben ez nem lehetséges, annak csökkentését, azaz vég-eredményben a környezetet, mint egészét érő káros hatások csökkentését.

A „technológia” egyrészt az alkalmazott technológiát, másrészt az üzem tervezésének, építésének, karbantartásának és működtetésének módját jelenti.

Az „elérhető” kifejezés itt az adott technológia olyan gazdasági és műszaki kivitelezhetőségét és fejlettségét jelenti, amely lehetővé teszi az ipari bevezetését. A döntés során figyelembe kell venni az eljárás költségeit és előnyeit, valamint azt, hogy a kérdéses technológiát valamely tagállamban alkalmazzák-e, tehát az eljárás bevezetése ésszerű keretek között lehetséges-e.

A „legjobb” kifejezés a környezet egészének magas szintű védelmét biztosító leghatékonyabb eljárást jelenti.

## 3. Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot?

A jelen dokumentumban szereplő információ a BAT meghatározását segíti egyedi esetekben.

A dokumentum felépítése a következő:

1. fejezet: bemutatja az ipari hűtési eljárásokat és a BAT alkalmazási lehetőségeit az ipari hűtőrendszerek területén.
2. fejezet: bemutatja az általánosan alkalmazott ipari hűtési rendszereket, és áttekinti a hozzájuk kapcsolódó környezetvédelmi problémákat.
3. fejezet: részletesen tárgyalja a kibocsátás csökkentésével és egyéb, a BAT meghatározása szempontjából lényeges technológiákkal kapcsolatos környezetvédelmi kérdéseket, megadva az elérhetőnek tartott felhasználási és kibocsátási adatokat. (Az általában elavultnak tekintett technológiákkal nem foglalkozik az anyag.)
4. fejezet: részletesen tárgyalja a BAT általános elveit és a szennyezés csökkentésének különböző módjait, szem előtt tartva, hogy az ipari hűtéstechnológiában általában egyedi megoldásokra van szükség.
5. fejezet: általános következtetéseket von le és útmutatást ad a jövőre nézve.

A mellékletek további információt nyújtanak a termodinamikáról, az energiáról, az üzemeltetési kérdésekről és az ipari hűtési rendszerek működtetése során a BAT alkalmazásával összefüggésben figyelembe veendő technológiáról és gyakorlatról.

A dokumentum célja tehát az, hogy általános iránymutatást adjon a kibocsátási és felhasználási szintek tekintetében, azonban – mivel a hűtéstechnológia többnyire egyedi megoldásokat igényel – hangsúlyoznunk kell, hogy kibocsátási határértékeket nem javasol.

## Szószedet

### Termodinamikai meghatározások

<b>Hőfoklépcső</b>	<p>(1) fázis átalakulás nélküli hőcsere esetén a hőcserélőből kilépő hűtendő közeg hőcsere utáni hőmérsékletének és a hőcserélőbe lépő hűtőközeg hőmérsékletének a különbsége</p> <p>(2) evaporatív rendszerben (pl. nedves hűtőtorony), a hűtőrendszerből kilépő hűtendő anyag hőmérsékletének és a hűtőtoronyba, vagy evaporatív hűtőrendszerbe lépő levegő nedves hőmérsékletének a különbsége</p> <p>(3) kondenzátor esetében a véghőfokrás</p>
<b>Száraz hőmérséklet</b>	a környezeti levegőnek a méretezési hőmérséklete (a hőcserélőt erre a hőmérsékletre tervezik). Általában 95%-os értékeket használnak: ez azt jelenti, hogy a levegő hőmérséklete az idő 95%-ában a tervezési hőmérsékletet nem lépi túl. Fázisátalakulás nélküli hőátadás esetén a száraz hőmérsékletre méreteznek.
<b>Nedves hőmérséklet</b>	az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyre adiabatikus párologtatással a víz lehűthető. A megadása elpárologtató hűtés esetén szükséges. Általában 95%-os értékeket használnak: ez azt jelenti, hogy a nedves hőmérséklet az idő 95%-ában ezt a hőmérsékletet nem lépi túl. A nedves hőmérséklet mindig alacsonyabb a száraz hőmérsékletnél.
<b>Hűtőteljesítmény</b>	az a $kW_{th}$ -ban (vagy $MW_{th}$ -ban) megadott hőmennyiség, amelyet valamely hűtőrendszer képes elvonni
<b>Evaporatív hőleadás</b>	víz párolgás közbeni hőleadása levegőnek
<b>A veszteség hő szintje</b>	az a hőmérséklet, amelyen a hőt el kell vonni. A veszteség hő a folyamatától függő hőmérsékleten keletkezik.
<b>MTD</b>	a hőcsere hajtóereje. A meleg és a hideg közeg hőmérséklete közötti különbség hőátvivő felületre vonatkoztatott integrálközepe.
<b>Tartomány</b>	hőcserélő esetében az átáramló közeg hőmérséklet változása.
<b>Fázisátalakulás nélküli hőátadás</b>	A konvektív hőátadást nevezik észlelhető hőátadásnak
<b>Vég-hőfokrás</b>	a kondenzátorba lépő gőz és a kondenzátorból kilépő hűtőközeg (víz) hőmérsékletének a különbsége. Értéke 3 és 5 K között változik.
<b>Veszteség hő</b>	A veszteség hő a vissza nem nyerhető hő, amely az ipari vagy

gyártási folyamatból eltávozik, és a környezetbe jut.

## Egyéb meghatározások

<b>BAT megközelítés</b>	A jelen dokumentumban bemutatott módszer a BAT ipari hűtési rendszerek szempontjából történő meghatározására és technológiák kiválasztására
<b>Biokoncentrációs tényező</b>	valamely anyag bioakkumulációs képessége, amelyet az anyag élő szervezetben illetve a vízben (egyensúlyi állapotban) található koncentrációjának a hányadosaként értelmezünk. A biokoncentrációt mindig kísérleti úton kell meghatározni.
<b>Leiszapolás (BD, kg/s)</b>	hűtőrendszer szándékos megcsapolása a nem kívánatos anyagok koncentrációjának korlátozására; a víz egy részét eltávolítják az evaporatív hűtőrendszerből. Kiszámítása a $BD = E \cdot 1 / (x - 1)$ képlettel történik, ahol E a párolgási veszteség és x a koncentrációs tényező. A leiszapolás számításakor általában figyelembe veszik az egyéb vízveszteséget is, például az elfolyást vagy szivárgást.
<b>Biocid</b>	a káros élő szervezeteket elpusztító vagy növekedésüket lassító vegyi anyag. A hűtővízes rendszerekben a biocidok elpusztítják a makro- és mikroszennyeződést okozó szervezeteket, ezáltal minimalizálják a szerves szennyeződést a rendszerben. A legfontosabb biocidok: klór, nátrium hipoklorit, ózon, negyedrendű ammónium és szerves bromid.
<b>Biocid igény</b>	az a biocidmennyiség, amelyet a vízben található anyagok hatástalan, vagy kevésbé aktív biociddá alakítanak, illetve amely teljes reakcióba lép minden biocidra reagáló anyaggal.
<b>Biokémiai oxigénigény (BOD)</b> <b>(másnéven biológiai oxigénigény)</b>	a vízben található szerves anyagok lebontásához szükséges oxigén mennyisége. A nagy mennyiségű szerves anyag több oxigént használ föl, és ilyen módon a halak és vízi élőlények számára nem marad elégséges oxigén. A BOD-t 5 vagy 7 napos vizsgálattal mérik (BOD <sub>5</sub> és BOD <sub>7</sub> )
<b>Bioiszap</b>	a bioiszap a vízzel érintkező felületen kialakuló bakteriális réteg. A bioiszap algákból, mikrobákból, iszaptermelő és anaerob szulfátredukciós baktériumokból áll. A mikroszennyeződés elősegíti a makroszennyeződés lerakódását.
<b>Küszöb</b>	az az oxidáló biocid a mennyiség, amely szükséges a vízben lévő szennyeződések elpusztításához, mielőtt a hűtővízben kialakulna a kellő biocid koncentráció.
<b>Kémiai oxigénigény (COD)</b>	a vízben vagy szennyvízben (kibocsátott hűtővízben) jelenlevő szerves és szervesetlen anyagok oxigén-felhasználó képességének mértéke: valamely kémiai oxidánsból felhasznált oxigén

	mennyisége a kísérlet során.
<b>Bevonat</b>	valamely felületen alkalmazott anyag, amely vagy a sűrűlódást csökkenti, vagy erózió, korrózió és szennyeződés elleni védőréteget alkot.
<b>Koncentrációs tényező (CR)</b>	a koncentrációs tényező valamely oldott anyag hűtővízben levő koncentrációjának és a pótvízben levő koncentrációjának az aránya. Kiszámítása: $CR = MU/BD$ , ahol MU a pótvíz és BD a leiszapolás.
<b>Kondenzátor</b>	gáz vagy gőz cseppfolyósítására használt hűtő. A kondenzálás extra igényeket támaszt a hőcserélővel szemben, ugyanis helyet kell biztosítani a párának. Az erőművek kondenzátorai ezért rendkívül nagyméretűek és egyedi tervezésűek.
<b>Hűtőközeg</b>	Általában víz vagy levegő, de lehet fagyállóval kevert víz is, illetve olaj, vagy gáz.
<b>Korrózió</b>	fém károsodása a környezetével végbemenő (elektro-)kémiai reakció révén
<b>Korróziógátlók</b>	olyan vegyi anyagok, amelyek lelassítják a vízben végbemenő korróziós folyamatot. Lehetnek légmentesítő, passziváló anyagok (pl. kromát, nitrit, molibdát, ortofoszfát), kicsapódás-gátlók (cink-foszfát, kalcium-karbonát és kalcium-ortofoszfát) és adszorpciógátlók (glicin származékok, alifás szulfonátok és nátrium-szilikát)
<b>Ellenáram</b>	a hőcserében résztvevő közegek a hőcserélőben ellenkező irányban áramlanak. Az ellenáramú hűtőtornyokban a levegő felfelé száll, a hűtővíz pedig vele szemben, lefelé hull. Ez a módszer kiváló hőcserét biztosít, mert a leghidegebb levegő a leghidegebb vízzel érintkezik.
<b>Keresztáram</b>	a hőcserében résztvevő két közeg egymásra merőleges irányban áramlik a hőcserélőben. A keresztáramú hűtőtornyokban a levegő vízszintesen áramlik, a víz pedig lefelé hull.
<b>Diszpergálószer</b>	vagy diszpergens, olyan vegyi anyagok, amelyek az abszorpcióból származó elektromos töltés növelésével megakadályozzák a vízben lévő részecskék növekedését és lerakódását. A részecskék ennek eredményeképpen tisztítják egymást, és a vízben lebegve maradnak.
<b>Cseppleválasztók</b>	a légáramlás irányát megváltoztató eszközök, amelyek a centrifugális erő segítségével a vízcseppeket a levegőből leválasztják.
<b>Cseppvesztés</b>	vízvesztés, a hűtőtorny tetején a levegővel együtt távozó apró vízcseppek.

<b>Párolgási veszteség (E, kg/s)</b>	az evaporatív hűtőrendszer működtetése során időegységenként elpárolgó hűtővíz tömege.
<b>Szabad oxidáns (FO) / Teljes maradék oxidáns (TRO)</b>	a hűtővízes rendszerek kibocsátásában található szabad oxidánsok mennyisége. Nevezik TRO-nak, teljes klór vagy szabad klór mennyiségnek is.
<b>Szabad klór vagy szabad maradék klór</b>	a szabad klór a hűtővízes rendszerben a hipoklórossav és a hipoklorit ion OCl egyensúlyi keverékét jelenti. Mindkettő oxidáns, de az OCl sokkal kevésbé hatékony, mint a HOCl..
<b>Keménység stabilizálók</b>	olyan vegyi anyagok, amelyek a vízbe juttatva megakadályozzák a keménységet okozó sók lerakódását azáltal, hogy a kristályosodási góccok abszorpciójával gátolják a kristályosodási folyamatot. Ilyen módon az amorf kristályok növekszenek, amelyeket könnyebb lebegve tartani.
<b>Veszélyes anyagok</b>	egy vagy több veszélyes, például mérgező, nem lebomló, bioakkumulatív tulajdonsággal rendelkező anyag, illetve olyan anyag, amelyet a 67/548 irányelv az emberekre vagy a környezetre veszélyesnek tekint
<b>Makroszennyeződés</b>	szabad szemmel látható, káros élő szervezetek a hűtővíz-vezetékben. A makroszennyeződés elsősorban kagylókból és más puhatestűekből áll, amelyek meszes vázukkal belepik a vezetékek falát, valamint egyéb élőlényekből, például hidrából, szivacsokból, mohaállatokból.
<b>pótvíz (M, kg/s)</b>	a rendszerhez időegységenként hozzáadott víz tömege, amely a párolgással és leiszapolással elvesztett vizet pótolja
<b>Maximális megengedhető kockázat</b>	valamely anyag koncentrációja olyan felszíni vizekben, amelyekben a fajok 95%-a védett. A toxicitás és a bomlékonyság fontos szempontok.
<b>Ventilátoros hűtőtorony</b>	ventilátorokkal ellátott hűtőtorony; a ventilátorok a hűtőlevegőt a tornyon átnyomják, vagy átszívják
<b>Mikroszennyeződés</b>	más néven bioiszap a vízbe merülő felületen kialakuló bakteriális réteg. A bioiszap algákból, mikrobákból, iszaptermelő és anaerob szulfátredukciós baktériumokból áll. A mikroszennyeződés elősegíti a makroszennyeződés lerakódását.
<b>Természetes huzatú torony</b>	Nagyméretű, ventilátor nélküli hűtőtorony, amelyben környezeti levegő és a torony belsejében levő melegebb és nedvesebb levegő sűrűségének különbsége idézi elő a hűtőlevegő áramlását.
<b>Nem oxidáló biocidok</b>	többnyire szerves anyagok, amelyeket elsősorban a recirkulációs hűtőrendszerekben alkalmaznak a hűtővíz kezelésére. Egyes fajokat hatékonyabban oxidálnak, mint másokat. Hatásukat a sejten belül, a sejt egyes összetevőivel reakcióba lépve



	fejtik ki.
<b>Oxidáló biocidok</b>	többnyire szervesetlen anyagok, amelyeket a nyitott átfolyó rendszerű hűtőrendszerekben alkalmaznak a szennyeződés ellen. Az élő szervezetek többségét megtámadják. A biocid vagy a sejtfalet, vagy a sejtbe belépve a sejt összetevőit oxidálja. Ez a fajta biocid gyorsan, és a nem oxidálónál szélesebb körben fejt ki hatását.
<b>Fáklya</b>	a hűtőtoronyból kibocsátott levegőben újra kicsapódó, látható vízpárát tartalmazó levegő
<b>Vízlágyítás</b>	ez a folyamat a víz keménységének, mésztartalmának, a szilícium-dioxidnak és egyéb anyagok mennyiségének a csökkentését szolgálja. A vizet oltott mésszel vagy méssz és szóda keverékével kezelik. Ezzel az eljárással a közepes és erősen kemény vizet (150-500 ppm CaCO <sub>3</sub> ) kezelik.
<b>Vízköképződés</b>	kicsapódási folyamat a hűtővizet rendszerekben, amikor a hőcserélő közelében található vízrétegben a sókoncentráció meghaladja az oldhatóságot
<b>Hangnyomásszint (L<sub>p</sub>)</b>	a hangimmisszió mértékegysége – a hangforrástól adott irányban és adott távolságban levő hangintenzitás. Mérése frekvenciasávonként dB-ben, vagy súlyozva dB(A)-ban történik. Logaritmikus mérték, ez azt jelenti, hogy a hangnyomásszint megkétszerezése 6 dB(A) növekményt jelent.
<b>Hangerőszint (L<sub>w</sub>)</b>	a hangforrásból kibocsátott hangenergia mértékegysége. Mérése frekvenciasávonként dB-ben, vagy súlyozva dB(A)-ban történik. Logaritmikus mérték, ez azt jelenti, hogy a hangerőszint kétszeresére emelése 3 dB(A) növekedéssel egyenlő.
<b>Hidraulikus felezési idő</b>	az az időtartam, amely alatt valamely le nem bomló vegyület koncentrációja eredeti koncentrációjának 50%-ára csökken.
<b>Teljes rendelkezésre álló klór (TAC) / teljes maradék klór (TRC)</b>	a szabad és lekötött klór összessége a hűtővizet rendszerekben, a lekötött klór a klóraminokban és egyéb N-C kötéssel rendelkező vegyületekben jelenti a rendelkezésre álló klórt
<b>Teljes maradék oxidáns (TRO)</b>	hűtővizet rendszerekben sztöchiometrikus (jodid:jodin) eljárással mért oxidánskapacitás. A TRO számszerűleg és működésbelileg egyenértékű a TRC-vel és TAC-cal
<b>Változó fordulatszámú meghajtás</b>	eljárás a motor fordulatszámának szabályozására, általában elektronikus úton, inverter alkalmazásával. A sebesség változtatható kézzel, de többnyire a folyamatból érkező jel, pl. nyomás, áramlás, szint stb. szabályozza.

## 1. AZ IPARI HŰTŐRENDSZEREK ÁLTALÁNOS BAT KONCEPCIÓJA

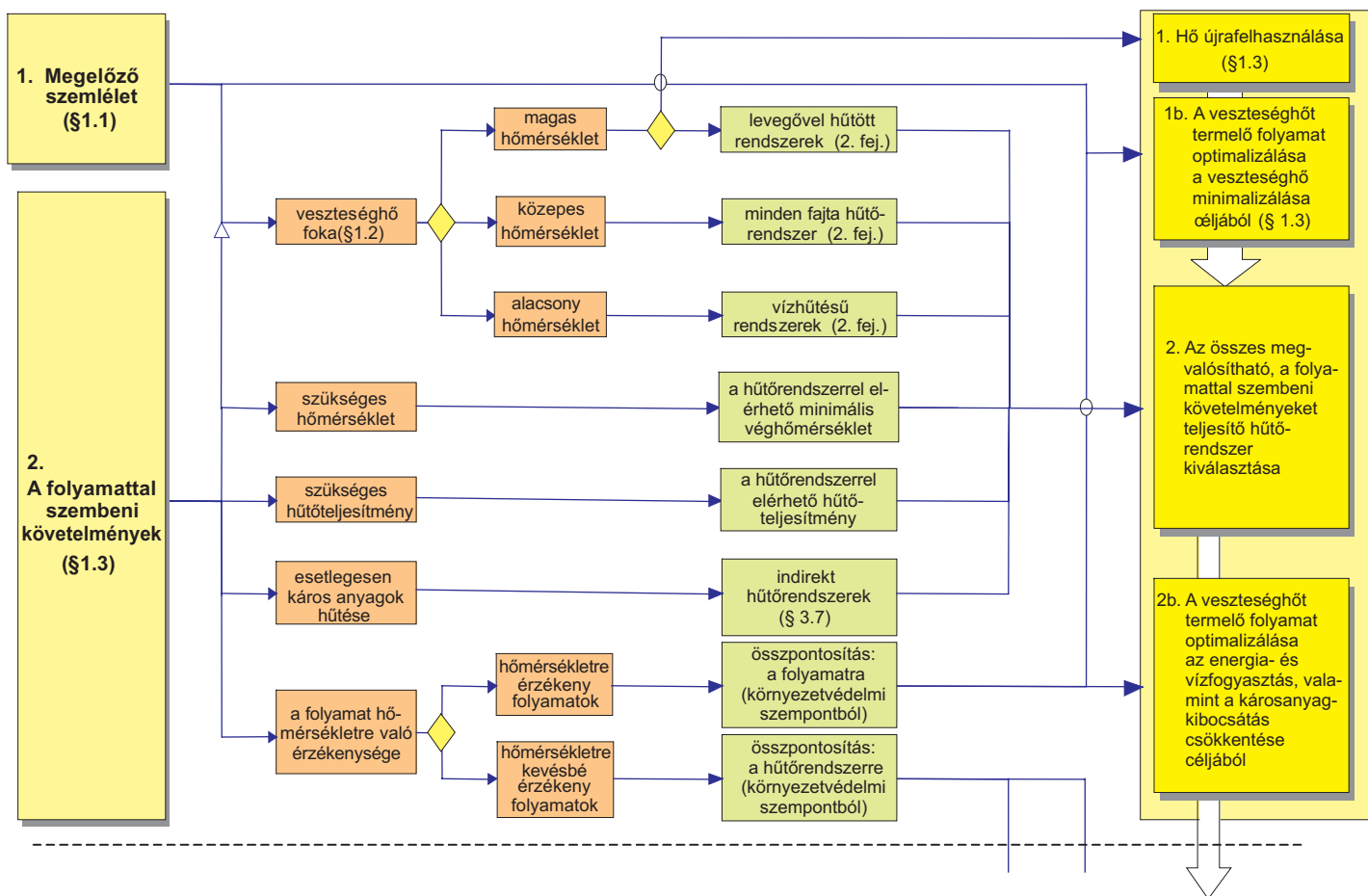
Az integrált szennyeződés-megelőzési és –ellenőrzési rendszer keretében a hűtést az energiagazdálkodás részének tekintjük. A cél az, hogy a valamely folyamatban felesleges hőt máshol újra felhasználjuk, ezáltal csökkentsük a környezetbe jutó veszteség hő mennyiségét. Ez a módszer javítja a folyamat energiahatékonyágát, és csökkenti a hűtési igényeket.

A BAT koncepció a következő lépésekből áll, amelyek célja a kibocsátások csökkentése és a környezeti hatások minimalizálása:

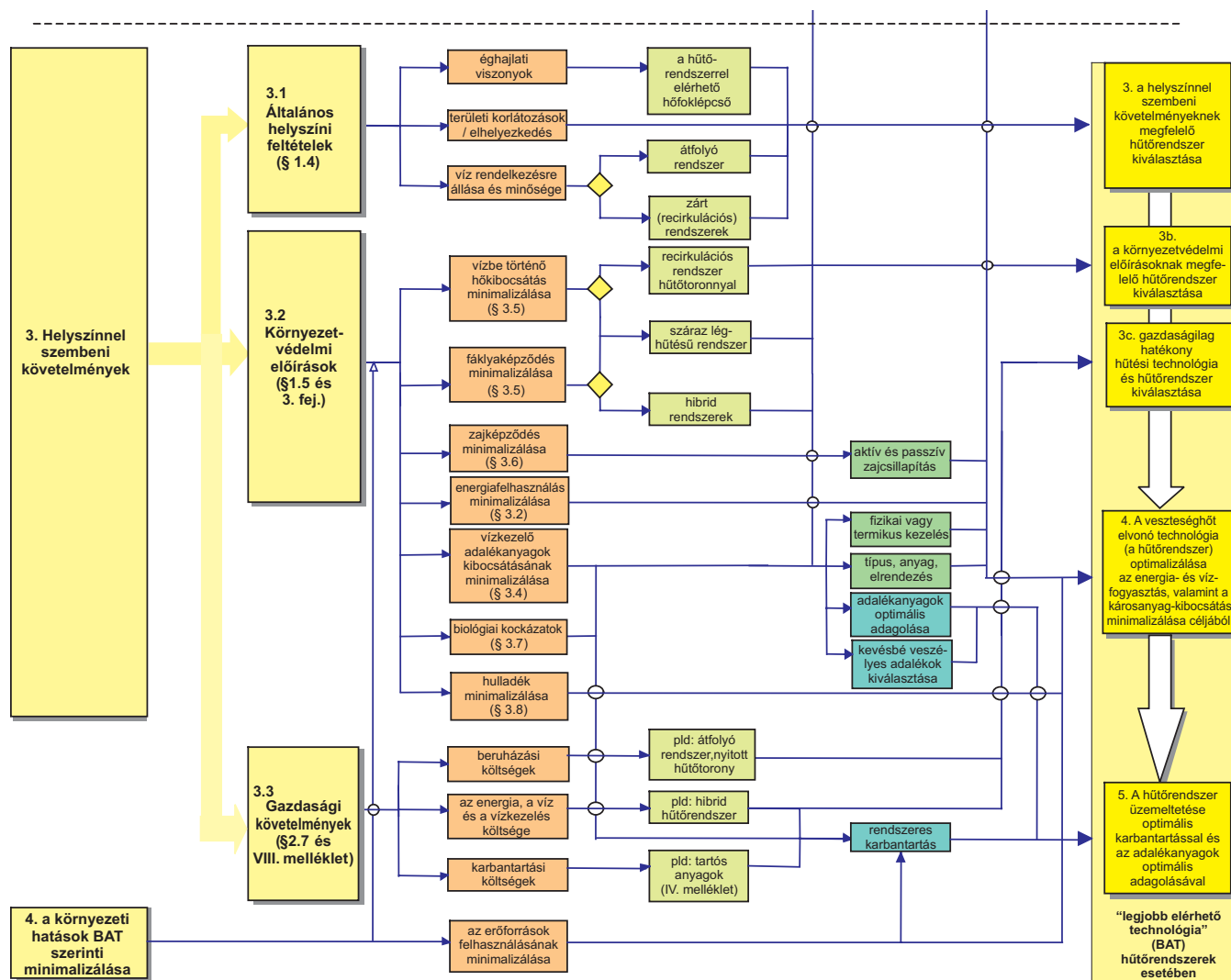
- a termelt veszteség hő végső mennyiségének csökkentése, figyelembe véve az újrafelhasználási lehetőségeket;
- a folyamat követelményeinek meghatározása;
- az általános helyszíni feltételek figyelembevétele;
- a környezetvédelmi követelmények felmérése;
- a felhasználás minimalizálása
- a kibocsátások csökkentése
- a rendszer működésének kidolgozása (karbantartás, felügyelet és kockázat megelőzés);
- gazdasági követelmények figyelembevétele.

Összefoglalva, egy hűtőrendszer a következő szempontok alapján értékelhető:

- a hűtendő folyamat követelményei elsőbbséget élveznek a hűtőrendszer környezetre gyakorolt hatásainak csökkentésével szemben;
- a BAT szemléletnek nem célja, hogy a 2. fejezetben bemutatott bármely módszert kiküszöbölje;
- a BAT új létesítmények tervezésekor több szabadságot élvez a kibocsátások megelőzése és optimalizálása terén, mint meglévő rendszerek esetében;
- környezeti hatás szempontjából különbséget kell tenni a nagy, egyedi tervezésű hűtőrendszerek és a kisebb rendszerek (sorozatgyártás) között;
- optimalizáláson a különböző rendszerek, csökkentési eljárások és helyes működtetési gyakorlat alkalmazását értjük;
- a BAT alkalmazásának köszönhető kibocsátás-csökkentés szintje nem jósolható meg előre, hanem a hűtőrendszerrel szemben támasztott követelményektől függ;
- a BAT célja, hogy a hűtendő folyamat és a környezetvédelmi célkitűzések támasztotta követelményeket egyensúlyba hozza a hűtőrendszer működése során;
- minden megoldás maga után von bizonyos környezeti hatásokat.



Jelmagyarázat:		döntés		keresztvezetés kapcsolódás nélkül		kapcsolódás (egyirányú)		kapcsolódás
<b>Szemlélet</b>		Követelmények	Hűtőtechnológia kiválasztása	Hűtőrendszer kiválasztása	A rendszer üzemeltetése	A "BAT" meghatározása		



1.1. ábra A BAT meghatározásakor szerepet játszó tényezők veszteség-hő kibocsátó rendszerek esetében

## 1.1. Hőforrások, hőmérsékleti tartományok és alkalmazások

Minden, energiát felhasználó ipari és gyártási folyamat során az energia különböző formái (mechanikai, vegyi, elektromos) hővé és zajjá alakulnak át. A folyamatától függően ez a hő nem minden esetben nyerhető vissza vagy használható fel újra, hanem a folyamatból hűtéssel el kell távolítani. Ennek a veszteségnek különböző forrásai és hőmérsékleti tartományai léteznek, ez utóbbi lehet magas (60 °C fölött), közepes (25-60 °C) és alacsony (10-25 °C).

A hűtésnek hasonló folyamatokban eltérő céljai lehetnek, például anyag hűtése hőcserélőben, szivattyúk és kompresszorok hűtése, vákuumrendszerek és gőzturbina-kondenzátorok hűtése. A veszteségnek az alábbi főbb forrásait különböztethetjük meg:

- **Súrlódás:** mechanikai energia disszipációja. Ezeket a folyamatokat általában közvetett rendszerekkel hűtik, amelyekben az olaj az elsődleges hűtőközeg. Az olaj alkalmazása következtében a hűtőrendszer érzékeny a magas hőmérsékletekre, így a veszteség hő átlagos hőmérséklete közepes.
- **Égés:** vegyi energia átalakulása hővé oxidáció révén. A veszteség hő hőmérséklete változó.
- **Exoterm folyamatok (vegyi):** vegyi energia hővé alakulása égés nélkül. A veszteség hő hőmérséklete közepes vagy magas.
- **Kompresszió:** a gázok sűrítésük közben felmelegednek, visszahűtésük hőelvonást jelent. Ez általában közepes vagy magas hőmérsékletű veszteségként jelenik meg.
- **Kondenzálás:** a légnemű közeget hő elvonással folyadékká alakítják. A termodinamikai rendszerek nagyon érzékenyek a hőmérsékletre, a hőmérsékleti tartomány közepes vagy alacsony.

Az 1.1. táblázat mutatja a hűtendő anyag hőmérsékleti tartományát és az ehhez leginkább megfelelő hűtőrendszert.

### 1.1. táblázat Hőmérsékleti tartományok és alkalmazások

Hőmérsékleti tartomány	Alkalmas hűtőrendszer	Jellemző alkalmazás
Alacsony hőmérséklet (10-25 °C)	átfolyó rendszerek (közvetlen / közvetett) nedves hűtőtornyok (ventilátoros / természetes huzatú) hibrid hűtőtornyok kombinált hűtőrendszerek	áramfejlesztés (petro-) kémiai folyamatok
Közepes hőmérséklet (25-60 °C)	átfolyó rendszerek (közvetlen / közvetett) nedves hűtőtornyok (ventilátoros / természetes huzatú)	hűtőkörfolyamatok kompresszorok gépek hűtése autoklávok hűtése

	zárt hűtőtornyok evaporatív kondenzátorok léghűtéses folyadékűtők léghűtéses kondenzátorok hibrid hűtőtornyok / kondenzátorok hibrid zárt hűtőtornyok	forgókemencék hűtése acélüzemek cementgyárak áramfejlesztés meleg (mediterrán) régiókban
Magas hőmérséklet (60 °C fölött)	átfolyó rendszerek (közvetlen / közvetett) különleges esetekben nedves hűtőtornyok (ventilátoros / természetes huzatú léghűtéses folyadékűtők / kondenzátorok	hulladékégetők motorok hűtése kipufogógázok hűtése vegyi folyamatok

## 1.2. A hűtőrendszer hőfokszintje és hatása a folyamat hatékonyságára

### 1.2.1 Hőmérséklet-érzékeny technológiákban történő alkalmazások

Számos vegyi és ipari folyamat hatékonysága függ a hőmérséklettől és/vagy nyomástól, ennek következtében a veszteség hő eltávolításának hatékonyságától is. Ilyen alkalmazások például:

- áramfejlesztés
- termodinamikai körfolyamatok
- exoterm folyamatok

Az integrált szennyezés-megelőzés azt jelenti, hogy a hűtési technológia kiválasztásakor és a rendszer üzemeltetésekor nemcsak a közvetlen környezeti hatásokat, hanem az eltérő hatékonyságból eredő közvetett hatásokat is figyelembe kell venni. A közvetett hatások növekedése ugyanis jelentősen meghaladhatja a közvetlen hatások csökkenését.

A veszteség hő legfontosabb forrásai az erőművek. A fosszilis energia elektromos energiává alakítása során az előző fejezetben felsorolt szinte összes hőtermelő folyamat előfordul. Ha az áramfejlesztő rendszer hűtése nem megfelelő, azonnal romlani kezd a hatékonysága és ezzel párhuzamosan nő az emisszió.

1.2. táblázat Átlagos nyugat-európai erőmű kibocsátása 3%-os hatékonyságromlás esetén

Kibocsátás a levegőbe	Kibocsátás / energia-bevitel (g/kWh)	További kibocsátás 3%-os hatékonyságromlás esetén (g/kWh)
CO <sub>2</sub>	485	14,6
SO <sub>2</sub>	2,4	0,072
NO <sub>x</sub>	1,0	0,031
Por	0,2	0,006
Elsődleges energia-bevitel: 2,65 kW, pótlólagos energia-bevitel 0,08 kW		

1.3. táblázat Hűtőrendszereknek az elektromos áram termelésére gyakorolt relatív hatása (1300 MW<sub>e</sub> egység)

Hűtőrendszer típusa			Nedves hűtőtorny		Nedves/ száraz hűtőtorny	Száraz hűtőtorny	
	Átfolyó	Nedves természetes huzatú	Természetes huzatú	Ventilátoros	Ventilátoros	Természetes huzatú	Ventilátoros
Hőfoklépcső K (száraz levegő 11 °C, nedves levegő 9 °C)	-	12	12,5	12,5	13,5	16	17
<b>Névleges kondenzációs nyomás (mbar)</b>	<b>44</b>	<b>68</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>82</b>	<b>80</b>
Hőteljesítmény (MW <sub>th</sub> )	1810	1823	2458	-	-	-	-
Termelt elektromos energia (MW <sub>e</sub> )	955	937	1285	1275	1275	1260	1240
<b>Termelt elektromos energia változása (%)</b>	<b>+1,9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-2</b>	<b>-3,5</b>

A táblázatban az átfolyó rendszerhez hasonlítjuk a többi rendszert. A táblázat egyértelművé teszi, hogy a hűtőrendszert gondosan meg kell választani, és megmagyarázza, hogy a nagy erőműveket miért telepítik többnyire vízpartra.

**1.4. táblázat Hűtőrendszereknek az elektromos áram termelésére gyakorolt relatív hatása (290 MW<sub>th</sub> kombinált egység)**

Hűtőrendszer típusa	Átfolyó rendszerű	Nedves hűtőtorony		Légűtésű kondenzátor
		Természetes huzatú	Ventilátoros	
Hőfoklépcső K (száraz levegő 11 °C, nedves levegő 9 °C)	/	≈ 8	≈ 8	≈ 29
<b>Névleges kondenzációs nyomás (mbar)</b>	<b>34</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>74</b>
Hőteljesítmény (MW <sub>th</sub> )	290	290	290	290
<b>Termelt elektromos energia változása (%)</b>	<b>+ 0,65</b>	<b>0</b>	<b>- 1,05</b>	<b>- 5,65</b>

**1.2.2. Hőmérsékletre nem érzékeny alkalmazások**

Ezeknél a folyamatoknál a gazdaságilag és ökológiailag leghatékonyabb hűtőrendszert célszerű választani.

**1.3. A primer folyamat optimalizálása és a hő újrafelhasználása**

A primer folyamat általános energiahatékonyságának kérdését csak röviden érintjük.

**1.3.1. A primer folyamat optimalizálása**

A primer folyamat optimalizálása jelentősen csökkentheti a környezetre gyakorolt hatásokat. Az energiaiparban például a fűtőanyag energiájának akár 60%-a veszteség hővé alakulhat. Ha az áramfejlesztő folyamat hatékonyságát növeljük, a környezeti hatások csökkennek és energiaköltség is megtakarítható. Általában minél magasabb a veszteség hő hőmérséklete, annál könnyebben nyerhető vissza. Néhány alkalmazott eljárás:

- tüzelőanyag vagy nyersanyagok (fémek) előmelegítése
- külső alkalmazások (pl. üvegházak, lakótelepek fűtése)
- kombinált hő- és áramtermelés



### 1.3.2.. A veszteség hő felhasználása egyéb helyen

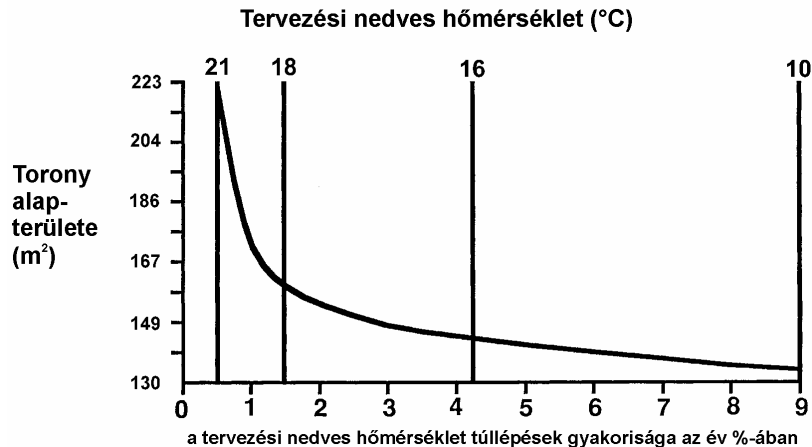
Ha optimalizálással már nem csökkenthető tovább a veszteség hő mennyisége, a BAT az újrafelhasználás lehetőségét mérlegeli. Ez a kérdéskör azonban már érinti az általános környezeti energiagazdálkodás területét, itt tehát részletesen nem foglalkozunk vele.

## 1.4. A folyamat követelményeinek és a helyszíni feltételeknek megfelelő hűtőrendszer kiválasztása

### 1.4.1. A folyamat követelményei

A hőmérsékleti tartomány megállapítását követően első lépésként az 1.1. táblázat segíthet kiválasztani az alkalmasnak látszó hűtőrendszert, azonban egyéb tényezőket sem szabad figyelmen kívül hagyni:

- a hűtendő anyag előírt minimális véghőmérsékletét (alapvető feltétel)
- az előírt hűtőteljesítményt
- a hőfoklépcsőt növelő közvetett kör szükségességét
- az éghajlati viszonyokat, a víz hozzáférhetőségét és a helyigényt



### 1.2. ábra Torony tervezett alapterülete azon éves időtartam függvényében, amelyben a nedves hőmérsékletet nagyobb, mint a tervezési érték

Ezt követően az optimalizálás az egész évi energiaigény számszerűsítésével történik.

### 1.4.2. A hely kiválasztása

Nyilvánvaló, hogy a kedvező helyszín megválasztásával történő optimalizálásnak korlátozottak a lehetőségei, meglévő rendszerek esetében pedig teljes mértékben az adottságokhoz kell alkalmazkodni. Amennyiben a helyszín szabadon megválasztható, az alábbi tényezőket szükséges a tervezés során figyelembe venni:

- a rendelkezésre álló hűtőközeg mennyisége, minősége és költségei (víz és levegő)
- rendelkezésre álló hely (berendezések alapterülete, magassága, súlya)
- a vízminőségre és a vízi élőlényekre gyakorolt hatás
- a levegő minőségére gyakorolt hatás
- meteorológiai körülmények
- vegyi anyagoknak a vízbe bocsátása
- zajkibocsátás
- az épület illeszkedése a környezetbe
- a hűtőrendszerek, szivattyúk, csővezetékek és a vízkezelés tőkeköltsége
- a szivattyúk, ventilátorok és a vízkezelés működési költsége
- a javítás és karbantartás éves költsége
- működési paraméterek (minimális élettartam, évi üzemórák száma, átlagos terhelés)
- a környezetvédelmi törvényi előírások (hő- és zajkibocsátás, fáklya, magasság)
- erőművek esetében az alacsonyabb hatékonyságból eredő költségek

1.5. táblázat A hely kiválasztásának kritériumai nagy hűtőtéljesítmény igénye esetén

Kritérium	1. szint (kiválóan alkalmas hely)	2. szint (megfelelő hely)	3. szint (bizonytalan alkalmasság)	Magyarázatok
Megfelelő hűtővíz-ellátás	$NNQ > \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Bőséges hűtővíz-ellátás	$NNQ \approx \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Elégséges hűtővíz-ellátás	$NNQ < \frac{W}{\zeta c \Delta T}$ Technikai intézkedések nélkül nem elegendő hűtővíz	NNQ: felszíni víz legalacsonyabb ismert vízhozama W: a vízbe juttatandó hőáram $\zeta$ : vízsűrűség c: víz fajhője $\Delta T$ : felszíni víz hőmérsékletének megengedett emelkedése
Alkalmas vízminőség	Vízminőségi osztály: II. mérsékelten szennyezett II./III. kritikusan szennyezett	Vízminőségi osztály: III. súlyosan szennyezett	Vízminőségi osztálytól független	Német vízminőségi osztályozás: I. nem szennyezett II. mérsékelten szennyezett II./III. kritikusan szennyezett III-IV. nagyon súlyosan szennyezett IV. túlzottan szennyezett
Engedélyezett párolgási veszteség betartása	$V < A$ Kisebb párolgási veszteség	$V \approx A$ Elfogadható párolgási	$V > A$ Technikai intézkedések nélkül elfogadhatatlan	V: párolgási veszteség a kiválasztott helyszínen (vízhozam)

Kritérium	1. szint (kiválóan alkalmas hely)	2. szint (megfelelő hely)	3. szint (bizonytalan alkalmasság)	Magyarázatok
		veszteség	párolgási veszteség	A: a helyszínen engedélyezett párolgás a: A százaléka, amely egyéb veszteségű források figyelembevételével alkalmazható
Ivóvíz-ellátásra gyakorolt hatás	A kibocsátott hűtővíz nincs hatással az ivóvíz-ellátásra	A kibocsátott hűtővíz bizonyos körülmények között hatással van az ivóvíz-ellátásra, de a negatív hatások kivédhetők	A kibocsátott hűtővíz hatással van az ivóvíz-ellátásra, a negatív hatások csak további technikai intézkedésekkel védhetők ki.	Ez a feltétel akkor mérlegelendő, ha a folyón lefelé távolabb ivóvizet vételeznek jelenleg vagy a jövőben
Alacsony magasságban található hosszú fáklyák gyakorisága és a veszteségű átadása a közvetlen környezetnek (2 km-es körzetben)	Éves átlagban 2%-nál kisebb gyakoriság, veszteségű átadása < 10000 MW	Gyakoribb fáklyák, veszteségű átadása < 10000 MW	veszteségű átadása > 10000 MW	
Topográfiai helyzet	20 km-es körzetben nincs vagy kevés a hűtőtoronynál magasabb kiemelkedés	2-20 km-es körzetben több, a hűtőtoronynál magasabb kiemelkedés	2 km-es körzetben több, a hűtőtoronynál magasabb kiemelkedés	
Veszteségű gazdasági hasznosításának lehetősége	Gazdaságos lakótelepi távfűtés lehetősége	Gazdaságos lakótelepi távfűtésre kisebb lehetőség	Gazdaságos felhasználásra nincs lehetőség vagy nem vizsgálták	A veszteségű hasznosítása vonzóbbá teheti a helyszínt, ellensúlyozhat egyéb hátrányokat és csökkentheti a kibocsátást.

### **1.4.3. Éghajlati viszonyok**

A nedves és száraz hőmérséklettel jellemzett éghajlat rendkívül lényeges tényező. Mind a hűtőrendszer megválasztását, mind az elérhető véghőmérsékletet befolyásolja. A hűtőrendszer megválasztása szempontjából a tervezett hőmérséklet lényeges, és általában a nyári nedves és száraz hőmérsékletet adják meg. Minél magasabb a száraz hőmérséklet, annál nehezebb alacsony véghőmérsékletet elérni száraz léghűtésű rendszerekkel. Gazdaságilag hasznos lehet a környezeti hőmérséklet egész évi ingadozásainak megállapítása, különös tekintettel arra, hogy az év mekkora részében éri el ténylegesen a maximális értékeket.

### **1.4.4. Matematikai modellek és kísérletek**

A modellek és kísérletek segítenek meghatározni, különösen érzékeny ökoszisztémák esetében, az új és a meglévő rendszerek fizikai-kémiai hatásait és működésük optimumát, valamint a hatások csökkentésének lehetőségeit. Különösen fontos az alábbiak tanulmányozása:

- vízkivétel és –kibocsátás
- a létesítmény külső megjelenése
- fáklyák képződése
- a környezetre gyakorolt hő- és vegyi hatások

## **1.5. A környezetvédelmi előírásoknak megfelelő hűtési mód kiválasztása**

A környezetvédelmi előírások további feltételt jelentenek az új hűtőrendszer kiválasztásakor illetve a meglévő optimalizálásakor. Általában a következő, egymással kölcsönhatásban álló szempontokat szükséges figyelembe venni:

- minimális energiefelhasználás
- minimális hőkibocsátás
- minimális fáklyaképződés
- minimális szennyvíz-kibocsátás
- minimális zajkibocsátás
- minimális talajszennyezés

### **1.5.1. A lég- és vízhűtésű rendszerek általános összehasonlítása**

A környezeti hatások minimalizálását gyakran a lég- és vízhűtésű rendszerek közötti választásra egyszerűsítik le. Mint korábban jeleztük, a két rendszert nehéz általánosságban összehasonlítani, ugyanis a helyi adottságok bármelyiknek az alkalmazását korlátozhatják.

A szakirodalom szerint gazdaságossági szempontból a választóvonal 50-65 °C véghőmérséklet között van az éghajlati viszonyoktól függően.

Néhány általános megjegyzés az azonos hűtőtéljesítményre tervezett lég- és vízhűtésű rendszerek összehasonlításáról:

### Méret

- A léghűtéshez a levegő alacsony fajhője következtében sok helyre van szükség.
- A léghűtésű rendszerek a keletkező légáramlatok miatt és a levegőellátás zavartalanságát biztosítandó nem építhetők egyéb épületek közvetlen közelébe.

### Karbantartási költségek

- A léghűtést ebből a szempontból általában olcsóbb megoldásnak tekintik, ugyanis itt nincs szükség a vízzel érintkező felületek vízkömentesítésére és mechanikai tisztítására.

### Folyamatszabályozás

- Léghűtésű illetve recirkulációs rendszerben könnyebb a hőmérséklet szabályozása, mint átfolyó rendszerben, amelyben nehézkes a vízmennyiség és a hőmérséklet-emelkedés szabályozása. Ventilátoros és evaporatív rendszerekben korlátlan mennyiségű levegő áll rendelkezésre, és a légáram a folyamat igényei szerint szabályozható.
- Vizes hűtőben általában könnyebb a szivárgást feltárni, bár ez az állítás kondenzátorok esetében nem feltétlenül helytálló.

## **1.5.2. A megfelelő hűtőrendszer és az anyagok kiválasztásának szempontjai**

A megfelelő hűtőrendszer és anyagok kiválasztása a környezetszennyezés megelőzésének alapvető tényezője, amelyet azonban a beruházási költségek függvényében és az alábbi szempontok figyelembevételével kell vizsgálni:

- működés típusa (pl. átfolyó vagy recirkulációs)
- a hűtőrendszer típusa (közvetlen vagy közvetett)
- nyomás (kondenzátorban)
- a hűtővíz összetétele és korrózióvédelem
- a hűtendő anyag összetétele és korrózióvédelem
- a létesítmény tervezett élettartama és költségei

A leggyakrabban alkalmazott anyag a szénacél, a galván-bevonatos acél, alumínium/sárgaréz, vörösréz/nikkel, rozsdamentes acél és titán. Az anyagoknak elsősorban a korrózióval, mechanikai sérülésekkel és a biológiai szennyeződésekkel szemben kell ellenállóknak lenniük.

## **1.7. táblázat Azonos maximális hangerőszintre tervezett különböző hűtőrendszerek összehasonlítása**

	<b>Ventilátoros nedves hűtőtorny</b>	<b>Zárt hűtőkörű hűtőtorny</b>	<b>Hibrid zárt hűtőtorny</b>
Éghajlat:			

száraz hőmérséklet	26 °C		
nedves hőmérséklet	18 °C		
Műszaki adatok:			
Teljesítmény	1200 kW		
Bejövő hőmérséklet	38 °C		
Kimenő hőmérséklet	32 °C		
Vízmennyiség	47,8 l/s		
Hangerőszint	90 dB(A)	90 dB(A)	90 dB(A)
Egyedi adatok:			
Hosszúság	3,7 m	3,7 m	5,2 m
Szélesség	2,8 m	2,4 m	2,0 m
Magasság	3,2 m	4,2 m	3,0 m
Ventilátorok teljesítménye	5 kW	11 kW	5,0 kW
Keringető szivattyú teljesítménye	1 kW	2,2 kW	1,0 kW

### 1.5.3. Meglevő rendszerek technológiai változtatása

Új létesítmények esetében rugalmasabb a választás a lehetőségek között, meglévő rendszereknél a technológiaváltás gyakran drasztikus megoldást jelent. Mivel a BAT szemlélete szerint a gazdasági megfontolásokat is szem előtt tartva elsősorban a kibocsátások csökkentésére kell törekedni, indokolt lehet a rendszer működésének optimalizálását megelőzően a technológiaváltás. A következő pontokban példák találhatóak a BAT szerinti lehetséges optimalizálásokra.

#### 1.5.3.1. Meglevő létesítmények felváltása újakkal – érvek és szempontok

Meglévő létesítmények helyére a következő megfontolásokból építhetnek újakat:

1. a meglévő technológia alacsonyabb működési költségekkel járó technológiával való felváltása
2. az elavult berendezések hatékonyabb berendezésekre történő lecserélése
3. a meglévő berendezések átalakítása teljesítményjavítás vagy további elvárások teljesítése céljából

Az új létesítményektől eltérően, régi rendszerek átalakításakor az alábbi paraméterek általában adottak:

- hely: a régi létesítmény helyén el kell férnie az újnak

- működési erőforrások rendelkezésre állása: az új létesítmény működési költségei lehetőleg alacsonyabbak legyenek a réginél (Legjobb megoldás, ha egyidejűleg a kibocsátási értékek is csökkenthetők, ez általában magasabb beruházási költségekkel jár, amelyek azonban gyorsan megtérülnek.)
- törvényi korlátozások: a környezeti hatások a régivel azonosak vagy kedvezőbbek legyenek

A hűtendő anyag és a hűtési technológia egy rendszerként kezelendő, bármelyik változtatása maga után vonhatja a másik változtatásának szükségességét. Ez is oka lehet a technológiaváltásnak.

### 1.8. Meglevő rendszerek technológiai javításának lehetőségei

Változtatás	Ipari hűtőrendszerek					
	Átfolyó	Nyitott nedves hűtőtorony	Nyitott nedves / száraz hűtőtorony	Zárt nedves hűtőtorony	Zárt száraz hűtőtorony	zárt nedves / száraz hűtőtorony
Általános	K	K	K	K	K	K
Teljesít-mény-növelés	K	K	N	N	N	N
kW <sub>e</sub> csökkentése	N	K	N	K	N	N
Vízfel-használás csökkentése	NA	NL-K	N	NL-K	NA	N
Fáklya-képződés csökkentése	NA	NL-K	NA	K	NA	NA
Zaj-csökkentés	NA	K	N	K	N	K
Csepegés csökkentése	NA	K	K	K	NA	K
A szakemberek véleménye szerint K: technikailag könnyű L: lehetséges N: nehéz NL: nem lehetséges NA: nem értelmezhető NL-K: egyedi sajátosságoktól függő						

#### 1.5.3.2. Hőátviteli technológia változtatása

A technológiaváltás leggyakoribb okai az új technológiával összefüggő alacsonyabb működési költségek vagy a törvényi korlátozások.



Tipikus példa erre az átfolyó rendszer recirkulációs rendszerrel való felváltása, amelynek révén csökkennek a vízzel és szennyvízzel kapcsolatos költségek, és az új létesítmény kevesebb hőt bocsát ki a környezeti vízbe. Ezekkel az előnyökkel szemben állnak a beruházás költségei, valamint a ventilátorok és szivattyúk folyamatos energiafelhasználása, és a víz párolgási vesztesége. A gazdaságilag legelőnyösebb megoldást csak az egyes költségtényezők pontos ismeretében lehet meghatározni.

### **1.5.3.3. Elavult hőátviteli technológia felváltása modern technológiával**

Egyes esetekben a hűtési technológia megváltoztatása nem lehetséges, viszont a meglévő módosításával is jó eredmény érhető el a hatékonyság, teljesítmény, kibocsátások és működési költségek területén.

Átfolyó rendszerekben például a hatékonyabb lemezes hőcserélők alkalmazásával jelentős javulást sikerült elérni. Evaporatív rendszerekben a betét, léghűtésű rendszerekben pedig a légterelők formájának megváltoztatása hozhat jó eredményeket.

### **1.5.3.4. Meglévő hőátviteli technológia feljavítása**

Gyakran nincs szükség a teljes hűtőrendszer lecserélésére, elegendő lehet egyes fődarabok cseréje vagy javítása. A feljavítás növelheti a rendszer hatékonyságát és csökkentheti a környezetre gyakorolt hatásokat. Példa lehet erre az új, jobb minőségű betét alkalmazása vagy zajtompítók felszerelése.

A döntéshez minden tényezőt figyelembe kell venni. A zajcsökkentés például együtt járhat a nyomásesés növekedésével, ami nagyobb teljesítményű ventilátorokat tehet szükségessé, következésképpen nő az energiafelhasználás. Helyi szinten szükséges meghatározni, hogy az alacsonyabb energiaköltség, vagy az alacsonyabb zajkibocsátás az elsődleges.

## **1.6. Gazdasági szempontok**

A különböző hűtőrendszerek közötti választás egyik legfontosabb szempontja az összköltség. Az alábbi fontosabb költségfajtákat különböztetjük meg, amelyeket együttesen szükséges mérlegelni:

- beruházási költségek
- karbantartási költségek
- működési költségek (energia, víz)
- környezetvédelmi költségek (adók)

## 2. AZ ALKALMAZOTT HŰTŐRENDSZEREK TECHNOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

### 2.1. Bevezetés

A fejezet röviden bemutatja az európai ipar által alkalmazott fontosabb hűtőrendszereket. Az alkalmazott megoldások természetesen a folyamattól, helyszíntől, környezetvédelmi és gazdasági előírásoktól függően különbözőek lehetnek. A klasszikus osztályozás a következő szempontok szerint történik:

- száraz léghűtéses, ill. az evaporatív nedves hűtésű rendszerekben – az alkalmazott termodinamikai alapelvtől függően – csak hőmérséklet változással járó hőátadás, illetve ezen kívül fázisátalakulós hőátadás is történik. Evaporatív hűtési rendszerekben mindkét elv érvényesül, bár jelentősebb a fázisátalakulással járó hőközlés, a száraz hűtési rendszerekben kizárólag hőmérséklet-változással járó hőátadás jön létre.
- nyitott vagy zárt rendszerek – nyitott rendszerekben a hűtendő anyag vagy a hűtőközeg érintkezik a környezettel, zárt rendszerekben pedig csövekben vagy vezetékben kering, és a környezetével nem érintkezik.
- közvetlen vagy közvetett rendszerek – a közvetlen rendszerekben egy hőcserélő található, amelyben a hűtőközeg és a hűtendő anyag között jön létre a hőáram, a közvetett rendszerekben legalább két hőcserélő van, és a hűtőközeg és a hűtendő anyag között egy zárt szekunder hűtőkör helyezkedik el. A további hőcserélő miatt a közvetett rendszereknek nagyobb a hőfoklépcsője. Elvben minden közvetlen rendszer átalakítható közvetetté, és ezt a lehetőséget számításba is veszik olyan esetekben, amikor a hűtendő anyag szivárgása károsíthatja a környezetet.

A fent bemutatott elvek alapján az alábbi általánosan használt rendszereket különböztethetjük meg:

- átfolyó rendszerű hűtés (frissvíz hűtés) (hűtőtoronnyal vagy anélkül)
- nedves hűtőtornyok
- zárt hűtőrendszerek
  - léghűtésű
  - zárt hűtőkörű vizes rendszer
    - kombinált nedves/száraz (hibrid) hűtőrendszerek
- nyitott hibrid hűtőtornyok
- zárt hibrid hűtőtornyok

**2.1. Táblázat Az ipari (nem erőművi) hűtőrendszerek technikai és termodinamikai összehasonlítása**

Hűtő-rendszer	Hűtőközeg	Hűtési alapelv	Minimális hőfok-lépcső <sup>4</sup> (K)	A hűtendő anyag elérendő véghőmérséklete (°C) <sup>5</sup>	Az ipari folyamat hőteljesítménye (MW <sub>th</sub> )
Nyitott átfolyó rendszerű – közvetlen	Víz	Konvektív hőátadás	3 – 5	18 – 20	<0,01 - >2000
Nyitott átfolyó rendszerű - közvetett	Víz	Konvektív hőátadás	6 - 10	21 – 25	<0,01 - >1000
Nyitott recirkulációs rendszer – közvetlen	Víz <sup>1</sup> Levegő <sup>2</sup>	Párolgás <sup>3</sup>	6 - 10	27 – 31	<0,1 - >2000
Nyitott recirkulációs rendszer – közvetett	Víz <sup>1</sup> Levegő <sup>2</sup>	Párolgás <sup>3</sup>	9 – 15	30 – 36	<0,1 - >200
Zárt nedves	Víz <sup>1</sup> Levegő <sup>2</sup>	Párolgás + Konvektív hőátadás	7 – 14 <sup>7</sup>	28 – 35	0,2 – 10
Zárt száraz léghűtésű	Levegő	Konvektív hőátadás	10 – 15	40 – 45	<0,1 – 100
Nyitott hibrid	Víz <sup>1</sup> Levegő <sup>2</sup>	Párolgás + Konvektív hőátadás	7 – 14	28 – 35	0,15 – 2,5 <sup>6</sup>
Zárt hibrid	Víz <sup>1</sup> Levegő <sup>2</sup>	Párolgás + Konvektív hőátadás	7 – 14	28 - 35	0,15 – 2,5 <sup>6</sup>

Megjegyzések:

1. A víz a szekunder hűtőközeg és többnyire recirkuláltják. A párolgó víz hőt ad le a levegőnek
2. A levegő a hűtőközeg, amely a környezetbe továbbítja a hőt.
3. A párolgás az alapvető hűtési elv. Kisebb mértékben konvektív hőátadás is létrejön.
4. A hőcserélő és a hűtőtorony hőfoklépcső összeadandó.
5. A véghőmérsékletek függenek az éghajlati viszonyoktól. Az adatok átlagos európai hőmérsékletekre érvényesek (30/21 °C száraz/nedves hőmérséklet és max. 15 °C vízhőmérséklet)
6. Kis egységek kapacitása – több egység összekapcsolásával vagy speciálisan épített rendszerekkel nagyobb teljesítmény is elérhető.
7. Közvetett rendszer vagy áramlás esetén a hőfoklépcső 3-5 K-val növekedhet.

## 2.2. Táblázat Erőművekben alkalmazott különböző hűtőrendszerek technikai és termodinamikai összehasonlítása

Hűtőrendszer	Alkalmazott hőfoklépcső (K)	Erőművi folyamat teljesítménye ( $MW_{th}$ )
Nyitott átfolyó rendszer	13 - 20 (véghőfokrás 3-5)	< 2700
Nyitott nedves hűtőtorony	7 – 15	< 2700
Nyitott hibrid hűtőtorony	15 – 20	< 2500
Száraz léghűtésű kondenzátor	15 - 25	< 900

## 2.2. Hőcserélők

A hőcserélő a legfontosabb hőátvivő elem, amely mind a hűtendő technológiai folyamatnak, mind a hűtőrendszernek részét képezi. A leggyakrabban két típusú hőcserélőt alkalmaznak: a csőköteges köpenyest és a lemezeset.

### 2.2.1. Csőköteges köpenyes hőcserélő

Erről a hőcserélőről sok tapasztalat áll rendelkezésre, és megfelelően megbízhatónak bizonyult.

### 2.2.2. Lemezes hőcserélő

A lemezes hőcserélőket egyre nagyobb arányban alkalmazzák a cukorfinomítóknak, a petrokémiai iparban és az erőművekben. Különösen jól használhatók kisebb hőfoklépcső és alacsony hőmérsékletek esetén, viszont nagy tömegű gőz és gáz hűtésére, üledékképződés, szennyeződés veszélye és nagy nyomáskülönbségek esetén kevésbé alkalmazhatók. Gazdaságos berendezések.

### 2.2.3. A hőcserélők környezetvédelmi problémái

Környezetvédelmi szempontból az alábbiakat szükséges figyelembe venni mindkét típusú hőcserélő esetében:

- a hatékony hőcsere szempontjából megfelelő kivitelezés
- helyes kivitelezés, amely megakadályozza, hogy a hűtendő anyag a hűtőközegbe szivároгjon
- a készülék anyagának helyes megválasztása, amely hatékony hőátadást tesz lehetővé, és ellenáll a víz valamint a hűtendő anyag által okozott korróziónak
- mechanikus tisztíthatóság lehetősége

## 2.3. Átfolyó rendszerű hűtés

### 2.3.1. Közvetlen átfolyó rendszerű hűtés

#### Hűtőtéljesítmény

Az átfolyó rendszereket általában nagy hűtőtéljesítményre ( $> 1000 \text{ MW}_{\text{th}}$ ) tervezik, de kisebb rendszerek esetében is használhatók.

#### Környezetvédelmi szempontok

- nagy vízigény
- hőkibocsátás
- halak beszívásának veszélye
- bioszennyeződés, vízkőlerakódás, korrózió veszélye
- adalékanyagok használata és ezek kibocsátása a vízbe
- energiafelhasználás (szivattyúk)
- szivárgás veszélye
- szűrők eltömődésének veszélye a vízkivétel helyén

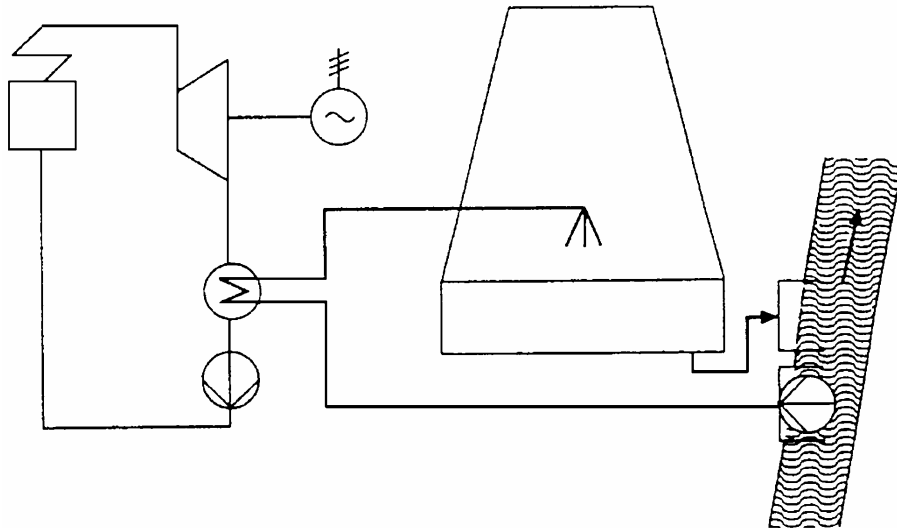
#### Alkalmazás

Az átfolyó rendszereket elsősorban az energiaiparban, a vegyiparban és a finomítóknban használják.

### 2.3.2. Hűtőtornyos átfolyó rendszerek

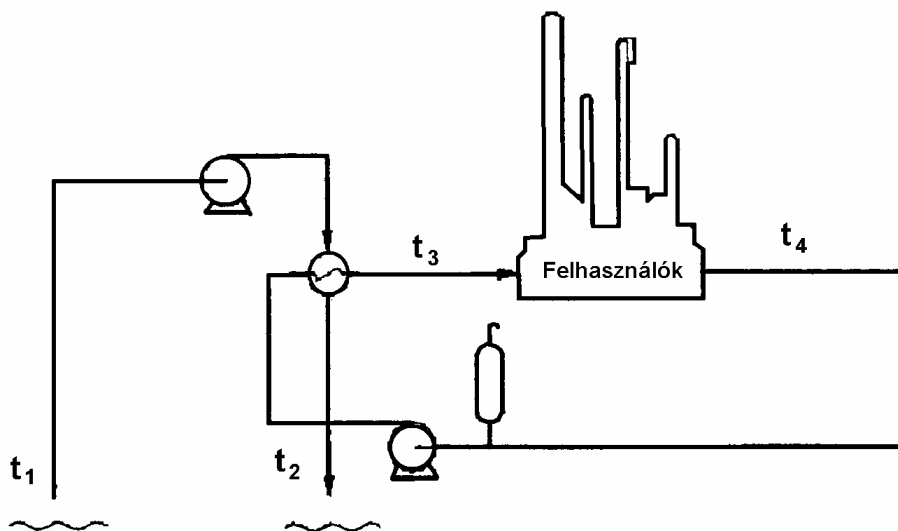
Az átfolyó rendszereket sok helyen hűtőtoronnyal kombinálva használják, ilyen módon a kibocsátott vizet előhűtik, mielőtt a felszíni vízbe engednék.

Ezeknek a hűtőrendszereknek a környezetvédelmi vonatkozásai megegyeznek a nyitott nedves hűtőtornyok környezetvédelmi vonatkozásaival.



2.2. ábra Energiaiparban használt hűtőtornyos, közvetlen átfolyó hűtőrendszer

### 2.3.3. Közvetett átfolyó hűtőrendszerek



2.3. ábra Közvetett átfolyó hűtőrendszer

#### Hűtőtéljesítmény

A közvetett rendszerrel hasonló alacsony véghőmérséklet érhető el, viszont a további hőcserélőnek köszönhetően a hőfoklépcső 3-5 K-val nőhet.

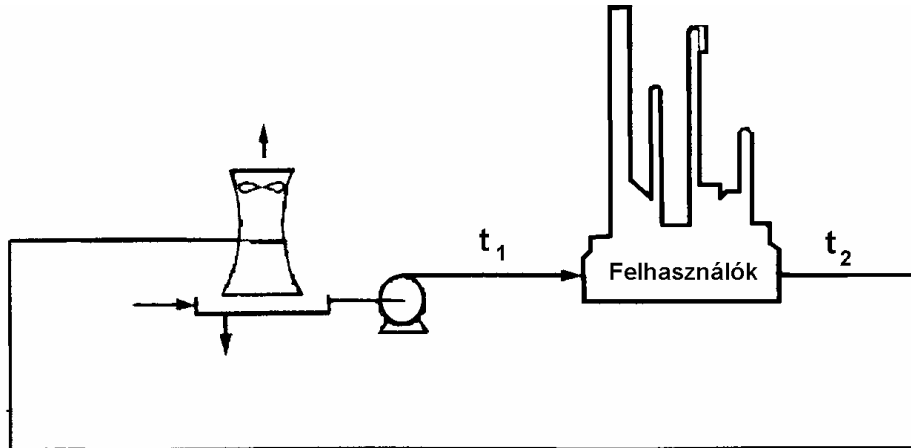
#### Környezetvédelmi kérdések

Lásd a közvetlen átfolyó rendszereknél, viszont ennél a konstrukciónál minimális vagy nulla a veszélye annak, hogy a hűtendő anyag a felszíni vizekbe szivároгjon.

## Alkalmazás

A közvetett átfolyó rendszereket általában olyankor alkalmazzák, amikor különlegesen nagy környezeti kárt okozhatna, ha a hűtendő anyag a hűtővízbe szivárogná. Lényeges, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű víz álljon rendelkezésre.

## 2.4. Nyitott recirkulációs hűtőrendszerek



2.4. ábra Nyitott recirkulációs rendszer

### Hűtőteliesség

Általában 1-100 MW<sub>th</sub> teljesítményű ipari létesítményekben használják, de előfordul ennél sokkal nagyobb teljesítményű erőművekben is. Alkalmazásukra gyakran olyankor kerül sor, amikor kevés víz áll rendelkezésre, illetve a befogadó víz hőmérséklete nem emelhető tovább.

### Környezetvédelmi szempontok

Ezek nagymértékben függenek a hűtőtorony típusától és üzemeltetésének módjától:

- a hűtővízhez adott adalékanyagok a leiszapolás útján a felszíni vizekbe jutnak
- szivattyúk és ventilátorok energiafelhasználása
- kibocsátások a levegőbe
- fáklyaképződés, kicsapódás és jégképződés
- zaj
- a hűtőtorony-betét cseréjekor keletkező hulladék
- humán egészségügyi kérdések

## Alkalmazás

Az átfolyó rendszert hűtőtorony alkalmazásával gyakran alakítják át nyitott evaporatív rendszerre, mert ez utóbbi kevesebb vizet igényel, és a hőt a felszíni víz helyett a levegőbe bocsátja ki.

Fő típusai az alábbiak:

### **2.4.1. Természetes huzatú nedves hűtőtornyok**

#### **Építésük**

Ma a nagy tornyok általában köpenyes típusúak és vasbetonból készülnek. Formájuk többnyire a termodinamikai és statikai szempontból is előnyös forgás-hiperboloid. A beruházási költségek magasak, ezzel szemben az üzemeltetési költségek viszonylag alacsonyak. A nagy erőművekben és ipari létesítményekben gyakran alkalmazzák ezt a fajta hűtőtornyot.

#### **Elemei:**

- Vízelosztó rendszer
- Hűtőtorny-betét
- Cseppleválasztók

#### **Jellemzői:**

- a levegő áramlását sűrűség-különbség idézi elő, az áramlást a torony alakja befolyásolja
- magas (80-200 m, zavarhatja a repülést és az elektronikus átvitelt, fáklyaképződés lehetősége)
- alacsony energiafelhasználás (nincs ventilátor)
- általában 200 MW<sub>th</sub>-nál nagyobb kibocsátott hőmennyiség esetén alkalmazzák

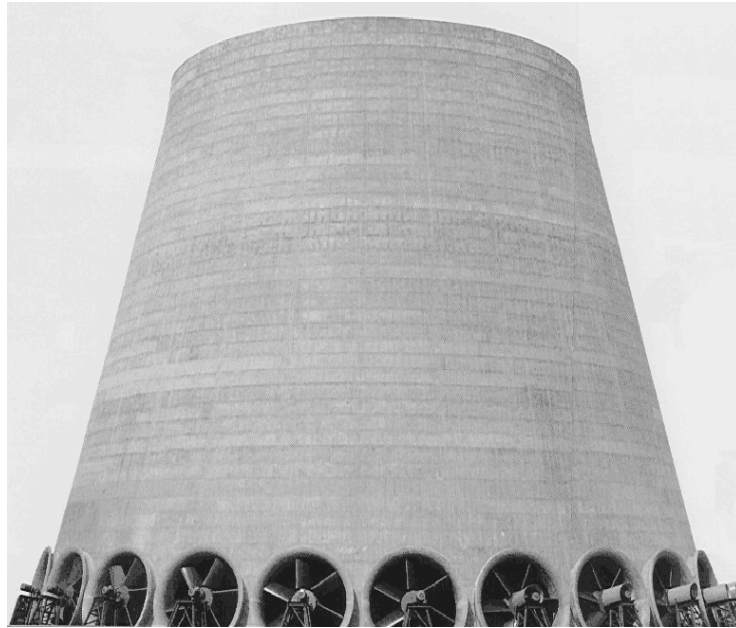
### **2.4.2. Ventilátoros nedves hűtőtornyok**

Sokféle típusa létezik, a mérettől, típustól, helyszíntől és követelményektől függően különféle anyagokból épülhet (vasbeton, műanyag, acéllemez, esetleg fa).

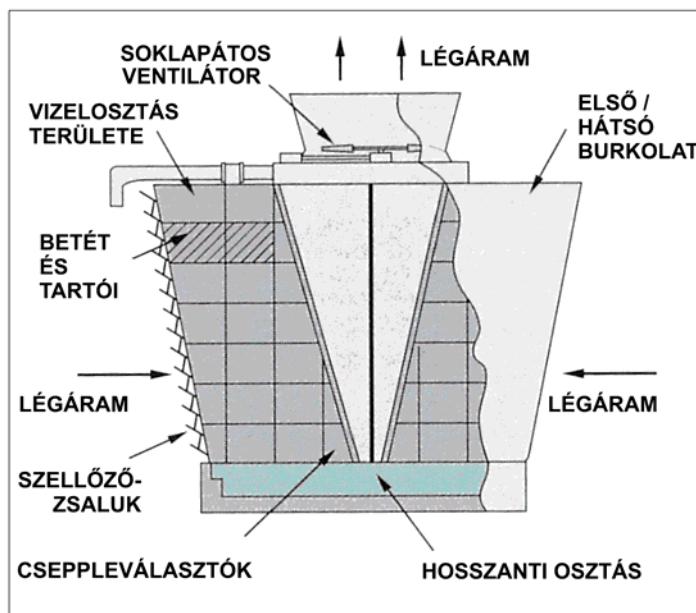
A vízelosztó rendszer, a töltet és a cseppleválasztók kialakítása eltérhet a természetes huzatú toronyétól, de működési elve ugyanaz. Lényeges különbségek:

- Ventilátorok hozzák létre a légáramlatot
- Alacsonyabb





2.7. ábra Ventilátoros hűtőtorony



2.9. ábra Cella típusú ventilátoros hűtőtorony metszete

## **2.5. Zárt hűtőrendszerek**

### **2.5.1. Léghűtésű rendszerek**

A léghűtésű (vagy száraz) rendszerekben a hűtendő anyag (folyadék, gőz) vezetékben kering, és légáram hűti. A léghűtés alkalmazási területe:

- szinte bármilyen vegyi összetételű anyag hűthető, csak a hőcserélő anyagát kell helyesen megválasztani
- amikor pótvíz egyáltalán nem, vagy csak időszakosan áll rendelkezésre
- amikor a fáklyaképződés nem megengedhető

#### **Hűtőteljesítmény**

A léghűtést gyakran alkalmazzák magas hőmérsékletű (> 80 °C) anyagok hűtésére.

#### **Környezetvédelmi szempontok**

A fő problémát a zaj és a ventilátorok energiafelhasználása jelenti. Vízet legfeljebb közvetett rendszerben, szekunder hűtőközegként használnak, mivel azonban a rendszer zárt, a víz kevés kezelést igényel.

A csövek külső felületét tisztítani kell, időnként problémát jelenthetnek a levegőben található apró szennyeződések és rovarok.

#### **Alkalmazásuk**

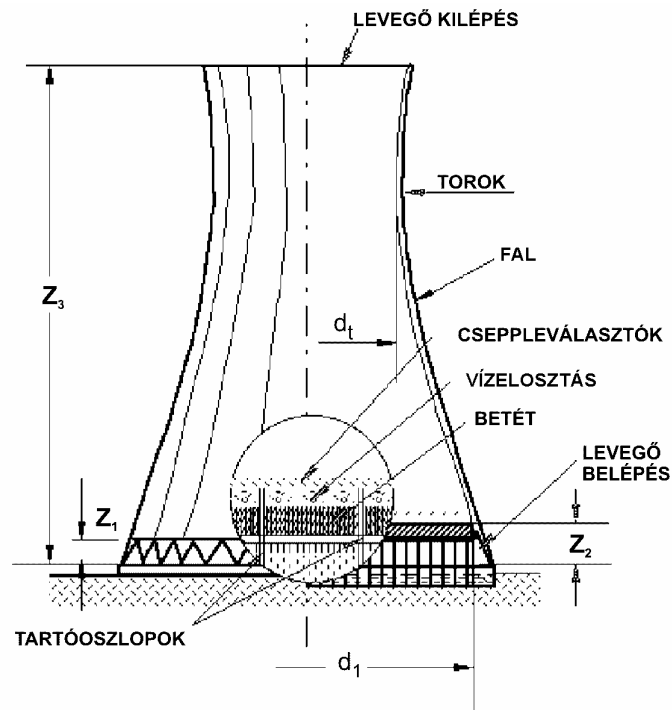
Elsősorban a kémiai és petrokémiai ipar, valamint az erőművek használják.

Ugyanolyan teljesítményhez a száraz léghűtés esetében nagyobb felületre van szükség, mint nedves rendszerben, és ez a megoldás általában drágább is, ezért az energiaipar inkább olyankor alkalmazza, amikor nem áll elég hűtővíz rendelkezésre.

#### **2.5.1.1. Természetes huzatú száraz hűtőtorony**

##### **Jellemzői:**

- Nagy évi kihasználási óraszám esetén alkalmazzák
- 200 MW<sub>th</sub>-nál nagyobb hőleadás esetén, azaz nagy erőművekben, vegyi üzemekben használják
- alkalmazás olyan esetekben, amikor teljesen zajmentes működtetésre van szükség
- alkalmazás olyan esetekben, amikor egyáltalán nem vagy csak időszakosan áll rendelkezésre pótvíz

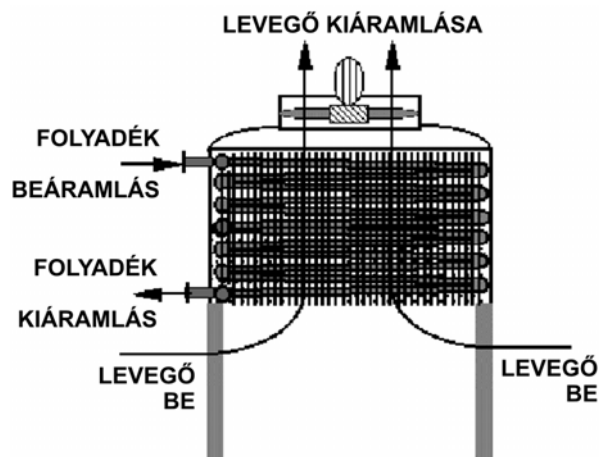


2.10. ábra Száraz természetes huzatú hűtőtorony

### 2.5.1.2. Léghűtésű folyadékűtő rendszerek

#### Jellemzői:

- zárt rendszer
- belső energiafelhasználása magasabb, mint a nedves hűtőtornyoké
- alacsony hőteljesítmény (100 Mwth-nál kevesebb)
- működtetési költségeit szinte teljes egészében az energiaköltségek teszik ki
- környezetvédelmi problémák: zaj és energia



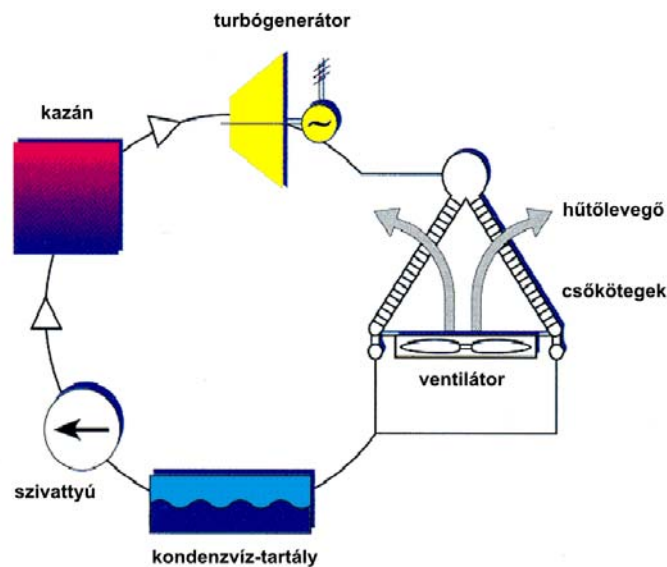
## 2.12. ábra Száraz léghűtéses rendszer

### 2.5.1.3. Léghűtésű kondenzátor

Az energiaipar és vegyi üzemek alkalmazzák a gőz kondenzálására.

#### Jellemzői:

- nincs szükség hűtővízre
- a közvetlen energiafelhasználás költsége magasabb, mint nedves kondenzátorok vagy hűtőtornyok esetében
- környezetvédelmi problémák: zaj és energiafelhasználás



## 2.14. ábra Közvetlen léghűtésű kondenzátor

### 2.5.2. Zárt nedves hűtőrendszerek

Zárt rendszerekben a hűtendő anyag zárt vezetékben kering, és nem érintkezik a környezettel.

#### Hűtőtéljesítmény

A hűtőteljesítmény alacsonyabb, mint nyitott rendszerekben. Több egység összekapcsolásával nagyobb, 150-400 kW<sub>th</sub>, de akár 2,5MW<sub>th</sub> kapacitás is elérhető. Előnye a szennyeződésmentes, zárt primer hűtőkör, amely egyes esetekben a belső hőcserélőt is szükségtelenné teszi.

## Környezetvédelmi szempontok

Amennyiben a zárt hűtőrendszerben vizet használnak szekunder hűtőközegként, ez általában lúgosított, lágyított víz vagy ivóvíz. A víz akár hat hónapig is a rendszerben maradhat, utánpótlásra csak akkor van szükség, ha a szivattyúk tömítéseinél elszivárgott, vagy ha elpárolgott a víz, vagy karbantartás miatt leengedték. Mivel a rendszer kevés vizet igényel, lehetőség van jó minőségű víz alkalmazására, és így nem jelent gondot a vízképződés. A műszaki megoldásoktól, üzemeltetéstől és éghajlattól függően fáklya képződhet. Alacsony környezeti hőmérséklet esetén száraz toronyként működtethető, ezáltal víz takarítható meg. A ventilátorok keltette zaj probléma lehet.

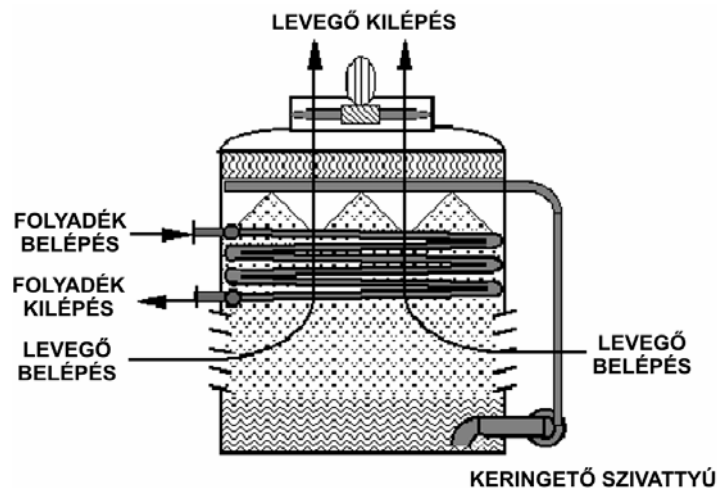
## Alkalmazásuk

Különösen alkalmasak gázmotorok és kompresszorok hűtésére, és megbízható eszközei az ipari hőmérsékletszabályozásnak.

### 2.5.2.1 Ventilátoros nedvesített zárt hűtőrendszerek

#### Jellemzői:

- kisebb és nagyobb létesítményekhez egyaránt használható
- alacsony elérhető hőmérséklet
- alacsony energiafelhasználás
- víz és keringető szivattyú szükséges
- fáklya megszüntethető
- környezetvédelmi problémák: víztisztítás és vízkibocsátás



2.16. ábra Zárt recirkulációs nedvesített hűtőtorny

### 2.5.2.2. Evaporatív gőzkondenzátor

#### Jellemzői:

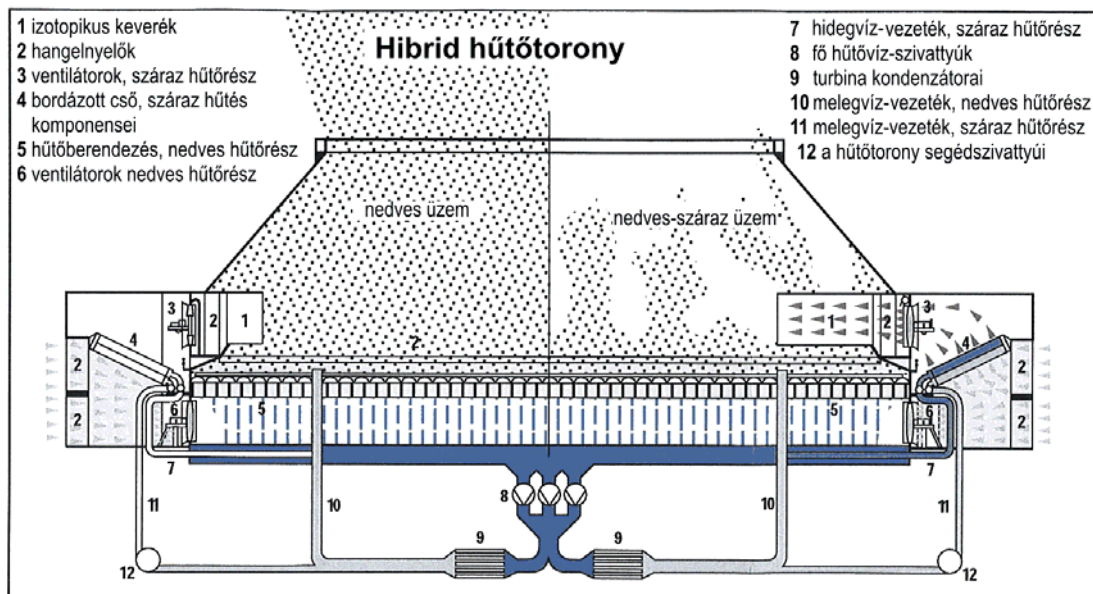
- közepes és nagy létesítményekhez használható
- alacsony hűtési hőmérséklet érhető el vele
- alacsony energiafelhasználás
- környezetvédelmi szempontok: víztisztítás és vízkibocsátás

## 2.6. Kombinált nedves/száraz hűtőrendszerek

### 2.6.1. Nyitott nedves/száraz (hibrid) hűtőtornyok

Ezeket a speciális kivitelezésű tornyokat a hűtővíz használatából és a fáklyaképződésből eredő problémák kezelésére fejlesztették ki. Lényegében a nedves és száraz tornyok, más szóval az evaporatív és nem evaporatív folyamatok kombinációját jelentik.

A hibrid toronyban a hűtés alapvetően nedves eljárással történik, a száraz hőátadás a fáklyaképződésre vonatkozó előírások betartását segíti elő.



### 2.17. ábra Hibrid hűtőtorny (energiaipari példa)

A nyitott hibrid hűtőtornyok jellemzői:

- a hűtőközeg kizárólag víz
- környezetvédelmi szempontok: a ventilátorok alkalmazása következtében az összmagasság csökkenthető, fáklyaképződés kisebb mértékű

- a zajra vonatkozó előírások betartása érdekében zajcsökkentő berendezésre van szükség

### **Hőteljesítmény**

A hőteljesítmény  $<1 \text{ MW}_{\text{th}}$ -tól  $2500 \text{ MW}_{\text{th}}$ -ig terjedhet.

### **Környezetvédelmi szempontok:**

A hibrid és a hagyományos hűtőtorony közötti legfontosabb különbség az, hogy a hibrid torony vízfelhasználása akár 20%-kal alacsonyabb lehet egy nedves hűtőtorony vízigényénél. A nagyobb légáram miatt a ventilátoros hibrid hűtőtorony éves energiafelhasználása 1,1 –1,5-szer nagyobb lehet a megfelelő ventilátoros nedves torony energiafelhasználásánál.

### **Alkalmazásuk**

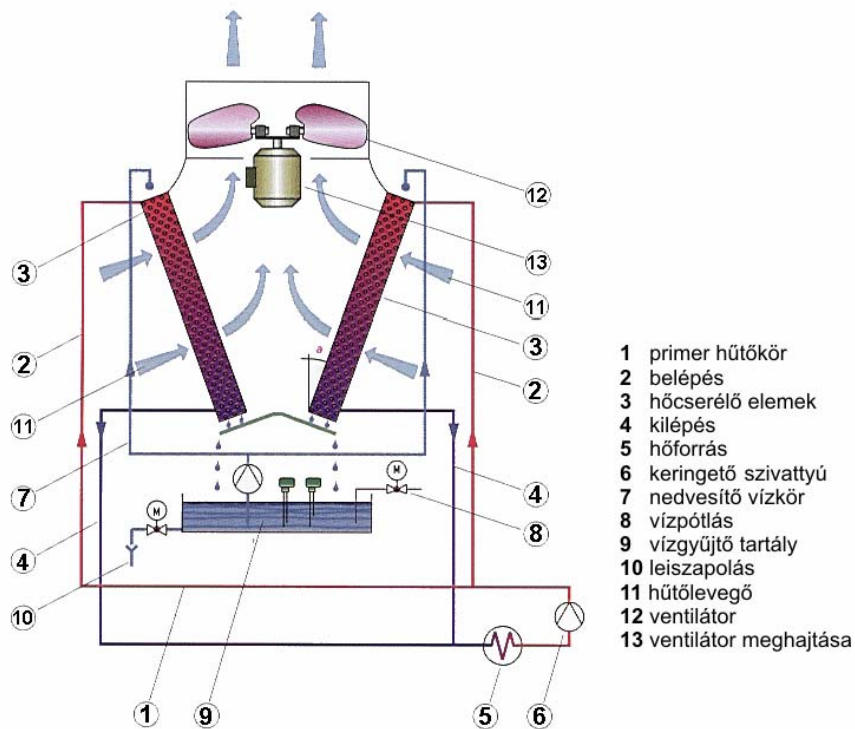
Hibrid tornyok építéséről általában a helyi követelmények figyelembevétele (magasság és fáklyaképződés korlátozása) alapján határoznak. Sok hibrid torony található az energiaiparban. Használata a  $25\text{-}55 \text{ °C}$  hőmérsékleti tartományra korlátozódik, mivel ezen hőmérséklet fölött gyakoribb a kalcium-karbonát kiválása a csöveken.

## **2.6.2. Zárt hibrid hűtőrendszerek**

### **Környezetvédelmi szempontok**

A zárt hibrid hűtőrendszerek egyesítik a zárt hűtőkörből és a jelentős vízmegtakarításból eredő előnyöket. A zárt száraz hűtőtornyokhoz viszonyítva alacsonyabb hőmérséklet érhető el velük. Bizonyos kivitelezésű tornyok esetében különleges figyelmet kell fordítani a víztisztításra. Ezek a tornyok jelentősen csökkentik, illetve egyes típusok teljesen meg is szüntetik a fáklyaképződést.

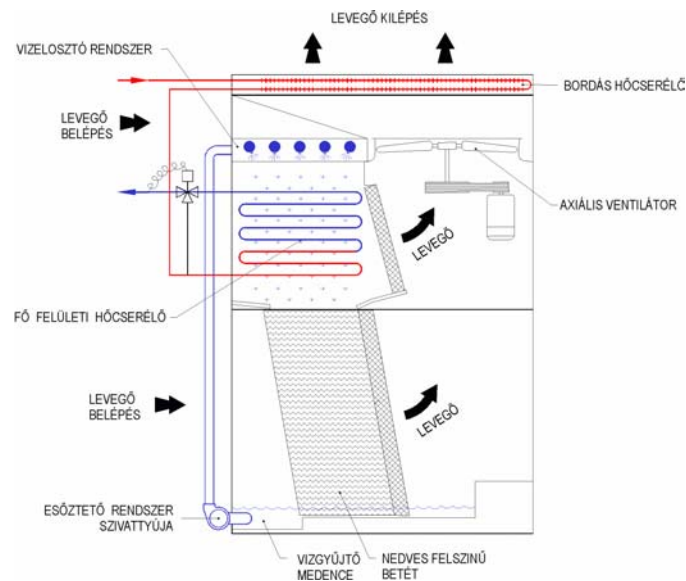
2.6.2.1 Nedvesített (bordázott) csőkígyó



2.18. ábra Zárt hibrid hűtőtorony

2.6.2.2. Adiabatus hűtőberendezések, a hűtő levegő nedvesítése és előhűtése

A hagyományos evaporatív hűtőberendezéshez viszonyítva a vízfelhasználás jelentősen alacsonyabb.



2.19. ábra Hibrid hűtőrendszer kombinált száraz/nedves üzemeltetése



### **2.6.2.3. Kombinált technológia**

#### **2.6.2.4. A hibrid rendszerek költségei**

A hibrid rendszerek esetében a beruházási és üzemeltetési költségeket szükséges figyelembe venni. A beruházási költségek általában magasak. A fáklya megszüntetésének költségei a hűtési rendszer függvényében eltérőek lehetnek. Az üzemeltetési költségek függenek az egyedi kialakítástól illetve a víz és energia áráról.

## **2.7. Recirkulációs hűtőrendszerek**

A közvetlen és közvetett rendszerek fogalmát a félreértések elkerülése végett szükséges a recirkulációs rendszerek esetében pontosítani.

### **2.7.1. Közvetlen recirkulációs hűtőrendszerek**

A korábban elmondottaknak megfelelően a közvetlen hűtőrendszerekben egy hőcserélő található. A hőcserélő szivárgása azt jelentheti, hogy a hűtendő anyag a környezetét szennyezi, vagy – kondenzátorban – a kondenzáció körülményei romlanak.. Bár a hűtőközegnek a hűtőtoronyban történő hűtése szintén egyfajta hőcsere, a rendszert közvetlennek tekintjük. A vízhűtésű kondenzátor hűtővizének nyitott hűtőtoronyban való lehűtése tehát például közvetlen rendszer.

### **2.7.2. Közvetett recirkulációs hűtőrendszerek**

Ebben az esetben a szivárgó hűtendő anyag nem szennyezheti a környezettel közvetlen kapcsolatban levő hűtőközeget. A hűtés tehát kétszintű.

Nyitott recirkulációs hűtőtorony esetében a toronyból kilépő víz a zárt körben keringő vízből vesz fel hőt. A zárt körben keringő víz ezután egy másik hőcserélőbe jut, ahol hőt vesz fel a hűtendő anyagból. A zárt recirkulációs hűtőtornyok hasonló elven működnek.

## **2.8. A hűtőrendszerek költségei**

A költségeket végső soron leginkább a felhasználó igényei és a törvényi előírások határozzák meg. Ennek fontos részei az induló beruházási költség és az éves költségek. Összehasonlításhoz a költségeket a hőtéljesítmény függvényében kell megadni.

**2.3. Táblázat Az víz- és léghűtésű rendszerek költségtételei**

<b>Költségfajta</b>	<b>Költségtétel</b>	<b>Vízűtésű rendszer</b>	<b>Léghűtésű rendszer</b>	
Állandó	Hőcserélő(k) (típus, méret és modell)	x	x	
	Hőcserélő (anyag)	x	x	
	Csővezetékek	x	x	
	Szivattyúk / Tartalék-szivattyúk	x	x	
	Szerelvények	x		
	Légtelenítő / leürítés	x		
	Szerelvények	x		
	Hűtőtornyok	x	x	
	Ventilátorok	x	x	
	Hangtompítás	x	x	
	Közvetett rendszer (második hőcserélő, csövek, szivattyúk)	x	x	
	Változó	Víz (talajvíz, csapvíz)	x	
		Víz kibocsátás díja	x	
Szivárgás figyelése		x	x	
Vízkezelés		x		
Energiafelhasználás (szivattyúk és ventilátorok)		x	x	
Karbantartás		x	x	

### **3. AZ IPARI HŰTŐRENDSZEREK KÖRNYEZETVÉDELMI VONATKOZÁSAI ÉS ALKALMAZOTT MEGELŐZÉSI ÉS CSÖKKENTÉSI TECHNOLÓGIÁK**

#### **3.1. Bevezetés**

A 2. fejezetben ismertetett különböző típusú ipari hűtőrendszerek környezetvédelmi aspektusai eltérőek. A legfontosabb ilyen tényezők a közvetlen és közvetett energiafelhasználás, hő és adalékanyagok kibocsátása a felszíni vizekbe, a zaj és a fáklyaképződés. Az egyes tényezőket nem önmagukban, hanem a környezeti problémák egésze – ideértve magát az ipari folyamatot is – szempontjából kell vizsgálni és megítélni.

A BAT megközelítést minden környezetvédelmi probléma és eljárás tárgyalásakor külön ismertetjük. Az értékelés menete megegyezik az 1. fejezetben bemutatott gondolatmenettel. Első lépés a hűtési igény és ezáltal a környezetbe kibocsátott hőmennyiség csökkentése. Ezt követi a kibocsátások megelőzését és csökkentését szolgáló erőforrások felhasználásának minimalizálása. Minden eljárást a teljes energiafelhasználás tükrében vizsgálunk.

3.1. táblázat Az egyes ipari hűtőrendszerek környezetvédelmi problémái

	Közvetlen energiafelhasználás	Vízigény	Halak <sup>2</sup> befogása	Kibocsátás felszíni vizekbe		Levegőkibocsátás (közvetlen)	Fáklya-képződés	Zaj	Kockázat		Maradék
				Hő (3.3)	Adalékok (3.4)				Szivárgás (3.7)	Mikrobiológiai (3.7)	
Hűtőrendszer	(3.2) <sup>1</sup>	(3.3)	(3.3)	Hő (3.3)	Adalékok (3.4)	(3.5)	(3.5)	(3.6)	Szivárgás (3.7)	Mikrobiológiai (3.7)	(3.8)
Átfolyó (közvetlen)	Alacsony	++	+	++	+	--	--	--	++	--/ Alacsony	+ <sup>6</sup>
Átfolyó (közvetett)	Alacsony	++	+	++	+	--	--	--	Alacsony	--/ Alacsony	+ <sup>6</sup>
Nyitott nedves hűtőtorony (közvetlen)	+	+	--	Alacsony	+ <sup>3</sup>	Alacsony (fáklyában)	+	+	+	+	--/ Alacsony
Nyitott nedves hűtőtorony (közvetett)	+	+	--	Alacsony	+ <sup>3</sup>	Alacsony (fáklyában)	+	+	Alacsony	+	+
Nyitott nedves / száraz hűtőtorony	+	Alacsony	--	Alacsony	Alacsony <sup>3</sup>	--	-- <sup>5</sup>	+	Alacsony	?	+
Zárt nedves hűtőtorony	+	+	--	--	Alacsony	Alacsony <sup>4</sup> (fáklyában)	--	+	Alacsony	Alacsony	Alacsony
Zárt száraz hűtőrendszer	++	--	--	--	--	--/ Alacsony	--	++	Alacsony	--	--

Zárt nedves / száraz hűtőrendszer	+	Alacsony	--	--	Alacsony <sup>3</sup>	Alacsony	--	Alacsony	Alacsony	Alacsony	Alacsony
Megjegyzések:		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. szöveg bekezdése</li> <li>2. egyéb fajok is befoghatók</li> <li>3. biocidok, vízkő és korrózió elleni védelem</li> <li>4. szivárgás esetén lehetséges</li> <li>5. helyes működtetés esetén nem jellemző</li> <li>6. vízkivételnél jelentkező iszap</li> </ol>									
--	nincs / nem értelmezhető										
+	jellemző										
++	nagyon jellemző										

## **3.2. Energiafelhasználás**

Az ipari hűtőrendszerek energiaigényén belül megkülönböztetünk közvetlen és közvetett energiafelhasználást. A közvetlen felhasználás a rendszer működtetéséhez szükséges energia, amely elsősorban a szivattyúk és ventilátorok működésekor jelentkezik.

### **3.2.1. Közvetlen energiafelhasználás**

A hűtőrendszerekben a hűtővíz szivattyúzásához és/vagy a légáram létrehozásához mechanikai energia szükséges, amelyet fajlagos energiafelhasználásként  $kW_e / MW_{th}$  disszipált energiában fejezünk ki.

A hűtőrendszer fő energiafelhasználói:

- szivattyúk (minden hűtővízes rendszerben) vízkivételhez és a hűtővíz keringetéséhez
- energiafelhasználásuk függ a vízmennyiségtől, a nyomáseséstől (hőcserélők számától), a vízkivétel helyétől és szivattyúzandó közegtől
- a közvetett rendszerekben a két kör megléte következtében több szivattyúra van szükség
- hűtőtorony esetében a magasság miatt nagyobb az energiaigény, mint átfolyó rendszerben
- ventilátorok (minden ventilátoros hűtőtoronyban és kondenzátorban)
- energiafelhasználásuk függ a ventilátorok számától, méretétől, típusától, a levegő mennyiségétől, stb.
- a száraz rendszerekben ugyanakkora hűtőteljesítményhez több levegő kell, mint az evaporatív rendszerekben, bár ez nem szükségszerűen jelent magasabb energiafelhasználást.

### **3.2.2. Közvetett energiafelhasználás**

A közvetett energiafelhasználás a termelési folyamat energiaigénye. Elégtelen hűtés esetén ez megnő.

A hűtés környezetre gyakorolt hatásának értékelésekor a közvetett energiafelhasználást is számításba kell venni. A közvetett energiafelhasználás megváltozásának a teljes energiafelhasználásra vonatkozó következményeit az elégtelen hűtés következtében beálló hőmérsékletemelkedés hatásaként értelmezhetjük.

### **3.2.3. A hűtés energiaigényének csökkentése**

A hűtőrendszerek energiafelhasználásának csökkentése a környezeti egyensúly megtartásának szempontjából lényeges. A környezetbe kibocsátott hőmennyiség csökkenhet, ha lehetségessé válik az ipari folyamaton belüli újrafelhasználása.

Az anyagok és a hűtőrendszer típusának helyes megválasztása csökkentheti az energiaigényt, valamint az alábbi megoldások is hozzájárulhatnak a kedvezőbb eredményhez:

1. sima felületek és a lehető legkevesebb irányváltatás alkalmazásával elkerülhető az örvények kialakulása, és a hűtőközeg áramlása kevésbé akadályozott
2. a ventilátorok elhelyezése és típusa, valamint a légáram szabályozásának lehetősége hozzájárulhat az energiaszükséglet csökkentéséhez
3. a betét és a tömítések helyes megválasztása jobb hőcserét biztosíthat
4. kis áramlási ellenállású cseppelválasztók megválasztásával az energiaigény csökkenthető

A gyakorlati tapasztalat továbbá azt mutatja, hogy a megfelelő karbantartás egyértelműen hozzájárul az energiaigény csökkentéséhez.

### **3.3. Hűtővíz-fogyasztás és -kibocsátás**

#### **3.3.1. Vízfogyasztás**

##### **3.3.1.1. Vízigény**

A víz különösen a nagy átfolyó rendszerek esetében alapvető fontosságú közeg. Erre a célra felszíni vizeket, talajvizet és ivóvizet egyaránt használnak. Elméletileg sós víz, mérsékelt sós víz és édesvíz egyaránt alkalmazható. A sós víz előnye, hogy a tengerparton szinte korlátlanul rendelkezésre áll, viszont hátránya, hogy erősen korróziókéltő. A talajvíz hűtési célra való felhasználását egyre kevésbé engedélyezik, kivéve, ha a talajvíz szintjének csökkentése egyéb okból indokolt.

Meg kell különböztetnünk a vízfelhasználást és a vízfogyasztást. A felhasználás azt jelenti, hogy a vízkivétellel megegyező mennyiségű felmelegített hűtővizet juttatnak vissza ugyanabba a forrásba (átfolyó rendszerek). A vízfogyasztás ezzel szemben azt jelenti, hogy a hűtővíznek csak egy része kerül vissza a forrásába (leiszapolás útján), a többi a folyamat során párolgás vagy cseppelragadás útján távozik.

Különböző források azt mutatják, hogy Európában - elsődlegesen az erőművekben - jelentős a hűtővíz-felhasználás.

### 3.3. táblázat A különböző hűtőrendszerek vízigénye

Hűtőrendszer	Átlagos vízfelhasználás (m <sup>3</sup> /h/MW <sub>th</sub> )	Relatív vízfelhasználás (%)
Átfolyó rendszer – közvetlen	86	100
Átfolyó rendszer – közvetett	86	100
Nyitott nedves hűtőtorony – közvetlen	2	2,3
Nyitott nedves hűtőtorony – közvetett	2	2,3
Nyitott nedves/száraz (hibrid) hűtőtorony	0,5	0,6
Zárt nedves hűtőtorony	változó	változó
Zárt száraz léghűtésű hűtőtorony	0	0
Zárt nedves/száraz hűtőtorony	1,5	1,7
Feltételezések: felmelegedés: $\Delta T$ 10 K nyitott nedves hűtőtorony: a koncentrációs tényező 2 és 4 között van nyitott nedves/száraz hűtés: 75% száraz működés zárt nyitott/száraz torony: 0-25% közötti száraz működés		

## Törvényhozás

A vízfelhasználással kapcsolatos legmagasabb szintű európai jogszabály a vízről szóló keret irányelv.

### 3.3.1.2. A vízfogyasztás csökkentése érdekében alkalmazott eljárások

A hűtővíz-fogyasztás csökkentése alapvető fontosságú ott, ahol azt természeti vagy ökológiai tényezők indokolják.

#### 1. Hűtéstechnológia

A szükséges vízmennyiség csökkentése szempontjából meghatározó a hűtőrendszer helyes megválasztása. (Amennyiben lehetséges, például léghűtésű rendszerek alkalmazása, vagy átfolyó rendszer felváltása recirkulációs rendszerrel.)



## **2. A rendszerek üzemeltetése**

A recirkulációs nedves hűtőrendszerekben általánosan alkalmazott eljárás a koncentrációs tényező növelése a ritkább leiszapolások révén. Megfelelően karbantartott rendszerrel valóban csökkenthető a hűtővíz szennyeződésének veszélye, és a tisztább víz kevésbé gyakori leiszapolást tehet szükségessé. A koncentrációs tényező növelése következtében több vegyi adalékanyag alkalmazása válhat elengedhetetlenné annak érdekében, hogy a magasabb sókoncentráció ne eredményezzen lerakódást, és ilyen esetekben különös figyelmet kell fordítani a leiszapolásban található elemek esetleges magasabb koncentrációjára is.

## **3. Kiegészítő eljárások**

Ezek az eljárások általában a vízminőség javítását célozzák. Ide tartozik például a hűtővíz előkezelése, a párologtató medencék, a különböző ipari egységek vízellátó rendszerének összekapcsolása vagy a leiszapolás kezelés utáni újrafelhasználása.

### **3.3.2. Halak befogása**

#### **3.3.2.1. A befogás mértéke**

Nagy vízigény esetén, például átfolyó rendszerek alkalmazásakor, a halak és egyéb kisebb vízi élőlények hűtővízbe kerülése és sérülése jelentős problémát okozhat. A halak befogásának kérdése a helyi technikai és hidrobiológiai körülményektől függ, ezért azt minden létesítmény esetében külön-külön helyileg szükséges tanulmányozni és kezelni.

#### **3.3.2.2. A csökkentés érdekében alkalmazott eljárások**

Az optimális megoldást és a BAT követelmények teljesítését számos biológiai, környezetvédelmi és műszaki tényező befolyásolja, amelyeket, mint említettük, helyileg szükséges mérlegelni. Ennek alapján az alkalmazott eljárásokat lehetetlen és indokolatlan összehasonlítani.

### **1. Hűtési technológia**

Az átfolyó rendszer helyett recirkulációs rendszer alkalmazása természetesen sokat javít a helyzeten, viszont a beruházási költségek figyelembe vételével, kizárólag a halak védelme érdekében ilyen váltás nehezen képzelhető el, legfeljebb zöldmezős beruházás esetében befolyásolhatja a döntést. A halak befogása azonban gyakran megelőzhető vagy csökkenthető hang- és fénykibocsátó eszközökkel, a vízvételző berendezések helyzetének, mélységének és típusának változtatásával, a víz beáramlási sebességének csökkentésével illetve a szűrők méretének helyes megválasztásával.

### **2. Működési gyakorlat**

A víz beáramlási sebességének 0,1-0,3 m/s alá csökkentése egyértelműen kedvező eredményeket mutat, viszont ennek érdekében nagyobb átmérőjű bevezető csatornákra lehet szükség, aminek természetesen műszaki és pénzügyi vonzatai vannak. Egyes vélemények

szerint a befogott fajok napi és szezonális megoszlás szerinti vizsgálata is hozzájárulhat a megfelelő megoldás megtalálásához.

### **3.3.3. Hőkibocsátás felszíni vizekbe**

#### **3.3.3.1. A hőkibocsátás szintje**

A kibocsátott hő végső soron mindig a levegőbe kerül, akár a hűtőtoronyban levő vízcseppekből, akár a befogadó víz felszínéről. Ez utóbbi esetben hatással lehet a vízi ökoszisztémára is.

A hőkibocsátás szoros kapcsolatban áll a felhasznált és kibocsátott hűtővíz mennyiségével. Átfolyó rendszerekben gyakorlatilag az összes hő a felszíni vizekbe kerül, recirkulációs rendszerek esetében azonban kb. 98,5%-a közvetlenül a levegőbe jut.

A felszíni víz hőmérsékletének emelkedése közvetlenül és közvetetten is - az oxigénegyensúly megbontásával - hat a vízi élőlényekre és fiziológiájukra. A felmelegedés a mikrobiológiai lebomlást is meggyorsítja, ezzel szintén növelve az oxigénfogyasztást.

Nagy mennyiségű vízkibocsátás esetében – különösen az energiaiparban – célszerű figyelembe venni a befogadó víz hőmérsékletét, vízszintjét, folyási sebességét illetve ezek szezonális változását, a kibocsátott és a befogadó víz keveredésének mértékét, valamint tengerparton az árapályt és egyéb áramlatokat.

#### **3.3.3.2. A hőkibocsátás törvényi szabályozása**

Az 1978. július 18-i 78/659/EGK irányelv megállapítja a kijelölt édesvízi halászerületekre érvényes, egyes anyagokra és a hőkibocsátásra vonatkozó környezetvédelmi minőségi előírásokat.

### **3.6. táblázat A vízhőmérsékletre vonatkozó követelmények kétféle ökoszisztémában**

<b>Paraméter</b>	<b>„Lazacos” vizek</b>	<b>„Ciprines” vizek</b>
Maximális hőmérséklet a keveredési zóna határán (°C)	21,5	28,0
Maximális hőmérséklet a hidegvízi fajok ivási időszakában (°C)	10,0	10,0
Maximális hőmérséklet-emelkedés a keveredési zóna határán (°C)	1,5	3,0
Megjegyzés: a megadott hőmérsékleti határértékek az idő legfeljebb 2%-ban léphetők túl		

A tagállamok többféle módon, az ökológiai feltételektől függően szabályozzák a hőkibocsátást felszíni vizeikbe.

### **3.3.3.3 Alkalmazott csökkentési eljárások**

#### **1. Hűtési technológia**

A hőkibocsátás minimalizálásának legjobb módja a vízkibocsátás csökkentése a primer folyamat optimalizálása révén, illetve a hő egyéb fogyasztóknál történő hasznosítása.

Mint említettük, a hő végül mindenképpen a levegőbe kerül, a felszíni víz csak közvetítő anyag. A hőkibocsátás környezeti hatásai tehát csökkenthetők, ha több hő jut közvetlenül az atmoszférába, és kevesebb a vízbe.

A hőkibocsátás csökkentéséhez hozzájárulhat a vízfelhasználás csökkentése és a teljes rendszer energiahatékonyságának javítása.

#### **2. Kiegészítő eljárások**

Régi gyakorlat, de még mindig több helyen előfordul a hűtőtavak alkalmazása. A nagy erőművekből kibocsátott hűtővizet egyes esetekben hűtőtornyokban előhűtik. Ez költséges eljárás, de szükség lehet rá olyankor, amikor a kibocsátott víz befolyásolhatja a vízkivétel helyén mért vízhőmérsékletet.

### **3.4. A hűtővíz kezeléséből származó kibocsátások**

A hűtővíz kezeléséből származó és a felszíni vizekbe kerülő emisszió jelenti az egyik legfontosabb hűtőtechnológiai problémát. A nedves hűtőrendszerekből alapvetően négyféle szennyeződés kerülhet a vizekbe:

- a hűtendő vegyi anyag és reagensei, szivárgás útján
- korrózióból származó részecskék, a berendezés korrodálódása révén
- az alkalmazott adalékanyagok és reagenseik
- a levegőben lebegő részecskék

A kibocsátások többféle módon csökkenthetők, például a szivárgás megakadályozásával vagy a berendezés anyagának helyes megválasztásával. Ebben a fejezetben a hűtővízhez adott adalékanyagok kibocsátott mennyiségének és környezeti hatásainak csökkentését vizsgáljuk:

- a vízkezelés szükségességének csökkentésével
- a környezetet kevésbé károsító vegyi kezelés megválasztásával
- a vegyi anyagok leghatékonyabb módon való alkalmazásával

#### **3.4.1. A hűtővíz-kezelés alkalmazása**

A hűtővizet a hatékony hőcsere és a hűtőberendezés védelme érdekében szükséges kezelni, más szóval a teljes energiafelhasználás csökkentése céljából.

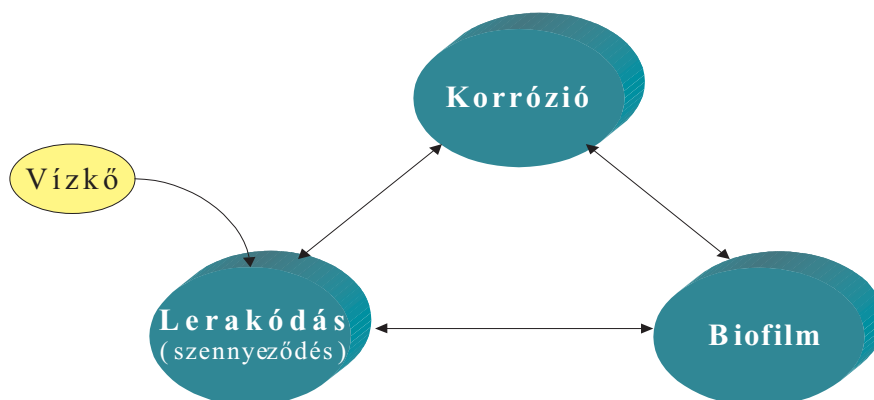
A hűtővíz káros hatása elsősorban a víz összetételétől és a hűtőrendszer működtetésének módjától (pl. a koncentrációs tényezőtől) függ. A sós víz értelemszerűen más előkészítést

igényel, mint az édesvíz. A hűtővizet szennyezheti a hűtendő anyagból származó szivárgás, vagy a hűtőtornyon átáramló levegőben található részecskék.

A környezetvédelem szempontjából rendkívül fontosak az adalékanyagok, mivel bekerülnek a felszíni vizekbe, és kisebb mértékben a levegőbe is. A vegyi anyagok összetétele és hatása általában ismert, de például a nem-oxidáló biocideket gyakran "találomra" választják.

A vízminőségből eredő általános problémák:

- a hűtőberendezés korróziója, amely szivárgáshoz illetve kondenzátorok esetében a vákuum csökkenéséhez vezethet
- vízkőképződés, elsősorban kalcium-karbonát, szulfátok és foszfátok, valamint cink és magnézium lerakódása
- a vezetékek, hőcserélők és hűtőtorny-betétek (biológiai) szennyeződése, amely a csövek eltömődéséhez vezethet, illetve hűtőtorny esetében nagyméretű szennyeződések juthatnak a levegőbe



### 3.1. ábra Az egyes vízminőségi problémák összefüggése

A víz kezelésére az alábbi vegyi anyagokat alkalmazzák:

- korróziógátlók (korábban fémek, ma inkább azol, foszfonátok, polifoszfatok és polimerek)
- keménység-stabilizálók és vízkőképződés-gátlók (polifoszfatok, foszfonátok és egyes polimerek)
- diszpergálószeresek (kopolimerek, gyakran felületaktív anyagokkal kombinálva)
- oxidáló biocidok (klór, klór és bróm kombinációja és monoklóramin)
- nem-oxidáló biocidok (izotiazolon, glutaraldehid és negyedrendű ammóniumvegyületek)

3.7. táblázat Nyitott és recirkulációs nedves hűtőrendszerekben a hűtővíz kezelésére alkalmazott vegyületek

Vegyület	Vízminőségi probléma					
	Korrózió		Vízköképződés		(Biológiai) szennyeződés	
	Átfolyó rendszer	Recirkulációs rendszer	Átfolyó rendszer	Recirkulációs rendszer	Átfolyó rendszer	Recirkulációs rendszer
Cink		X				
Molibdát		X				
Szilikátok		X				
Foszfónátok		X		X		
Polifoszfátok		X		X		
Poliolészterek				X		
Természetes szerves anyagok				X		
Polimerek	X	X	X	X	X	X
Nem-oxidáló biocidok						X
Oxidáló biocidok					X	X

Megjegyzés: a kromátot a környezetet erősen károsító hatása miatt ma már ritkán használják

- a hőcserélő típusa és anyaga

A hűtővíz kezelése rendkívül összetett feladat és a megoldás telephely függő. A választást elsősorban az alábbi szempontok befolyásolják:

a hűtővíz hőmérséklete és összetétele

- a felszíni vízből befogható élő szervezetek
- a befogadó vízi ökoszisztéma érzékenysége a kibocsátott anyagokra és melléktermékeikre

Mivel az adalékok alkalmazása a helytől és a rendszertől függ, nehéz lenne tipikus értékeket meghatározni.

### **3.8. táblázat Hipoklorit felhasználása nedves hűtőrendszerekben, Hollandiában**

Hűtővíz forrása	Aktív klór felhasználása kg/MW <sub>th</sub> /év	
	Átfolyó rendszerek	Recirkulációs rendszerek
Édesvíz	85 /10-155)	200 (20-850)
Sós vagy brakk (mérsékelt sós) víz	400 (25-2500)	
Egyéb vízforrás		400 (20-1825)

#### **3.4.2. Vegyi anyagok kibocsátása felszíni vizekbe**

Európában és az Egyesült Államokban jelentős kutatásokat végeztek a hűtővíz kezelésével, az alternatív kezelésekkel és egyéb eljárásokkal kapcsolatban a vízi környezetre gyakorolt káros hatások kivédése érdekében. Ebben a fejezetben a biocidok alkalmazására összpontosítunk.

##### **3.4.2.1. Oxidáló biocidok**

Több országban programot indítottak a hipoklorit optimális felhasználása céljából. Ellenőrző paraméterként a szabad oxidánsok szolgálnak.

A biocidok folyamatos felügyelete és a szabályozott (automatikus) adagolás jelentősen csökkentheti az éves vegyi anyag-fogyasztást. (Egyes vegyi üzemek és energiatermelők 50%-os csökkentést értek el.)

##### **3.4.2.2. Nem-oxidáló biocidok**

Ha a hűtővizet közvetlenül a felszíni vizekbe bocsátják, a recirkulációs rendszerekben alkalmazott nem-oxidáló biocidok sok esetben súlyosan károsítják a környezetet. A kezelések módjai jelentősen különböznek egymástól, a korábban említett tényezőktől függenek és egyediek. A kibocsátott adalékanyagok összetétele és kémiai tulajdonságai eltérőek. Az automatikus adagolás és a folyamatos ellenőrzés jelentősen hozzájárulhat a felhasznált vegyi anyagok mennyiségének és környezeti hatásainak csökkentéséhez.

Esetenként a hűtővizet – akár egyéb szennyvizekkel együtt – szennyvíztisztító berendezésekben tisztítják. A biocidok fizikai/kémiai kezelése még csak kísérleti szinten tart.

A nyitott recirkulációs rendszerek leiszapolása a biocidok környezetbe kerülésének legszabályozottabb módja. Nyilvánvaló, hogy a biocidok koncentrációja a hűtővízben közvetlenül az adagolás után a legmagasabb, majd fokozatosan csökken. Ennek alapján megbecsülhető a kibocsátásban meglévő biocidkoncentráció.

### 3.4.2.3. A biocidok kibocsátását befolyásoló tényezők

Az alábbi tényezők jelentősen befolyásolják a hűtővíz-kezelés módjának megválasztását:

- vízbeni felezési idő
- hidrolízis
- biológiai lebomlás
- fotolízis
- illékonyság

A felezési idő a leiszapolt hűtővíz mennyiségétől függ. Nagyobb mennyiség esetén rövidebb a felezési idő. A felezési idő csak a nem-oxidáló biocidokra vonatkozik.

A nem-oxidáló biocidok hidrolízise adott pH-értéken és vízhőmérsékleten következik be. Magasabb pH érték és/vagy hőmérséklet esetén a hidrolízis fokozódik, a biocidok hatása pedig csökken.

A biocidok biológiai lebomlása a szerves és szervetlen anyagok mennyiségétől és a vízhőmérséklettől függ.

### 3.4.2.4. Kibocsátási szintek

Általános érvényű modellek és koncentrációsintek nem határozhatók meg.

### 3.4.2.5. Törvényhozás

Az Európai Unió legtöbb tagállamában a törvényi szabályozás a minimális kibocsátást célozza meg ( $m^3/nap$ ). Más esetekben szabályozzák még a kibocsátott vízben jelenlévő elemek (pl. króm, cink és higanyvegyületek) mennyiségét, a víz pH-értékét és hőmérsékletét, az adszorbeálható szerves halogének koncentrációját, a biológiai és kémiai oxigénigényt, a klór- és foszforvegyületek jelenlétét, baktériumok hatását, stb.

A hűtővíz-adalékokra vonatkozó rendelkezések elsősorban a következő európai joganyagokban találhatók:

- a Közösség vízi környezetébe kibocsátott egyes veszélyes anyagok által okozott szennyeződésről szóló 76/464/EGK tanácsi irányelv
- a vízről szóló keret irányelv
- az előkészítő irányelv
- a biocid termékekről szóló 98/8 irányelv

### **3.4.3. A felszíni vizekbe történő kibocsátások csökkentése**

#### **3.4.3.1. Általános megközelítés**

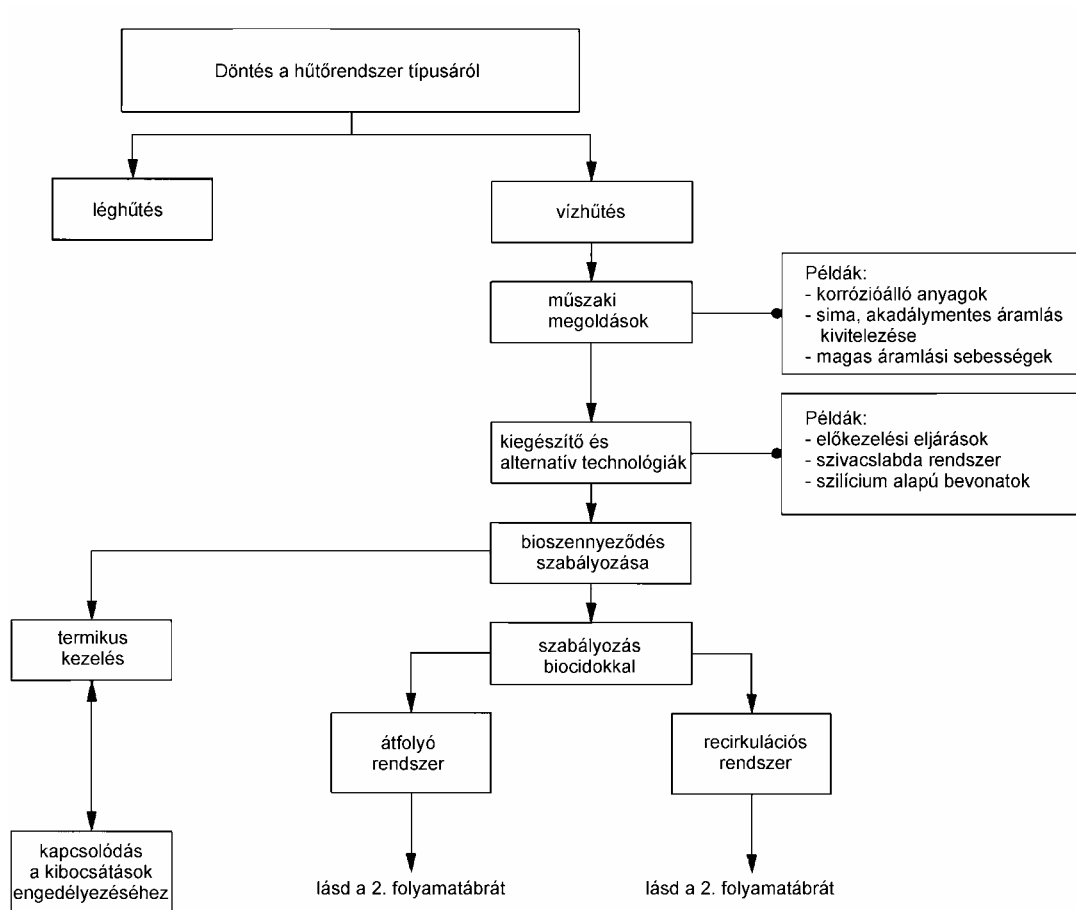
A felszíni vizekbe a hűtővíz alkalmazása következtében kerülő szennyeződések csökkentését célzó eljárások:

1. a hűtőberendezés korróziójának csökkentése
2. a hűtendő anyag szivárgásának csökkentése
3. alternatív vízkezelési eljárások alkalmazása
4. kevésbé veszélyes adalékanyagok választása
5. az adalékok optimális felhasználása

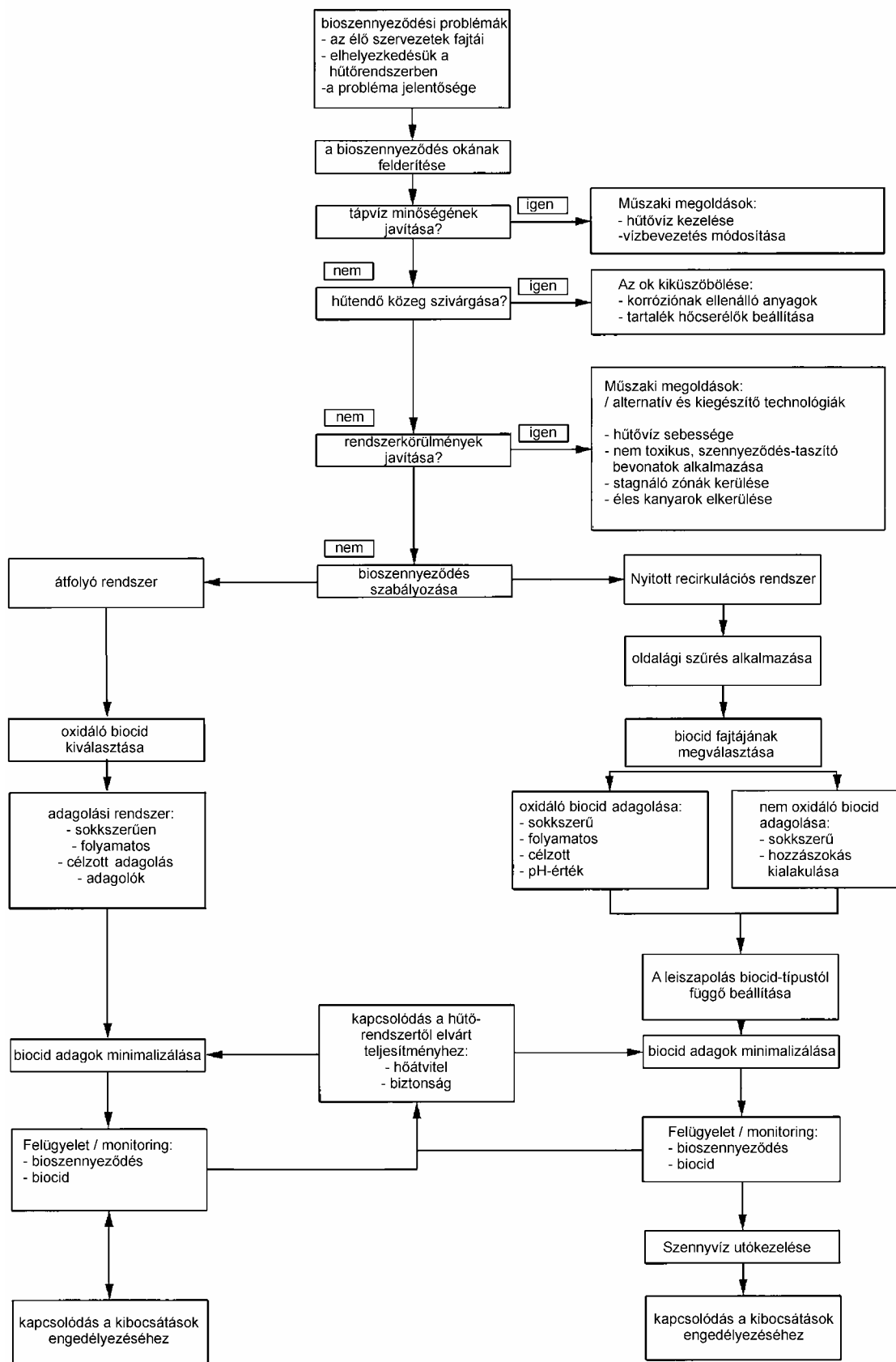
Az integrált szennyezés-megelőzés és –ellenőrzés keretében törekedni kell a vízkezelés mértékének csökkentésére (megelőzés) és az adalékanyagok optimális kiválasztására és alkalmazására a maximális hőcsere fenntartásával.

A biocidok felhasználásának optimalizálására számos lehetőség kínálkozik. Javaslatunkat két folyamatábrán mutatjuk be, az egyik tervezett, a másik meglévő rendszerre vonatkozik.





3.2. ábra A biocid-felhasználás csökkentését célzó hűtővízes rendszer folyamatábrája



3.3. ábra Biocid-felhasználás csökkentésének módja ipari hűtővízes rendszerben

Meglévő hűtőrendszerben elengedhetetlen a biológiai szennyeződés vizsgálata (összetevők, kockázat nagysága) és okának feltárása. A hűtővíz minősége előkezeléssel (pl. szűréssel) javítható, illetve a lehetséges ok (pl. szivárgás, korrózió) megszüntetésével a kockázat csökkenthető.

Átfolyó rendszerekben a makroszennyeződést esetenként hőkezeléssel, biocidok alkalmazása nélkül távolítják el. Amennyiben mégis biocidet használnak, ezek közül legfontosabb a nátrium hipoklorit. A kezelésnek megelőző jellegűnek kell lennie, ugyanis a felhalmozódott szennyeződést már csak hosszú ideig adagolt, nagy dózissal lehet megszüntetni. Ajánlatos a célzott adagolás is a szennyeződésnek különösen kitett helyeken, pl. a hőcserélő be- és kimeneti gyjtőkamránál.

A nyitott recirkulációs rendszerekben a mikroszennyeződés a legveszélyesebb. A biocid felhasználás csökkentését leginkább előkezeléssel (mikroszűréssel, kicsapatással) és folyamatos szűréssel lehet megoldani.

Nem-oxidáló biocidokat általában csak akkor alkalmaznak, ha az oxidáló biocidok nem hozzák meg a kellő eredményt. Sokszerű adagolás esetén célszerű az adagolás idejére a leiszapolást szüneteltetni annak érdekében, hogy a kibocsátásba ne kerüljön még aktív biocid.

Hipoklorit és bromid együttes használata jó eredményt hozhat. Jó minőségű vízben, recirkulációs rendszerben előfordul az ózon alkalmazása is, bár ilyenkor nő a korrózió veszélye, valamint kiegészítő eljárásként szóba jöhet az UV-fény.

Összefoglalva:

1. A víz rendelkezésre állása és egyéb tényezők alapján kell kiválasztani a megfelelő hűtőrendszert. A választás viszont befolyásolja a vízkezelés szükséges módját.
2. A rendszer kiválasztását követően az alábbi tényezők is meghatározóak a vízkezelés szempontjából:
  - a hőcserélő és a vezetékek anyagának megválasztása, felületük kezelése
  - a hűtőrendszer terve (örvények, lerakódások elkerülése, víz sebessége)
  - a víz kémiai tulajdonságainak javítása előkezeléssel
  - a hűtőrendszer mechanikai tisztítása
  - alternatív kezelések (hő- és UV-fénykezelés, szűrés)

Nedves rendszerben szükség lehet még a vízkő, korrózió és szennyeződés elleni védelemre is.

A hűtővíz kezelésének szükségessége esetén az alábbi típusú törvényi előírások betartásával kell megválasztani a kezelés módját:

- egyes anyagok használatának tilalma
- egyes anyagokra vonatkozó határértékek előírása
- biológiai lebomlás minimális szintjének előírása
- toxikológiai hatások korlátozása

### 3.4.3.2. Csökkentés az anyagok és a rendszer megválasztásával

Új rendszer esetében megválasztható a csökkentett mennyiségű adalékanyagot igénylő anyag és rendszertípus. Fontos, hogy az anyagoknak minden tulajdonságát figyelembe vegyék, pl. a korrózióval szembeni ellenállás együtt járhat az erősebb biológiai szennyeződésre való hajlammal.

A rendszer építéskor célszerű elkerülni a hirtelen irányváltásokat és a kiálló éleket, amelyek örvényeket okozhatnak és különösen alkalmasak a lerakódás előidézésére. A víz megfelelő áramlási sebessége csökkenti a lerakódást és hozzájárul a rendszer gazdaságos működéséhez.

A bevonatok és festékek szintén gátolják a lerakódásokat, megkönnyítik a tisztítást és segítenek fenntartani a víz sebességét.

### 3.4.4. Csökkentés kiegészítő és alternatív vízkezelés alkalmazásával

A biocidfelhasználás többek között az alábbi eljárásokkal csökkenthető:

- szűrés és előszűrés
- on-line tisztítás
- off-line tisztítás
- hőkezelés
- bevonatok és festékek
- ultraibolya fény
- hangtechnológia
- ozmotikus sokk

Az eljárások alapelve, hogy javítsák a víz biológiai minőségét és tisztán tartásuk a hűtőrendszer elemeinek felszínét.

### 3.4.5. Kibocsátások csökkentése az adalékanyagok vizsgálatával és megválasztásával

A technológiai és működésbeli intézkedések értékelését követően a következő lépés a környezetet kevésbé károsító adalékanyagok kiválasztása. Az alapvető feladat olyan adalékanyag alkalmazása, amely hatékonyan védi a hűtőrendszert, viszont ártalmatlan a rendszerből való kikerülése után.

Az adalékok környezeti hatásai összetettek és sok tényezőtől függenek. Értékelésüket elsősorban az alábbiak nehezítik meg:

- többféle értékelési módszer létezik
- az alkalmazott anyagokról, a készítmények összetevőiről hiányosak az adatok
- az anyagok értékelését különböző érdekelt felek végzik
- a kockázatalapú értékelés sok országban még kidolgozásra vár

A törvényi korlátozások ellenére sokféle adalékanyag áll rendelkezésre, ezeket a hűtőrendszer egyedi sajátosságai és a befogadó ökoszisztéma érzékenysége alapján értékelni szükséges. A környezetet kevésbé károsító anyaggal való helyettesítés sok esetben megoldás lehet a kibocsátás káros hatásainak mérséklése céljából.

Az adalékanyagok értékelése általában három lépésben történik. Az első lépés az anyag tulajdonságainak, elsősorban toxikológiai hatásainak megismerése. Ehhez természetesen szükség van a készítmény összetételének pontos ismeretére.

Az első lépés tehát az anyag veszélyességének megállapítására irányul. A második lépés az optimalizálás, a kiválasztott adalékanyag mennyiségének csökkentése a rendszer megfelelő működése révén. Harmadik lépésként pedig a kibocsátást szükséges értékelni a vízminőségre vonatkozó célkitűzések vagy a környezetvédelmi minőségi előírások szempontjából. Ha a célkitűzések nem teljesülnek, további intézkedésekre, illetve helyettesítő adalékanyag használatára lehet szükség.

Az ismertített eljárás értékét növeli, hogy

1. meghatározhatók vele a környezetet legkevésbé károsító adalékanyagok
2. megállapítható, hogy a helyi vízminőségi célkitűzések teljesültek-e

Amennyiben ezzel az eljárással biocidokat értékelnek, az első lépés automatikusan további intézkedéseket tesz szükségessé; ez a gyakorlatban a biocid használatának és adagolásának optimalizálására vonatkozó tanulmány készítését jelenti. A második lépésben a helyi vízi ökoszisztémára gyakorolt várható hatások vizsgálatára is ki kell térni.

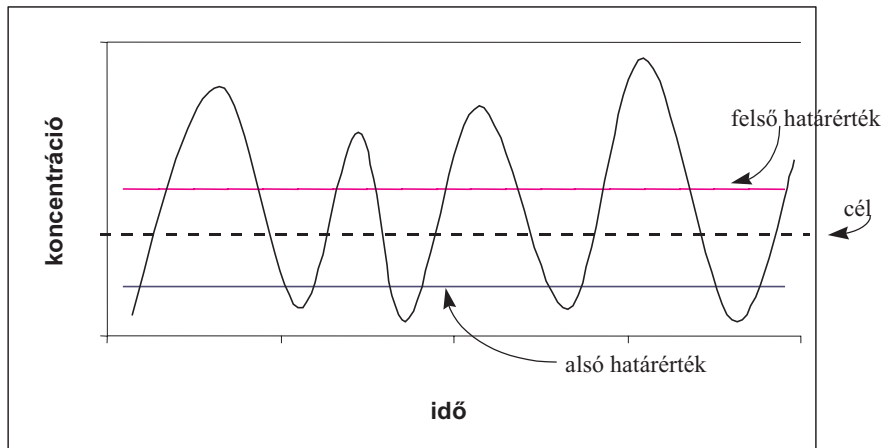
További intézkedésekre van szükség, ha

1. a biocid koncentrációja a kibocsátásban meghaladja a maximális megengedhető kockázati szintet
2. a biocid hozzáadott koncentrációja a kibocsátás helyétől mért adott távolságban meghaladja a maximális megengedhető kockázati szint adott százalékát
3. a biocid összkoncentrációja a kibocsátás helyétől mért adott távolságban meghaladja a maximális megengedhető kockázati szintet

### **3.4.6. Adalékanyagok használatának optimalizálása**

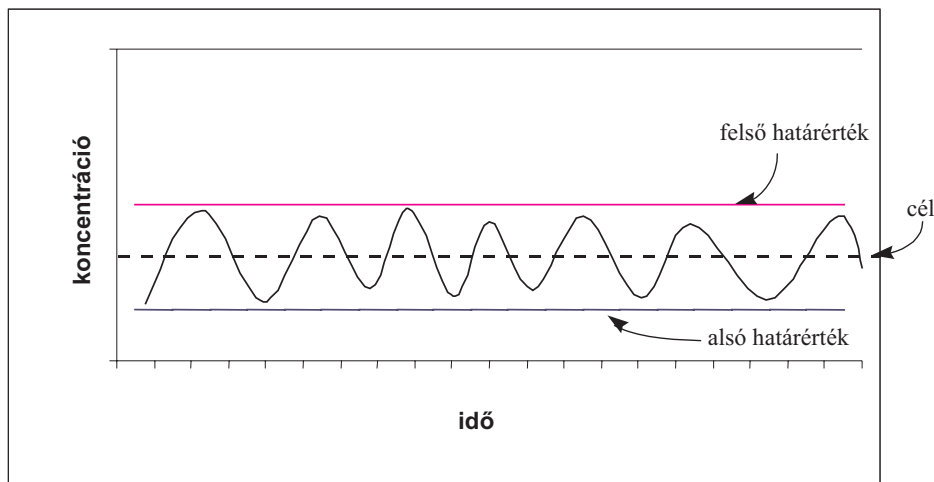
Az adalékanyagok optimalizálása magában foglalja a megfelelő adagolási rendszer kiválasztását, és a vízkezelésnek az emisszióra és a hűtőrendszer teljesítményére, a hőcserére és a biztonságos működésére gyakorolt hatásának ellenőrzését is.

A helyes adagolás kiválasztásának célja megfelelő időben a megfelelő koncentráció elérése a hűtőrendszer teljesítményének romlása nélkül. Az elégtelen mértékű adagolás korróziót, vízkőlerakódást és a rendszer csökkenő teljesítményét vonhatja maga után, a túladagolás pedig a hőcserélő felületek szennyeződését, magasabb kibocsátási értékeket és magasabb kezelési költségeket eredményezhet.



**3.4. ábra Adalékanyag koncentrációja helytelen adagolás és ellenőrzés esetén**

A hűtővíz minőségének elemzésén alapuló célzott adagolás hozzájárulhat az állandó védelmet biztosító minimális koncentráció fenntartásához. A helyes adagolás költség-hatékony eljárás, amellyel elkerülhető a túlzott koncentráció és csökkenthető a károsanyag-kibocsátás.



**3.5. ábra Adalékanyag koncentrációja helyes adagolás és ellenőrzés esetén**

### 3.4.6.1. Adalékanyagok adagolása

#### 3.4.6.1.1. Adagolási eljárások

A hűtővíz-adalékok adagolása az alábbi módokon lehetséges:

- folyamatos
- szezonvégi
- periodikus a szennyeződés megtelepedése alatt
- alacsony szintű a szennyeződés megtelepedése alatt
- szakaszos
- fél-folyamatos
- lökésszerű adagolás

A folyamatos adagolás olyan hűtőrendszerek esetében ajánlott, amelyekben az adalékanyagot állandó szinten kell tartani. Átfolyó rendszerekben gyakran alkalmazzák makroszennyeződés és korrózió megelőzésére.

A szakaszos adagolás olyankor célszerű, amikor a rendszerben levő víz térfogatához képest a leiszapolás aránya kicsi. Ilyenkor gyakorlatilag az elfogyasztott vagy kibocsátott anyagot pótolják. Recirkulációs rendszerekben inkább a szakaszos eljárást alkalmazzák.

Az adagolás lehet célzott, amikor a hűtőrendszer egyes területeit kell különösen védeni. Fontos gyakorlat a makrobiológiai növekedés szezonális jellemzőihez igazodó időben célzott adagolás.

Kisebb rendszerekben az adagolás történhet kézzel, nagyobb rendszerekben azonban általában ellenőrző rendszerrel összekötött automata szerkezet végzi.

Az adagolás lehet folyamatos vagy sokkszerű. Átfolyó rendszerekben javasolják a folyamatos adagolást, hogy a baktériumölő anyagok hosszabb időn át fejthessék ki hatásukat. A recirkulációs rendszerekben általánosabb a szakaszos adagolás, ugyanis a baktériumölő anyagok magasabb koncentrációban könnyebben behatolnak a biológiai lerakódás alkotta filmbe, és végül elpusztítják azt.

Recirkulációs rendszerekben egymással szinergetikus hatásban álló anyagok is jól használhatók. Az eljárás kedvező hatása, hogy a leiszapolásban kisebb koncentrációban vannak jelen, és valószínűtlen, hogy a mikrobák valamennyivel szemben ellenállóvá váljanak.

#### **3.4.6.1.2. Adagolórendszerek**

Az adagolórendszer kiválasztása előtt meg kell különböztetnünk a folyékony és száraz vegyi anyagokat. A folyékony anyagokat általában szivattyúval adagolják (merülőszivattyú, membránszivattyú stb.) A száraz anyagokhoz különböző típusú adagolókat használnak. A megfelelő karbantartás és a pontos kalibrálás elősegíti a helyes adagolást.

#### **3.4.6.2. A hűtővíz folyamatos ellenőrzése**

A vegyszerek használatának szükségességét célszerű folyamatosan ellenőrizni, mivel ezáltal egyaránt csökkenthető a felhasználás és a kibocsátás. Az ellenőrzés költséghatékony eljárás, ugyanis a kibocsátott víz kezelése – ha egyáltalán lehetséges – annál sokkal költségesebb.

Meg kell különböztetnünk a biocidok és az egyéb vegyi anyagok (pl. vízkőképződést, korróziót gátló anyagok) ellenőrzését, ugyanis makroszennyeződés esetében a hűtővízben található élő szervezetek viselkedését is indokolt tanulmányozni.

##### **3.4.6.2.1. Vízkőképződést, korróziót gátló anyagok és diszpergálószerkezetek ellenőrzése**

Az említett szerkezetek alkalmazása mindenkor egyedi elbírálást igényel, azonban a következő tényezőket szükséges figyelembe venni:

- a hűtővíz minőségét, a vízkezelés (vízlágyítás, szűrés) lehetőségét
- a vízigény csökkentését a koncentrációs tényező növelésével, figyelembe véve a vízkőképződés problémáját

- a hűtővíz hőmérsékletét, figyelembe véve a sók oldhatóságát
- az adalékok egymásra hatását

Az adalékanyagok adagolásának ellenőrzésére alkalmazott fontosabb eljárások:

- kézi ellenőrzés és beállítás
- a leiszapolás által szabályozott pótlás
- vízáram szabályozott koncentráció
- oldaláram vegyi elemzése (mikroprocesszorral)
- fluoreszcencia

A tapasztalat azt mutatja, hogy a legmegbízhatóbb eljárások során közvetlenül a hűtővízben levő vegyi anyagok koncentrációját mérik, és a lehető legrövidebb idő telik el a mérés és a beavatkozás között.

#### **3.4.6.2.2. A biológiai szennyeződés ellenőrzése**

A biológiai szennyeződés ellenőrzése a hűtőrendszerben található mikrobiológiai aktivitás és a tényleges mikrobiocid-kezelés szintjének ellenőrzésén alapul.

Átfolyó rendszerek esetében az alábbi stratégiát szokták javasolni:

- az élő szervezetek vizsgálata
- szezonális eltérések vizsgálata (pl. szaporodási időszak)
- a víz hőmérsékletének és minőségének figyelembe vétele
- adagolási program kiválasztása
- a fogyasztást csökkentő adagolási egységek meghatározása
- az ellenőrzési program kiválasztása

Recirkulációs nedves rendszerek esetében hasonló stratégia alkalmazható, azzal az eltéréssel, hogy ilyenkor számításba kell venni az egyéb (pl. korróziógátló) szerek hatását is.

Minden típusú rendszer esetében legelőször a biológiai szennyeződés okát kell feltárni, majd az élő szervezetek azonosítását követően szabad dönteni a biocid alkalmazásáról.

Átfolyó rendszerek esetében a makroszennyeződés a fő probléma.

A pulzáló váltakozó klórozás<sup>©</sup> a folyamat egyes részeinek időtartamát veszi figyelembe. A víz áramlását követve különböző időpontokban és különböző helyeken a megfelelő mennyiségű klórt adagolják, majd a hűtővíz kibocsátása előtt az áramok egyesítésével hígítják a koncentrációt.

A nyitott recirkulációs rendszerekben a mikroszennyeződés jelenti a nagyobb problémát. Mivel a pótvíz mennyisége itt általában kisebb, egyszerűbb a különböző előkezelési eljárások alkalmazása, valamint a biocidok is tovább maradnak a rendszerben, tehát hatásukat maximálisan kifejtve, kisebb koncentrációban kerülnek a kibocsátott vízbe.



### 3.5. A levegő felhasználása és kibocsátások a levegőbe

#### 3.5.1. Levegőigény

A levegő erőforrásként történő felhasználásának nincsenek közvetlen környezetvédelmi következményei és nem is tekintik valódi fogyasztásnak.

#### 3.9. Átlagos levegőszükséglet az egyes hűtőrendszerekben

Hűtőrendszer	Levegőigény (%)
Átfolyó rendszer	0
Nyitott nedves hűtőtorny	25
Nyitott nedves/száraz (hibrid) hűtés	38
Zárt hűtőtorny	38
Zárt nedves/száraz hűtés	60
Zárt száraz léghűtés	100

Minél nagyobb a levegőigény, annál nagyobb teljesítményű ventilátorokra van szükség, következésképpen nő az energiafelhasználás és a zajkibocsátás.

Egyes területeken (pl. iparvidékeken) a levegő minősége gondot jelenthet, összetétele pedig elősegítheti a korróziót és a felületek szennyeződését, mindkét esetben hátrányosan befolyásolva a hőcserét. A levegő előkezelésére nincs példa, tehát csak a felületek tisztítása és/vagy a hűtővíz kezelése jelenthet megoldást. Másrészt viszont a nyitott nedves hűtőtornyok esetenként légtisztítóként működnek, ugyanis kimossák a levegőből az apró szennyeződéseket.

#### 3.5.2. Közvetlen és közvetett emisszió

A közvetett emisszió az elégtelen hűtés következtében keletkezik, ugyanis ilyenkor az anyagvesztés vagy teljesítménycsökkenés kompenzálása végett nagyobb ráfordításokra van szükség.

A nedves hűtőtornyokból származó közvetlen levegőkibocsátás lakóterületek közelében játszik jelentős szerepet, ugyanis az apró cseppekben vegyi anyagok, és helytelen kezelés és karbantartás esetén baktériumok (legionella) tapadhatnak meg.

A legfontosabb megelőző eszközök a cseppleválasztók. Ma már ezekkel minden nedves hűtőtornyot felszerelnek, de a hűtővíz kis része vízcseppek formájában mégis távozhat, és a benne levő oldott vegyi anyag lerakódhat a környezetben.

A hűtőtornyokból kibocsátott levegő minősége és mennyisége a vízkezeléshez alkalmazott adalékanyagoktól, koncentrációjuktól és a cseppleválasztók hatékonyságától függ. A cseppvesztés (és a környezetszennyezés) számítására nincs egységes módszer. Két próbaeljárás létezik, az izokinetikus (IK) módszer, és a fényérzékeny felületen (SS) való mérés.

A levegővel történő kibocsátás csökkentése nem vagy alig lehetséges. A benne található esetleges szennyeződések forrásának és átadásának vizsgálata alapján a következőket állapíthatjuk meg:

- az emisszióra kedvezően hat a levegő víztartalmának csökkentése, elsősorban a csepp-leválasztók alkalmazása
- szintén kedvező hatása van a vízkezelés mérséklésének
- a rendszer működésének optimalizálásával is jó eredmények érhetők el

### **3.5.3. Fáklyák**

#### **3.5.3.1. Fáklyaképződés**

Fáklyaképződés a nedves hűtőtornyok esetében fordul elő, amikor nagy nedvességtartalmú levegő távozik a hűtőtornyból, elkeveredik a környezeti levegővel, lehűl és a benne levő pára kicsapódik. Bár a fáklya majdnem 100% vízpárából áll, nagy tornyok esetében (erőművek, vegyipari létesítmények) látványa zavaró lehet. A fáklyaképződés elsősorban a mérsékelt és hidegebb éghajlatú régiókban és télen okoz gondot.

#### **3.5.3.2. A fáklyaképződés elkerülése**

A fáklyaképződés elsősorban a technológia megváltoztatásával védhető ki. Megelőzhető a fáklya kialakulása, ha a nedves levegőt kibocsátás előtt meleg száraz levegővel keverve szárazabbá teszik. Az éghajlattól és a hűtési folyamattól függően a torony száraz üzemeltetésének lehetősége is megoldást nyújthat.

## **3.6. Zajkibocsátás**

### **3.6.1. Zajforrások és zajszint**

A tárgyalt hűtőrendszerek esetében három alapvető zajforrást különböztetünk meg:

- ventilátorok (ventilátor, áttétel, meghajtás) – minden ventilátoros toronynál
- szivattyúk – minden hűtővízes rendszernél
- a hűtővízes medencébe hulló vízcseppek / lezuhogó víztömegek – nedves tornyokban

A hangsugárzás lehet közvetlen vagy közvetett.

A hang közvetlenül sugárzik:

- a levegő beszívásának helyén
- a levegő kibocsátásának helyén

A hangot közvetetten sugározzák

- a ventilátormotorok
- a ventilátorok burkolatai és a hűtőtorony burkolata (betonépületeknél nem jelentős)

Száraz hűtőtoronyokban a mechanikai berendezések keltette zaj jelentős. Amennyiben ezeket tompítják, a hőcserélő vagy kondenzátor csöveiből származó zaj válhat alapvetővé.

Nedves hűtőtoronyokban a lehulló vízcseppek és a mechanikus berendezések okoznak zajt. A ventilátorok zaja tompítatlanul sokkal erősebb a vízcseppek hangjánál.

Az erőművekben és nagy ipari létesítményekben alkalmazott közepes és nagy tornyok esetében az alábbiakat tapasztalták. A természetes huzatú tornyoknál a zajszintet alapvetően a víz áramlása és a torony magassága határozza meg. A hangerőszint a beáramlás helyén az alábbi egyenlettel számítható:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 68 + 10 * (\log M/M_0) \pm 2 \quad M_0 = 1 \text{ tonna / óra}$$

A természetes huzatú toronynál a levegő kilépés helyén a hangerőszint hozzávetőlegesen az alábbi egyenlettel számítható:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 71 + 10 * (\log M/M_0) - 0,15 * (H/H_0) \pm 5$$

$M_0 = 1 \text{ tonna / óra}$  ( $M = \text{a víz tömegárama}$ )

$H_0 = 1 \text{ m}$  ( $H = \text{a hűtőtorony magassága}$ )

Minden ventilátoros nedves hűtőtorony esetében kb. azonos a víz zajának a spektruma a belépésénél. A torony tetején elhelyezkedő ventilátorok esetében a levegő kilépés helyén a víz járuléka a teljes hangerőszinthez a következő egyenlettel számítható:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 72 + 10 * (\log M/M_0) \pm 3 \quad M_0 = 1 \text{ tonna / óra}$$

A ventilátoros tornyok legjelentősebb zajforrásai a mechanikus berendezések (ventilátorok, áttételek). Meghatározó a ventilátorok típusa, kerületi sebessége, valamint a lapátok száma és fajtája.

A ventilátor hangerőszintje hozzávetőlegesen az alábbi egyenlettel számítható:

$$L_w \text{ (dB(A))} = 16 + 10 * (\log V/V_0) + 20 * (\Delta p/\Delta p_0) \pm 5$$

( $V_0 = 1 \text{ m}^3 \text{ levegő/óra}$ ;  $\Delta p_0 = 1 \text{ hPa}$ )

Az alábbi egyenlet azt mutatja, hogy az axiális ventilátorok hangerőszintje hogyan viszonyul a ventilátor kerületi sebességéhez:

$$L_w \text{ (dB(A))} = C + 30 \log U_{ker} + 10 \log (Q*P) - 5 \log D_{ven}$$

( $C = \text{ventilátor karakterisztikus alaktényezője}$ ,  $U_{ker} = \text{ventilátor lapát kerületi sebessége}$ ,  $Q = \text{a levegő térfogatárama}$ ,  $P = \text{ventilátor által előidézett nyomásnövekedés}$ ,  $D_{ven} = \text{ventilátor átmérője}$ )

A zajkibocsátás függ a torony szerkezetétől. Betonépítmények esetében a zaj a levegő be- és kilépésénél távozik; könnyebb anyagok használata esetén a köpenyen keresztül történő kibocsátást is figyelembe kell venni.

A hulló vízcseppek keltette hang frekvenciája széles sávon váltakozik, a mechanikai berendezések zaja alacsony frekvenciájú, ezért a létesítménytől távolodva fokozatosan ez a zaj válik dominánssá.

**3.10. táblázat Teljesítmény és tompítatlan hangerőszint összefüggései egy nagy finomító hűtőberendezésében**

Berendezés	Teljesítmény <sup>1</sup>	L <sub>w</sub> dB(A)
Kompresszorok	490 / 2000 kW	108 / 119
Szivattyúk	25 / 100 / 1300 kW	94 / 98 / 108
Gőzturbinák	1000 / 2000 kW	106 / 108
Léghűtők	7 / 20 / 60 kW	89 / 93 / 98
Léghűtő / Kondenzátor	170 kW	102
Léghűtő / Kondenzátor	2,7 MW <sub>th</sub>	97
Léghűtők	14,7 MW <sub>th</sub> / 18,8 kW <sub>e</sub>	105
Léghűtők	1,5 MW <sub>th</sub> / 7,5 kW <sub>e</sub>	90
Hűtőtornyok	300 MW <sub>th</sub>	106
Hűtőtornyok	2000 m <sup>3</sup> /óra	105

<sup>1</sup> a forgó rész, motor stb. teljesítménye, nem hűtőteljesítmény

**3.11. táblázat Különböző típusú, hagyományos építésű nedves hűtőtornyokban a levegő beáramlásának és kibocsátásának helyén mért tompítatlan hangerőszintek**

Nedves hűtőtorny típusa	A levegő beáramlásának helyén dB(A)-ben	A levegő kiáramlásának helyén dB(A)-ben
Természetes huzatú	84 ± 3	69 ± 3
Nyitott nedves hűtőtorny	86 ± 3	80 ± 3
Nyitott nedves (cella típusú, ventilátorok a torony alján)	88 ± 3	85 ± 3
Nyitott nedves, cella típusú, ventilátorok a torony tetején	85 ± 3	88 ± 3

### 3.12. táblázat A különböző hűtőrendszerek zajkibocsátása tompítás nélkül

Hűtőrendszer	Zajkibocsátás dB(A)
Átfolyó rendszer	
Hűtőtorony – természetes huzatú	90 - 100
Hűtőtorony – ventilátoros	80 – 120
Zárt vízkörű hűtőtorony	80 – 120
Hibrid hűtés	80 – 120
Száraz léghűtés	90 - 130

### 3.6.2. Zajcsökkentés

A zajcsökkentés során elsődlegesen a primer vagy „belső” megoldásokra célszerű összpontosítani, ezután kerülhet sor szekunder vagy „külső” intézkedésekre, pl. hangterelőkre, falakra. A hűtőtoronyok zajcsökkentésének elemzésekor megkülönböztetik a lezuhogó víz és a mechanikai berendezések keltette zajt. A természetes huzatú tornyok általában halkabbak, a ventilátorosok esetében viszont eredményesebb a zaj tompítása. A berendezések megfelelő karbantartásával halkabb működés érhető el. A hangtompításkor figyelembe kell venni annak esetleges következményeit (pl. a nyomásesés növekedése, ennek következtében nagyobb energiaszükséglet), és az egyes berendezések hangtompítását a rendszer egészére vonatkozó zajcsökkentési terv keretében, annak részeként kell elvégezni.

#### 3.6.2.1. A lezuhogó víz zajának szabályozása (nedves hűtőtoronyok)

A természetes huzatú hűtőtoronyokban zajcsökkentéskor a levegő beáramlásának helyére kell összpontosítani, a kiáramlás kevésbé járul hozzá az általános zajszinthez. A medencében keletkező zajt tompítja a tornyon belüli hangterjedés, a betét és a fáklya. Ezen túlmenően a következő intézkedések javasolhatók:

##### 3.6.2.1.1. Elsődleges intézkedések

- Alacsonyabb vízfelszín esetén a medence fala akadályozza a zaj kijutását
- A vízcseppek esési magasságának csökkentése
- A vízcseppek becsapódásának elkerülése a cseppeket felfogó és a medencébe eresztő berendezéssel (max. 7 dB)
- A töltet alatti vízgyűjtő vályúk alkalmazása (max. 10 dB)

##### 3.6.2.1.2. Másodlagos intézkedések

- Hang visszaverők a légbeszívás helyénél (max. 20 dB)
- Földgátak a torony alapjánál (max. 10 dB)
- Hangfalak (vagy ernyők) hangelnyelő rétegekkel (max. 20 dB)

### 3.6.2.1.3. Száraz hűtőtornyok

A zajt elsősorban a ventilátorok okozzák, de közepes vagy nagy tornyokban a hőcserélőkön nagy sebességgel keresztuláramló víz keltette zaj is jelentős lehet.

### 3.6.2.2. A mechanikai berendezések okozta zaj csökkentése (ventilátoros hűtőtorny)

A természetes huzatú tornyoknál felsorolt intézkedéseken túl a víz felszínén lebegő finom háló vagy rács csökkentheti a vízcseppek becsapódásának zaját.

A mechanikai berendezések (elsősorban a ventilátorok) zaját elsődleges (berendezés) és másodlagos (elnyelés) intézkedésekkel csökkentik.

#### 3.6.2.2.1. Elsődleges intézkedések

- Ventilátorokkal kapcsolatban:
  - kisebb teljesítményű ventilátorok
  - nagyobb, több lapátos ventilátorok
  - halk ventilátorok széles lapátokkal és kisebb kerületi sebességgel
  - Halkabb áttételek
  - Szíjmeghajtás
  - Halkabb motorok
  - Centrifugális ventilátorok axiális ventilátorok helyett
  - Flexibilis felfüggesztés
  - A levegő útjának aerodinamikai megtervezése
  - Alacsonyabb fordulatszámmal történő üzemeltetés

#### 3.6.2.2.2. Másodlagos intézkedések

- A légáram takarása és a berendezés beburkolása (max. 5 dB)
- Hangelnyelő rácsozat a levegő kiáramlási helyén
- Cseppelválasztók beburkolása
- Földgátak vagy falak a légbeszívásnál (max. 20 dB)

### 3.6.2.3. A zajcsökkentés költsége

A költség függ az intézkedés típusától, valamint attól, hogy az építéssel együtt vagy utólag kerül sor rá. Példa: egy hibrid torony építésekor a zajcsökkentő intézkedések költségei a teljes beruházás költség 20%-át tették ki.

**3.13. táblázat Példa a költségek növekedésére különböző típusú ventilátorok alkalmazásával történő zajcsökkentés esetén**

Ventilátor	Hangerőszint (dB(A))	Árindex
Klasszikus	100	1
Halk	95	1,5
Nagyon halk	90	3
Szuper halk	85	4

**3.7. Az ipari hűtőrendszerekkel összefüggő kockázatok**

**3.7.1. A szivárgás kockázata**

**3.7.1.1. Előfordulás és következmények**

Szivárgás mind vízű, mind léghűtésű rendszerben előfordulhat, de ez a vízű rendszerekben általánosabb probléma. Az átfolyó rendszerekben a szennyeződés a hűtővízzel együtt közvetlenül a környezetbe jut. A nyitott és zárt vizes vagy vizes/száraz rendszerekben először a hűtőfolyadék szennyeződik – ez befolyásolhatja a hőcsere folyamatot -, majd a kiszivárgott hűtendő anyag leiszapoláskor jut a környezetbe.

A gyakorlati tapasztalat alapján a hőcserélők meghibásodásának leggyakoribb okai:

- korrózió / erózió (vegyi vagy biológiai szennyeződés eredményeképpen)
- mechanikai erózió (pl. rezgő kagylók miatt)
- vibráció (pl. a külső szivattyúk rezonanciája következtében)
- szivárgás a tömítőanyag hibája miatt
- a cső-csőkötegfal kapcsolat „izzadása”
- elmozdult illesztékek
- helytelen üzemi nyomás és/vagy hőmérséklet miatt elhasználódott anyagok
- túl magas hőfokkülönbség (50 °C fölött)

**3.7.1.2. A szivárgás csökkentése**

A hőcserélők tervezésekor törekedni kell a szivárgás megakadályozására. Egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy a „hibákat” és szivárgásokat elsődlegesen tervezési hiba okozza. A drágább építési és anyagköltségek általában nem érik el a meghibásodás és termelés kiesés okozta költségek szintjét.

Az alábbiak betartásával csökkenthető a szivárgás előfordulásának valószínűsége:

- a vízminőségnek megfelelő anyagok kiválasztása

- a rendszer üzemeltetési szabályainak betartása
- szükség esetén a víz megfelelő kezelése
- a leiszapolásban a szivárgás előfordulásának folyamatos megfigyelése

Szivárgás előfordulása esetén - az októl függően – az alábbi intézkedések javasolhatók:

Komponens (hőcserélő) szintjén:

- erózió, korrózió okának feltárása
- üzemeltetési feltételek ellenőrzése
- hűtő más típusúval való lecserélése
- szennyezett hűtőfolyadék leeresztése és megtisztítása

Rendszerszinten:

- minimális nyomáskülönbség a hűtőfolyadék és a hűtendő közeg között, és a hűtőfolyadék nyomása legyen nagyobb a hűtendő anyagénál
- áttérés indirekt rendszerre vagy recirkulációs rendszerre és hűtőtoronyra

### 3.7.1.3. A szivárgás csökkentése megelőző karbantartással

A húzott csövek szemrevételezése, a nyomáspróba és a kiegészítő vizsgálatok tartoznak ide. Ezeknek hátránya, hogy csak a jól látható részek vizsgálhatók, illetve a már szivárgó csöveket szűri ki.

Újabb eljárás az örvényárammal történő vizsgálat, amellyel egyetlen cső is ellenőrizhető, és előre jelezhető a cső meghibásodása. Ezáltal csökkenthető a felhasznált csövek mennyisége, javulhat a készletgazdálkodás, idejében felismerhető a korrózió, és megelőzhetők a váratlan leállások.

### 3.7.2. Vegyi anyagok tárolása és kezelése

A probléma elsősorban a nedves hűtőrendszerek esetében jelentkezik. A kockázat függ az anyagok tulajdonságaitól, mennyiségétől, töménységétől az adagolás módjától stb., ennek megfelelően a kockázat csökkentésének módja is változatos (pl. szellőztetés, gyakori tisztítás, rendszeres ellenőrzés, kézi adagolás kiváltása automatizálással, stb.)

### 3.7.3. Mikrobiológiai kockázat

#### 3.7.3.1. Mikrobák előfordulása

A mikrobiológiai kockázatot a hűtővízben, illetve az azzal érintkezésben levő részekben megjelenő különböző kórokozó fajok jelentik (pl. a hőcserélőn vagy a betéten található bioiszap).



A folyóvizet használó hűtőrendszerekben leggyakrabban előforduló kórokozó a Legionella Pneumophila (Lp) baktérium és a Naegleria fowleri amőba. A tengervízből a sós környezetet kedvelő vibrió fajok kerülhetnek a hűtővízbe. Az említett fajok a természetes környezetükben általában alacsony és ártalmatlan koncentrációban vannak jelen, de a számukra kedvező, melegebb hűtőrendszerben gyors szaporodásnak indulnak, és veszélyeztethetik az emberek egészségét.

### 3.7.3.2. A baktériumok koncentrációjának mérése

Az Lp-baktériumot kolóniaformáló egységekben (CFU / liter) mérik. Koncentrációjuk a hűtővízben 10 CFU / litertől  $10^5 - 10^6$  CFU / literig terjed, de a bioiszapban mértek már  $10^6$  CFU / cm<sup>2</sup> koncentrációt is. Az emberi egészségre ártalmatlan koncentráció meghatározása még további kutatásokat igényel.

### 3.7.3.3. A mikrobiológiai kockázat csökkentésére szolgáló eljárások

A Legionella fertőzés kialakulásának folyamat:

- baktérium megjelenése a hűtőrendszerben
- a baktérium szaporodását elősegítő környezet megléte
- a fertőzött víz aeroszolként a környezetbe kerül
- a betegségre fogékony személy belélegzi a fertőzött vízcseppeket

A megelőzés lényege tehát, hogy a baktérium megtelepedését és szaporodását meg kell akadályozni a hűtőrendszerben (vízminőség rendszeres ellenőrzése, rutin karbantartás, helyes pH érték és hőmérséklet biztosítása, biocidok megfelelő szintje, pótvíz bevizsgálása).

A baktériumok megtelepedését akadályozó intézkedések, többek között:

- tiszta víz használata (előkezelés)
- szivárgás, korrózió, vízkövesedés megelőzése
- stagnáló zónák elkerülése, algásodás megakadályozása
- lehetőségekhez képest alacsony hőmérséklet
- könnyen tisztítható alkatrészek

Attól függően, hogy a hűtőtorony a lakott területektől milyen távol helyezkedik el (pl. egészségügyi intézmény közvetlen közelében, esetleg azt szolgálja ki, vagy éppen ellenkezőleg, minden lakóterülettől távol, viszonylag elszigetelve) eltérő a Legionella fertőzés kockázata, és ezért eltérő gyakorisággal (havonta – évente) szükséges a rendszert e tekintetben ellenőrizni. Különösen kell ügyelni a fertőzés elkerülésére a hosszabb ideig tartó leállásokat követően, ilyenkor célszerű a toronyba való belépéskor orr- és szájmaszkot viselni. Baktérium előfordulása esetén a mechanikai tisztítást biocid sokkszerű adagolásával kell kombinálni, és a tisztításnak ki kell terjednie a kiegészítő részekre, pl. zajcsökkentő berendezésekre is. A vízben az oxidáló biocidoknak hatása a legkedvezőbb, a biofilmekben a lassabb hatású nem-oxidáló biocidok alkalmazása célszerű.

### **3.8. A hűtőrendszerek működéséből származó hulladék**

A hűtőrendszerek működése, a berendezések cseréje és felújítása során az alábbi típusú hulladékok keletkeznek:

- a víz előkezeléséből, kezeléséből és a leiszapolásból eredő iszap
- a hűtővíz vegyi kezelésével összefüggő veszélyes hulladék
- a tisztításkor keletkező szennyvíz
- a berendezés cseréjekor, felújításakor, leszereléskor keletkező hulladék

#### **3.8.1. Iszapképződés**

A hűtővíz megfelelő kezelése csökkentheti az iszapképződést. Az iszap elhelyezésének lehetősége a vegyi összetételtől és a helyi törvényektől függ. Egyes tagállamokban az iszap visszajuttatható a felszíni vízbe, másokban szigorú tisztítási előírások vannak érvényben.

#### **3.8.2. A vízkezelésből és tisztításból származó maradékok**

A víz kezelése ma többnyire automatikus módon történik, és a felhasznált anyagokat általában a szállítójuk tárolja, szállítja és kezeli.

Ugyanez vonatkozik a tisztítás során keletkező szennyvízre, a műveletet általában erre szakosodott vállalatok végzik. A szennyvíz elhelyezéséről nem áll rendelkezésre információ.

#### **3.8.3. A létesítmény cseréje, leszerelése során keletkező hulladék**

A hűtőrendszereket hosszú élettartamra (20 év vagy még több) tervezik. A helyes üzemeltetés és karbantartás természetesen növeli az élettartamot. A felhasznált anyagokkal kapcsolatban a következő példák idézhetők:

##### **3.8.3.1. Műanyagok használata**

A műanyagok (polivinilklorid, polipropilén, polietilén és üvegszálás műanyag) felhasználása folyamatosan nő. Előnyük, hogy nem korrodálódnak. Újrafelhasználásuk esetén csökken a hulladék mennyisége.

##### **3.8.3.2. Nedves hűtőtornyok építéséhez használt fa kezelése**

A tömítésre és szerkezetfának használt fát mostanáig CCA-val (réz-szulfáttal, kálium-dikromáttal és arzén-pentoxiddal) kezelték, mivel ez az anyag jól kötődik a fában. Azonban a kezelt fának a felületén is nagy mennyiségben megtalálható a CCA, onnan bekerül a hűtővízbe, és végül a környezetbe. Mivel a CCA krómot és arzént tartalmaz, ez az eljárás nem tekinthető legjobb elérhető technológiának, és várható a betiltása. A tagállamok egy részében a kezelt fát végül elégetik, a káros anyagok a porszűrőn fennakadnak.

##### **3.8.3.3. A hűtőtorny betét**

A hűtőtorny betét cseréjekor mindenképpen hulladék keletkezik. A betét anyaga sokféle lehet, és ez meghatározza a hulladék elhelyezésének módját.

## 4. LEGJOBB ELÉRHETŐ TECHNOLÓGIÁK AZ IPARI HŰTŐRENDSZEREK ESETÉBEN

### 4.1. Bevezetés

Az e fejezetben ismertetett eljárásokat és módszereket, valamint a kibocsátási és felhasználási szinteket a következő lépések felhasználásával határoztuk meg.

- a legfontosabb környezetvédelmi problémák azonosítása: hűtésnél a folyamat általános energiahatékonyságának javítása és a felszíni vizekbe történő kibocsátások csökkentése;
- a fenti problémák kezelésére alkalmas technológiák vizsgálata;
- a legjobb környezetvédelmi teljesítményszintek meghatározása (az Európai Unióból és a világ egyéb részeiből kapott adatok alapján – a teljesítményszint általában az adott létesítményre jellemző adat);
- a teljesítményszint elérését meghatározó feltételek vizsgálata;
- a legjobb elérhető technológia kiválasztása.

Ebben a fejezetben a hűtőrendszerek szempontjából megfelelőnek tartott eljárásokat, és a lehetőségekhez mérten a BAT alkalmazásával összefüggő kibocsátási és fogyasztási szinteket mutatjuk be, számos esetben működő létesítmények adatai alapján. A BAT alkalmazásával összefüggő emissziós és felhasználási szinteken azok a szintek értendők, amelyekre a folyamattól és létesítménytől függő feltételek mellett az ismertetett technológia megvalósításával számítani lehet, figyelembe véve a felmerülő költségek és várható előnyök egyensúlyát. Ezek az adatok azonban semmi esetre sem tekinthetők kibocsátási vagy fogyasztási határértékeknek vagy minimális teljesítményértékeknek. Néhány esetben műszakilag lehetséges volna még kedvezőbb kibocsátási vagy fogyasztási szintek elérése, azonban a költségek vagy egyéb megfontolások figyelembe vételével ezek a megoldások nem tekinthetők legjobb elérhető technológiának. (Egészen speciális esetekben egyéb tényezők mégis indokolhatják ezeknek a megoldásoknak a választását.)

A BAT alkalmazásával összefüggő kibocsátási és fogyasztási szintek csak az egyéb meghatározó feltételekkel (pl. éghajlat, területi korlátok) együtt értelmezhetők.

A „BAT alkalmazásával összefüggő szinteket” meg kell különböztetni a jelen dokumentumban használt „elérhető szintektől”. Az adott technológiával vagy technológiák kombinációjával elérhető szint a helyesen működtetett és karbantartott, az említett technológiát alkalmazó létesítményben hosszabb időszakon keresztül várható szintet jelenti.

A költségeket, amennyiben az adatok rendelkezésre állnak, az eljárás ismertetésénél feltüntetjük. Ezek természetesen csak hozzávetőlegesen jelzik a várható költségeket, a tényleges kiadások mindenkor az egyedi helyzettől függenek (pl. adók, illetékek, műszaki megoldások stb.). Költségadatok hiányában valamely eljárás gazdaságosságára a meglévő létesítmények megfigyelésével vontunk le következtetéseket.

Szándékunk szerint a jelen fejezetben ismertetett általános BAT eljárások referenciaként szolgálnak a meglévő létesítmények teljesítményének értékeléséhez illetve az új beruházásokra szóló javaslatok elbírálásához.

## 4.2. A BAT meghatározásának horizontális megközelítése

Horizontális megközelítés esetén feltételezzük, hogy az alkalmazott eljárás környezetvédelmi vonatkozásai és a kapcsolódó csökkentési intézkedések értékelhetők, és hogy az ipari folyamatától független, általános BAT állapítható meg.

A jelen dokumentumban tárgyalt hűtőrendszereket számos iparág használja, ezért az alkalmazások, technológiák, működtetési módok köre nagyon széles. A folyamatok termodinamikai jellemzőinek különbözősége további teljesítménybeli és környezetvédelmi eltéréseket eredményeznek.

Az eltérések következtében a technológiák összehasonlítása és általános következtetések levonása rendkívül nehéz. A kibocsátások csökkentésének gyakorlati tapasztalataira alapuló általános megelőző szemlélet kialakítása viszont lehetségesnek látszik.

A megelőző, vagy **elsődleges BAT szemlélet** középpontjában a hűtendő anyag áll. A következő lépés a hűtőrendszer típusának, szerkezetének figyelembe vétele, különösen új létesítmények esetében. Végezetül a berendezések cseréjének lehetőségét és a hűtőrendszer működtetésének módját kell számba venni. Az értékelést létesítményenként külön-külön kell elvégezni.

### 4.2.1. Integrált hógazdálkodás

#### 4.2.1.1. Ipari hűtés = Hógazdálkodás

Az ipari folyamatok hűtése hógazdálkodásnak tekinthető, és az üzem energiagazdálkodásának részét képezi. Az elvonandó hő mennyisége és hőfoka a hűtőrendszer teljesítményét meghatározza. Az elvárt teljesítmény viszont befolyásolja a rendszer felépítését és működését, következésképpen a környezetre gyakorolt hatását (közvetlen hatás), a hűtőt teljesítmény pedig hatással van a teljes ipari folyamat hatékonyságára (közvetett hatás). A hűtőrendszeren végrehajtott minden változtatás alkalmával figyelembe kell venni a közvetlen és közvetett hatások egyensúlyának esetleges változását.

Ez a koncepció kiindulópont lehet a BAT első elvének megfogalmazásakor. **A BAT minden létesítmény esetében olyan integrált szemlélet, amelynek célja az ipari hűtőrendszer környezeti hatásának csökkentése a közvetlen és közvetett hatások egyensúlyának megőrzésével.** Más szóval, valamely emisszió csökkentésének hatását a teljes energiahatékonyság változásával együtt kell elemezni. Még nem ismerünk olyan minimális környezeti előny / hatékonyságromlás arányt, amely választóvonal lenne a BAT-nak tekinthető vagy annak nem tekinthető eljárások között, viszont az elmélet alkalmas a különböző változatok összehasonlítására.

#### 4.2.1.2. A hőkibocsátás csökkentése a hő belső és külső újrafelhasználásának optimalizálásával

A megelőző szemlélet kiindulópontja a hőelvonást igénylő ipari folyamat, és elsődleges célja a hőkibocsátás csökkentése. A hőkibocsátás ugyanis energiaveszteség, és így nem tekinthető BAT-nak. A hűtési igény elemzésekor tehát az első lépés mindig a hő folyamaton belüli újrafelhasználása.

**Zöldmezős** beruházás esetében a szükséges hűtőteljesítmény meghatározása csak akkor számít BAT-nak, ha **maximálisan kihasználják a hőfelesleg technológián belüli és azon kívüli újrafelhasználásának lehetőségeit.**

**Meglévő létesítmény esetében** a hűtőrendszer potenciális teljesítményének bármilyen változtatását megelőzően **optimalizálni kell a hő belső és külső újrafelhasználást** és csökkenteni a kibocsátandó hő mennyiségét és hőfokát. Amennyiben a meglévő rendszerek hatékonyságának növelése a cél, a rendszer működésének javítása vagy technológiai váltás kerülhet szóba. A rendszer működésének javítása általában (különösen nagy létesítmények esetén) költséghatékonyabb megoldásnak tekinthető, és ezért BAT-nak számít.

#### 4.2.1.3. Hűtőrendszer és a folyamat követelményei

Miután meghatároztuk a folyamatban keletkező veszteség-hő hőfokát és mennyiségét, és a veszteség-hő tovább nem csökkenthető, kiválasztható a folyamat követelményeinek (l. az 1. fejezetet) megfelelő hűtőrendszer. Minden folyamathoz a követelmények egyedi kombinációja tartozik, amelyben jelentős szerepe van a folyamatszabályozás színvonalának, a folyamat megbízhatóságának és a biztonságának. Emiatt ebben a szakaszban még szinte lehetetlen véleményt alkotni a BAT-ról, az alábbi megállapítások azonban számos folyamatot jellemezhetnek.

A környezeti hőmérsékletek az európai tapasztalatokon alapszanak. A száraz hőmérsékletek általában nem indokolják az alacsony hőfokú veszteség-hő levegővel való elvonását, hanem a vízhűtés a célszerű. De olyan területeken, ahol az átlagos száraz hőmérséklet alacsony, a száraz léghűtést alkalmazzák az alacsonyabb folyamathőmérsékletek elérésére (a hő rekuperáció lehetőségeinek megvizsgálása után). Ezt követően, amennyiben elegendő víz áll rendelkezésre, a maradék veszteség-hő vízhűtéssel vonható el.

A veszélyes anyagokat, amelyek szivárgás esetén nagy kockázatot jelentenek a vízi környezetre, lehetőleg közvetett rendszerrel kell hűteni.

A hűtési módot a folyamat minden követelményét kielégítő lehetséges változatok közül kell kiválasztani. Ilyen követelmény például a vegyi reakciók szabályozása, a folyamat megbízhatósága és a biztonság elvárt színvonalának megőrzése. A cél a választott megoldás közvetett hatásainak a minimalizálása. A környezetvédelmi megoldások összehasonlításának legjobb módja az, ha megadjuk a kibocsátott energiára ( $kW_{th}$ ) fajlagosított közvetlen és közvetett energiafelhasználást ( $kW_e$ ). Az összehasonlítás másik módja az, ha megadjuk a hűtőrendszer közvetlen energiafelhasználásának ( $kW_e$ ) változását és a tonnában kifejezett termék mennyiségnek a változását, mindkettőt kibocsátott energia egységére vonatkoztatva ( $kW_{th}$ ).

A hűtési technológia környezetvédelmi célú változtatása csak akkor tekinthető BAT-nak, ha a hűtés hatékonysága változatlan marad, vagy javul.

**4.1. táblázat Példák a folyamat követelményeire és a kapcsolódó BAT-ra**

<b>A folyamat jellemzői</b>	<b>Feltételek</b>	<b>Elsődleges BAT szemlélet</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Hivatkozás</b>
Az elvonandó hő hőfoka magas (>60 °C)	Víz és vegyszerek használatának csökkentése, energiahatékonyság javítása	(Elő-)hűtés száraz levegővel	Az energiahatékonyság és a hűtőrendszer mérete korlátozó tényezők	1.1 / 1.3. szakasz
Az elvonandó hő hőfoka közepes (25-60 °C)	Energiahatékonyság javítása	Nem egyértelmű	Helytől függő	1.1 / 1.3. szakasz
Az elvonandó hő hőfoka alacsony (<25 °C)	Energiahatékonyság javítása	Vízhűtés	Hely kiválasztása	1.1 / 1.3. szakasz
Alacsony és közepes hőfok és hűtőtelteljesítmény	Optimális energiahatékonyság, víztakarékosság, látható fáklya csökkentése	Nedves és hibrid hűtőrendszer	A száraz hűtés kevésbé alkalmas a helyigény és az energiahatékonyság romlása miatt	1.4. szakasz
Veszélyes hűtendő anyag, jelentős környezeti kockázattal	Szivárgás veszélyének csökkentése	Közvetett hűtőrendszer	Hőfoklépcső növekedésének elfogadása	1.4. szakasz és VI. melléklet

**4.2.1.4. Hűtőrendszer és a helyszínnel kapcsolatos követelmények**

A helyszínnel összefüggő korlátok elsősorban az új létesítményekre vonatkoznak, ahol a hűtőrendszer típusa még kiválasztásra vár. Amennyiben a kibocsátandó hő mennyisége ismert, ez a tény befolyásolhatja a megfelelő hely kiválasztását. Hőmérséklet-érzékeny folyamatok esetén a BAT szemlélet olyan telephelyet követel meg, ahol elegendő hűtővíz áll rendelkezésre.

Az új létesítményeket – különböző okokból - nem mindig telepítik a hűtéstechnológia szempontjából ideális helyre, ugyanis a helyszín jellemzői csak annak megismerését követően, utólag válnak egyértelművé. A helyszín legfontosabb termodinamikai tulajdonsága a száraz és nedves hőmérséklettel kifejezett éves éghajlati görbe.

4.2. táblázat Példák a helyszín jellemzőire és a BAT

A helyszín jellemzői	Feltételek	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Éghajlat	Szükséges tervezett hőmérséklet	A nedves és száraz hőmérséklet változásának értékelése	Ha a száraz hőmérséklet magas, a száraz léghűtés energia-hatékonysága általában alacsony	1.4.3. szakasz
Hely	Korlátozott terület	(Előre összeszerelt) tetőre telepített szerkezetek	A hűtőrendszer mérete és súlya korlátozott	1.4.2. szakasz
Felszíni víz rendelkezésre állása	Korlátozott rendelkezésre állás	Recirkulációs rendszer	Nedves, száraz vagy hibrid rendszerek	2.3. és 3.3. szakasz
A befogadó víz érzékenysége hőterhelésre	A hőterhelés szempontjából elfogadható hőteljesítmény	- Hő újrafelhasználásának optimalizálása - Recirkulációs rendszer - Hely kiválasztása (új hűtőrendszer)		1.1. szakasz
Talajvíz korlátozott rendelkezésre állása	Talajvíz felhasználás minimalizálása	Léghűtés, ha nincs egyéb megfelelő vízforrás	Büntető tarifa elfogadása	3.3. szakasz
Parti terület	Nagy teljesítmény > 10 MW <sub>th</sub>	Átfolyó rendszerek	A meleg és a hideg víz elkeveredésének elkerülése a vízkivétel helyénél, pl. a keveredési zóna alatt, a tenger mélyéről történő vízkivétellel, a hőmérsékleti rétegződés kihasználásával	1.2.1. szakasz / 3.2. szakasz / XI.3. melléklet
Sajátos helyszíni követelmények	Fáklya kötelező csökkentése és korlátozott toronymagasság esetén	Hibrid hűtőrendszer	Energia kötbér elfogadása	2. fejezet

Egyéb jellemzők a terület, a víz rendelkezésre állásra hűtés és kibocsátás céljára és a környező területek (városi és ipari) érzékenysége. A talajvíz tekintetében a BAT száraz hűtőrendszerek alkalmazását javasolja, különösen ott, ahol az utánpótlást biztosító vízkészlet kimerülése várható.

#### **4.2.2. A BAT alkalmazása ipari hűtőrendszerekben**

A hűtőrendszer optimalizálása a környezeti hatások csökkentése érdekében összetett feladat, és nem csupán egyszerű matematikai összehasonlítás. Más szóval a BAT táblázatokból kiválasztott eljárások kombinálása nem vezet feltétlenül BAT hűtőrendszerhez. A végső BAT megoldás mindig egyedi, az adott létesítménytől függő megoldás.

A 3. fejezetben a környezeti emisszió csökkentésének lehetőségeit mutattuk be. Minden környezetvédelmi kérdés és minden hűtési eljárás tekintetében megkíséreltünk kialakítani egy általános szemléletet és BAT megoldást találni. A leglényegesebb probléma egyértelműen a hűtővíz, illetve a biocidok és a „feketelistán” levő anyagok alkalmazása.

A javasolt eljárások mind kipróbált, alkalmazott és hatékonynak bizonyult eljárások. Feltételezhető, hogy a BAT-nak tekintett eljárások – a kifejezetten egyedi, adott helyzettől függő megoldások kivételével – mindegyike szóba jöhet új rendszerek létesítésekor. Meglévő rendszerek esetében bonyolultabb a helyzet, de a működési intézkedések többsége általában akadálytalanul megvalósítható.

A 4.3. – 4.12. táblázatok BAT-nak tekintett eljárásokat ismertetnek a következő elsődleges BAT-szemléleteknek megfelelően:

- az általános energia-hatékonyság növelése,
- víz és hűtővíz-adalékok használatának csökkentése,
- kibocsátások csökkentése a levegőbe és vízbe,
- zajcsökkentés,
- vízi élőlények befogásának csökkentése és
- biológiai kockázatok csökkentése.

Nincs egyértelmű BAT eljárás a hulladékok mennyiségének csökkentésére illetve kezelésére az olyan környezeti problémák elkerülése érdekében, mint a talaj- és vízszennyezés vagy (égetés esetén) a légszennyezés.

Minden környezetvédelmi probléma esetében vizsgáltuk a csökkentési eljárások egyéb közegekre gyakorolt hatásait is. A hűtőrendszer minden változtatását ugyanis az ilyen egyéb hatások figyelembe vételével kell elvégezni.

Egyes intézkedések esetében BAT-értékeket is megállapítottunk. A feltételek sokasága azonban gyakran nem teszi lehetővé egyértelmű szintek meghatározását, ilyenkor minőségi leírást közlünk.

**Új létesítmények esetében** a BAT már a tervezési szakaszban szem előtt tartja a csökkentési lehetőségeket, alacsony energiafogyasztású berendezések és a megfelelő anyagok kiválasztásával. Ebben az összefüggésben az alábbi idézet példaértékű: „a gyakorlatban ... a rosszul megépített és karbantartott hűtővíz rendszer környezeti hatásaihoz mérten viszonylag kevés figyelmet fordítanak a rendszerek tervezésére, szerkezetére és karbantartására. Emiatt gyakran



a víz kezelésével kell ellensúlyozni a rendszer tervezési hiányosságait és gondoskodni a szennyeződés okozta kockázat csökkentéséről. Ennek a hozzáállásnak a változására aligha lehet számítani addig, amíg a szakemberekben nem tudatosulnak a rosszul tervezett hűtővízes rendszer hosszú távú működtetésének és karbantartásának költségei.” (Van Donk és Jenner, 1996)

Száraz léghűtésű rendszer választása esetén az intézkedések elsődlegesen a közvetlen energiafelhasználással, a zajcsökkentéssel és a méret (szükséges hűtőfelülethez viszonyított) optimalizálásával függenek össze.

**Meglévő létesítmények esetében** a technológiai intézkedések bizonyos körülmények között BAT-nak tekinthetők. A technológiaváltás általában költségigényes, miközben az általános hatékonyságot is fenn kell tartani. A költségek számításakor figyelembe kell venni mind a beruházás költségeit, mind az üzemeltetési költségek változását, és az elért csökkentés mellett az egyéb környezeti hatásokra is tekintettel kell lenni.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a kis méretű, előre összeszerelt hűtőtornyok esetében a technológiaváltás (pl. zárt recirkulációs nedves rendszerről zárt recirkulációs hibrid vagy nedves/száraz rendszerre) mind technikai, mind gazdasági szempontból könnyen megvalósítható. A nagy, egyedi, helyszínen épített tornyok esetében viszont a váltás szinte lehetetlen.

A meglévő nedves hűtőrendszerek esetében, ahol a cél a vízfelhasználás és a vegyianyag-kibocsátás csökkentése, a BAT az ellenőrzésre, üzemeltetésre és karbantartásra fektet súlyt.

### **4.3. Az energiafelhasználás csökkentése**

#### **4.3.1. Általános megjegyzések**

A hűtőrendszer tervezési szakaszában BAT-nak tekinthető:

- a víz- és a levegő áramlási ellenállásának csökkentése
- nagy hatékonyságú és kis energiaigényű berendezések használata
- az energiaigényes berendezések számának csökkentése
- optimalis hűtővíz-kezelés a szennyeződés, vízkőlerakódás és korrózió megelőzésére

A fenti tényezők kombinációjának minden esetben a rendszer működtetése során elérhető legalacsonyabb energiafogyasztást kell eredményeznie.

#### **4.3.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások**

Az integrált szemlélet mind a közvetlen, mind a közvetett energiafelhasználást számításba veszi. Energiahatékonyság szempontjából az átfolyó rendszer használata BAT-nak tekintendő, különösen ha a hűtőtéljesítmény igény nagy ( $> 10 \text{ MW}_{\text{th}}$ ) esetén. Folyók és/vagy folyótorkolatok közelében az átfolyó rendszer akkor fogadható el, ha

- a hő terjedése a felszíni vízben elegendő helyet hagy a halak vándorlására;
- a vízvételi helyet úgy tervezték, hogy a halak befogása kis mértékű legyen;
- a hőterhelés nem zavarja a befogató felszíni víz egyéb felhasználóit.

Erőművek esetében, amennyiben az átfolyó rendszer nem kivitelezhető, a természetes huzatú nedves hűtőtorny a leginkább energiahatékony megoldás, viszont a torony magassága akadályt jelenthet.

**4.3 táblázat: BAT az általános energiahatékonyság növelésére**

<b>Rendszer</b>	<b>Feltétel</b>	<b>Elsődleges BAT szemlélet</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Hivatkozás</b>
Nagy hűtőkapacitás	Általános energiahatékonyság	Helyszín kiválasztása átfolyó rendszer számára	L. a táblázat feletti szöveget	3.2. szakasz
Minden rendszer	Általános energiahatékonyság	Változtatható működés lehetővé tétele	Hűtési igény meghatározása	1.4. szakasz
Minden rendszer	Változtatható működés	Lég- és vízáramlás változtatása	Korrózió és erózió megelőzése	
Minden nedves rendszer	Tiszta cső- és hőcserélő felületek	Optimális vízkezelés és felületkezelés	Megfelelő ellenőrzés	3.4. szakasz
Átfolyó rendszer	Hűtési hatékonyság fenntartása	Meleg víz recirkulációjának megakadályozása a folyókban és csökkentése a torkolatokban és a tengerben		XII. melléklet
Minden hűtőtorny	Fajlagos energiafogyasztás csökkentése	Csökkentett energiafogyasztású szivattyúk és ventilátorok alkalmazása		

**4.4. Vízigény csökkentése**

**4.4.1. Általános megjegyzések**

Új rendszerekre az alábbi megállapítások vonatkoznak:

- energiagazdálkodás szempontjából leghatékonyabb a vízhűtés;
- ha a vízigény nagy, olyan helyet kell választani a létesítmény számára, ahol elegendő (felszíni) víz áll rendelkezésre;
- a hűtési igényt a hő optimális újrafelhasználásával kell csökkenteni;
- nagy hűtővíz-kibocsátás esetén olyan helyet kell választani, ahol megfelelő befogadó víz áll rendelkezésre;

- ahol a víz korlátozottan áll rendelkezésre, különböző üzemeltetési módokat lehetővé tevő technológiát kell választani, amellyel a szükséges hűtőtéljesítmény folyamatosan, de kevesebb víz felhasználásával biztosítható;
- a recirkulációs rendszer minden esetben alkalmazható, de választásakor figyelembe kell venni egyéb tényezőket is, pl. a vízkezelés szükségességét és az alacsonyabb energia-hatékonyságot.

Meglévő rendszerek esetében a hő újrafelhasználása és a rendszer működésének javítása csökkentheti a hűtővízigényt. Ahol korlátozott mennyiségű felszíni víz áll rendelkezésre, az átfolyó rendszerről recirkulációs rendszerre történő átállás BAT-nak tekinthető. (A nagy hűtőtéljesítményű erőművek esetében az átállás költségigényes.)

#### 4.4.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

##### 4.4 táblázat: BAT a vízigény csökkentésére

<b>Rendszer</b>	<b>Feltétel</b>	<b>Elsődleges BAT szemlélet</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Hivatkozás</b>
Minden nedves hűtőrendszer	Hűtési igény csökkentése	Hő optimális újrafelhasználása		1. fejezet
	Korlátozott források felhasználásának csökkentése	Talajvíz használata nem BAT	Egyedi megoldások	2. fejezet
	Vízfelhasználás csökkentése	Recirkulációs rendszer alkalmazása	Vízkezelés szükségessége	2./3.3. fejezet
	Vízfelhasználás csökkentése, ha a fáklya csökkentése kötelező vagy a torony magassága korlátozott	Hibrid hűtőrendszer alkalmazása	Energiakötbér elfogadása	2.6./3.3.1.2. fejezet
	Ha a víz (pótvíz) nem vagy korlátozottan áll rendelkezésre a folyamat időtartama (egy része) alatt	Száraz hűtés alkalmazása	Energiakötbér elfogadása	3.2. és 3.3. szakasz XII.6. melléklet
Minden recirkulációs nedves és nedves/száraz hűtőrendszer	Vízfelhasználás csökkentése	Koncentrációs ciklusok számának optimalizálása	Vízkezelés szükségessége (pl. lágyított pótvíz)	3.2. szakasz és XI. melléklet

Számos alkalommal javasolható a száraz léghűtés alkalmazása, bár energiahatékonyság szempontjából kevésbé vonzó megoldás, mint a vízhűtés. Rövidebb időszakokra számítva azonban a kétféle rendszer költségei közötti különbségek kisebbek, és ha a víz és vízkezelés költségeit is számba vesszük, akkor az eltérés tovább csökken. A száraz eljárás javasolható magas hőmérsékletek esetén előhűtésre, amikor a vízigény óriási lenne.

## **4.5. Élő szervezetek befogásának csökkentése**

### **4.5.1. Általános megjegyzések**

A vízvételző berendezések átalakítása olyan módon, hogy kevesebb halat és egyéb vízi élőlényt szívjanak be, összetett és minden esetben egyedi feladat. A meglévő berendezések változtatása nagyon költségigényes. A halak védelmére vagy távol tartására szolgáló, alkalmazott vagy kipróbált technológiák egyike sem tekinthető általánosan BAT-nak, a megoldásról mindig eseti alapon kell dönteni. A vízkivételi művek megtervezésére és telepítésére vonatkozó néhány alkalmazott stratégia BAT-nak számít, de ezek csak új rendszerek létesítésekor lehetségesek.

A szűrők alkalmazásával kapcsolatban megjegyzendő, hogy a rajtuk összegyűlő szerves hulladék eltávolításának költsége jelentős.

### **4.5.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások**

#### **4.5 táblázat: BAT a befogás csökkentésére**

<b>Rendszer</b>	<b>Feltétel</b>	<b>Elsődleges BAT szemlélet</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Hivatkozás</b>
Minden átfolyó rendszer vagy felszíni vizet használó hűtőrendszer	A vízvételző berendezés helyes megtervezése és elhelyezése, és a megfelelő védőtechnológia kiválasztása	Élőhelyek vizsgálata a felszíni vízforrásban	Kritikus területeken is, pl. halak ivási vagy vándorlási helye és haltelepek	3.3.3. szakasz és XII.3.3. melléklet
	Vízvételző csatornák építése	A víz sebességének optimalizálása a csatornában a leülepedés elkerülésére; a szezonális makroszennyeződés előfordulásának figyelése		3.3.3. szakasz

## 4.6. Vízbe történő kibocsátások csökkentése

### 4.6.1. Általános BAT-szemlélet a hő kibocsátás csökkentésére

A felszíni vizekbe történő hő kibocsátás környezeti hatásai az egyedi körülményektől függenek, így általános BAT követeltetés nem vonható le.

A gyakorlatban amikor a hő kibocsátás korlátozására volna szükség, a megoldás az átfolyó rendszer nyitott recirkulációs rendszerré alakítása lehetne, viszont minden szempontot figyelembe véve nem jelenthető ki egyértelműen, hogy ez a döntés BAT-nak tekinthető. A nedves hűtőtorony alkalmazása ugyanis rontja az általános energiahatékonyságot (3.2. fejezet). Ezzel szemben elképzelhető - még szélesebb körben vizsgálva a kérdést -, hogy az ugyanazt a felszíni vizet használó egyéb folyamatok energiahatékonysága javul, mivel hidegebb vizet tudnak vételezni.

Amennyiben az intézkedések célja a kibocsátott hűtővíz felmelegedésének csökkentése, levonható néhány BAT követeltetés. Nagy erőművek esetében, az egyedi körülményektől függően, előhűtést (XII. melléklet) alkalmaznak, pl. annak érdekében, hogy a vételezett víz hőmérséklete ne legyen magas.

A kibocsátások korlátozásával a 78/659/EGK irányelv foglalkozik.

### 4.6.2. Általános BAT szemlélet a vegyi anyagok vízbe történő kibocsátásának csökkentésére

A hő kibocsátás mellett a vegyi anyagok kibocsátása tekinthető a hűtéstechnológia legfontosabb problémájának.

Mivel a környezeti hatások 80%-a a tervezésen múlik, az intézkedések során is erre a szakaszra szükséges összpontosítani, az alábbi sorrend betartásával:

- a folyamat jellemzőinek meghatározása (nyomás, hőmérséklet, korróziókeltő hatás)
- a hűtővíz kémiai tulajdonságainak megállapítása
- a hőcserélő anyagának kiválasztása fentiek figyelembe vételével
- a hűtőrendszer egyéb részeihez felhasználandó anyagok kiválasztása
- a hűtőrendszer működési követelményeinek meghatározása
- a vízkezelésre használandó anyagok kiválasztása (kevésbé veszélyes és a környezetet kevésbé károsító anyagok) (3.4.5. szakasz, VI. és VIII. melléklet)
- biocidok kiválasztása (3. fejezet, 3.2. ábra)
- adagolás optimalizálása

Ez a szemlélet elsősorban a hűtővíz kezelésének szükségességét kívánja csökkenteni. Meglévő rendszerek esetében a technológiaváltás vagy berendezéscsere bonyolult és költséges eljárás, ezért inkább az üzemeltetésre célszerű összpontosítani az optimális adagolás és az állandó ellenőrzés betartásával.

Miután a szennyeződés és korrózió veszélyét csökkentettük, további kezelés lehet szükséges a hatékony hőcsere fenntartása érdekében. A következő lépés tehát a vízi környezetre kevésbé veszélyes adalékanyagok kiválasztása, és azok hatékony módon történő alkalmazása.

A vegyszerek és a kezelési módok rangsorolása szinte lehetetlen feladat, ezért általános BAT következtetést nem vonhatunk le. A megfelelő megoldást egyedileg kell megtalálni.

A VIII. melléklet bemutat egy olyan módszert, amely segítséget nyújthat a vegyi anyagok és a biocidok értékeléséhez, azáltal, hogy összekapcsolja a hűtőrendszer és a befogadó vízi ökoszisztéma igényeit. A cél az adalékanyagok, elsősorban a biocidok hatásának minimalizálása. A jogi alapot a biocid termékekről szóló, 98/8/EK irányelv és a vízről szóló keretirányelv nyújtja.

### 4.6.3. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

#### 4.6.3.1. Megelőzés a tervezés és karbantartás révén

**4.6. táblázat: BAT: A vízbe történő kibocsátások csökkentése tervezés és karbantartás révén**

<b>Rendszer</b>	<b>Feltétel</b>	<b>Elsődleges BAT szemlélet</b>	<b>Megjegyzés</b>	<b>Hivatkozás</b>
Minden nedves hűtőrendszer	Korrózióknak ellenállóbb anyagok használata	A hűtendő anyag és a hűtővíz korrózió hatásának elemzése a megfelelő anyagok kiválasztása érdekében		3.4. fejezet
	Szennyeződés és korrózió csökkentése	Stagnáló zónák elkerülése a tervezés során		XI.3.3.2.1. melléklet
Csőköteges köpenyes hőcserélő	Könnyen tisztíthatóra tervezni	A hűtővíz folyik a csövekben, az erősen szennyező anyag kívül	Típustól, hőmérséklettől és nyomástól függ	III.1.melléklet
Erőművek kondenzátorai	Korrózióknak való ellenállás	Sós vízzel való hűtés esetén titán alkalmazása		XII. melléklet
	Korrózióknak való ellenállás	Kevésbé korrodálódó ötvözetek alkalmazása (rozsdamentes acél, réznikkel)	A korrózióállóbb ötvözetek alkalmazása kórokozó anyagokat eredményezhet	XII.5.1. melléklet
	Mechanikai tisztítás	Automata tisztítórendszer alkalmazása	Kiegészítő mechanikai tisztítás és nagy víznyomás lehet szükséges	XII.5.1. melléklet

Kondenzátorok és hőcserélők	Lerakódás csökkentése a kondenzátorokban	az új berendezésekben és 1,5 m/s a csököteges felújítottakban	Függ az anyag korrózióval való ellenállásától, a vízminőségtől és a felületi kezeléstől	XII.5.1. melléklet
	Lerakódás csökkentése a kondenzátorokban	Vízsebesség > 1,8 m/s	Függ az anyag korrózióállóságtól, a víz minőségtől és a felületkezeléstől	XII.3.2. melléklet
	Eltömődés megakadályozása	Szűrők alkalmazása		XII. melléklet
Átfolyó rendszerek	Korrózióval való ellenállás	Szénacél alkalmazása	Brakkvíz esetén nem ajánlott	IV.1. melléklet
	Korrózióval való ellenállás	Üvegszál műanyag, bevont vasbeton vagy bevont szénacél földalatti vezetékek esetén		IV.2. melléklet
	Korrózióval való ellenállás	Titán alkalmazása a csököteges köpenyes hőcserélőkben, illetve jó minőségű rozsdamentes acél	Titán redukciós környezetben nem használható, biológiai szennyeződés ellenőrzése szükséges	IV.2. melléklet
Nyitott nedves hűtőtornyok	Szennyeződés csökkentése sósvíz környezetben	Nyitott betét alkalmazása, ami kevésbé piszkolódik, és nagy vízterhelést tesz lehetővé		IV.4. melléklet
	Veszélyes anyagok alkalmazásának elkerülése a szennyeződést megelőző kezelés során	Faanyagok CCA kezelése, illetve a TBTO tartalmú festékek alkalmazása <u>nem BAT</u>		3.4. fejezet IV.4. melléklet
Természetes huzatú nedves hűtőtornyok	Szennyeződést megelőző kezelés csökkentése	Vízminőségnek megfelelő betét alkalmazása		XII.8.3. melléklet

4.6.3.2. Szabályozás a hűtővíz optimális kezelése révén

4.7. táblázat BAT: vízbe történő kibocsátások csökkentése a hűtővíz optimális kezelése révén

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Minden nedves hűtőrendszer	Adalékanyagok alkalmazásának csökkentése	A hűtővíz kémiai tulajdonságainak ellenőrzése és szabályozása		3.4. fejezet és XI.7.3. melléklet
	Kevésbé veszélyes anyagok alkalmazása	Az alábbiak használata <u>nem BAT</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• krómvegyületek</li> <li>• higanyvegyületek</li> <li>• szerves fémvegyületek (pl. szerves ónvegyület)</li> <li>• merkaptó-benzotiazol</li> <li>• klór, bróm, ózon és H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> –n kívüli biociddal történő sokk-kezelés</li> </ul>		3.4. fejezet és VI. melléklet
Átfolyó rendszerek és nedves nyitott hűtőtornyok	Célzott biocid adagolás	Makroszennyeződés ellenőrzése az optimális biocid-adagolás érdekében		XI.3.3.1.1. melléklet
Átfolyó hűtőrendszerek	Biocidok használatának korlátozása	10-12 °C tengervíz-hőmérséklet alatt biocid alkalmazása kerülendő	Egyes területeken téli kezelés válhat szükségessé (kikötők)	V. melléklet
	Szabad oxidánsok kibocsátásának csökkentése	Tartózkodási idők és a vízsebesség változtatása, valamint a kibocsátás helyén a szabad oxidáns vagy szabad maradék oxidáns = 0,1 mg/l	Kondenzátorok esetében nem alkalmazható	3.4 fejezet és XI.3.3.2. melléklet



	Szabad oxidánsok kibocsátása	Tengervíz folyamatos klórozása esetén a kibocsátás helyén a szabad oxidáns vagy szabad maradék oxidáns $\leq 0,2$ mg/l	Napi (24 órás) átlagérték	XI.3.3.2. melléklet
	Szabad (maradék) oxidánsok kibocsátása	Tengervíz szakaszos vagy sokkszerű klórozása esetén a kibocsátás helyén a szabad oxidáns vagy szabad maradék oxidáns $\leq 0,2$ mg/l	Napi (24 órás) átlagérték	XI.3.3.2. melléklet
	Szabad (maradék) oxidánsok kibocsátása	Tengervíz szakaszos vagy sokkszerű klórozása esetén a kibocsátás helyén a szabad oxidáns vagy szabad maradék oxidáns $\leq 0,5$ mg/l	Egy napon belül az óránként mért értékek átlaga, folyamat-szabályozás céljából	XI.3.3.2. melléklet
	OX-képző vegyületek mennyiségének csökkentése édesvizekben	Édesvizek állandó klórozása <u>nem BAT</u>		3.4. fejezet és XII. melléklet
Nytított nedves hűtőtornyok	Hipoklorit mennyiségének csökkentése	$7 \leq \text{pH} \leq 9$ értékű hűtővízzel történő üzemeltetés		XI. melléklet
	Biocid mennyiségének csökkentése, leiszapolás csökkentése	mellékáramkörű bioszűrés alkalmazása BAT-nak minősül		XI.3.1.1. melléklet
	Gyorsan hidrolizáló biocidok kibocsátásának csökkentése	Adagolás után a leiszapolás átmeneti szüneteltetése		XI.3.3.1.1. melléklet
	Ózon alkalmazása	Kezelés $\leq 0,1$ mg $\text{O}_3/\text{l}$	Egyéb biocidok alkalmazásának lehetősége az összköltség mérlegelésével	XI.3.4.1. melléklet

## 4.7. Levegőbe történő kibocsátások csökkentése

### 4.7.1. Általános szemlélet

A hűtőtornyok kibocsátásait – a fáklyaképződés kivételével – keveset vizsgálták. A rendelkezésre álló adatok azt mutatják, hogy a kibocsátási szintek általában alacsonyak, de nem elhanyagolhatók.

A keringő vízbeni koncentráció csökkentése nyilvánvalóan hozzájárul a fáklyába kerülő anyagok mennyiségének csökkenéséhez. Ezen kívül néhány általános, BAT-nak tekinthető javaslat tehető.

### 4.7.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

## 4.8. táblázat BAT: levegőbe történő kibocsátások csökkentése

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Minden nedves hűtőtorny	Fáklya ne érje el a földet	Fáklya a magasban képződjön, és a kibocsátott levegő sebessége minimális legyen		3.5.3. fejezet
	Fáklyaképződés megakadályozása	Hibrid vagy egyéb fáklyacsökkentő eljárások alkalmazása (pl. levegő melegítése)	Egyedi megítélés alapján (pl. városi környezet, közlekedés)	3.5.3. fejezet
Minden nedves hűtőtorny	Kevésbé veszélyes anyagok alkalmazása	Azbeszt és CCA-val vagy TBTO-val kezelt fa használata <u>nem BAT</u>		3.8.3. fejezet
	A belső levegő minőségének védelme	A kibocsátás helyének és módjának helyes megtervezése annak érdekében, hogy a kibocsátott levegő ne kerülhessen légkondicionáló berendezésbe	Magas, természetes huzatú tornyok esetében kevésbé lényeges	3.5. fejezet

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Minden nedves hűtőtorny	Cseppvesztés csökkentése	A teljes keringő vízmennyiség 0,01%-ánál kisebb veszteséggel működő cseppelválasztók alkalmazása	Légárammal szembeni alacsony ellenállás	3.5. fejezet és XI.5.1. melléklet

## 4.8. Zajkibocsátás csökkentése

### 4.8.1. Általános megjegyzések

A zajkibocsátások esetében helyi hatásokkal kell számolnunk. A hűtőberendezések zajkibocsátása a teljes létesítmény zajkibocsátásának részét képezi. A zaj csökkentésére primer és szekunder intézkedéseket különböztetünk meg. A primer intézkedések a hangforrás hangerőszintjét csökkentik, a szekunder intézkedések a kibocsátott zajszintet csökkentik. A másodlagos intézkedések általában nyomáseséshez vezetnek, amely következtében az energiafelhasználás nő, tehát romlik a rendszer energiahatékonysága. Az alkalmazott eljárásról végső soron minden esetben külön-külön kell dönteni. Az alábbi intézkedések és minimális kibocsátási szintek tekinthetők BAT-nak:

### 4.8.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

## 4.9. táblázat BAT: zajkibocsátások csökkentése

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Csökkenés mértéke	Hivatkozás
Természetes huzatú hűtőtorny	Lezuhogó víz zajának csökkentése a levegővételezés helyénél	Különböző eljárások állnak rendelkezésre	$\geq 5$ dB(A)	3.6. fejezet
	Zajkibocsátás csökkentése a torony alapjánál	Pl. földgát vagy fal alkalmazása	$< 10$ dB(A)	3.6. fejezet
Ventilátoros hűtőtorny	Ventilátorok zajának csökkentése	Halk ventilátorok alkalmazása az alábbiak szerint pl:	$< 5$ dB(A)	3.6. fejezet
		- nagyobb átmérő - csökkentett kerületi sebesség ( $\leq 40$ m/s)		3.6. fejezet

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Csökkenés mértéke	Hivatkozás
	Optimális diffúzor	Hangtompítók megfelelő magassága és elhelyezkedése	Változó	3.6. fejezet
	Zajcsökkentés	Hangtompító intézkedések a beeresztés és kibocsátás helyénél	$\geq 15$ dB(A)	3.6. fejezet

## 4.9. Szivárgás kockázatának csökkentése

### 4.9.1. Általános szemlélet

A szivárgás veszélyének csökkentése érdekében figyelmet kell fordítani a hőcserélő típusára, a hűtendő anyag veszélyességére és a hűtés módjára. A szivárgás előfordulásának megakadályozására az alábbi általános intézkedések javasolhatók:

- vizes rendszer szerkezeteinek anyagát a vízminőségnek megfelelően kell megválasztani;
- a rendszert tervezésének megfelelően kell üzemeltetni;
- helyes vízkezelési programot kell alkalmazni;
- recirkulációs rendszerben a leiszapolás elemzésével kell ellenőrizni az esetlegesen a hűtővízbe szivárgott anyagot.

### 4.9.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

#### 4.10. táblázat BAT: a szivárgás kockázatának csökkentése

Rendszer <sup>1</sup>	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Minden hőcserélő	Apróbb repedések elkerülése	$\Delta T$ a hőcserélőben $\leq 50$ °C	Magasabb $\Delta T$ esetében egyedi műszaki megoldások	III. melléklet
Csőköteges köpenyes hőcserélő	Tervezésnek megfelelő üzemeltetés	Működés felügyelete		III.1. melléklet
	A cső / csőköteggel szerkezet megerősítése	Hegesztés alkalmazása	Hegesztés nem minden esetben alkalmazható	III.3. melléklet
Berendezés	Korrózió csökkentése	Fém hőmérséklete a hűtővíz oldalán $< 60$ °C	Hőmérséklet befolyásolja a korróziógátlást	IV.1. melléklet

Rendszer <sup>1</sup>	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Átfolyó hűtőrendszerek	VCI* pontérték 5-8	Közvetlen rendszer $P_{\text{hűtővíz}} > P_{\text{hűtendő anyag}}$ és ellenőrzés	Szivárgás esetén azonnali beavatkozás	VII. melléklet
	VCI pontérték 5-8	Közvetlen rendszer $P_{\text{hűtővíz}} > P_{\text{hűtendő anyag}}$ és automatikus analitikai ellenőrzés	Szivárgás esetén azonnali beavatkozás	VII. melléklet
	VCI pontérték $\geq 9$	Közvetlen rendszer $P_{\text{hűtővíz}} > P_{\text{hűtendő anyag}}$ és automatikus analitikai ellenőrzés	Szivárgás esetén azonnali beavatkozás	VII. melléklet
	VCI pontérték $\geq 9$	Közvetlen rendszer korrózióknak ellenálló anyagból készült hőcserélővel / automatikus analitikai ellenőrzés	Szivárgás esetén automatikus beavatkozás	VII. melléklet
	VCI pontérték $\geq 9$	Technológiaváltás közvetett hűtés recirkulációs hűtés léghűtés		VII. melléklet
	Veszélyes anyagok hűtése	Hűtővíz állandó felügyelete		VII. melléklet
	Megelőző karbantartás alkalmazása	Ellenőrzés örvényárammal	Egyéb roncsolásmentes ellenőrzési eljárások is rendelkezésre állnak	
Recirkulációs hűtőrendszer	Veszélyes anyagok hűtése	Leiszapolás folyamatos ellenőrzése		

<sup>1</sup> A táblázat kondenzátorokra nem vonatkozik

\* VCI: német vegyipari egyesület

## 4.10. A biológiai kockázat csökkentése

### 4.10.1. Általános szempontok

A biológiai kockázatok csökkentése érdekében lényeges a hőmérséklet szabályozása, a rendszer folyamatos karbantartása és a vízkövesedés és korrodálódás megakadályozása. Az erre irányuló intézkedések többé-kevésbé megegyeznek a recirkulációs rendszerek szokásos karbantartási műveleteivel. A legkritikusabb időpontok a rendszer indítása, amikor a működés még nem optimális, és a karbantartás vagy javítás céljából történő leállítás.

### 4.10.2. BAT szemlélet szerinti csökkentési eljárások

### 4.11. táblázat BAT: a biológiai kockázat csökkentése

Rendszer	Feltétel	Elsődleges BAT szemlélet	Megjegyzés	Hivatkozás
Minden recirkulációs rendszer	Algaképződés csökkentése	A hűtővizet érő fényenergia csökkentése		3.7. fejezet
	Biológiai növekedés csökkentése	Stagnáló zónák kerülése és optimális vegyi kezelés		
	Tisztítás (kórokozók megjelenését követően)	Mechanikai és vegyi tisztítás kombinációja		3.7.3. fejezet
	Kórokozók ellenőrzése	Kórokozók periodikus ellenőrzése		3.7.3. fejezet
Nyitott nedves hűtőtorony	Fertőzés veszélyének csökkentése	Dolgozók viseljenek orrot és szájat takaró maszkot (P3-maszk) a torony belsejében	Keringető-berendezés működésekor vagy nagynyomású tisztítás esetén	3.7.3. fejezet

## 5. ZÁRÓ MEGJEGYZÉSEK

A hűtés sok ipari folyamat alapvető eleme. A legjobb elérhető technológiák értékelése során kiderült, hogy a belső hő-gazdálkodás, a hűtőrendszer kiválasztása és működése és a környezeti kibocsátások közvetlen kapcsolatban állnak egymással. Az elvet ugyan számszerűen még nem sikerült példákkal igazolni, ez további kutatásokat igényel, és egy újabb dokumentum tárgyát képezheti.

A BAT olyan szemlélet, amelyen belül számos egyedi technológia helyet kaphat. Hűtőrendszerek esetében a BAT a hűtendő ipari folyamat követelményeinek, a rendszer tervezésének, üzemeltetésének és a költségeknek az egyensúlyát jelenti. A hangsúly természetesen a technológiaváltás és a javított üzemeltetés révén elérhető megelőzésen van.

A környezetvédelmi kérdések közül ez a munka a vízi környezetbe történő kibocsátások csökkentésére összpontosít. Mivel kevés reprezentatívnak tekinthető adat áll rendelkezésünkre, ez a probléma is további vizsgálatokra szorul. A munkacsoport véleménye szerint a hűtővízhez adott adalékanyagok helyes megválasztása járulhat hozzá jelentősen a káros kibocsátások csökkentéséhez.

A nedves hűtőtornyok által a levegőbe bocsátott anyagok vegyi anyagokat és baktériumokat tartalmazhatnak, de ezekről nagyon kevés adat áll rendelkezésre. Különös figyelmet érdemel a Legionella baktérium, amely az utóbbi időben többször okozott járványt az Unió tagállamaiban.

Végezetül javasoljuk a jelen dokumentum három év múlva történő újraértékelését. (Az anyaggyűjtésre és végül a dokumentum elkészítésére 1997-2000 között került sor.)

## I. MELLÉKLET - TERMODINAMIKAI ALAPELVEK

### I.1. Hőátadás a csőköteges köpenyes hőcserélőben

A hőcserélőben a hőt a melegebb közeg adja át a hidegebb közegnek, és a folyamatot az alábbi egyenlet írja le:

$$Q = \Delta T_m * U * A$$

Q	időegységenként átadott hőmennyiség (W)
$\Delta T_m$	a két közeg közti közepes hőmérsékletkülönbség
U	hőátviteli tényező (W/m <sup>2</sup> K)
A	hőcserélő felülete (m <sup>2</sup> )

A nagy felület elősegíti a hőcserét. Gyakorlati okokból azonban ez a felület csak korlátozott mértékben növelhető, és ilyenkor bordázott csöveket alkalmaznak. Az áramlási ellenállás különböző forrásai szintén korlátot jelentenek a hőcsere számára.

A hőcserélőn keresztuláramló anyag jellegétől függően a hőcserélő felület szennyeződik, ezáltal a hőellenállása nő. Tervezéskor ezért figyelembe vesznék egy szennyeződési tényezőt, amely a hűtendő anyagtól vagy a hűtőközegtől függő, maximális szennyeződés hőellenállásának a reciproka.

#### I.1. táblázat: Szennyeződési tényezők csőköteges köpenyes hőcserélők esetében

Közeg	Szennyeződési tényező (W/m <sup>2</sup> /K)
Folyóvíz	3000 - 12000
Tengervíz	1000 – 3000
Hűtővíz	3000 – 6000
Könnyű szénhidrogén	5000
Nehéz szénhidrogén	2000

### I.2. Hőfoklépcső

A hőcserélőben elengedhetetlen, hogy a hőcserélőből kilépő hűtendő anyag és a hőcserélőbe belépő hűtőközeg hőmérséklete között adott minimális különbség legyen. Ezt a különbséget nevezzük hőfoklépcsőnek. Nedves hűtőtornyok esetében a hőfoklépcső a levegő nedves hőmérséklete és a toronyból kilépő hűtőközeg hőmérséklete közötti különbség. Száraz hűtőtornyok esetében a hőfoklépcső a levegő száraz hőmérséklete és a toronyból kilépő hűtőközeg hőmérséklete közötti különbség.



A hűtőrendszernek egész évben meg kell felelnie a követelményeknek. Magasabb víz- és levegő-hőmérsékletek esetén termelés korlátozással és a hűtőközeg tömegének növelésével teljesíthetők az elvárások.

Az erőművek kondenzátorai esetében hőfoklépcső helyett a véghőfokrás kifejezés használatos, amely a kondenzátum (gőz) és a kondenzátorból kilépő hűtővíz hőmérséklete közötti különbséget jelenti.

### **I.3. A hőcserélő hőtéljesítménye**

A hőcserélő hőtéljesítménye az elvonható hőáram. A hűtőrendszer össztéljesítményét a hőcserélők téljesítményének összegzésével kapjuk:

$$Q_0 = \sum Q_i \text{ (J/s vagy W) ahol } Q_i = \text{ az } i\text{-edik hőcserélő hőtéljesítménye}$$

Fizikai tulajdonságainak köszönhetően a víz kitűnő hűtőközeg (magas fajhő és nagy hővezetési tényező), tehát kis hőcserélő felületet tesz szükségessé. A leghatékonyabb hőátadás a víz párologtatásával érhető el.

### **I.5. A hőátvitel és a hőcserélő felület közötti összefüggés**

#### **I.3. táblázat: Hőátviteli tényezők és becsült felületek 20 K közepes hőmérséklet-különbség esetén, különböző ipari alkalmazásokban**

<b>Meleg közeg</b>	<b>Hőátviteli tényező (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>Becsült felület (m<sup>2</sup>/MW)</b>
Folyadékok		
- szerves oldóanyag	250 – 750	200 – 600
- könnyűolaj	350 – 900	55 – 143
- nehézolaj	60 – 300	166 – 830
- gázok	20 – 300	166 – 2500
Kondenzálódó gőz		
- vízgőz	1000 – 1500	33 – 50
- szerves pára	700 – 1000	50 – 71
- vákuum kondenzátorok (víz)	500 – 700	71 – 100
- szerves anyagok (részleges kondenzáció)	200 500	100 - 250

#### **I.4. táblázat: A hűtési elv hatása a téljesítményre, a hőfoklépcsőre és a hűtőfelületre**

<b>Tulajdonság</b>	<b>Száraz természetes huzatú hűtőtorony</b>	<b>Nedves természetes huzatú hűtőtorony</b>
Téljesítmény	895 MW <sub>th</sub>	1900 MW <sub>th</sub>

Átmérő	145 m	120 m
Hőfoklépcső	20 K	12,6 K
Hőmérséklet (száraz / nedves)	14 / 10 °C	11 / 9 °C
Minimális véghőmérsékletek	34 °C	21,6 °C

## II: MELLÉKLET

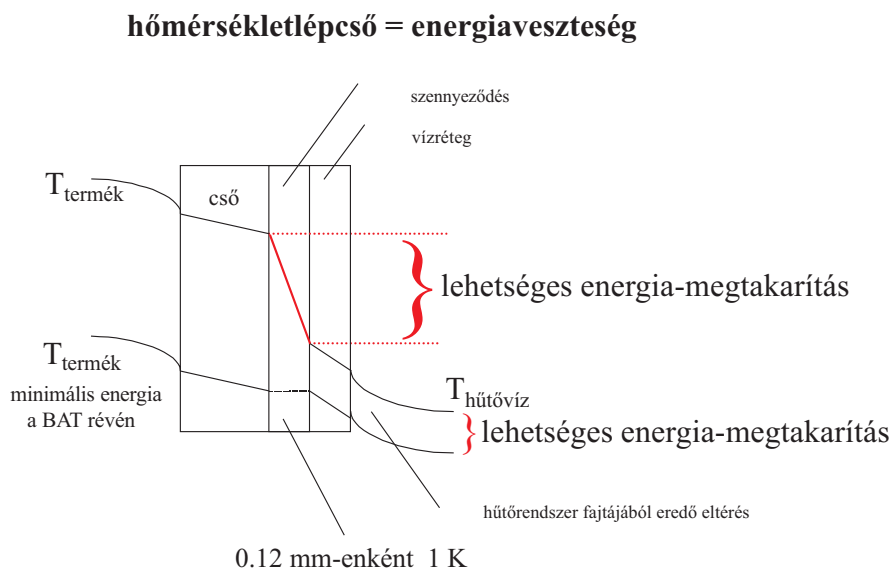
### AZ OPTIMÁLIS HŰTÉS RÉVÉN TÖRTÉNŐ ENERGIA-MEGTAKARÍTÁS ELVE

#### II.1. Tárgy

Ez a melléklet a lehetséges energia-megtakarítás számításának módját mutatja be alacsony hőmérsékleten történő hűtés esetén. Az energiafogyasztás csökkentése inhibitorok alkalmazásával érhető el, amelyek biztosítják, hogy a vízűtők a nyári hónapokban tisztábbak maradjanak.

#### II.2. Megállapítások

- A gyakorlatban a szennyeződés okozta változó hőmérséklet különbségek **1-4 K**.
- A csőfal melletti hidegebb hűtővíz **3½ kW<sub>th</sub> /MW<sub>th</sub> /K** energiamegtakarítást eredményez.
- A hőcserélők szennyeződésének megakadályozásával minden 100 GW<sub>th</sub> hűtőteljesítményre **11 PJ<sub>th</sub> / év / K** megtakarítás esik.
- A hat alapvető hűtőrendszer-típus közötti választás szintén jelentős energiafelhasználási tényező. Az összehasonlításra a 3½ kW<sub>th</sub> /MW<sub>th</sub> /K „dimenziómentes” tényező alkalmazható.
- Egyes inhibitorok alkalmazása jelentős energia-megtakarítást eredményez.
- Az inhibitorok használatával megtakarított energia jelentősen meghaladja az adalékanyagok költségét.



**II.1. ábra: Lehetséges energia-megtakarítás a hőmérsékleti gradiens csökkentésével és hidegebb hűtővíz alkalmazásával**

## II.3. Bevezetés

Áramtermelés esetén mindig szükség van hűtésre. Az alábbi táblázat a hűtésre fordított közvetlen energiafogyasztás éves átlagos értékeit mutatja.

### II.1. táblázat: Tiszta hőcserélők energia igénye

Hűtőrendszer	Energiafogyasztás kWe áramfogyasztás / MW th hűtés tiszta hőcserélőkkel		
	$\Sigma$	Hűtővíz-szivattyú	Ventilátor
Átfolyó hűtővíz	$\approx 10$ ; 5 - 25	5 – 25	n.a.
Recirkuláló hűtővíz nyitott nedves hűtőtoronnyal	$\approx 15$ ; 10 - 25	5 – 20	5 – 10
Zárt recirkulációs rendszer	$\approx 30$ ; 20 - 60	5 – 20	10 - 50

Az energiafogyasztás melegebb hűtővíz és szennyezettebb hűtők alkalmazása esetén növekedik.

## II.4. Számítások

### II.4.1. Alapelvek

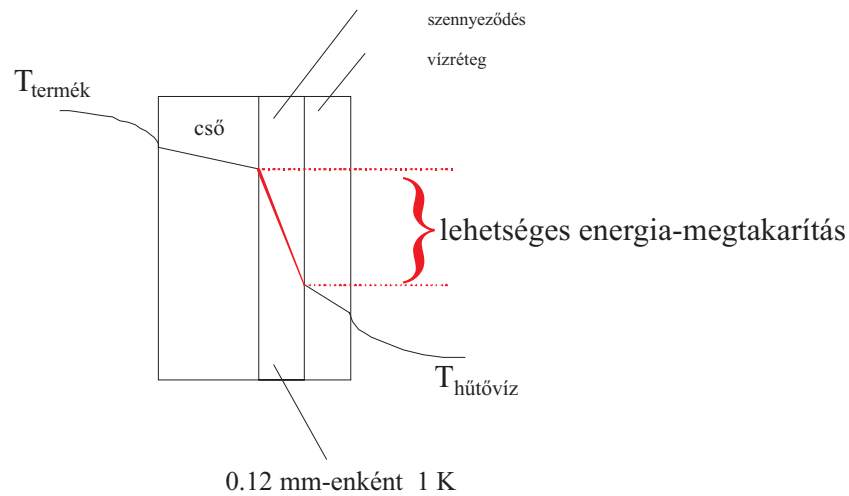
Ipari hűtőlétesítmények	$\Delta T_m = 10 \text{ K}$	(= hajtóerő)
	$\Phi_t = 5 \text{ kW}_{th}m^{-2}$	(= hőáram sűrűség)
következésképpen	$U_{össz} = 0,5 \text{ kW}_{th}m^{-2}K^{-1}$	(= hőátviteli tényező)
Feltételezett lerakódás	$\delta_{piszok} = 0,12 \text{ mm}$	(= változó ellenállás)
	$\lambda_{piszok} = 0,6 \text{ Wm}^{-1}K^{-1}$	(= hővezetési tényező)

A hőátviteli tényezőt a hűtendő termék, a csőfal, a lamináris vízréteg és a változó mértékű

$$\frac{1}{U_{össz}} = \frac{1}{\alpha_{termék}} + \frac{1}{\alpha_{csőfő}} + \frac{1}{\alpha_{víz}} + \frac{1}{\alpha_{piszok}}$$

szennyeződés által meghatározott, sorba kapcsolt hőellenállások eredőjének tekintjük.

szennyeződés = egy további hőmérsékletlépcső



**II.2. ábra: A megnövekedett hőmérséklet-különbségért felelős szennyeződési tényezők grafikus ábrázolása**

Relatív hőátviteli tényező:

$$I = \frac{U_{\text{össz}}}{\alpha_{\text{termék}}} + \frac{U_{\text{össz}}}{\alpha_{\text{csősőf}}} + \frac{U_{\text{össz}}}{\alpha_{\text{víz}}} + \frac{U_{\text{össz}}}{\alpha_{\text{piszok}}}$$

Relatív hőmérséklet különbségek:

$$I = \frac{\Delta T_{\text{termék}}}{\Delta T_m} + \frac{\Delta T_{\text{csősőf}}}{\Delta T_m} + \frac{\Delta T_{\text{víz}}}{\Delta T_m} + \frac{\Delta T_{\text{piszok}}}{\Delta T_m}$$

Együtt:

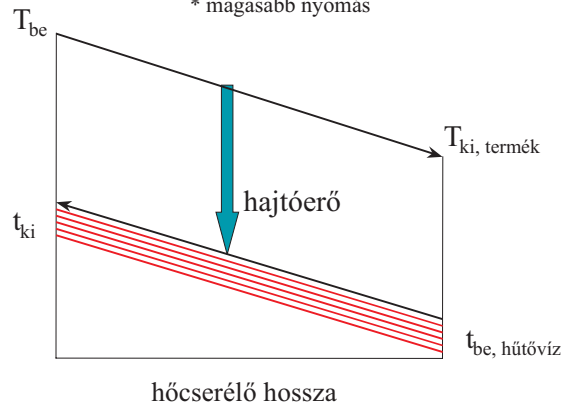
$$\Delta T_{\text{piszok}} = \frac{U_{\text{össz}}}{\alpha_{\text{piszok}}} \cdot \Delta T_m = \frac{U_{\text{össz}}}{\lambda_{\text{piszok}} / \delta_{\text{piszok}}} \cdot \Delta T_m = \frac{0,5}{0,6/0,12} \cdot 10 = 1 \text{ K}$$

Következésképpen

$$\Delta T_{\text{piszok}} = 1 \text{ K}$$

**A szennyeződés kompenzálása**

- \* több hűtővíz
- \* több hűtőlevegő
- \* magasabb termék-hőmérséklet
- \* magasabb nyomás

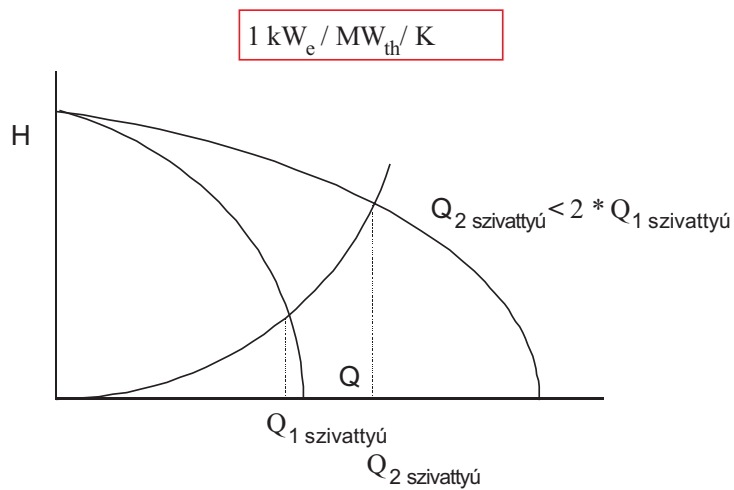


**II.3. ábra: A hajtóerő változása a hőcserélő hossza mentén**

**II.4.2. A hűtővíz mennyisége növekszik**

Most a mikroszennyeződés miatt keletkező további 1 K hőmérséklet különbséget a szivattyúk számának növelésével kompenzálják. A hűtővíz mennyiség növelése a szivattyúzási teljesítményt növeli.

több hűtővíz >> megnövelt szivattyú-teljesítmény



**II.4. ábra: A hűtővízszivattyúk száma és a hűtővíz-áram változása szennyeződés következtében**

Évi négy nyári hónapra vonatkoztatva:

**éves alapon 1 kW<sub>e</sub> /MW<sub>th</sub> per 1 K**

### II.4.3. A hűtőlevegő mennyisége növelése

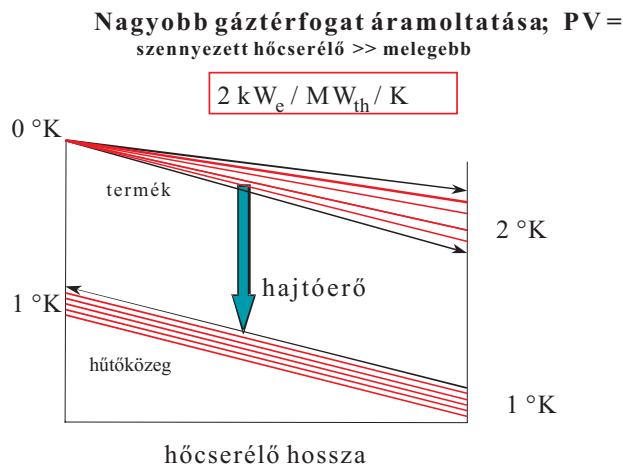
Ugyanarról a hűtőtoronyról van szó, de most a ventilátorok teljesítményének növelésével a hűtőlevegő mennyiségét növeljük.

Évi négy nyári hónapra vonatkoztatva:

**éves alapon  $1 \text{ kW}_e / \text{MW}_{th}$  per 1 K**

**Következtetés: akár a hűtőlevegő mennyiségét, akár hűtővíz áramát növeljük, éves szinten a szükséges többletenergia mennyisége ugyanakkora**

### II.4.4. A termék (gáz) hőmérséklete és ezzel együtt a térfogata növekszik



### II.5. ábra: A hőmérséklet különbség szennyeződés miatti változása a hőcserélőben

A további 1 K hőmérséklet különbséget most a hűtendő termék véghőmérsékletének 2 °C fokkal történő növelésével kompenzáljuk.

Évi négy nyári hónapra vonatkoztatva:

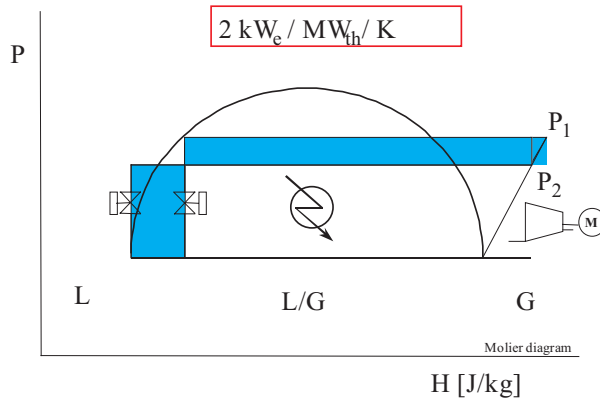
**éves alapon  $2 \text{ kW}_e / \text{MW}_{th}$  per 1 K**

**Következtetés: a térfogat változtatása drágább, mint a tömeg szállítása**

### II.4.5. A termék nyomása növekszik illetve a hűtőkompresszor fogyasztása növekszik

A hőt most a termék lecsapatásával vonjuk el.

megnövekedett telítési hőmérséklet = a hűtendő anyag magasabb nyomása



**II.6. ábra: A folyamat nyomásának növekedése a szennyeződés okozta hőmérséklet-növekedés kompenzálására**

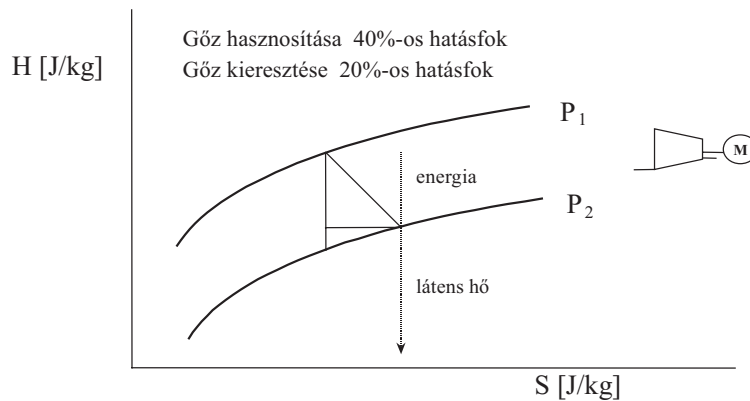
Évi négy nyári hónapra vonatkoztatva

**éves alapon  $2 \text{ kW}_e / \text{MW}_{th}$  per 1 K**

**Következtetés: a hűtőgépes hűtés kétszer olyan drága, mint a hő leadás.**

## II.5. Összenergia-megtakarítás hidegebb hűtővíz határretegekkel

### II.5.1. Az energiafejlesztés hatékonysága növekszik



**II.7. ábra: Energiafejlesztés szivattyúk, ventilátorok és kompresszorok számára**

A primer energia igény átlagos növekedése 1 K hőmérséklet különbségre vonatkoztatva:

**$3,5 \text{ kW}_{th} / \text{MW}_{th} / \text{K}$**



## II.6. Példák a relatív energia-megtakarítás számítására és a környezeti hatások csökkentésére inhibitorok alkalmazásával

### II.6.1. Az oxidáció hatása

A következőkben oxidánsokon (pl. nátrium hipoklorit) alapuló inhibitorok alkalmazására mutatunk be példát.

Feltételezés:

Elektrolit	2,2 kW <sub>ó</sub> /kg klór ekvivalens
Termelés hatásfoka	0,7 W <sub>e</sub> /W <sub>e</sub>
Termikus hatásfok	0,4 W <sub>e</sub> /W <sub>th</sub>
Koncentráció	15 %
Hűtőrendszer: lerakódás vastagsága	0,5 mm (nyár, nincs inhibitor)
Hőmérséklet esés a határrétegben	4 K
Átlagos megtakarítási arány	3,5 kW <sub>th</sub> /MW <sub>th</sub> /K
Inhibitor használat: befolyásnál	1,0 mg/l sztöhiometrikus oxidáció
kifolyásnál	0,1 mg/l aktív klór
	4 óránkénti 4 órás szakaszos klórozás
	az adagolt klór 1%-a halogénezett melléktermékké alakul, ami egyenértékben 3% brómozott szénhidrogénnek felel meg.

#### II.6.1.1. Átfolyó hűtőrendszer

Hipoklorit felhasználás: 300 kg Cl/MW<sub>th</sub>

Hipoklorit ára: 114 EUR/tonna

*Az energia-megtakarítás hányadosa, vagyis a megtakarított energia és az inhibitor primer energiataralmának aránya = 52*

*Környezetvédelmi tömegarány, vagyis a széndioxid kibocsátás csökkenés és az oxidálószer által létrehozott káros közbűlő termékek aránya = 3000\*CO<sub>2</sub>/C-X*

### II.6.1.2. Nyitott recirkulációs rendszer

Energia-megtakarítás hányadosa =

Víz térfogat (csövek+medence):	50 m <sup>3</sup> /MW <sub>th</sub>
Adagolás (3 mg/ m <sup>3</sup> )	1,0 l/óra
Hipoklorit költség	160 EUR/tonna

Az energia-megtakarítás hányadosa, vagyis a megtakarított energia és az inhibitor primer energiartalmának aránya =285

Környezetvédelmi tömegarány, vagyis a széndioxid kibocsátás csökkenés és az oxidálószer által létrehozott káros közbűlső termékek aránya = 16000\*CO<sub>2</sub>/C-X

## II.7. Példák a relatív energia-megtakarítás számítására hidegebb hűtővíz esetén

### II.7.1. Parti vizek vagy hűtőtornyok

Hűtővíz-szivattyú energiafogyasztása

(primer energiában kifejezve) **12,5 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> hűtés**

A hűtővíz átlagosan 5 °C-kal melegebb **17,5 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> hűtés**

Az energiafogyasztás különbsége összesen **30,0 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> hűtés**

### II.7.2. Folyóvízzel való hűtés és hűtőtorny összehasonlítása

Az energiafogyasztás különbsége összesen **16 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> hűtés**

### II.7.3. Talajvíz vagy hűtőtornyok

Az energiafogyasztás különbsége összesen **42 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> hűtés**

## II.8. Környezeti hatások

### II.3. táblázat: Energia-megtakarítási hányadosok átfolyó és keringtető rendszerekben

Hűtőrendszer fajtája	Energia-megtakarítás hányadosa	Pénzügyi megtakarítási hányados	Tömeghányados
----------------------	--------------------------------	---------------------------------	---------------

	$J_{\text{kimenő}} / J_{\text{bemenő}}$	$\text{EURO}_{\text{kimenő}} / \text{EURO}_{\text{bemenő}}$	környezet $\text{CO}_2 / \text{C-X}$
Átfolyó	52	5	3000
Nyitott keringtető	285	20	16000

**II.4. táblázat: Energia-megtakarítás hidegebb hűtővíz használatával**

Rendszerek összehasonlítása	$\text{kW}_e \text{ per MW}_{th}$	Megjegyzés
Parti vizek ↔ hűtőtorony	30	földrajzi helytől függ
Folyóvíz ↔ hűtőtorony	16	helyi hőterhelés
Talajvíz ↔ hűtőtorony	42	korlátozott készlet

### III. MELLÉKLET

## CSŐKÖTEGES KÖPENYES HŐCSERÉLŐK AZ IPARI ÁTFOLYÓ HŰTŐRENDSZEREKBE ÉS A SZIVÁRGÁS ELŐFORDULÁSA

A csőköteges köpenyes hőcserezők előnyei és hátrányai:

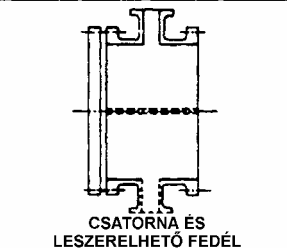
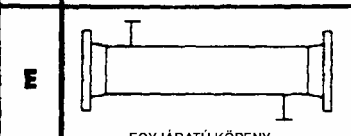
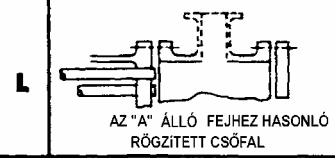
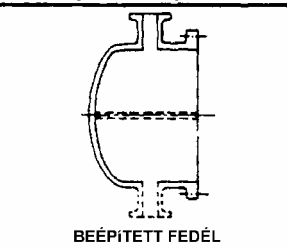
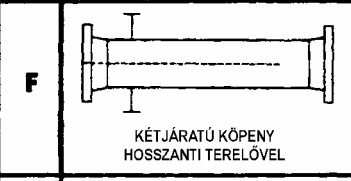
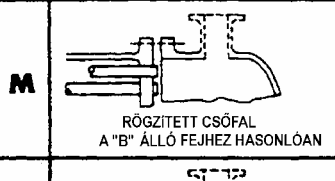
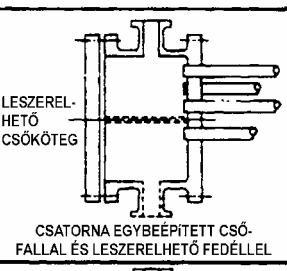
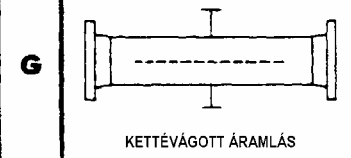

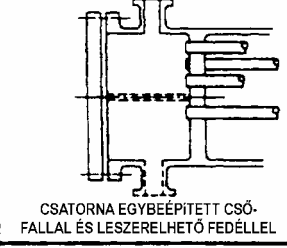
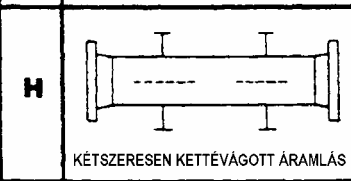
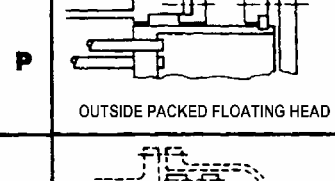
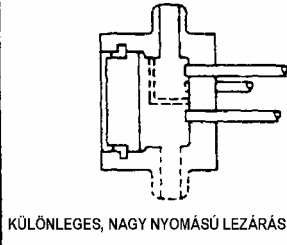
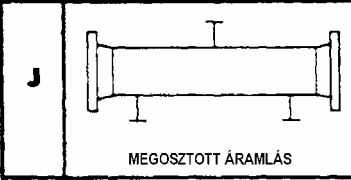
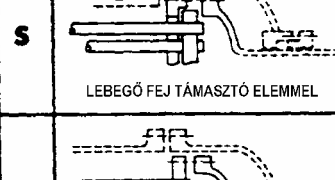
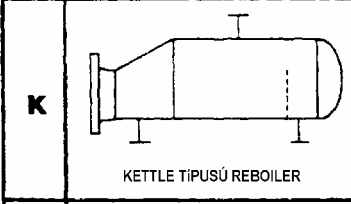
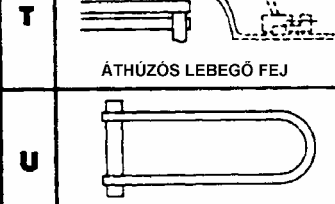
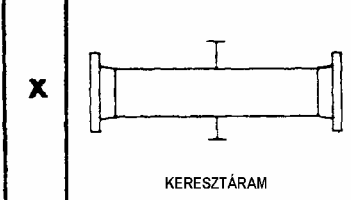
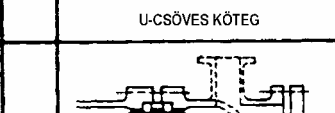

*Előnyök:*

- minden alkalmazásra megfelel
- sokféle anyagból gyártható
- sokféle teljesítmény
- biztonságos konstrukció
- jó hőtani és mechanikai tulajdonságok

*Hátrányok*

- hőcserező felületre számítva viszonylag drága
- hőátadásra nem optimális
- tisztítása nehéz

### III.1. Csőköteges köpenyes hőcserélők az átfolyó rendszerekben

	HOMLOKVÉGI HŐCSERÉLŐFEJ-TÍPUSOK		KÖPENYTÍPUSOK		HÁTSÓ VÉGI HŐCSERÉLŐFEJ TÍPUSOK
<b>A</b>	 CSATORNA ÉS LESZERELHETŐ FEDÉL	<b>E</b>	 EGYJÁRATÚ KÖPENY	<b>L</b>	 AZ "A" ÁLLÓ FEJHEZ HASONLÓ RÖGZÍTETT CSÓFAL
<b>B</b>	 BÉÉPÍTETT FEDÉL	<b>F</b>	 KÉTJÁRATÚ KÖPENY HOSSZANTI TERELŐVEL	<b>M</b>	 RÖGZÍTETT CSÓFAL A "B" ÁLLÓ FEJHEZ HASONLÓAN
<b>C</b>	 LESZERELHETŐ CSŐKÖTEG CSATORNA EGYBÉÉPÍTETT CSÓFALLAL ÉS LESZERELHETŐ FEDÉLLEL	<b>G</b>	 KETTÉVÁGOTT ÁRAMLÁS	<b>N</b>	 RÖGZÍTETT CSÓFAL AZ "N" ÁLLÓ FEJHEZ HASONLÓAN
<b>N</b>	 CSATORNA EGYBÉÉPÍTETT CSÓFALLAL ÉS LESZERELHETŐ FEDÉLLEL	<b>H</b>	 KÉTSZERESEN KETTÉVÁGOTT ÁRAMLÁS	<b>P</b>	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
<b>D</b>	 KÜLÖNLEGES, NAGY NYOMÁSÚ LEZÁRÁS	<b>J</b>	 MEGOSZTOTT ÁRAMLÁS	<b>S</b>	 LEBEGŐ FEJ TÁMASZTÓ ELEMMEL
		<b>K</b>	 KETTLE TÍPUSÚ REBOILER	<b>T</b>	 ÁTHÚZÓS LEBEGŐ FEJ
		<b>X</b>	 KERESZTÁRAM	<b>U</b>	 U-CSÖVES KÖTEG
				<b>W</b>	 KIVÜL TÖMITETT LEBEGŐ FEJ

III.2. ábra: Hőcserélők nomenklatúrája

### III.2. Szivárgás csőköteges köpenyes hőcserélők esetében

Szivárgást – és ezzel együtt a hűtővíz szennyeződését – leggyakrabban a cső – csőköteggel kapcsolódásánál, magán a csövön, és a kétféle közeget elválasztó karimás csatlakozásban (úszófejes hőcserélő) keletkező repedések okoznak.

Szivárgás elsősorban az alábbiak miatt fordulhat elő:

- rossz tervezés (az esetek mintegy 30%-a)
- hibás gyártás
- a típusnak nem megfelelő üzemeltetés (50-60%)
- felügyelet és karbantartás hiánya

### **III.3. Alternatívák**

A szivárgás előfordulása a következő változtatásokkal csökkenthető:

*Szerkezeti anyag megválasztása*

Szénacél helyett pl. alumínium-sárgaréz réznikkel és titán

*Más típusú hőcserélő alkalmazása*

*Cső – csőkötegfal csatlakozása*

A csövek hegesztése esetén kisebb a szivárgás valószínűsége, mint azok behengerelése esetén. A hegesztés kétféle lehet: tömítővarrat (egy réteg) vagy teherhordó varrat (általában két réteg).

*Tömítési mód*

Például a szokásos tömítés helyett az úszófejnél tömítő varrat is szóba jöhet.

## IV. MELLÉKLET

## PÉLDA A HŰTŐRENDSZER ANYAGÁNAK KIVÁLASZTÁSÁRA

*Hőcserélők anyagának kiválasztása*

A végső döntést az alábbi tényezők figyelembe vételével kell meghozni:

- Hűtővíz összetétele és korróziókeltő hatása
- Működtetés módja (átfolyó vagy keringtető rendszer)
- Hűtendő anyag jellege
- Hűtő típusa
- Élettartam (gazdaságilag elfogadható legyen)
- Költségek

A gazdaságilag elfogadható élettartam alatt sok hőcserélő mégis szivárogni kezd: Ennek főbb okai:

- a csövekben túl nagy vagy túl alacsony az áramlási sebesség, a köpenyben nem megfelelő áramlás
- helytelen vízkezelés
- fém hőmérséklete túl magas (60 °C fölött) a hűtővíz felőli oldalon

**IV.1. táblázat: A hűtővíz áramlási sebessége és az alkalmazott anyagok**

Anyag	Sebesség (m/s)
Alumíniumbronz	1,0 – 2,1
Réz-nikkel (90-10)	1,0 – 2,5
Réz-nikkel (70-30)	1,0 – 3,0
Szénacél	1,0 – 1,8
Ausztenites rozsdamentes acél (316)	2,0 – 4,5
Titán	2,0 – 5,0

*Szivattyúk anyagának kiválasztása*

Ez kevésbé kritikus kérdés, egyrészt ugyanis szivattyúból általában kettőt alkalmaznak (tartalék), másrészt a szivattyúk fala többnyire vastagabb a szigorúan szükségesnél.

*Hűtővíz-vezeték csövek anyagának kiválasztása*

Általában szénacélt használnak. Előfordulhat még műanyag, szerves bevonattal készült szénacél, esetleg jó minőségű ötvözetek, pl. rozsdamentes acél, monel és egyéb nikkelötvözetek.

**IV.2. Közvetlen átfolyó rendszerek (brakkvízzel)**

Szivattyúk

**IV.2. táblázat: Szivattyúk anyaga brakkvíz használata esetén**

Ház	Lapát	Hajtótengely	Megjegyzés
Gömbgrafitos öntöttvas	Ónbronz	316	Szürke öntvény, esetleg öntött acél használata is lehetséges
Alumíniumbronz	Rozsdamentes acél 316	Monel	Ausztenites rozsdamentes acél (Cr-Ni-Mo 18-8-2)
Alumíniumbronz	Alumíniumbronz	Monel	
Bronz	Alumíniumbronz	Monel	
Bronz	Rozsdamentes acél 316	Monel	

Csövek

Általában szénacélt használnak, esetleg szerves bevonattal. A szerkezet gyenge pontja a hegesztés. Ma egyre gyakrabban alkalmaznak, különösen föld alatt, talajvízhez, üvegerősítésű epoxigyanta csöveket is.

Hőcserélők / hűtők

Amennyiben a hűtendő anyag nem korrózív, és a szennyeződés veszélye (pl. rézionokkal) nem jelentős, az anyagról a hűtővíz minőségétől függően kell dönteni.

**IV.3. táblázat: Csőköteges köpenyes hőcserélők tengervíz esetén alkalmazott anyagai**

Köpeny	Víz köpeny	Csövek	Csőkötegfal
Szénacél	Szénacél	Szénacél	Szénacél
Szénacél	Szénacél	Alumíniumbronz	Szénacél
Szénacél	Szénacél	Alumíniumbronz	Alumíniumbronz
Szénacél	Szénacél	Alumíniumbronz és/vagy réznikkel	Szénacél alumíniumbronz



			bevonattal
Szénacél	Ónbronzz	Rozsdamentes acél	Szénacél
Szénacél	Szénacél	Titán	Szénacél

A csövek anyagára sokszor a titán bizonyul a legjobb választásnak a következők miatt:

- Rendkívül vékony falú csövek alkalmazhatók, tehát az anyagszükséglet alacsony
- Hővezető-képessége kiváló
- Roncsértéke magas, jól hasznosítható újra
- Élettartama hosszú

### **IV.3. Közvetett átfolyó rendszerek (tengervíz – tiszta víz)**

#### Anyagválasztás

Az egyik körben tengervíz áramlik. A használható anyagokat l. az előző pontban. (Közülük leginkább a titán javasolható.

A másik körben víz kering. Ennek oxigénmentessé tétele segít a korrózió megelőzésében, tehát a tiszta víz jó hűtőközeg lehet. A magas klórtartalmú tiszta csapvíz helyettesítheti a tiszta vizet. Az ilyen – minimális mértékben korróziókeltő – víz használata esetén a rendszer minden része készülhet szénacélból.

### **IV.4. Nyitott recirkulációs hűtőrendszerek**

#### **IV.4.1. Édesvíz alkalmazása nyitott nedves hűtőtornyokban**

A cél a víz olyan módon történő kezelése (inhibitorok, pH-érték szabályozása), hogy a szénacél a rendszer minden részében alkalmazható legyen. Kritikus rendszerekben, a nagyobb biztonság kedvéért a csövek gyakran alumíniumbronzból készülnek. Ha a hűtendő anyag korrózió, ausztenites acél vagy egyéb jó minőségű ötvözet használata válhat szükségessé.

## V. MELLÉKLET

### HŰTŐVIZES RENDSZEREK KEZELÉSÉRE ALKALMAZOTT VEGYI ANYAGOK

#### V.I. Korróziógátlók

##### V.1.1. Korrózió

A korrózió a fém roncsolódása, amit az idéz elő, hogy a és a környezetével kémiai vagy elektrokémiai reakcióba lép.

A korróziót előidézheti vagy gyorsíthatja az oxigén jelenléte, a sótartalom, a lerakódások és a túlságosan alacsony pH-érték. Korróziót kelthet továbbá az élő szervezetek okozta szennyeződés (mikrobiológiai korrózió) és a savtermelő baktériumok jelenléte.

##### V.1.2. Alkalmazott korróziógátlók

A korróziógátlókat a következők szerint csoportosíthatjuk:

- a korrodálódott anyagot eltávolítók
- passziváló (anódos) gátlók: védő oxidréteget képeznek a fém felületén
- kicsapató (katódos) gátlók: oldhatatlan csapadékot képeznek, amely bevonja a felületet
- adszorbeáló gátlók: poláros, a fém felületén adszorbeálódó anyagok

**Átfolyó rendszerekben** többnyire polifoszfátokat és cinket alkalmaznak, korlátozott mértékben szilikátokat és molibdátokat.

**Nyitott recirkulációs rendszerekben** elsősorban foszfátokat alkalmaznak, szükség esetén cinkkel kiegészítve.

A **zárt rendszerekben** elméletileg nem lenne szükség korróziógátlásra. A gyakorlatban mégis korrodálódnak ezek a rendszerek is (szivárgás, hosszú tartózkodási idő stb. miatt). Zárt rendszerekben a legmegbízhatóbb korróziógátlók a kromátok, molibdátok és nitritek.

#### V.2. Vízkövesedés-gátlók

##### V.2.1. Vízkő

Ha a hőcserélőn átfolyó vízben levő sókoncentráció meghaladja az oldhatóságot, csapadék képződik, amelyet vízkőnek nevezünk. Ennek fő alkotórészei a kalcium-karbonát és a kalcium-foszfát, de a víz összetételétől függően kalcium-szulfát, szilikátok, cink és magnézium is kicsapódhat. A vízkövesedés rontja a hőcserélő teljesítményét, mert a kalcium-karbonát rossz hővezető. A vízkőképződés elsősorban az alkalitástól, a hőmérséklettől és víz pH-értékétől függ.

## V.2.2. A vízkő lerakódás megakadályozása

**Zárt keringtető rendszerben** csak akkor van rá szükség, ha gyakran kell pótvizet adni a rendszerhez, vagy ha a pótvíz nagyon kemény.

**Nyitott recirkulációs rendszerben** elsősorban a párolgás idézi elő a sókoncentráció növekedését. A gyakorlatban a vízkövesedést a pH-érték beállításával, sav (kénsav és sósav) adagolásával, valamint a vízkő lerakódását gátló anyagok alkalmazásával előzik meg. Ezek közül legfontosabbak a polifoszfátok, foszfonátok, poliakrilátok, kopolimerek és terpolimerek.

## V.3. Szennyeződésgátlók (diszperzánsook)

### V.3.1. Szennyeződés

Szennyeződés akkor keletkezik, ha a vízben lebegő, oldhatatlan szerves részecskék lerakódnak a rendszer felszínén. Szennyezőanyag lehet a homok, iszap, vasoxid vagy egyéb korrózióból származó vegyület. A szennyezőanyagok a levegővel, vízzel vagy a hűtendő anyag szivárgása révén kerülhetnek a rendszerbe.

A diszperzánsook olyan polimerek, amelyek a hőcserélő felületétől távol tartják a lerakódó (szerves) részecskéket azáltal, hogy abszorbeálóva megnövelik azok elektromos töltését, és ezáltal a részecskék – mivel taszítják egymást – a vízben lebegve maradnak.

### V.3.2. Alkalmazott szennyeződésgátlók

A leghatékonyabb diszperzánsook az alacsony molekulású anionos polimerek (szulfonátok, fenolátok, foszfonátok stb.)

## V.4. Biocidok

Élő szervezeteknek a rendszerbe kerülése bioszennyeződést okozhat. Ennek két típusát különböztetjük meg: a mikro- és makroszennyeződést (magyarázatotuk I. a szószerdetben).

A bioszennyeződés rontja a hőcserélők teljesítményét, és korróziót idézhet elő, továbbá az emberi egészségre is ártalmas lehet.

### V.1. tábla Bioszennyeződést okozó szervezetek, a szennyezettség mértéke (+ gyenge, ++ még elfogadható, +++ súlyos) és alkalmazott eljárások

Ország	Hűtővíz, szennyeződés és vízkövesedés		Főbb eljárások
	Tengervíz	Édesvíz	
Belgium	Hydrozoa +	Iszap ++	Édesvíz esetén: vízsűrítés,

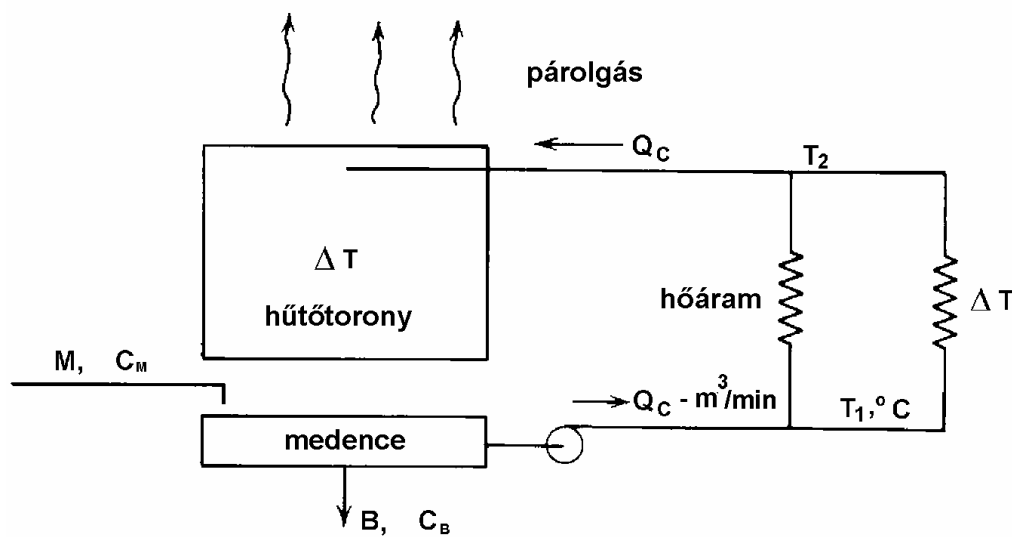
	Iszap ++	Zebrakagyló + Ázsiakagyló + Bryozoa ++ Haslábúak ++ Hűtőtornyokban vízkő ++	törmelék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, nem folyamatos klórozás
Franciaország	Nincs jelentős szennyeződés (torkolatokban a sótartalom változó)	Zebrakagyló ++ Bryozoa ++ Algák ++ Haslábúak ++ Ázsiakagyló + Hűtőtornyokban vízkő ++	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, sokszerű klórozás évi 1-2 alkalommal
Németország		Zebrakagyló + Iszap ++ Hűtőtornyokban vízkő ++	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, nem folyamatos klórozás, ózon alkalmazása
Írország	Kagylók ++ Iszap ++ Halak +++	Zebrakagyló	
Olaszország	Tengeri hínár + Törmelék +	Zebrakagyló Iszap ++ Lebegő növények, levelek +	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, időszakos klórozás
Hollandia	Kagylók ++ Iszap + Halak +	Zebrakagyló + Iszap ++ Halak ++	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, hőkezelés, folyamatos és nem folyamatos klórozás
Norvégia		Vízerőmű: egyetlen probléma a halak vándorlása	
Portugália		Ázsiakagyló +	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal
Spanyolország		Iszap ++ Hűtőtornyokban:	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, alacsony

		vízke ++	szintű és sokszerű klórozás
Egyesült Királyság	Kacsakagyló + Kagylók ++ Iszap ++ Halak +++ Hínár ++ Medúza +	Iszap ++ Hűtőtornyokban: vízke ++	Édesvíz esetén: vízsűrés, hulladék kiszűrése, kondenzátorok tisztítása szivaccsal, folyamatos klórozás

(a bioszennyeződés megakadályozására alkalmazott biocidok és felhasználásuk részletes ismertetését l. a 3. fejezetben)

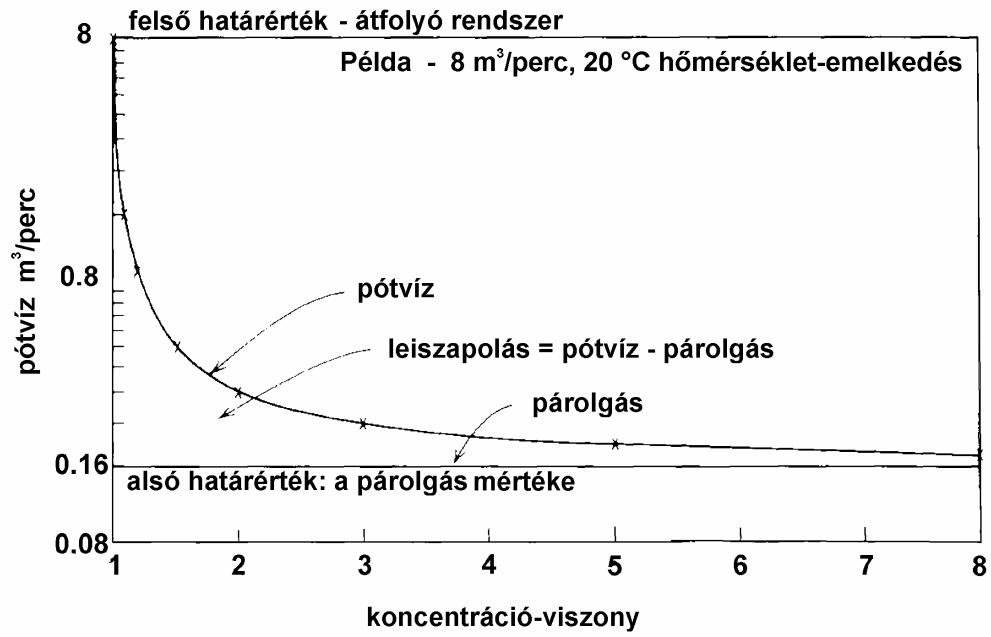
### V.5. Koncentrációs tényező és vízegyensúly

Nyitott evaporatív hűtőtornyokban az adalékanyagok alkalmazása a víz egyensúlyával és a koncentrációs tényezővel van kapcsolatban. A leiszapolás fontos eszköz a szilárd anyagok egyensúlyának megteremtésére, és szerepet játszik a hűtőrendszer működésének optimalizálásában és a vízkezelésben.



V.1. ábra: A víz és az oldott anyagok egyensúlya evaporatív hűtőrendszerben

Az egyensúlyt a rendszer leiszapolása és a pótvíz hozzáadása biztosítja.



V.2. ábra: Pótvíz mennyiség csökkentése evaporatív hűtőrendszerben a koncentráció arány növelésével

## VI. MELLÉKLET

## PÉLDA A TAGÁLLAMI TÖRVÉNYHOZÁSRA

**Az 1994. január 31-i általános rendelet a szennyvíz-kibocsátással kapcsolatos minimális követelményekről (31. melléklet: vízkezelés, hűtőrendszerek, gőzfejlesztés)**

A rendelet olyan szennyvizekre vonatkozik, amelyekben a szennyező anyagok elsődlegesen az ipari hűtőrendszerekben alkalmazott vízkezelésből származnak.

Általános követelmények: a szennyvíz – a foszfonátok és polikarboxilátok kivételével – nem tartalmazhat biológiai úton le nem bomló szerves reagenseket. A szennyvíz különösen nem tartalmazhat króm- vagy higanyvegyületeket, nitriteket, szerves fémvegyületeket vagy merkaptotiazolt.

Hűtőrendszerekből származó szennyvízzel kapcsolatos számszerű követelmények:

**Átfolyó vagy nyitott hűtőrendszer:**

	Véletlenszerű mintavételezés (mg/l)
Klór-dioxid, klór és bróm	0,2
Adszorbeálható szerves halogének	0,15

**Erőművek primer körének vagy recirkulációs rendszerek leiszapolásából származó szennyvíz:**

	Véletlenszerű mintavételezés (mg/l)
Kémiai oxigénigény (COD)	30
Foszforvegyületek	1,5

*Mikrobaölő anyaggal történt sokk-kezelést követően:*

	Véletlenszerű mintavételezés (mg/l)
Adszorbeálható szerves halogének	0,15
Klór-dioxid, klór és bróm	0,3

**Egyéb hűtőrendszerek leiszapolásából származó szennyvíz:**

	Véletlenszerű mintavételezés (mg/l)
Kémiai oxigénigény (COD)	40
Foszforvegyületek	3
Cink	4
Adszorbeálható szerves vegyületek	0,15

---

*Mikrobaölő anyaggal történt sokk-kezelést követően:*

	Véletlenszerű mintavételezés (mg/l)
Klór-dioxid, klór és bróm	0,3
Adszorbeálható szerves halogének	0,15

---



## VII. MELLÉKLET

BIZTONSÁGI KONCEPCIÓ PÉLDÁJA NYITOTT NEDVES  
HŰTŐRENDSZEREK ESETÉBEN

A veszélyes anyagokról szóló európai törvények alapján összeállított R-mondatok (ezeket lásd később) segítségével meghatározható, hogy valamely anyag milyen mértékben képes hosszú távú káros változásokat előidézni vagy veszélyt jelenteni a vízi környezet számára. Az alábbi táblázatból látható, hogy a vízi környezet, az emberi egészség és a talaj védelmével kapcsolatos R-mondatok mindegyike bizonyos pontszámot kapott. A kérdéses anyagra vonatkoztatható R-mondatok pontszámainak összeadásával kapjuk meg az összpontszámot, amely azután meghatározza a szükséges biztonsági intézkedést.

## VII.1. táblázat: R-mondatok pontértéke a hűtendő anyag összpontszámának kiszámításához

Pontszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ökotoxicitás és Lebomlás / bioakkumuláció				52/53		51/53		50/53	
Ökotoxicitás és/vagy Lebomlás / bioakkumuláció n.a.				* 3)		* 2)		*1)	
Ökotoxicitás			52			50			
Ökotoxicitás n.a.						*			
Lebomlás / bioakkumuláció			53						
Lebomlás és/vagy bioakkumuláció n.a.			*						
Akut toxicitás emlősök esetében (elsősorban orális)	22 20/22 21/22 20/21/22 21 20/21 65		25 23/25 24/25 23/24/25 24 23/23		28 26/28 27/28 26/27/28 27 26/27				
Akut toxicitás emlősök esetében n.a.					*				
Rák és/vagy mutációs elváltozások		40							45 és/vagy 46
Visszafordíthatatlan hatás		40/21 40/22		39 39/24		39/27 39/28			

		40/20/22 40/21/22 40/20/21/22		39/25 39/23/25 39/24/25 39/23/24/25		39/26/28 39/27/28 39/26/27/28			
Visszatérő veszélyeztetettség		33 48 48/21 48/22 48/20/22 48/21/22 48/20/21/22		48/24 48/25 48/23/25 48/24/25 48/23/24/25					
Szaporodási toxicitás		62 és/vagy 63		60 és/vagy 61					
Veszélyes reakció a vízzel			29 15/29						

**Megjegyzések:**

n.a. nem vizsgálták vagy nem ismert

\* pontszám, ha az ökototoxicitást, lebomlás / bioakkumulációt és/vagy akut toxicitást nem vizsgálták vagy nem ismert

1) ökototoxicitás és lebomlás és/vagy bioakkumuláció n.a. vagy ökototoxicitás n.a. és a könnyű lebomlás nem bizonyított vagy

ökototoxicitás n.a. és bioakkumuláció lehetséges vagy az R 50 osztályba sorolták és lebomlás és/vagy bioakkumuláció n.a

2) ökototoxicitás > 1 és ≤ 10 mg/l és lebomlás és/vagy bioakkumuláció n.a

3) ökototoxicitás > 10 és ≤ 100 mg/l és lebomlás n.a

4) R-mondatokat l. a következő táblázatban

**VII.2. táblázat: Az R-mondatok**

R 20/21	Káros belélegzés és bőrrel való érintkezés esetén
R 20/21/22	Káros belélegzés, bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 20/22	Káros belélegzés és lenyelés esetén
R 21	Káros bőrrel való érintkezés esetén
R 21/22	Káros bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 22	Káros lenyelés esetén

R 23/24	Toxikus belélegzés és bőrrel való érintkezés esetén
R 23/24/25	Toxikus belélegzés, bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 23/25	Toxikus belélegzés és lenyelés esetén
R 24	Toxikus bőrrel való érintkezés esetén
R 24/25	Toxikus bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 25	Toxikus lenyelés esetén
R 26/27	Erősen toxikus belélegzés és bőrrel való érintkezés esetén
R 26/27/28	Erősen toxikus belélegzés, bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 26/28	Erősen toxikus belélegzés és lenyelés esetén
R 27	Erősen toxikus bőrrel való érintkezés esetén
R 27/28	Erősen toxikus bőrrel való érintkezés és lenyelés esetén
R 28	Erősen toxikus lenyelés esetén
R 29	Vízzel való érintkezés toxikus gázokat szabadít föl
R 33	Kumulatív hatások veszélye
R 39	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye
R 39/24	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye bőrrel érintkezve
R 39/25	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye lenyelve
R 39/23/25	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye belélegezve és lenyelve
R 39/23/25	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye bőrrel érintkezve és lenyelve
R 39/23/24/25	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye belélegezve, bőrrel érintkezve és lenyelve
R 39/27	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye bőrrel érintkezve
R 39/28	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye lenyelve
R 39/26/28	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye belélegezve és lenyelve
R 39/27/28	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye bőrrel érintkezve és lenyelve
R 39/26/27/28	Nagyon súlyos visszafordíthatatlan hatások veszélye belélegezve, bőrrel érintkezve és lenyelve

R 40	Visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye
R 40/21	Káros: visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye bőrrel érintkezve
R 40/22	Káros: visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye lenyelve
R 40/20/22	Káros: visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye belélegezve és lenyelve
R 40/21/22	Káros: visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye bőrrel érintkezve és lenyelve
R 40/20/21/22	Káros: visszafordíthatatlan hatások esetleges veszélye belélegezve, bőrrel érintkezve és lenyelve
R 44	Robbanásveszély zárt helyen melegítés esetén
R 45	Rákkeltő
R 48	Súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon
R 48/21	Káros: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon bőrrel érintkezve
R 48/22	Káros: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon lenyelve
R 48/20/22	Káros: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon belélegezve és lenyelve
R 48/21/22	Káros: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon bőrrel érintkezve és lenyelve
R 48/20/21/22	Káros: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon belélegezve, bőrrel érintkezve és lenyelve
R 48/24	Toxikus: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon bőrrel érintkezve
R 48/25	Toxikus: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon lenyelve
R 48/23/25	Toxikus: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon belélegezve és lenyelve
R 48/24/25	Toxikus: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon bőrrel érintkezve és lenyelve
R 48/23/24/25	Toxikus: súlyos egészségkárosodás veszélye hosszú távon belélegezve, bőrrel érintkezve és lenyelve
R 50	Erősen toxikus a vízi élőlényekre
R 51	Toxikus vízi élőlényekre
R 52	Káros a vízi élőlényekre
R 53	Hosszú távú káros hatásai lehetnek a vízi környezetre

R 60	Károsíthatja a termékenységet
R 61	Károsíthatja a magzatot
R 62	Termékenység károsodásának lehetséges veszélye
R 63	Magzat károsodásának lehetséges veszélye
R 65	Lenyelve a tüdőt károsíthatja
R 15/29	Vízzel érintkezve toxikus, erősen gyúlékony gázok szabadulnak fel

## VIII. MELLÉKLET

### PÉLDÁK A HŰTŐVÍZ ADALÉKANYAGAINAK ÉRTÉKELÉSÉRE

#### VIII.1. Viszonyítási eljárás a hűtővíz adalékanyagainak értékelésére

A munkacsoport egy ún. alapszint-eljárást dolgozott ki, amelynek segítségével a tagállamok a lehetséges környezeti hatások alapján hasonlíthatják össze az egyes vegyi anyagokat. Ennek a kockázati alapú viszonyítási eszköznek a főbb elemeire már a közösségi jogi anyagok is utalnak.

##### VIII.1.1.1. Törvényi háttér

Itt elsősorban az IPPC irányelvet kell megemlítenünk (ezen belül az információcseréről szóló 16.2. cikket), és a Bizottságnak egy olyan eszköz kidolgozására vonatkozó kezdeményezését, amely segítené és irányítaná a tagállamokat a kibocsátási határértékek megállapításában.

##### VIII.1.1.2. A vízről szóló keretirányelv

Az irányelv módszereket és eljárásokat határoz meg, amelyek segítségével a Bizottság osztályozhatja a veszélyes anyagokat, és javaslatokat terjeszthet be a kibocsátás szabályozására és a környezetvédelmi minőségi szabványok elfogadására.

Az irányelv továbbá feljogosítja, és kötelezi is a tagállamokat, hogy megállapítsák az irányelvben foglalt célkitűzések megvalósításához szükséges, egyéb anyagokra vonatkozó minőségi szabványokat. Az V. melléklet 1.2.6. szakasza egyszerű eljárást ismertet ezeknek a szabványoknak a meghatározására.

#### VIII.1.2. Viszonyítás: az elmélet bemutatása

A viszonyítási eljárás lényege az, hogy valamely anyag előre jelzett környezeti koncentrációját (Predicted Environmental Concentration = PEC) a vízről szóló irányelv V. mellékletében található eljárás alapján megállapított előre jelzett hatásmentes koncentrációjához (Predicted No Effect Concentration = PNEC) hasonlítjuk. Az ilyen módon kapott arányszámok segítségével lehetséges hatásaik alapján osztályozhatjuk az anyagokat.

PNEC

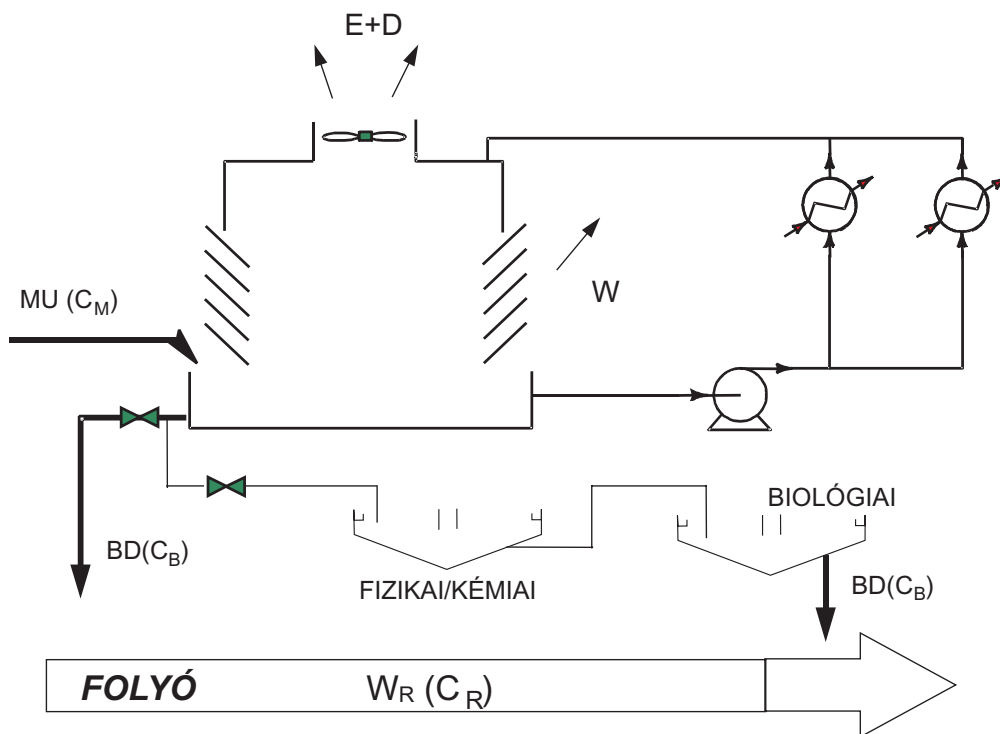
A valós helyzetet bonyolítja, hogy a hűtőrendszerek vegyi anyaggal történő kezeléséhez általában többféle anyagot alkalmaznak. Az összes kombináció feldolgozása és értékelése lehetetlen, ezért ez az elmélet inkább csak módszert kínál, nem pedig az anyagok vagy eljárások számszerű értékelését.

Az elmélet alkalmazásához a vízben mért toxicitási adatokra feltétlenül szükség van. Természetesen több és hosszabb távon összegyűjtött adattal biztosabban lehet dolgozni, de minden esetben egyedileg lehet és kell határozni arról, hogy mennyi idő és költség áll rendelkezésre az adatok begyűjtésére.

PEC

A PEC-et hűtőrendszerekben alkalmazott vegyi anyagok esetében úgy definiálhatjuk, mint az anyagnak a folyóvízben mért végső koncentrációját a kibocsátás helyétől adott távolságban és a folyóvízzel elkeveredve. Hangsúlyozni szükséges, hogy a PEC az adott helyre jellemző érték, és kizárólag az egyes anyagok lehetséges hatásainak egymáshoz történő viszonyítását teszi lehetővé.

**VIII.1.3. Anyagok egyensúlya a hűtőtoronyban**



**VIII.1. ábra: A hűtőtorony anyagmérlege**

**A hűtőtoronyra vonatkozó alapegyenletek**

MU: pótvíz mennyisége

BD: leiszapolás mennyisége

W: {vízcseppek formájában fellépő vízveszteség

E: párolgás

$C_M$  koncentráció a pótvízben

$C_B$  koncentráció a leiszapolásban

$N_C$ : koncentrációs tényező =  $C_B / C_M$

**A víz egyensúlya:**

$$MU = BD + E + W$$

**Anyagegyensúly:**

$$MU * C_M = (BD + W) * C_B$$

**Koncentráció:**

$$N_C = C_B / C_M = MU / BD + W$$

**Értékelés:**

A víz pótvízként kerül a hűtőrendszerbe, hogy pótolja a párolgás, vízcseppek és leiszapolás miatti veszteséget. Feltételezzük, hogy az elragadott vízcseppekben található koncentráció megegyezik a leiszapolt vízben meglévő koncentrációval. A vízpára nem ragad magával kémiai anyagot.

A leiszapolás mértékét olyan módon kell szabályozni, hogy a keringő vízben optimális maradjon az adalékanyag koncentrációja. Magas koncentrációs tényező biztosításával vizet és vegyi anyagot lehet megtakarítani (kivéve a lerakódásokat és a korróziót gátló anyagokat, amelyekre ilyenkor fokozottan szükség lehet), viszont kockázatosabbá válik a rendszer. A túl alacsony koncentrációban megtalálható adalékanyag pedig esetleg nem tudja kifejteni hatását.

Összetett, több anyagot alkalmazó kezelés esetén feltételezzük, hogy az anyagok aránya - a veszteségektől függetlenül – állandó marad, tehát elegendő egyetlen, könnyen mérhető anyagot vizsgálni, és a többit számítani. Feltételezzük továbbá, hogy a leiszapolásban mért koncentráció megfelel az egész rendszerben fennálló állapotnak.

#### VIII.1.4. A PEC számítása és viszonyítás

A VIII.1. táblázat mutatja a „valódi” PEC kiszámításának és szabványosításának módját, azaz hogyan lehet viszonyításra alkalmassá tenni. Ha ismerjük a leiszapolás mértékét, a folyóvíz mennyiségét és a vegyi anyagok veszteségét, a folyóvízben levő koncentráció a táblázatban látható egyenlettel számítható.



## VIII.1. táblázat: A PEC számítása és viszonyítás

**PEC<sub>folyó</sub> / EQS** (környezetvédelmi minőségi szabvány a vízről szóló keretirányelv alapján)

$C_B$  = koncentráció a leiszapolásban

$C_R$  = koncentráció a folyóvízben = PEC<sub>folyó</sub>

BD =óránkénti leiszapolás

$W_R$  = folyóvíz mennyisége

t = (1 - százalékos veszteség a toronyban)

w = (1 - százalékos veszteség a szennyvíztisztítóban)

R = (1 - százalékos veszteség a folyóban)

$$C_R = \frac{BD * C_B * (t) * (w) * (r)}{W_R}$$

$$t = 1 \quad w = 1 \quad r = 1 \quad BD = 1$$

Ha  $W_R = 1$ , akkor  $C_B = C_R = \text{PEC}_{\text{folyó}}$ -val arányos

Az egyenlet csak helyi szintű értékelésre alkalmazható.

A javasolt elmélet kulcsa az a feltételezés, hogy a leiszapolás és a folyóvíz mennyisége is 1. Ekkor megkapjuk a normalizált PEC értéket, amely a leiszapolás és a folyóvíz mennyiségétől függetlenül használható a vegyi anyagok összehasonlítására.

## VIII.1.6. I. Függelék, a műszaki útmutató dokumentum kivonata

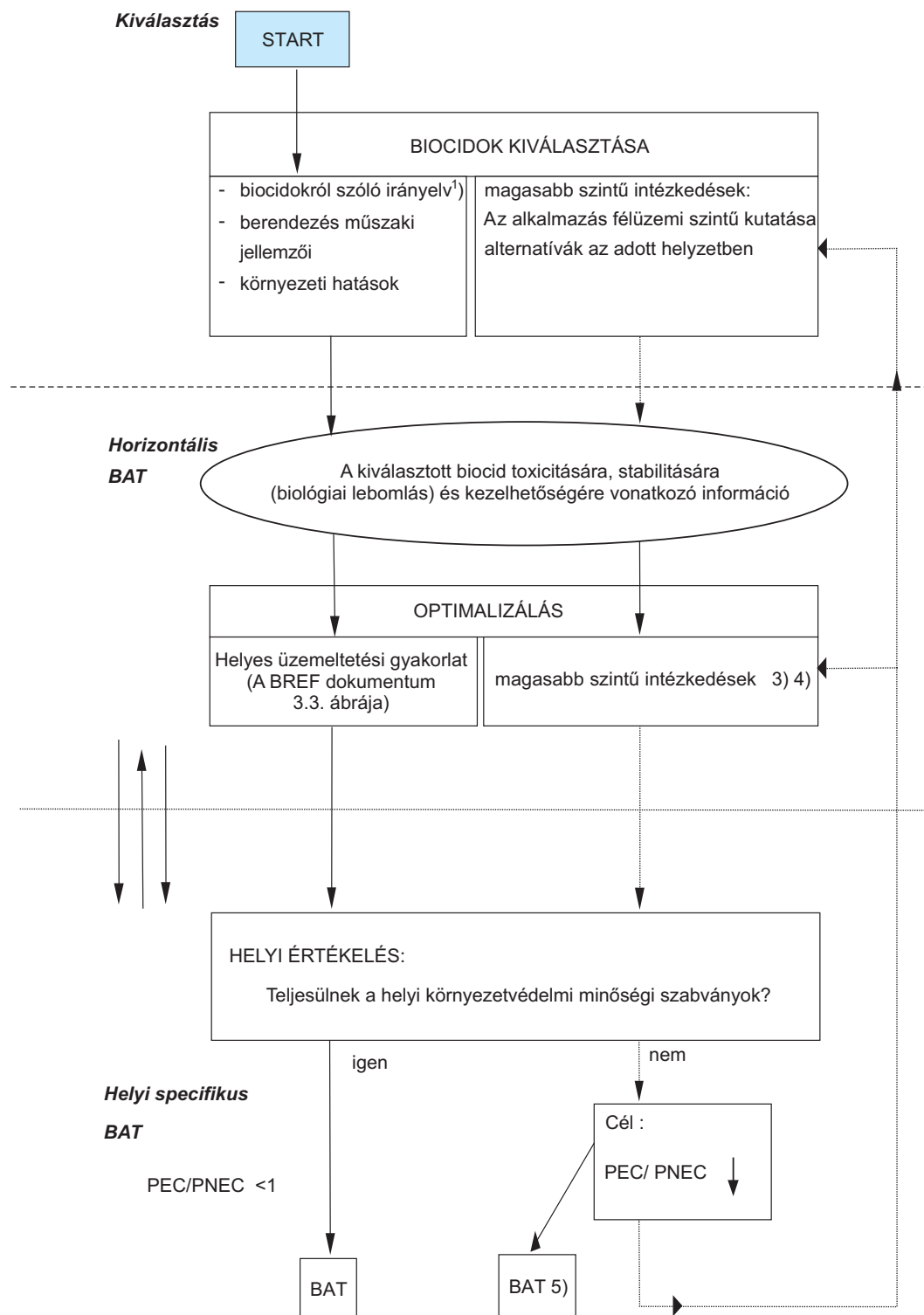
A 93/67/EEC és az EC 1488/94 Bizottsági Szabályozás műszaki útmutatójának II. Rész 3. Fejezet 3.3.1 pontját (környezeti kockázat becslése) foglalja össze, és ismerteti a PNEC számítás alapját.

## VIII.2. Hűtővíz-kezelés helyi értékelése (biocidok)

A biocidok hatásának BAT-szemlélet szerinti minimalizálására a következő két jogszabály vonatkozik:

- A biocid termékekről szóló 98/8/EK irányelv, amely 2000.05.14. óta szabályozza az európai piacon a biocidok forgalmazását.
- A vízről szóló keretirányelv.

A VIII.2. ábra mutatja, hogy meglévő hűtőrendszerben hogyan alkalmazhatók a biocidok a BAT-szemlélet alapján. A hűtőrendszer működése akkor tekinthető BAT-szerűnek, ha a PEC : PNEC érték < 1.



VIII.2. ábra: Biocidok értékelése meglévő hűtőrendszerben

Megjegyzések:

1. Az irányelv végrehajtása az előkészítési szakaszban van.

2. A biocid-felhasználás optimalizálása a paraméterek felügyeletével és az adagolás optimalizálásával történik.
3. Előkezelés, mellékáramkörű szűrés, biológiai kezelés, homokszűrés, adszorpciós eljárások, ózonkezelés stb.
4. Lehetséges intézkedések kiválasztása, intézkedések környezeti és gazdasági hatásainak mérlegelése.

## IX. MELLÉKLET

### PÉLDA A BIOCIDOK MÉRÉSÉRE A LEISZAPOLÁSBAN

#### Feltételezések:

- a biocidok alapvetően a leiszapolás révén kerülnek ki a rendszerből;
- a leiszapolás mennyisége a cirkuláló vízhez viszonyítva alacsony;
- a pH-érték és a hőmérséklet állandó;
- sokszerű adagolás esetén a koncentráció az adagolást követően azonnal egyforma lesz az egész rendszerben;
- a hidrolízis az elsőrendű vegyi reakció, és a disszociáció mértéke ismert.

A fenti — a valóságos helyzetet leegyszerűsítő – feltételezések alapján a környezetbe kerülő biocidok aránya:

$$\text{Arány (\%)} = \Phi_v \times 100\% / (\Phi_v + kV)$$

$$\Phi_v = \text{leiszapolás (m}^3/\text{h)}$$

$k$  = disszociációs tényező ( $\text{h}^{-1}$ ) ( $k = 0$  ha az anyagok nem disszociálnak) (azt a sebességet méri, amellyel a biocidok kiürülnek a rendszerből)

$$V = \text{a rendszerben levő víz mennyisége (m}^3\text{)}$$

Feltételezzük, hogy az anyagmennyiség 100%-a és a fenti egyenlettel számított érték közötti különbség hidrolizálódik. A modell a legrosszabb esetet mutatja be, a valóságban ennél kedvezőbb biocid-kibocsátásra lehet számítani.

A modell alkalmazása során az derült ki, hogy 8-as pH-érték és 25-40 °C hőmérséklet esetén a biocidok még mindig több mint 80%-ban kerülhetnek be a leiszapolásba. A gyorsan hidrolizáló biocidok aránya jelentősen alacsonyabb.

## X. MELLÉKLET

### BERUHÁZÁSI ÉS MŰKÖDÉSI KÖLTSÉGEK (ERŐMŰVEK KIVÉTELÉVEL)

#### Állandó költségek

A hőcserélők költsége a típustól, anyagtól és mérettől függ. A lemezes hőcserélők olcsóbbak, mint a csököteges köpenyesek, még akkor is, ha drága anyagból (titánból) készülnek, viszont korlátozott nyomáson használhatók. A kondenzátorok általában 25%-kal drágábbak, mint a csököteges köpenyes hőcserélők. A rozsdamentes acél vagy a speciális réznikkel 2-5-ször annyiba kerül, mint az acél. A speciális csövek 10-15%-kal lehetnek drágábbak.

A léghűtés költsége elsősorban a hőcserélő felülettől és a ventilátorok típusától függ. A léghűtésű hőcserélő anyagával szemben általában enyhébbek a követelmények, de ez függ a hűtendő anyag korróziókéltő hatásától.

A vezetékek költsége változó, függ az átmérőtől, az anyagtól és a hosszúságtól.

A szivattyúk beruházási költsége függ a szállítomagasságtól, a kapacitástól és a szivattyúk anyagától. Az indirekt rendszerekben több szivattyúra van szükség.

A hűtőtorony költsége a típustól és a mérettől függ. A fáklya megszüntetésének követelménye akár duplájára is növelheti a beruházási költséget.

#### Változó költségek (rendszerrel függően)

- energia
- talajvíz (adók, illetékek, szivattyúzás)
- egyéb

Vízűtés esetén a legnagyobb költségtételek az energia (szivattyúk, ventilátorok), a pótvíz és a vízkezelés. Léghűtés esetén a fő tétel az energia (ventilátorok).

## XI. MELLÉKLET

### AZ ELSŐDLEGES BAT SZEMLÉLET KERETÉBEN ALKALMAZHATÓ ELJÁRÁSOK IPARI HŰTŐRENDSZEREK ESETÉBEN

#### XI.2. Hűtővíz-megtakarítás a víz újrafelhasználásával

A hűtővíz különböző okok miatt korlátozottan állhat rendelkezésre, ezért több európai tagállam nyomást gyakorol az iparvállalatokra a vízfelhasználás csökkentése vagy optimalizálása érdekében. Ilyenkor megoldás lehet az átfolyó rendszerek recirkulációs rendszerré alakítása, illetve a koncentrációs tényező növelése. A hűtőtornyokban gyakran alkalmaznak cseppleválasztókat is.

Továbbá számos vízkezelési módszer áll rendelkezésre a felhasznált víz visszanyerésére és ismételt hasznosítására. Ezek a következők:

- vízlágyítás (hideg eljárás)
- vízlágyítás (meleg eljárás) (hatékony, de utána további hűtést igényel)
- sóoldatbepárlás
- biológiai kezelés (szennyvíz esetén)
- fordított ozmózis (energiaigényes, drága)
- fordított elektrodialízis (energiaigényes, drága)
- párologtató medencék (egyszerű, de helyigényes)

##### XI.2.1. Víz újrafelhasználása hűtőtornyok pótvezeként

Használható magából az üzemből vagy külső helyről (pl. lakossági szennyvíztisztítóból) származó víz. Lényeges a víz kémiai tulajdonsága (figyelembe véve a toronyban levő víz minőségét is), amely meghatározza a szükséges vegyi kezelés módját.

Ezzel a módszerrel mintegy 15%-os megtakarítást sikerült elérni (a rendszer követelményeitől és a rendelkezésre álló víz mennyiségétől függően).

A vízmegtakarítást a szennyvíz kezeléséhez felhasznált adalékanyagok környezeti hatásainak és költségeinek figyelembe vételével kell értékelni.

Alapvető problémák szennyvíz hasznosítása esetén, a vízben található oldott és lebegő anyagok (tápanyag, sók, vas és egyéb szilárd anyagok) következtében:

- nagyobb mikrobiológiai aktivitás
- vízkőképződés veszélye nagyobb
- szennyeződés veszélye nagyobb
- korrózióveszély

## XI.2.2. Nulla kibocsátású rendszer

Többlépcsős rendszer alkalmazásával elkerülhető, hogy a hűtőtorony leiszapolásából folyékony hulladék származzon. A primer toronyból leiszapolt, oldhatatlan kalciumsókat tartalmazó vizet jól oldható nátriumsókat tartalmazó vízzé konvertálják, majd ezt a sóoldatot egy második, sóléhűtő toronyban rekoncentrálják.

A leiszapoló víz újrafelhasználásának aránya kb. 75%, a többi párolgási veszteség, illetve a szilárd hulladékban marad.

A rendszer többletenergiát igényel, és a szilárd hulladék elhelyezéséről gondoskodni kell.

Beruházási költsége magasabb, mint az önálló nedves hűtőtorony költsége, de alacsonyabb, mint egy azonos teljesítményű léghűtésű rendszeré. Működési költségét csökkenti, hogy a második torony a fő kondenzátor veszteség-hőjét felhasználja. A költségeket a szennyvíz kezelésének és kibocsátásának költségeivel kell összevetni.

Probléma lehet, hogy a magas hőmérsékletű sólé erősen korrodáló hatású, ezt az anyagok kiválasztásakor és a karbantartás tervezésekor figyelembe kell venni.

## XI.2.3. Hűtőtavak

Egy kidolgozott modell alapján 18-21 MW<sub>th</sub> teljesítményű hűtőtoronnyal összehasonlítva párologtató tavak alkalmazásával 6,5 kW<sub>e</sub> / MW<sub>th</sub> energia-megtakarítás érhető el. Ez évente 38 tonna / MW<sub>th</sub> CO<sub>2</sub> kibocsátás-csökkenéssel egyenértékű. A hűtő teljesítmény sűrűsége kb. 700 J/m<sup>2</sup>,K.

Mivel a tavakba permetezéssel kerül a víz, ez – különösen nyáron – növeli a biológiai fertőzés veszélyét, és megfelelő vízkezelést tehet szükségessé.

A módszer alkalmazásának lehetősége elsősorban a rendelkezésre álló területtől és a hűtőrendszer elvárt teljesítményétől függ. A tavak költsége alig marad el a hűtőtornyok költségétől, ha az energiaellátást és a földek megvásárlásának költségeit is beszámítjuk.

## XI.3. A kibocsátások csökkentése optimális hűtővíz-kezelés révén

### XI.3.1. Oldaláramú bioszűrés nyitott recirkulációs hűtőrendszerben

Gazdaságilag előnyös, ha a nyitott recirkulációs hűtőrendszert minimális mennyiségű leiszapolással üzemeltetik, ami miatt viszont a hűtővízben megnövekszik a biológiai aktivitás.

A biológiai növekedés és aktivitás elsősorban a rendelkezésre álló tápanyagok mennyiségétől függ. Ezek hiányában a biológiai aktivitás mindenfajta hűtőrendszerben megszűnik, tehát a kezelés feladata a vízben oldott tápanyagok eltávolítása. Ennek egyik módja homokszűrő alkalmazása a mellékáramkörben. Ez nemcsak az oldott tápanyagokat, hanem a vízben lebegő

mikroorganizmusokat és egyéb szilárd anyagokat is kiszűri. Következésképpen kevesebb klór adagolására lesz szükség, és magasabb koncentrációs tényező érhető el.

Az eljárás tovább javítható azáltal, ha a homokszűrőben a mikroorganizmusok magas koncentrációban vannak jelen, ezt nevezzük oldalági bioszűrésnek. Amikor a hűtővízben magas a biocidok (klór) koncentrációja, akkor a homokszűrőt természetesen meg kell kerülni a mikroorganizmusok védelme érdekében.

Az eredmény a leiszapolás, a biocid-adagolás és az oldalági bioszűrés optimális együttes alkalmazásán múlik. A rendszerbe juttatott klór mennyiségének csökkentésével csökken a korrózióveszély is.

A szűrő kapacitásának növelésével a módszer gyakorlatilag bármilyen nagyobb létesítményben is alkalmazható. A költségek az alkalmazás egyedi megvalósításától függenek, a működtetési költségek (a klórozás költsége akár 85%-kal is csökkenhet) azonban mindenképpen mérséklődnek.

### **XI.3.2. Fizikai módszerek**

Mechanikus tisztítóeszközök használata esetén kevesebb adalékanyagra van szükség, egyrészt, mert a szennyeződések mechanikai úton eltávolítják a csövek felületéről, másrészt, az adalékanyagok intenzívebben tudják kifejteni hatásukat a felületen.

Folyamatos (on-line) tisztítás: szivacs gumilabdákkal vagy kefékkel

Off-line tisztítás: magas nyomású vízsugarakkal



XI.2. táblázat: Fizikai módszerek a biocid-felhasználás csökkentésére

Módszer	Felszerelés	Üzemi tapasztalat	Lehetőségek / korlátok
Szűrés / víz előkezelése	Makroszennyeződés: dobszűrők, szűrő szalagok, gerebek, kagylószűrők	Erőművekben	Mind átfolyó, mind recirkulációs rendszerben alkalmazható
	Mikroszennyeződés: forgódobok és homokszűrők	Vegyiparban	Nagy átfolyó rendszerekhez nem alkalmas
	Mikroszennyeződés: folyamatosan tisztított mikroszűrők	Sótalanító üzemben	4 m <sup>3</sup> /s vízáramig
Oldalági szűrés	Gyors homokszűrők Folyamatosan tisztított mikroszűrők	Vegyiparban, üvegiparban	Csak recirkulációs rendszerhez Mindenfajta biocid esetén A szűrő további baktériumforrás lehet
On-line tisztítás	Szivacs gumilabdák		Nagy átfolyó rendszerekhez Nyitott recirkulációs rendszerben nem alkalmazható
	Kefék, golyók	Vegyiparban	Mind átfolyó, mind recirkulációs rendszerben alkalmazható
Off-line tisztítás		Erőművekben és energiaiparban	Dupla bélelést vagy rendszeres leállást igényel
Hőkezelés	Makroszennyeződés: 38-40 °C	Tenger- és édesvízzel működő rendszerekben	Csak új rendszerekben, különleges tervezést igényel Biocidokat helyettesítheti
	Mikroszennyeződés: 70-80 °C	?	
Bevonatok és festékek	Toxikus bevonatok	Változó	Cink- és vörösrézalapú, használata a mikro- és makroszennyeződés elleni védelemre korlátozódhat

	Nem toxikus bevonatok	Erőművek az USA-ban	Új rendszerekben; szennyeződés-taszító; szilikon alapú és mágnesezhető
Ultraibolya fény		Csak kísérlet	Megelőző eljárás recirkulációs rendszerek számára
Hangtechnológia		Csak kísérlet	Magas energiaköltségek
Elektromos vízkezelés	Nagyfrekvenciájú transzformátor	Csak kísérlet	Kisebb ipari rendszerekben nyert tapasztalatok
Ozmotikus sokk		Tengervízzel üzemelő átfolyó rendszerekben	Korrózió ellenálló anyagokat igényel

### **XI.3.3. Biocidok felhasználásának optimalizálása**

#### **XI.3.3.1.1. A makroszennyeződés felügyelete**

A KEMA Bioszennyeződés® Monitor egy zárt, henger alakú, PVC-ből készült konténer, amelyben a víz függőleges irányban lefelé áramlik. Ha az eszközt bypassként helyezik el, akkor benne az áramlás sebessége a rendszerhez képest alacsonyabb szinten tartható, és így optimális környezetet nyújt a kéthéjúak lárváinak megtelepedésére. A monitor elhelyezhető a rendszer kritikus pontjainál (vízbeeresztés, adagolás helye) és vele tetszőleges gyakorisággal, közvetlenül megfigyelhető a makroszennyeződés mértéke, és a biocidok adagolása ehhez igazítható.

#### **XI.3.3.1.2. Biocidnyomok elemzése**

A műszer a mikroorganizmusok fénykibocsátását méri és elemzi, és ebből következtet a hűtővízben levő biocidkoncentrációra és biológiai aktivitásra.

### **XI.3.3.2. Biocidadagolás**

#### **XI.3.3.2.1. Különböző vízkezelési eljárások az optimális éves oxidáns-felhasználás elérése érdekében átfolyó rendszerekben**

A mikro- és makroszennyeződés megakadályozására a következő adagolási eljárások alkalmazhatók:

- Folyamatos klórozás
- Félfolyamatos klórozás
- Nem folyamatos vagy sokkszerű klórozás (naponta kétszer fél óra)
- Célzott klórozás (a hőcserélő vagy a hűtőrendszer bizonyos részére korlátozva)
- Impulzus klórozás
- Változó impulzus klórozás

A klórozás környezeti hatásainak értékelésekor meg kell különböztetnünk az oxidánsokat és a nem-oxidánsokat. Ezek ökotoxikológiai kockázata különböző. A nem-oxidánsok (pl. a klórozott szénhidrogének) felhalmozódnak a vízi élőlények zsírszövetekben, és elváltozásokat, rákot idézhetnek elő. Az oxidánsok gyorsan reakcióba lépnek a redukálószerekkel, és így csak a sztöchiometrikt meghaladó koncentrációban képesek a szennyeződések kiküszöbölésére. Csak ilyen körülmények között válhat az adagolás akut toxikussá még alacsony koncentráció esetén is, de a szabad oxidánsok bioakkumulációja nélkül.

Az akut toxicitás szükséges a hűtőrendszer tisztán tartásához, de a hűtővíz-kibocsátásban már kerülendő. Folyamatos alacsony szintű klórozás esetén a fő környezetvédelmi probléma a halogénezett szénhidrogének (klórozott melléktermékek) képződésének csökkentése. Ezek keletkezésének oka az oxidánsok nem hatékony felhasználása. A vízkezelési eljárás

hatékonyságát leginkább a szabad oxidánsok mennyiségének mérésével szokták megállapítani.

A keletkező halogénezett szénhidrogének mennyisége az alkalmazott eljárástól függetlenül majdnem egyenes arányban áll az adagolt oxidánsok mennyiségével. A folyamatos és nem folyamatos adagolási eljárásokat összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy hasonló vízminőség esetén az éves szinten felhasznált oxidánsok mennyisége alig különbözik, tehát nem az alkalmazott rendszer, hanem a vízminőség a döntő.

Tápanyagban szegény vizekben a klórozás szükségtelemmé válhat. Tápanyagban gazdag vizekben a szakaszos adagolás általában csak akkor hatékony, ha megfelelő gyakorisággal történik a klórozás. Ha az adagolásmentes időszakokat negyed órára csökkentik, akkor beszélünk impulzus klórozásról. Az élő szervezetek ezt folyamatos klórozásnak fogják érezni.

#### **XI.3.3.2.2. Változó impulzus klórozás átfolyó rendszerekben**

A még gyakoribb adagolási eljárást nevezik változó impulzus klórozásnak. Az eljárásban kihasználják a redukálószer jelenlétét a hűtővíz egyes részeiben, amely majd csak közvetlenül a kieresztési hely előtt keveredik el az előzőleg klórozott vízzel. Lényeges, hogy a hűtővíz részeinek a tartózkodási ideje és a koncentrációja eltérő. Így a klórozott víz mindig nem-klórozott vízzel keveredik a kibocsátásnál. Az adagolási periódusok rövidítésével sztöchiometrikus alatti oxidáns / redukálószer keverék jön létre a kieresztési zónában. Egyidejűleg sztöchiometrikus feletti oxidáns / redukálószer keverék alakul ki az adagolási pont és a különböző hűtővízáramok találkozásának területe között.

Összefoglalva a (változó) impulzus klórozás csökkenti az éves adalékanyag-felhasználást, és különösen hatásos a makroszennyeződés ellen.

##### Kísérlet:

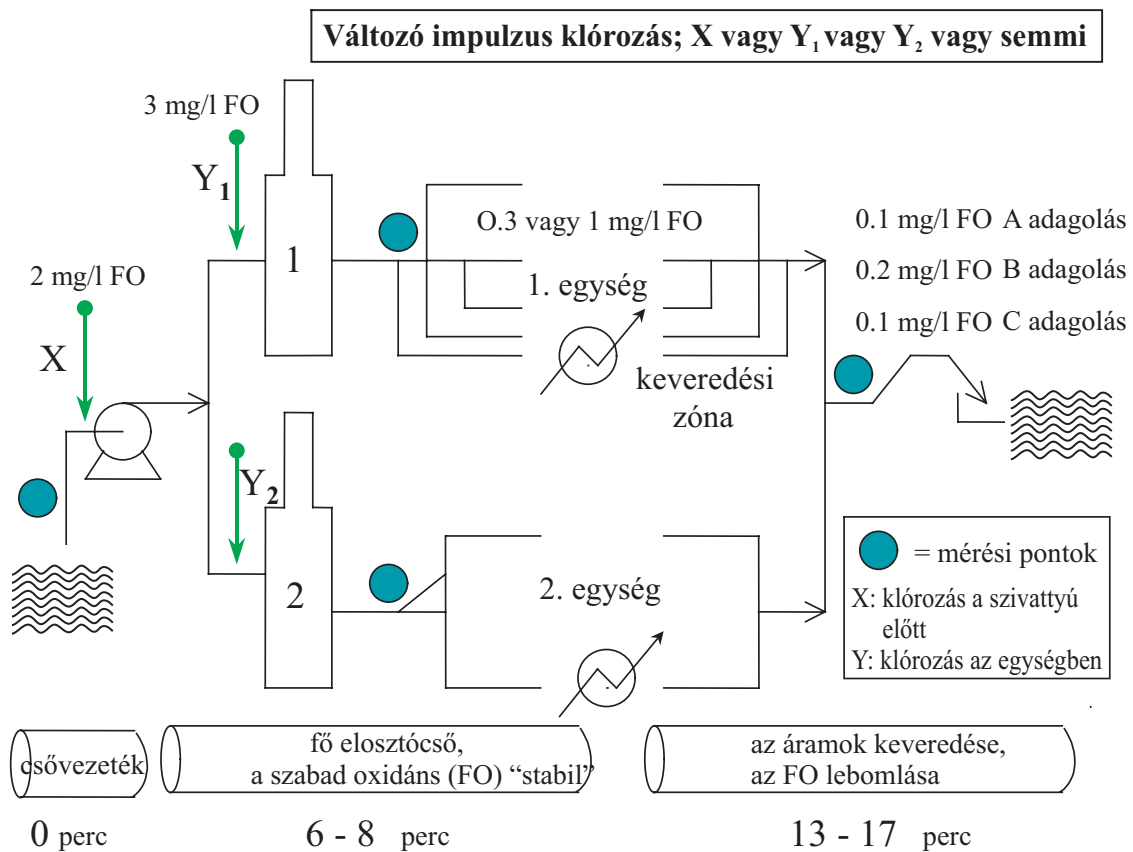
Átfolyó rendszerben (200 hőcserélő - réznikkelből és szénacélból -, 4 km csővezeték, tengervízzel működik) többféle biocidadagolási rendszert próbáltak ki az erózió és korrózió csökkentésére. A leghatékonyabb biocidnak a hipoklorit bizonyult. A környezeti hatásokat a klórozott melléktermékek (bromofom) mennyisége és a toxicitás alapján értékelték, a rendszerek hatásosságát pedig a szivárgások előfordulása, a biológiai növekedés (makroszennyeződés) és az osztrigák viselkedése alapján.

Az optimalizálási kísérlet eredményeként kiderült, hogy a hipoklorit mennyiségének kezdeti emelése (A adagolás) a makroszennyeződést majdnem teljesen megszüntette, de a szivárgások gyakorisága még nem csökkent. A következő években ezután csökkentették a megtisztított rendszerbe adagolt hipoklorit mennyiségét (B és C adagolás), ennek hatására a makroszennyeződés teljesen megszűnt és szivárgás sem fordult elő többet. Az alkalmazott eljárás képes a szabad oxidánsok szükséges szintjének fenntartására. A módszer figyelembe veszi a fajok életciklusát, a mikroszennyeződés területeit a rendszerben, a különböző tartózkodási időket és az eltérő vízsebességeket.

XI.3. táblázat Az optimális adagolás hatása a kagylók által okozott szivárgások számára

Időszak	Adagolási rendszer	Kagylók által okozott szivárgások száma		Hipoklorit (tonna / év)
		1. egység	2. egység	
1. év	A	28	4	1222
2. év	A	28	12	2095
3. év	A + B	32	10	2817
4. év	C	16	1	2480
5. év	C	0	2	1994
6. év	C + gyak.	0	0	2013
7. év	C + gyak.	1	0	1805
8. év		0	0	1330

C + gyak: = C rendszer nagyobb gyakorisággal (20 perces időszakonként 5 perc adagolás)



## **XI.1. ábra: Optimális hipoklorit adagolás (változó impulzus klórozás) a szennyeződés és a hűtőrendszer jellemzőinek figyelembe vételével**

### **XI.3.4. Alternatív hűtővíz-kezelések**

#### **XI.3.4.1. Ózon**

Az ózon erős oxidáns, erősebb a klór-dioxidnál és a nátrium hipokloritnál. Mivel igen reakcióképes, gyakorlatilag a hűtővízben jelen levő összes szerves anyaggal reakcióba lép, és az egyéb adalékanyagokat (pl. korróziógátlókat) is képes lebontani.

Az ózonkezelés hatására a hűtővízben lévő mikroszennyeződés – a mikrobiológiai tevékenységgel mérve – akár 90%-kal csökkenhet, és a mikrobiológiai jellege is megváltozik (kolóniaalkotó fajok száma csökken).

Környezetvédelmi szempontból az ózont általában elfogadhatóbbnak tekintik, mint a hipokloritot, mivel alkalmazása esetén kevesebb trihalometán (THM) és kivonható szerves halogén keletkezik.

Az ózont elsősorban a kémiai és petrokémiai iparban és a finomítóknak használják. Előnyei:

- hatékony
- melléktermékek alacsony koncentrációja
- alacsony stabilitás, tehát a kibocsátásba nem kerül bele
- a kémiai oxigénigény és az adszorbeálható szerves halogének mennyisége csökken

Az ózon nem feltétlenül jelent teljes megoldást. Elsősorban tiszta recirkulációs rendszerekben javasolható, viszont erős reakcióképessége miatt átfolyó és nagyon hosszú rendszerekben nem alkalmazható.

Az ózon előállítására jelentős mennyiségű energiát igényel, és viszonylag drága a generátorok rossz hatékonysága következtében.

#### **XI.3.4.2. UV kezelés**

Recirkulációs rendszerekben alkalmazható eljárás. Megfelelő eredmény csak tiszta vízben érhető el, ezért a víz előszűrésére lehet szükség. Az eljárás különösen nyáron, az amőbák megtelepedésének megakadályozására használható. Algák ellen kiegészítő kezelésre lehet szükség. A lámpák gyakori tisztítást igényelnek. A víz újrafelhasználása esetén bizonytalan, hogy költséges eljárások nélkül is biztosítható-e a víz kellő tisztasága.

### **XI.3.4.3. Katalitikus hidrogén-peroxid kezelés**

A katalitikus hidrogén-peroxid kezelés a hűtővízben található mikroorganizmusokat (baktériumokat) pusztítja el. A módszer megakadályozza a biofilm- és algaképződést, ennek következtében gátolja a baktériumok – a legionellát is ideértve – elszaporodását. A hidrogén-peroxid az ózonnál és a klórnál is erősebb oxidáns, viszonylag kis koncentrációban is gyakorlatilag baktériummentesen tartja a vizet.

A katalitikus hidrogén-peroxid kezelés csökkenti a kémiai oxigénigényt és az adszorbeálható szerves halogének mennyiségét. A kibocsátásba veszélyes maradék vegyi anyag nem kerül.

A hidrogén-peroxid a szokásos koncentrációban a korróziót nem befolyásolja.

A kezeléshez fémkatalizátorra van szükség, de a működési költségek – a katalizátor értékcsökkenését is beleszámítva – alacsonyabbak, mint biocid- vagy ózonkezelés esetén.

### **XI.3.4.4. Klór-dioxid**

A klór-dioxid a hipoklorit alternatívájának tekinthető mind tengervíz, mind édesvíz használó rendszerek esetében, mivel hatékony fertőtlenítőszer, és csökkenti a szerves halogén melléktermékek keletkezését a kibocsátott vízben. Mindenfajta mikroorganizmus ellen hatásos, viszonylag kis dózisokban alkalmazható, tehát gazdaságos is.

A klór-dioxid alkalmazása az alábbi esetekben lehet célszerű:

- a folyamat fertőződése
- lúgos pH-értékű rendszerek
- korlátozott klór-kibocsátás
- gáz halmazállapotú klór eltávolítása a helyszínről

### **XI.5. táblázat: Klór-dioxid hatása a lárvák megtelepedésére átfolyó rendszerben**

<b>Adag</b>	<b>Gyakoriság</b>	<b>Csökkenés mértéke</b>
0,25 mg/l	4 x 15 perc naponta	95%
0,25 mg/l	2 x 30 perc naponta	35%

Bár a klór-dioxid trihalometánt vagy klorofenolokat nem képez, aldehidek, ketonok, kinonok, esetleg még epoxidok is keletkezhetnek, ez utóbbi rákot és elváltozásokat okozhat.

Mivel a klór-dioxid rendkívül érzékeny a nyomásra és a hőmérsékletre, nem sűrítendő, és palackban nem szállítható, tehát a helyszínen kell előállítani.

A legjobb eredmény akkor érhető el, ha a klór-dioxidot közvetlenül a hűtőtorony recirkuláló vizébe, jó keveredési ponton adagolják.

#### **XI.3.4.5. Ionos víztisztítás**

Klórhoz kiegészítésként adott, 0,4 ppm vörösréz-ion ugyanazt a hatást fejt ki, mint 2,0 ppm szabad klór, viszont kevésbé káros vegyületek keletkeznek.

Az eljáráshoz rézion-generátorra van szükség (energiaköltség), valamint folyamatosan elemezni kell a víz és a pótvíz összetételét (oldott szilárd anyagok mennyisége, kémhatás).

A réz az algákat és baktériumokat elpusztító vegyületeket alkot, valamint koagulánsként is működik, tehát csökkenti a vízkőképződést.

#### **XI.3.4.6. Halogénezett biocidok stabilizálása a hűtőtorony vizében**

Erre a célra elsősorban króm és bróm alapú termékeket alkalmaznak. A halogénezett biocidok hatása a teljes halogénmaradéktól függ, ezért meg kell akadályozni az olyan reakciókat, amelyek a hűtővízben található maradék mennyiségét csökkentik. Egyéb korrózió- és vízkőképződést gátló anyagokkal történő reakciók is előfordulhatnak (pl. bróm és toliiltriazol) .

A halogének stabilizálásának célja illékonyságuk csökkentése, egyéb inhibitorokkal való összeférhetőségük javítása és az elegendő mennyiségű hatásos halogén megőrzése. A brómot hydantoine-ok alkalmazásával sikerült stabilizálni.

A stabilizált bróm egyharmaddal gyorsabbnak bizonyult az iszapformáló baktériumok elpusztításában, hatásosan távolította el a biofilmet, hatásos a Legionella ellen, és elhanyagolható mértékben lép reakcióba a toliiltriazollal.

Ezt a módszert recirkulációs rendszerben (nedves hűtőtoronyban) próbálták ki. Problémát a hydantoine-ok kezelése okozott, ezért az eljárás kisebb rendszerekre korlátozódik.

#### **XI.3.4.7. Szennyeződést, korróziót és vízkövesedést gátló filmbevonat**

Ez az anyag bevonatot képez a vezetékek vízzel érintkező felületén, ezáltal megakadályozza vagy csökkenti a szennyeződés lerakódását, a korróziót és vízkövesedést, de nem kezeli a hűtővizet. A kereskedelemben a Mexel<sup>®</sup> 432/0 márkanevű vegyület kapható, amely elsősorban hosszú láncú alifás aminokból áll. A Mexel összetevői beépülnek a sejtmembránba és a biofilmbe, megzavarják a biológiai folyamatokat, magas koncentrációban pedig roncsolják és elpusztítják a sejtmembránt. A termék alkalmazható sós- vagy édesvízes rendszerben, és egyaránt hatékony mikor- és makroszennyeződés (kéthéjúak, zebrakagyló) ellen.

Adagolása automatikusan történik, az induló dózis mindig magas, mert ennek kell kialakítania a filmet. Amikor a Mexel már a kibocsátott vízben is kimutatható, akkor csökkentik a további adagolást.



A tapasztalatok szerint a módszer előnye, hogy alkalmazása esetén nincs szükség a tengervíz költséges elektrolízisére. A további költségek a kezelendő felülettől, és nem a víz mennyiségétől vagy minőségétől függenek.

A módszer alkalmazható nyitott vagy félig zárt recirkulációs rendszerben többféle fémfelület (bronz, réznikkel ötvözetek, vas és rozsdamentes acél) kezelésére.

#### **XI.3.4.8. Stabil szerves korróziógátlók nyitott nedves hűtőtoronyban**

Erre a célra az etanolamin biszfoszfometil N-oxidot (EBO) fejlesztették ki, amely szerves foszfonát, és anódos korróziógátlóként használható a hűtővíz kezelésére. Az EBO stabilnak bizonyult a halogénekkal szemben, nehezebben csapódik ki, és a korróziót nagyobb mértékben csökkenti, mint az EBO nélküli szerves anyaggal történő kezelés.

#### **XI.3.5. A kibocsátott hűtővíz kezelése**

Integrált szemlélet esetén a kibocsátások csökkentése a felhasznált anyagok csökkentésével kezdődik. A jelenlegi hűtőrendszerek általában igényelnek valamilyen kémiai kezelést, és ez a kibocsátásokban is megmutatkozik. Egyes esetekben a hűtőrendszerekből kibocsátott vizet szennyvíztisztítóknak kezelik. További lehetőségek a kibocsátás vagy újrafelhasználást megelőzően:

- A csúcskoncentrációt tartalmazó leiszapolt vizet puffermedencékben gyűjtik, amelyekben a biocidok kevésbé toxikus vegyületekké bomlanak le.
- Az olajfinomítók zárt recirkulációs rendszeréből leiszapolt vizet a szennyvíztisztítóba szállítás előtt kezelik.

#### **XI.4. Változó frekvenciájú meghajtás az energiafelhasználás csökkentésére**

A hűtőrendszer üzemeltetéséhez szükséges közvetlen energiaigény a szivattyúk és a ventilátorok optimális működtetésével csökkenthető.

A ventilátorok sebességének változtatására használható eljárás a változó frekvenciájú meghajtás (VFD), amely feszültségváltóból és inverterből (egyenáram ↔ váltakozó áram) áll.

Az energiafelhasználással együtt csökken a zajszint is, és az alacsonyabb fordulatszám kisebb rezgéseket kelt. A tapasztalatok szerint a motor egyenletesebb sebességváltoztatása növelte a forgó alkatrészek élettartamát.

## XII. MELLÉKLET

### KÜLÖNLEGES ALKALMAZÁS: ENERGIAIPAR

#### Alapvető megállapítások

- A hűtőrendszernek a befogadó környezetre gyakorolt hatásait az erőmű megtervezése előtt kell tanulmányozni;
- A hűtőrendszer megtervezésekor különleges figyelmet kell fordítani az ökológiai hatásokra és az energiagazdálkodásra;
- A szennyeződések megakadályozása terén törekedni kell a fizikai módszerek alkalmazására (mechanikai tisztítás, hőmérséklet emelése, szűrés stb.);
- A kémiai megoldásokat eseti alapon kell tanulmányozni, törekedve korlátozott alkalmazásukra;
- Nincs egyetlen legjobb megoldás.

#### XII.1. Bevezetés

A hagyományos hőerőművek kb. 40%-os hatásfokkal működnek, ideális esetben ez 47%-ra javítható. Ez azt jelenti, hogy az égetéssel előállított energiamennyiség közel 45%-át a kondenzátorban szükséges elvonni.

A kondenzátor az erőmű és környezete közötti kapocs. Az erőmű megfelelő üzemeltetéséhez elengedhetetlen a kondenzátorok helyes karbantartása, ennek érdekében különböző megoldásokat alkalmaznak: folyamatos mechanikai tisztítás hablabdákkal, korrózióknak ellenálló ötvözetek használata (titán, rozsdamentes acél), hűtővízkezelés.

#### XII.2. Erőművek hűtőrendszerei – elvek és emlékeztetők

Az erőművek a CARNOT-elv alapján működnek. A víz párologtatásához szükséges energiát a kazán – a hőforrás - biztosítja. A kondenzátor – a hideg vég – lecsapatja az alacsony nyomású turbináról kikerülő gőzt.

Az erőművek egyik fő jellemzője – műszaki és gazdasági szempontból – a **fajlagos hőfogyasztás**, más szóval az egy kWh villamos energia előállításához szükséges hőmennyisége.

##### XII.1. táblázat: Példa hagyományos erőmű körfolyamatára

Energia-átalakulás	Energia (kJ)	(%)	Hatásfok (%)
Égésből származó energia	9000	100	100
Kazán vesztesége	1050	- 11,7	88,3
„Veszteség” a kondenzátornál	4200	- 46,5	41,8

Tápvíz előmelegítés	(2000)	(22,2)	(regeneratív)
Turbógenerátor vesztesége	65	- 0,75	41,05
Önfogyasztás	65	- 0,75	40,3
Fő transzformátor vesztesége	25	- 0,2	40,1
Létesítmény hatásfoka			40,1

Az újabb generációs rendszerek, különösen a kombinált ciklusok (vagy gáz / gőzturbinák) ennél magasabb, akár 55%-os hatásfokot is el tudnak érni.

A táblázat mutatja, hogy minden kWh villamos energia előállításakor 4200 kJ hulladék energia keletkezik a kondenzátornál, és ez az energia nem nyerhető vissza, mert alacsony az exergiája. Ennek a hőnek az elvonására szolgál a hűtőrendszer. Minden létesítménynek van kiegészítő hűtővízes rendszere is.

### **XII.3. Hűtőrendszerek lehetséges környezeti hatásai**

#### **XII.3.1. Hőkibocsátás a légkörbe**

A hűtőrendszer típusától függetlenül végül minden kibocsátott hő a légkörbe kerül.

**Átfolyó rendszerrel** hűtött erőművek esetében a kibocsátott hűtővíz folyamatosan elkeveredik a befogadó vízzel, és közben lehül. A hő a háromféle szokásos módon kerül a légkörbe: párolgással (a kibocsátott energia 35-45%-a), a víz felszínéről történő kisugárzással (25-35%) és hőátadással (20-30%). A hűtőrendszer egyetlen légköri jelenséget befolyásolhat: a kibocsátás közvetlen közelében: a párolgás következtében gyakoribb és tartósabb lehet a köd. (Sós víz felett a köd kialakulása és megszűnése magasabb hőmérsékleten következik be.)

**Nedves hűtőtornyokkal** ellátott erőművek esetében ugyanaz a helyzet, mintha a hőt közvetlenül a légkörbe bocsátanák ki. A kibocsátás kis területre koncentrálódik. A nedves hűtőtornyok a hő kb 70%-át párolgási hő (nedves pára) formájában, 30%-át pedig fázisátalakulás nélkül bocsátják ki. A nedves hűtőtornyok legfontosabb légköri hatása, hogy a torony fölött fáklya alakulhat ki, alacsony (ventilátoros) torony esetében pedig, hideg, nyirkos időben talajmenti köd.

**Száraz hűtőtornyok vagy léghűtésű kondenzátorok** a levegő abszolút nedvességtartalmát nem változtatják meg, viszont hőmérsékletét emelik. A hő fázisátalakulás nélkül kerül a levegőbe.

**Hibrid tornyok** fölött ritkán tapasztalható fáklyaképződés. Vízfogyasztásuk (azaz a pótvíz) 20%-kal kevesebb a nedves tornyokénál.

#### **XII.3.2. A befogadó vízi környezet felmelegedése**

Vízbe történő kibocsátáskor a következő fizikai jelenségek játszanak szerepet:

- turbulens keveredés
- konvekció a vízben
- különböző sűrűségű folyadékok áramlása
- párolgás, sugárzás és konvekció a levegőben

A befogadó vízterületen belül megkülönböztetjük a kibocsátáshoz közel eső és az attól távol eső részeket.

A **közeli terület** az a rész, amelyben a kibocsátott melegebb víz és a folyóvíz elkeveredése még nem tökéletes. A felmelegedés a keveredés gyorsításával csökkenthető.

A **távoli terület** az a rész, amelyben a melegebb víz már teljesen elkeveredett a befogadó vízzel. A hígulás és a légkörrel való hőcsere következtében a kibocsátott víz hőmérséklete fokozatosan csökken. A víz és a légkör közötti energiaáramlás nagy mértékben függ a napszaktól és az időjárási viszonyoktól.

Az erőmű biztonságos üzemeltetése érdekében a kibocsátott víz visszaáramlását mindenképpen meg kell előzni a folyóban.

### **XII.3.3. Élő szervezetek a vízkivételben**

A tengerből vagy folyókból vett hűtővízbe mikroszkopikus szervezetek (algák, plankton), illetve nagyobb vízi élőlények (rákok, lárvák, kisebb halak) kerülhetnek.

A befogás csökkentésére az alábbi intézkedések javasolhatók:

- vízkivételkor a kritikus helyek (pl. vándorlási útvonalak) elkerülése;
- a vízkivételező berendezés helyes megtervezése
- olyan berendezések alkalmazása, amelyek távol tartják az élőlényeket (elektromos berendezések, fény- és hangkibocsátás);
- olyan berendezések alkalmazása, amelyek visszajuttatják az élőlényeket a felszíni vízbe.

### **XII.3.4. A befogadó környezet megváltoztatása kémiai kibocsátással**

A hűtővízzel együtt kibocsátott vegyi anyagok elsősorban az alábbiak lehetnek:

- hűtőtoronnyal ellátott hűtőrendszerek vízkövesedésének megakadályozására alkalmazott reagensek
- biológiai növekedés megakadályozására alkalmazott reagensek és reakciótermékeik
- a rézötvetből készült kondenzátorok korrodálódásának megelőzésére használt vas-szulfát
- a hőcsereélők és a csövek korróziótermékei

Folyókra települt erőművek esetében a kibocsátás a hűtőrendszer típusától és a biológiai problémáktól függ.

Recirkulációs rendszer alkalmazásakor nő a vízkőképződés veszélye. Az ennek kivédésére alkalmazható eljárások:

- nem szükséges kezelés, ha a víz kevés ásványi anyagot tartalmaz
- a pótvíz lágyítása (a víz pH értékének 10-re emelése, aminek hatására a kalcium és a magnézium egy része karbonát vagy hidroxid formájában kicsapódik)
- a recirkuláló víz savas kezelése
- kezelés kicsapódást késleltető anyagokkal
- kombinált kezelések: savas kezelés és vízköggátlók adagolása vagy lágyítás és savas kezelés

A kezelést befolyásolja a hűtőrendszerre jellemző koncentrációs tényező:

- alacsony koncentrációs tényező (1,05 – 1,2): nem szükséges
- átlagos koncentrációs tényező (1,2 – 2): kemény víz esetén savkezelés
- magas koncentrációs tényező (3 – 7): pótvíz lágyítása, esetleg savkezeléssel együtt

A biológiai szennyeződés megakadályozására használt klór egyéb anyagokkal reakcióba lépve szerves klórvegyületeket alkot (kloroform, diklór-metán és adszorbeálható vegyületek). Tavak esetében az ilyen vegyületek létrejöttét a hűtőrendszerek kibocsátásán kívül elősegítheti pl. a mezőgazdasági termelés is. Befolyásoló tényezők még a humuszkoncentráció, a szabad klór koncentrációja, a reakcióidő, a környezet pH-értéke, a hőmérséklet és az ammónium-ionok jelenléte. Átfolyó rendszerek klórozása általában nem vonja maga után a szerves klórvegyületek mennyiségének jelentős növekedését, mert ilyenkor rövid a reakcióidő és a szabad klór koncentrációja alacsony. Zárt recirkulációs rendszerekben viszont a hosszabb reakcióidő és az elővegyületek magasabb koncentrációja elősegíti a klórvegyületek kialakulását.

### **XII.3.5. A hűtőrendszerek egyéb lehetséges káros hatásai**

A tornyok külső megjelenését, a zajkibocsátást és a korróziótermékek levegőbe jutását kell megemlítenünk.

A hűtőtornyok többnyire elcsúfítják a tájat, hatalmas méreteik miatt nehezen rejthetők el.

Zajkibocsátás szintje:

- természetes huzatú nedves hűtőtorny: 100 méter távolságban elérheti a 60 dBA-t
- ventilátoros nedves hűtőtorny és hibrid torony: 100 m távolságban elérheti a 70 dBA-t
- léghűtésű kondenzátor: közel 80 dBA

## **XII.4. A helyszínek előzetes tanulmányozása: befogadó kapacitás, hatás-ellenőrzés, káros hatások megakadályozása**

### **XII.4.1. A helyzet elemzése**

A helyszín kiválasztásának kulcskérdése a hideg forrás. Lehetséges problémák:

- átfolyó rendszerek felmelegítik a vizet
- nedves hűtőtornyok esetén a víz minőségére és a vízi élőlényekre gyakorolt hatás
- száraz hűtőtornyok esetén a levegő minőségére gyakorolt hatás
- meteorológiai hatások, vegyi anyagok kibocsátása, zajkeltés

### **XII.4.2. Matematikai modellek, szimulációk és laboratóriumi-félüzemi kísérletek**

Numerikus modellek alkalmazhatók a hőtani változások előrejelzésére.

- Közeli területen: a kibocsátott melegebb víz hígulására, keveredésére
- Távoli területen: a befogadó környezet komplex tanulmányozására, egyéb vállalatok kibocsátásának és különböző szennyeződési forrásoknak a figyelembe vételére

Helyszíni és laboratóriumi tanulmányok szükségesek a szennyeződés elleni kezelésekről és a rendszer tisztításáról szóló döntésekhez.

## **XII.5. A komponensek megtervezése és az anyagok kiválasztása**

### **XII.5.1. Nedves hűtés**

Az erőművek hűtőrendszerében alkalmazott anyagok kiválasztásakor természetesen a korrózióknak ellenálló anyagokat, ötvözeteket részesítik előnyben. Tengervízre majdnem mindig titánt alkalmaznak. Folyóvíz használata esetén a kondenzátorok csövei rozsdamentes acélból, sárgarézből vagy titánból készülnek. A csőkötegfalak gyakran készülnek szénacélból vagy titánból epoxi- vagy ebonitbevonattal.

A jó minőségű anyagok is korrodálódhatnak azonban, pl. a lerakódások alatt. Ennek a kivédésére általában biocid-kezelést vagy mechanikai tisztítást alkalmaznak.

A kiegészítő hűtőrendszer hőcserélői acélból vagy rozsdamentes acélból készülnek. A be- és kieresztő szerkezetek, a fő vízvezetékek és maga a torony anyaga vasbeton. A töltet általában (tűzálló) hőre lágyuló műanyag. A cseppeválasztók szintén műanyagból vannak.

## **XII.5.2. Száraz hűtés**

### **XII.5.2.1. Ventilátoros léghűtésű kondenzátor**

Ebben az esetben a gőzturbináról a gőzt a léghűtésű kondenzátorba vezetik, ahol az lecsapódik, és a hőt közvetlenül a légkörbe bocsátja. A lecsapódott gőz kondenzvíz-tartályban gyűlik össze, ahonnan visszakerül a kazánba.

A nagy kondenzátorok hosszú és komplex gőzvezeték-rendszerrel készülnek, ahol elsősorban az elhelyezés és a nyomásesés okozhat problémát. Ez utóbbi minimalizálása érdekében a csőkötegeket általában közvetlenül a turbina csarnok mellé helyezik.

Nedves rendszerekkel összehasonlítva a léghűtésű kondenzátor teljesítménye alacsony, és a kondenzátum hőmérsékletét a levegő száraz hőmérséklete határozza meg. A kondenzátort úgy kell megtervezni, hogy abban ne forduljanak elő nem cseppfolyósítható gázokból álló stagnáló zónák, ezzel kiküszöbölhető a túlhűtés vagy fagyás veszélye. A csőkötegeknek elég erőseknek kell lenniük ahhoz, hogy elviseljék a nagy nyomású vízzel való tisztítást.

Közvetett száraz hűtőrendszerekkel összehasonlítva a léghűtésű kondenzátor esetében nagyobb a lecsapódó gőz és a hűtőlevegő hőmérsékletének különbsége, ezért kisebb hőcserélő felületre van szükség.

### **XII.5.2.2. Természetes huzatú léghűtésű kondenzátor**

A berendezés előnyei:

- csökkentett zajkibocsátás
- a torony magassága következtében csökkentett levegő recirkuláció
- nincs karbantartási igény (ventilátorok, meghajtók, szivattyúk hiánya)
- a gőz lecsapódásához nincs szükség pótlólagos energiára

### **XII.5.2.3. Zárt recirkulációs száraz hűtőtorony**

A száraz hűtés előnyei:

- nincs fáklyaképződés
- hűtővíz paraméterei könnyen beállíthatók és ellenőrizhetők
- nincs szükség pótvízre működés közben

A száraz hűtés hátrányai:

- magasabb beruházási és üzemeltetési költségek (nagyobb épület)
- környezeti levegő hőmérsékletének erőteljesebb befolyásolása
- szennyeződés veszélye jelentős, állandó tisztítást igényel
- téli üzemelés problémái (jég)

### XII.5.4. Tisztított füstgáz kibocsátása hűtőtornyokból

A kéntelenített füstgáz hűtőtornyon keresztül történő kibocsátása környezetvédelmi és gazdasági szempontból is előnyösebbnek bizonyult, mint a kéményen keresztüli kibocsátás. A füstgáz a környezeti hidegebb levegőhöz viszonyított sűrűségkülönbsége révén jut a magasabb légkörbe.

Ilyen esetekben a torony belsejét korrózió elleni bevonattal kell ellátni, az acél alkatrészeket (csúszda, korlát) pedig speciális rozsdamentes acélból készíteni. A tisztított füstgáz-vezetékek üvegszállal megerősített vinilészterből készülnek.

### XII.6. Különböző típusú hűtőtornyok költségeinek összehasonlítása

**XII.3. táblázat: Különböző recirkulációs rendszerek összehasonlítása (25 éves élettartam, 1300 MW<sub>e</sub>)**

Hűtőrendszer típusa	Nedves hűtőtorny		Nedves / száraz hűtőtorny	Száraz hűtőtorny	
	Természetes huzatú	Ventilá- toros	Ventilá- toros	Természetes huzatú	Ventilá- toros
Hőfoklépcső K (száraz levegő 11 °C, nedves levegő 9 °C)	12,5	12,5	13,5	16	17
<b>Névleges kondenzációs nyomás (mbar)</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>82</b>	<b>80</b>
Hőenergia (MW <sub>th</sub> )	2458				
Termelt elektromos energia (MW <sub>e</sub> )	1285	1275	1275	1260	1240
Ventilátorok energiafelvétele MW	0	10	12	0	26
Szivattyúk energiafelvétele MW	13	13	8	14	13
Hűtőközeg költsége	1	1,25	2,3	5,7	4,8
”Hideg vég” költsége	1	1,1	1,6	3,6	3,1
Költségarány kWh / kWh %	0	1,0	2,4	8,4	8,9



**XII.4. táblázat Nedves hűtőtorony és léghűtésű kondenzátor összehasonlítása (20 éves élettartam, 290 MW<sub>th</sub> kombinált egység)**

Hűtőrendszer típusa	Átfolyó	Nedves hűtőtorony		Léghűtésű kondenzátor
		Természetes huzatú	Ventilátoros	
Hőfoklépcső K (száraz levegő 11 °C, nedves levegő 9 °C)	/	≈ 8	≈ 8	≈ 29
<b>Névleges kondenzációs nyomás (mbar)</b>	<b>34</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>74</b>
Hőenergia (MW <sub>th</sub> )	290	290	290	290
Termelt elektromos energia különbsége (MW <sub>e</sub> )	+0,6	0	0	-1,8
Ventilátorok és szivattyúk energiafelvétele MW	1,9	1,95	3	5,8
A villamos áramból származó teljes különbség (millió euró)	-4,7	-2,9	0	12,6
Vízfogyasztás költségének különbsége (millió euró)	-8,9	-8,9	0	0
Hűtőrendszer költségének különbsége (millió euró)	-3,0	1,9	0	8,9
Hűtőrendszer költsége	0,82	1,11	1	1,54
Teljes költségeltérés (millió euró)	-16,5	-1,0	0	12,6

## XII.7. A keringő víz kezelése és ellenőrzése – alternatív eljárások

### XII.7.1. Vízkőmentesítő eljárások

Nedves hűtőrendszerek esetében a vízi környezet hőterhelésének csökkentése érdekében alkalmazható egyetlen eljárás a víz recirkulációja. Ennek következtében azonban nő a koncentrációs tényező és a vízkőképződés veszélye. Erőművek hűtőrendszereiben a vízkőképződés megakadályozására a pótvíz lágyítását és a keringetett víz kénsavval vagy sósavval történő kezelését alkalmazzák.

**XII.5. táblázat : A koncentrációs tényező, a kivont víz mennyisége és a kibocsátott energia összefüggése (egyedi példa)**

Koncentrációs tényező	Kivett víz mennyisége (m <sup>3</sup> /h)	A befogadó vízbe kibocsátott energia (%)
1	36000	100
1,2	3600	8,3
1,3	2600	5,5
1,4	2100	4,2
1,5	1800	3,3
2,0	1200	1,7
3,0	900	0,8
4,0	800	0,5
5,0	750	0,4
6,0	720	0,3

**XII.7.2. Szennyeződés megakadályozása (biocidok)**

- mechanikai tisztítás, vízsűrítés
- élő szervezetek lerakódását megakadályozó, nagy vízsebesség (> 2 m/s)
- hőmérséklet hirtelen emelése (> 40 °C)
- nem-toxikus bevonatok és festékek
- kiszáritás
- szűrők (kagylószűrők)
- UV-fény
- vegyi kezelés

**XII.7.3. Felügyelet**

Vízkömentesítésnél (savazásnál) a következő paramétereket figyelik: a víz lúgossága, keménysége, elektromos vezetőképessége, hőmérséklete.

A leiszapolt víz esetében mérik: hőmérséklet, oxigén-koncentráció, pH-érték, elektromos vezetőképesség stb.

## **XII.8. A hűtőrendszer tervezése**

### **XII.8.1. Tervezés és energia-megtakarítás**

A kondenzátoroknál fellépő energiaveszteségre a termodinamika törvényei érvényesek. A megtakarítás elsősorban helyes tervezéssel érhető el. Alapszabályok:

- korlátozott számú szivattyú
- ventilátoros hűtőtorony kerülése
- nedves hűtőtorony előnyben részesítése (rekuperátor)
- szivattyúk és ventilátorok változó frekvenciájú meghajtása

Következtetések

- két szivattyúkészlet elegendő (egy a fő-, egy a kiegészítő rendszerhez)
- ha az átfolyó rendszer nem megvalósítható, a természetes huzatú nedves hűtőtornyot célszerű választani

### **XII.8.2. A hűtőrendszer kiválasztása**

Energiafelhasználás szempontjából a nedves hűtőrendszer a leggazdaságosabb megoldás, amely – az energiamegtakarítás és a füstgáz-kibocsátás elkerülése révén – ökológiailag is kedvező.