
SAMMANFATTNING

Detta referensdokument (BREF) om tillämpningen av bästa tillgängliga teknik för industriella kylsystem bygger på det informationsutbyte som har genomförts i enlighet med artikel 16.2 i rådets direktiv 96/61/EG om samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar (IPPC). Dokumentet bör läsas mot bakgrund av förordet, där dokumentets syften och dess användning beskrivs.

Inom ramen för IPPC har industriell kylning identifierats såsom en övergripande fråga. Det innebär att "bästa tillgängliga teknik" (BAT) i detta dokument bedöms utan djupgående bedömning av de industriella processer som skall kylas. Den industriella processens behov av kylning beaktas dock i samband med bedömningen av BAT för kylsystem. Det medges att BAT för kylning av en process är en komplex fråga där ett flertal faktorer måste vägas in – t.ex. processens behov av kylning, platsspecifika faktorer och miljökrav – allt under förutsättning att införandet kan ske under ekonomiskt och tekniskt genomförbara förhållanden.

Termen "industriella kylsystem" avser system som för bort överskottsvärme från något medium och använder värmeväxling med vatten och/eller luft för att sänka detta mediums temperatur mot omgivande temperaturnivåer.

I detta dokument beskrivs BAT för kylsystem som anses fungera som hjälpsystem för den normala driften vid en industriell process. Det är visserligen känt att ett kylsystems pålitliga drift även bidrar till den industriella processens pålitlighet. Emellertid omfattas inte kylsystemets drift i förhållande till processsäkerheten av detta BREF-dokument.

I detta dokument presenteras ett integrerat synsätt som man kan använda för att komma fram till BAT för industriella kylsystem. Här konstateras också att den slutliga BAT-lösningen huvudsakligen är av platsspecifik natur. Med avseende på valet av ett kylsystem kan man med detta synsätt endast diskutera vilka delar som hänger ihop med kylsystemets miljöprestanda snarare än att välja och (dis-)kvalificera något av de tillämpade kylsystemen. I de fall där minskningsåtgärder tillämpas försöker man med BAT-synsättet att belysa de effekter som uppstår vid överföring till andra medier. Därigenom betonas att minskningen av de olika utsläppen från kylsystem måste vägas mot varandra.

I de fem kapitlen i huvuddokumentet beskrivs BAT-synsättet, dess nyckelfrågor och principer, kylsystemen och tillhörande miljöaspekter samt de för BAT väsentliga resultaten, slutsatserna och rekommendationerna för framtida arbete. I elva bilagor ges bakgrundsinformation med angivande av specifika aspekter på konstruktion och drift av kylsystem samt exempel för att belysa BAT-synsättet.

1. Integrerat synsätt

Det integrerade BAT-synsättet tar hänsyn till kylsystemets miljöprestanda inom ramen för den industriella processens totala miljöprestanda. Det syftar till minimering av både indirekt och direkt påverkan från driften av ett kylsystem. Det grundar sig på erfarenheten att miljöprestanda för processkylning i stort beror på val och konstruktion av kylsystemet. För nya anläggningar är synsättet därför inriktat på förebyggande av utsläpp genom val av en lämplig kylkonfiguration och genom lämplig utformning och konstruktion av kylsystemet. Dessutom kan minskade utsläpp uppnås genom optimering av den dagliga driften.

För befintliga kylsystem finns det i ett korttidsperspektiv mindre möjligheter till förebyggande genom tekniska åtgärder, och tonvikten läggs på utsläppsminskning genom optimerad drift- och systemstyrning. För befintliga system kan ett stort antal parametrar – t.ex. utrymme, driftresursers tillgänglighet och befintliga lagstadgade restriktioner – vara fasta och endast ge lite utrymme för ändringar. Emellertid kan det allmänna BAT-synsättet i detta dokument anses vara ett mål på lång sikt, vilket överensstämmer med utbytscyklar för befintliga anläggningar.

Enligt BAT-synsättet medges att kylning är en väsentlig del av många industriella processer och att den skall ses som en viktig del av det energihanteringssystemet som helhet. Effektiv energianvändning vid industriella processer är mycket viktig ur miljösynpunkt och för kostnadseffektiviteten. Först och främst innebär BAT att uppmärksamheten måste fästas på den samlade energieffektiviteten för industriella eller tillverkande processer – innan åtgärder vidtas för att optimera kylsystemet. För att öka den samlade energieffektiviteten strävar industrin efter att minska mängden icke återvinningsbart värme genom att förbättra energihanteringen och genom att införa en rad integrerade energisparprogram. Dessa omfattar dels energiutbytet mellan olika enheter inom den kylda industriella eller tillverkande processen, dels kopplingar utanför processen till angränsande processer. Det finns en tendens till ökad användning av system för värmeåtervinning för industriområden, där industrier kopplas ihop eller kopplas till fjärrvärmesystem eller växthusodling. När ingen ytterligare återvinning eller återanvändning av värme är möjlig, kan det dock behöva släppas ut i omgivningen.

Skillnad görs mellan ej återvinningsbart värme på låg nivå (10–25 °C), mellannivå (25–60 °C) och hög nivå (60 °C). Allmänt sett används våta kylsystem för lågnivåvärme och torra kylsystem för högnivåvärme. För värme på mellannivå föredras ingen särskild kylprincip, och olika konfigurationer kan hittas.

Efter optimering av den totala energieffektiviteten för den industriella eller tillverkande processen återstår en given mängd och nivå av ej återvinningsbart värme. Ett första val av kylkonfiguration för att avleda detta värme kan då göras, genom en avvägning av följande faktorer:

- Processens kylbehov.
- Platsens begränsningar (inklusive lokal lagstiftning).
- Miljökrav.

Den industriella eller tillverkande processens kylbehov måste alltid uppfyllas för att säkerställa pålitliga processförhållanden, även vid igångsättning och avstängning. Den lägsta processtemperatur och kylkapacitet som krävs måste alltid säkerställas för att förbättra den industriella eller tillverkande processens effektivitet och minska produktförlusterna och utsläppen till miljön. Ju mer temperaturkänsliga dessa processer är desto viktigare är detta.

Platsens förhållanden begränsar konstruktionsmöjligheterna och de möjliga sätten för drift av ett kylsystem. De bestäms av det lokala klimatet, av tillgängligheten på vatten för kylning och utsläpp, av tillgängligt utrymme för konstruktioner och av omgivningens känslighet för utsläpp. Beroende på processens krav på kylning och den kylkapacitet som behövs kan val av plats för nya installationer vara mycket viktigt (t.ex. god tillgång på kallt vatten). När platsvalet styrs av andra kriterier, eller när det gäller befintliga kylsystem, är processens kylbehov och platsens specifikationer fastlagda.

För kylning är det lokala klimatet viktigt eftersom det påverkar temperaturen på det vatten och den luft som används som kylmedel. Det lokala klimatet karakteriseras av mönstret i uppmätt temperatur för våta och torra medier. Allmänt sett konstrueras kylsystem för att klara kylbehoven under de minst fördelaktiga klimatförhållandena som kan uppstå lokalt, dvs. för den högsta temperaturen för våta och torra medier.

Nästa steg vid val och konstruktion av kylsystem syftar till att uppfylla kraven för BAT, med hänsyn tagen till processens kylbehov och platsens begränsningar. Detta innebär att tonvikten här ligger på valet av lämpligt material och lämplig utrustning för att minska underhållsbehoven och för att underlätta driften av kylsystemet liksom uppfyllandet av miljökraven. Jämte utsläpp av värme till omgivningarna kan även andra miljöeffekter uppstå – t.ex. utsläpp av tillsatser som används för behandling av kylsystemen. Det betonas att när den mängd och nivå av värme som skall avledas kan minskas, blir den slutliga påverkan på miljön från kylsystemet lägre.

Principerna för BAT-synsättet kan också tillämpas på befintliga kylsystem. Olika tekniska lösningar kan finnas tillgängliga – t.ex. byte av kylteknik eller ett utbyte eller modifiering av

befintlig utrustning eller kemikalier som används – men de kan endast användas i mindre omfattning.

2. Tillämpade kylsystem

Kylsystem är baserade på termodynamiska principer och är konstruerade för att främja värmeutbytet mellan processen och kylmedlet och för att underlätta utsläpp av icke återvinningsbart värme till omgivningen. Industriella kylsystem kan kategoriseras utifrån konstruktion och utifrån huvudkylningsprincip: användning av vatten eller luft eller en kombination av vatten och luft som kylmedel.

Värmeutbytet mellan processmediet och kylmedlet förbättras av värmeväxlare. Kylmedlet transporterar värmets från värmeväxlaren till omgivningen. I öppna system står kylmedlet i förbindelse med omgivningen. I slutna system cirkulerar kylmedlet eller processmediet i rör eller rörslingor och står inte i direkt förbindelse med omgivningen.

Engångssystem används vanligen för installationer med stor kapacitet på platser där tillräckligt med kylvatten och mottagande ytvatten finns tillgängligt. Om en pålitlig vattenkälla inte finns tillgänglig används cirkulerande system (kyltorn).

I öppna cirkulationstorn kyls vattnet genom kontakt med en luftström. Tornen är utrustade med anordningar som ökar kontakten mellan vatten och luft. Luftflödet kan skapas med mekaniskt drag genom användning av fläktar eller genom naturligt drag. Torn med mekaniskt drag används i stor utsträckning för liten och stor kapacitet. Torn med naturligt drag används huvudsakligen för stora kapaciteter (t.ex. kraftindustrin).

I slutna cirkulationssystem kyls rören och rörslingorna i vilka kylmedlet eller processmediet cirkulerar, och rören i sin tur kyler mediet de innehåller. I våta system kyler en luftström genom förångning rören eller rörslingorna, vilka sprejas med vatten. I torra system passerar endast ett luftflöde rören/rörslingorna. I båda konstruktionerna kan rörslingorna utrustas med flänsar som ökar den kylande ytan och därigenom kyleffekten. Våta system med slutna kretsar används i stor utsträckning inom industriella anläggningar med mindre kapacitet. Principen för torr luftkylning kan hittas vid mindre industriella anläggningar, men även vid stora kraftverksanläggningar i de fall då tillräckligt med vatten ej finns tillgängligt eller vatten är mycket dyrt.

Öppna och slutna hybridkylsystem är särskilda mekaniska tornkonstruktioner, med möjlighet till såväl våt som torr drift, i syfte att minska den synliga ångmolnsbildningen. Genom valmöjligheten att driva systemen (särskilt små enheter av celltyp) som torra system, under perioder med låga utetemperaturer, kan en minskning av årlig vattenförbrukning och synlig ångmolnsbildning uppnås.

Tabell 1: Exempel på tekniska och termodynamiska egenskaper för olika kylsystem för industriella tillämpningar (ej kraftverk)

Kylsystem:	Kylmedium	Huvudprincip för kylning	Minsta inflöde (K) ⁴	Minsta uppnåeliga sluttemperatur för processmediet ⁵ (°C)	Industriella processens kapacitet (MW _{th})
Öppna engångssystem – direkta	Vatten	Ledning/ konvektion	3–5	18–20	< 0,01 – > 2 000
Öppna engångssystem – indirekta	Vatten	Ledning/ konvektion	6–10	21–25	< 0,01 – > 1 000
Öppna cirkulerande kylsystem – direkta	Vatten ¹ Luft ²	Förångning ³	6–10	27–31	< 0,1 – > 2 000
Öppna cirkulerande kylsystem – indirekta	Vatten ¹ Luft ²	Förångning ³	9–15	30–36	< 0,1 – > 200
Våta kylsystem med slutna kretsar	Vatten ¹ Luft ²	Förångning + konvektion	7–14 ⁷	28–35	0,2 – 10
Torra kylsystem med slutna kretsar	Luft	Konvektion	10–15	40–45	< 0,1 – 100
Öppen hybridkylning	Vatten ¹ Luft ²	Förångning + konvektion	7–14	28–35	0,15 – 2,5 ⁶
Sluten hybridkylning	Vatten ¹ Luft ²	Förångning + konvektion	7–14	28–35	0,15 – 2,5 ⁶

Noter:

- 1 Vatten är det sekundära kylmedlet och cirkuleras för det mesta. Förångat vatten överför värmets till luften.
- 2 Luft är det kylmedium med vilket värmets överförs till omgivningen.
- 3 Förångning är huvudkylningsprincipen. Värme överförs även genom ledning och konvektion, men i mindre omfattning.
- 4 Inflöden i förhållande till temperaturer för våta eller torra medier.
Inflöden från värmeväxlare och kyltorn måste läggas till.
- 5 Sluttemperaturerna beror på platsens klimat (uppgifterna gäller för genomsnittet för mellaneuropeiska klimatförhållanden med en temperatur av 30°/21 °C för torra/våta medier och högst 15 °C vattentemperatur).
- 6 Kapacitet för små enheter – med en kombination av flera enheter eller specialbyggd kylning kan system med högre kapacitet uppnås.
- 7 När indirekta system används eller även konvektion är inblandad ökar inflödet i detta exempel med 3–5K, vilket leder till en högre processstemperatur.

I tabellen visas egenskaperna för tillämpade kylsystem för ett givet klimatförhållande. Sluttemperaturen på processens medium när det lämnar värmeväxlaren efter kylningen beror på kylmedlets temperatur och på kylsystemets konstruktion. Vatten har högre specifik värmekapacitet än luft och är därför ett bättre kylmedel. Temperaturen på kylmedlen luft och vatten beror på de lokala temperaturerna för torra och våta medier. Ju högre mediatemperaturer desto svårare att kyla ner till låga sluttemperaturer för processen.

Processens sluttemperatur är summan av den lägsta omgivande (kylmedlets) temperaturen och den lägsta önskade temperaturskillnaden mellan kylmedlet (när det kommer in i kylsystemet) och processmediet (när det lämnar kylsystemet) över värmeväxlaren, vilket också kallas (termiskt) inflöde. Tekniskt kan inflödet konstruktionsmässigt vara mycket litet, men kostnader är omvänt proportionella mot storleken. Ju mindre inflödet är desto lägre kan processens sluttemperatur vara. Varje värmeväxlare har sitt inflöde och i fallet extra värmeväxlare i serie,

läggs alla inflöden ihop med kylmedlets temperatur (när det kommer in i kylsystemet) för att beräkna den sluttemperatur som kan uppnås för processen. Extra värmeväxlare används för indirekta kylsystem, där en extra kylkrets används. Denna sekundära krets och den primära kylkretsen är sammankopplade med en värmeväxlare. Indirekta kylsystem används när läckage av processämnen till omgivningen helt måste undvikas.

För sådana kylsystem som vanligen används inom kraftindustrin är de minsta inflödena och kylkapaciteterna något annorlunda än vid tillämpningar utanför kraftindustrin. Det beror på grund av de särskilda kraven från ångkondensationsprocessen. De olika inflödena och motsvarande kraftalstringskapaciteter sammanfattas nedan.

Tabell 2: Exempel på kapacitet och termodynamiska egenskaper för olika kylsystem för tillämpningar inom kraftindustrin

Kylsystem	Tillämpade inflöden (K)	Kapacitet för kraftalstringsprocessen (MW_{th})
Öppna engångssystem	13–20 (slutlig skillnad 3–5)	< 2 700
Öppna våta kyltorn	7–15	< 2 700
Öppna hybridkylningstorn	15–20	< 2 500
Torra luftkylda kondensatorer	15–25	< 900

3. Miljöaspekter för de kylsystem som används

Miljöaspekterna för kylsystem varierar med den tillämpade kylkonfigurationen, men fokuseras huvudsakligen på ökning av den totala energieffektiviteten och minskning av utsläppen i omgivande vattenmiljö. Förbruknings- och utsläppsnivåer är mycket plats specifika och där det är möjligt att kvantifiera dem uppvisar de stora skillnader. Enligt filosofin för ett integrerat BAT-synsätt måste de effekter som uppstår vid överföring till andra medier tas med i beräkningen vid bedömningen av varje miljöaspekt och tillhörande minskningsåtgärder.

- **Energiförbrukning**

Den specifika direkta och indirekta förbrukningen av energi är en viktig miljöaspekt som gäller alla kylsystem. Den specifika indirekta energiförbrukningen är energiförbrukningen för processen som ska kylas. Denna indirekta energiförbrukning kan öka på grund av kylprestanda som ligger under de optimala för den tillämpade kylkonfigurationen, vilket kan resultera i en temperaturhöjning för processen (ΔK) och som uttrycks i $kW_e/MW_{th}/K$.

Den specifika direkta energiförbrukningen för ett kylsystem uttrycks i kW_e/MW_{th} och avser mängden energi som förbrukas av all energiförbrukande utrustning (pumpar, fläktar) i kylsystemet för varje MW_{th} som det för bort.

Åtgärder för att minska den specifika indirekta energiförbrukningen är

- val av den kylkonfiguration som har den lägsta specifika indirekta energiförbrukningen (i allmänhet engångssystem),
- användning av en konstruktion med litet inflöde,
- minskning av motståndet mot värmeväxling genom riktigt underhåll av kylsystemet.

När det gäller exempelvis kraftindustrin innebär ett byte från engångskylning till cirkulerande kylning en ökning av energiförbrukningen för hjälpsystem samt en minskning av effektiviteten för den termiska cykeln.

För att minska den specifika direkta energiförbrukningen finns det pumpar och fläktar med större effektivitet. Motstånd och tryckfall i processen kan minskas genom kylsystemets

utformning och genom användning av avdriftseliminators och tornfyllning med lågt motstånd. Ordentlig mekanisk eller kemisk rengöring av ytorna bibehåller lågt motstånd för processen under drift.

- **Vatten**

Vatten är viktigt för våta kylsystem såsom huvudkylmedel, men också som mottagande miljö för kylvattenutsläpp. Fisk och andra vattenorganismer påverkas och dras med vid större vattenintag. Utsläpp av stora mängder varmt vatten kan också påverka vattenmiljön, men påverkan kan kontrolleras genom lämplig placering av intag och utsläpp och bedömning av tidvatten- eller flodvattenflöde för att säkerställa lämplig inblandning och advektiv utspridning av det varma vattnet.

Vattenförbrukningen varierar mellan $0,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ för ett öppet hybridtorn och upp till $86 \text{ m}^3/\text{h}/\text{MW}_{\text{th}}$ för ett öppet engångssystem. Minskning av stora vattenintag för engångssystem kräver en förändring gentemot cirkulerande kylning, vilket samtidigt kommer att minska utsläppen av stora mängder varmt kylvatten. Därvid kan även utsläppen av kemikalier och avfall minska. Vattenförbrukningen för cirkulerande system kan minskas genom att man ökar antalet cykler, genom att man förbättrar vattnets sammansättningskvalitet eller genom att man optimerar användningen av de avloppsvattenkällor som finns tillgängliga inom eller utanför anläggningen. Båda alternativ kräver ett komplext behandlingsprogram för kylvatten. Hybridkylning, vilken möjliggör torr kylning under en del av året, vid mindre kylbehov eller vid låga lufttemperaturer, kan också minska vattenförbrukningen. Det gäller särskilt för små enheter av celltyp.

Utformning och placering av intag och diverse anordningar (skärmar, barriärer, ljus, ljud) används för att minska indragning av och påverkan på vattenorganismer. Anordningarnas effekt beror på arterna. Kostnaderna är höga och åtgärderna vidtas företrädesvis när det rör sig om nya anläggningar. Genom att minska behovet av kylkapacitet genom att, om möjligt, öka återanvändningen av värme, kan utsläppen av varmt kylvatten i det mottagande ytvattnet minskas.

- **Utsläpp av värme i ytvattnet**

Såsom tidigare nämnts kan utsläppen av värme i ytvatten medföra miljöpåverkan på det mottagande ytvattnet. Faktorer som påverkar är t.ex. den tillgängliga kylkapaciteten hos det mottagande ytvattnet, den aktuella temperaturen och ytvattnets ekologiska status. Utsläpp av värme kan orsaka överskridande av EQS för temperaturen under varma sommarperioder som en följd av värmeutsläpp i ytvattnet från kylvatten. För två ekologiska system (laxfiskvatten och karpfiskvatten) har temperaturkraven behandlats i direktiv 78/659/EEG. Det är inte bara vattnets faktiska temperatur som har betydelse för miljöpåverkan från de varma utsläppen, utan också temperaturhöjningen vid blandningsområdets gräns, som en följd av värmeutsläppet i vattnet. Mängden av och nivå på det värme som släpps ut i ytvattnet, i förhållande till det mottagande ytvattnets dimensioner, har betydelse för omfattningen av miljöpåverkan. Vid förhållanden då värme släpps ut vid relativt små ytvatten, och varmvattenområdet når flodens eller kanalens motsatta sida, kan detta ge upphov till barriärer för laxfiskars vandring.

Förutom dessa effekter kan höga temperaturer på grund av värmeutsläpp medföra ökad respiration och påskyndad biologisk produktion (eutrofiering) vilket ger en lägre syrehalt i vattnet.

När ett kylsystem utformas måste hänsyn tas till ovanstående aspekter och möjligheterna att minska värmets som blandas in i ytvattnet.

- **Utsläpp av ämnen till ytvatten**

Utsläpp i ytvattnet från kylsystem orsakas av

- använda kylvattentillsatser och i dem ingående reagerande ämnen,
- luftburna ämnen som kommer in via ett kyltorn,
- korrosionsprodukter som uppstår till följd av korrosion hos delar av kylsystemet,
- läckage av processkemikalier (produkt) och deras reaktionsprodukter.

För att ett kylsystem skall fungera korrekt kan det krävas skyddsbehandling av kylvattnet mot korrosion på utrustningsdelar, mot flagning och mot mikro- och makroförorening. Behandlingarna är olika för öppna engångssystem och cirkulerande kylsystem. För de senare systemen kan behandlingsprogrammen för kylvattnet vara mycket komplexa och antalet typer av kemikalier som används kan vara stort. Som en följd av detta uppvisar utsläppsnivåerna i nedblåsningen från dessa system stora variationer, och representativa utsläppsnivåer är svåra att rapportera. Ibland behandlas nedblåsningen före utsläpp.

Utsläpp av oxiderande biocider i öppna engångssystem, uppmätta som fria oxidanter vid utloppet, varierar mellan 0,1 mg FO/l och 0,5 mg FO/l beroende på doseringens mönster och frekvens.

Tabell 3: Kemiska komponenter från kylvattenbehandling som används i öppna och cirkulerande våta kylsystem

Exempel på kemisk behandling*	Vattenkvalitetsproblem					
	Korrosion		Flagning		(Bio-)förorening	
	Engångs-system	Cirkulerande system	Engångs-system	Cirkulerande system	Engångs-system	Cirkulerande system
Zink		X				
Molybdensalter		X				
Silikater		X				
Fosfater		X		X		
Polyfosfater		X		X		
Polyolestrar				X		
Naturliga organiska ämnen				X		
Polymerer	(X)		(X)	X		
Ej oxiderande biocider						X
Oxiderande biocider					X	X

* På grund av stor miljöpåverkan är kromater inte längre i allmänt bruk..

Val och användning av kylutrustning som är konstruerad av material lämpliga för den miljö som de skall användas i kan minska läckage och korrosion. Denna miljö definieras av

- processförhållanden som temperatur, tryck och flödes hastighet,
- det kylda mediet,
- kylvattnets kemiska egenskaper.

Material som vanligtvis används för värmeväxlare, rörledningar, pumpar och mantlar är kolstål, kopparnickel och olika kvaliteter av rostfritt stål, men titan (Ti) används mer och mer. Beläggningar och färg används också för att skydda ytan.

- **Användning av biocider**

Öppna engångssystem behandlas för det mesta med oxiderande biocider mot makroföroreningar. Mängden som används kan uttryckas i den årligen använda oxiderande tillsatsen uttryckt som klorekvivalent per MW_{th} tillsammans med föroreningsnivån i eller nära värmeväxlaren. Användning av halogener som oxiderande tillsatser i engångssystem kommer att medföra miljöbelastningar huvudsakligen genom bildande av halogenhaltiga biprodukter.

I öppna cirkulerande system tillämpas förbehandling av vattnet mot flagning, korrosion och mikroöroreningar. Tack vare den relativt sett mindre volymen för cirkulerande våta system kan alternativa behandlingar framgångsrikt användas, som ozon och UV-ljus, men de kräver specifika processförhållanden och kan vara ganska kostsamma.

Driftsmetoder som minskar kylvattenutsläppets skadliga effekter är avstängning av urluftningen vid chockbehandling och behandling av nedblåsningen före utsläpp i det mottagande ytvattnet. För behandling av nedblåsning i en avloppsreningsanläggning måste kvarvarande biocidaktivitet övervakas, eftersom den kan påverka den mikrobiologiska populationen.

För att minska utsläppen i avloppsvattnet och minska påverkan på vattenmiljön väljs biocider som förutsätts motsvara både kylsystemets behov och den mottagande vattenmiljöns känslighet.

- **Utsläpp i luften**

Den utsläppta luften från kyltorn med torra kretsar ses vanligen inte som den viktigaste aspekten vid kylning. Nedsmutsning kan uppstå om det finns ett produktläckage, men bra underhåll kan förhindra detta.

De små dropparna i utsläppet från våta kyltorn kan vara förorenade med kemikalier från vattenbehandlingen, med mikrober eller med korrosionsprodukter. Användningen av avdriftseliminators och optimerade program för vattenbehandling minskar de möjliga riskerna. Ångmolnsbildningen måste beaktas när det uppstår en vågrät spridningseffekt eller när det finns risk för att ångmolnet når marknivå.

- **Buller**

Bullerstörningar är en lokal fråga för stora kyltorn med naturligt drag och för alla mekaniska kylsystem. Odämpade ljudtrycksnivåer varierar mellan 70 dB(A) för naturligt drag och cirka 120 dB(A) för torn med mekanisk kylning. Variationen beror på skillnader i utrustning och mätpunkter då värdena varierar mellan luftintag och luftutsläpp. Fläktar, pumpar och fallande vatten är huvudkällorna.

- **Riskaspekter**

Riskaspekter för kylsystem hänför sig till läckage från värmeväxlare, till lagring av kemikalier och till mikrobiologisk förorening (såsom legionärssjuka) för våta kylsystem.

Förebyggande underhåll och övervakning är åtgärder som tillämpas för att förhindra såväl läckage som mikrobiologisk förorening. När läckage kan leda till utsläpp av stora mängder ämnen som är skadliga för vattenmiljön, måste indirekta kylsystem eller särskilda förebyggande åtgärder övervägas.

För förebyggande av utveckling av *Legionellae pneumophila* (*Lp*) är ett lämpligt program för vattenbehandling tillrådligt. Man har inte kunnat fastställa någon övre koncentrationsgräns för *Lp*, mätt i kolonibildande enheter (CFU per liter), under vilken risken kan förväntas vara obefintlig. Denna risk måste särskilt beaktas vid underhållsarbete.

- **Rester från kylsystemets drift**

Det finns inte mycket information om rester eller avfall. Slam från förbehandling av kylvatten eller från kyltornsbassänger måste anses som avfall. De behandlas och bortskaffas på olika sätt beroende på de mekaniska egenskaperna och den kemiska sammansättningen. Koncentrationsnivåerna varierar beroende på programmet för kylvattenbehandling.

Utsläpp i miljön minskas ytterligare genom användning av mindre skadliga metoder för att skydda utrustning och genom att man väljer material som kan återvinnas efter slutanvändning eller utbyte av kylsystemets utrustning.

4. De viktigaste BAT-slutsatserna

BAT eller det primära BAT-synsättet för nya och befintliga system presenteras i kapitel 4. Resultaten kan sammanfattas enligt följande:

Det medges att den slutliga BAT-lösningen kommer att vara en platsspecifik lösning, men för några frågor kan metoder allmänt identifieras som BAT. Vid alla tillfällen måste tillgängliga och tillämpliga möjligheter för återvinning av värme undersökas och användas för att minska mängden och nivån på icke återvinningsbart värme innan avledning av värme från en industriell process till omgivningen övervägs.

För alla anläggningar är BAT en teknik, en metod eller ett förfaringssätt, tillsammans med resultatet av ett integrerat synsätt – där både direkt och indirekt miljöpåverkan vägs in – för att minska miljöpåverkan från industriella kylsystem. Man bör överväga sådana minskningsåtgärder som innebär att kylsystemets effektivitet bibehålls, eller som innebär en effektivitetsförlust som ur miljöhänseende är försumbar jämfört med de positiva effekterna.

För ett antal miljöaspekter har man identifierat metoder som kan betraktas som BAT inom ramen för BAT-synsättet. Inga tydliga BAT har kunnat identifieras när det gäller minskning av avfall, eller metoder för avfallshantering, där man samtidigt undviker miljöproblem som förorening av mark och vatten eller, vid förbränning, av luft.

- **Process- och platskrav**

Val mellan våt, torr och våt/torr kylning för att uppfylla kraven för processen och platsen skall syfta mot bästa totala energieffektivitet. För att uppnå bästa totala energieffektivitet vid hantering av stora mängder lågnivåvärme (10–25 °C) är det BAT att kyla med öppna engångssystem. För nya anläggningar kan detta rättfärdiga val av en (kustnära) plats där det finns säker tillgång till stora mängder pålitligt vatten och ytvatten med tillräcklig kapacitet för att ta emot stora mängder utsläppt kylvatten.

När man kyler farliga ämnen som (om de släpps ut via kylsystemet) innebär en stor risk för miljön, är det BAT att använda indirekta kylsystem med utnyttjande av en sekundär kylkrets.

I princip skall användningen av grundvatten för kylning minimeras, till exempel i fall där risken för utarmning av grundvattenresurser inte kan uteslutas.

- **Minskning av den direkta energiförbrukningen**

Låg direkt energiförbrukning hos kylsystemet uppnås genom att motståndet för vatten och/eller luft i kylsystemet minskas, genom användning av energisparande utrustning. När processen som skall kylas kräver variabel drift, har modulering av luft- och vattenflöde framgångsrikt tillämpats och kan betraktas som BAT.

- **Minskning av vattenförbrukningen och minskning av utsläpp av värme i vatten**

Minskning av vattenförbrukning och minskning av utsläpp av värme till vatten är nära sammankopplade och samma tekniska alternativ gäller.

Mängden vatten som behövs för kylning beror på mängden värme som skall släppas ut. Ju högre grad av återanvändning av vattnet, desto mindre mängd vatten krävs.

Cirkulering av kylvatten med användning av öppna eller slutna cirkulerande system är BAT, när tillgången på vatten är liten eller opålitlig.

I cirkulerande system kan en ökning av antalet cykler vara BAT, men kraven på kylvattenbehandling kan vara en begränsande faktor.

Det är BAT att tillämpa avdriftseliminators för att minska avdriften till mindre än 0,01 % av det totala cirkulerande flödet.

- **Minskning av indragning**

Många olika metoder har utvecklats för att förebygga indragning eller för att minska skadorna vid indragning. Framgångarna har varit varierande och platsspecifika. Inga tydliga BAT har identifierats, men tonvikten har lagts på en analys av biotopen, eftersom framgång eller misslyckande till stor del beror på beteendemässiga aspekter för arterna och på lämplig utformning och placering av intaget.

- **Minskning av utsläpp av kemiska ämnen i vatten**

I överensstämmelse med BAT-synsättet skall användning av de möjliga metoderna för att minska utsläppen i vattenmiljön övervägas i följande ordning:

1. Val av kylkonfiguration med mindre utsläpp i ytvatten.
2. Användning av mer korrosionsbeständigt material för kylutrustning.
3. Förebyggande och minskning av läckage av processämnen till kylkretsen.
4. Tillämpning av alternativ (ej kemisk) kylvattenbehandling.
5. Val av kylvattentillsatser med syftet att minska påverkan på miljön.
6. Optimerad tillsättning (övervakning och dosering) av kylvattentillsatser.

BAT är att minska behovet av behandling av kylvatten genom att minska förekomsten av föroreningar och korrosion genom lämplig utformning. I engångssystem är lämplig utformning att undvika stillastående områden och turbulens och att bibehålla en minsta vattenflödes hastighet (0,8 m/s för värmeväxlare, 1,5 m/s för kondensatorer).

Det är BAT att välja material för engångssystem i starkt korrosiva miljöer som omfattar titan (Ti), rostfritt stål av hög kvalitet eller andra material med liknande prestanda när en reducerande miljö begränsar användningen av titan.

I cirkulerande system kan det, förutom åtgärder som rör utformningen, anses vara BAT att identifiera de tillämpade koncentrationcyklerna och korrosiviteten för processämnena för att möjliggöra val av material med lämplig motståndskraft mot korrosion.

Det är BAT för kyltorn att använda lämpliga fyllningstyper med beaktande av vattenkvaliteten (halten fasta ämnen), förväntad förorening, motståndskraft mot temperaturförändringar och erosion, samt att välja konstruktionsmaterial som inte kräver kemiskt skydd.

VCI-konceptet som tillämpas av den kemiska industrin syftar till minimering av riskerna för vattenmiljön i händelse av läckage av processämnen. Konceptet innebär en koppling mellan graden av miljöpåverkan för ett processämne och den kylkonfiguration och den övervakning som krävs. Med högre möjliga risker för miljön i händelse av läckage leder konceptet till förbättrad motståndskraft mot korrosion, till lösningar där man använder indirekt kylning samt till en ökning av övervakningsnivån för kylvattnet.

- **Minskning av utsläpp genom optimerad behandling av kylvatten**

Optimering av användningen av oxiderande biocider i engångssystem är baserad på tidsanpassning och frekvens för biociddosering. Det betraktas som BAT att minska tillförseln av biocider genom målinriktad dosering, i kombination med övervakning av beteendet hos de förorenande arterna (t.ex. musselskalens rörelse) och utnyttjande av omloppstiden för kylvattnet i systemet. För system där olika kylvattenflöden blandas vid utloppet är pulsväxlande klorering BAT och kan till och med ytterligare minska koncentrationerna av fria oxidanter i avloppet. I allmänhet är diskontinuerlig behandling av engångssystem tillräcklig för att förhindra förorening. Beroende på arterna och vattentemperaturen (över 10–12 °C) kan kontinuerlig behandling med låga nivåer krävas.

För havsvatten varierar BAT-nivåerna för fria oxidationsmedelsrester (FRO), i utloppet som hör till dessa tillämpningar, med tillämpat doseringssystem (kontinuerligt eller diskontinuerligt), med doseringens koncentrationsnivåer samt med kylsystemets konfiguration. De ligger i området från $\leq 0,1$ mg/l till 0,5 mg/l, med ett medelvärde på 0,2 mg/l för 24 timmar.

En viktig del av införandet av ett BAT-baserat synsätt för vattenbehandling, särskilt för cirkulerande system som använder icke-oxiderande biocider, är att fatta välgrundade beslut om vilket system för vattenbehandling som skall användas och hur det skall styras och övervakas. Val av ett lämpligt behandlingssystem är en komplex uppgift, där man måste ta hänsyn till ett antal lokala och platsspecifika faktorer och koppla dessa till egenskaperna hos de aktuella behandlingstillståtserna och till de kvantiteter och kombinationer i vilka de används.

För att underlätta beslutsprocessen för BAT vad gäller kylvattentillsatser på lokal nivå, syftar BREF-dokumentet till att förse lokala myndigheter, som ansvarar för utfärdandet av IPPC-tillstånd, med riktlinjer för en bedömning.

I rådets direktiv 98/8/EG om utsläppande av biocidprodukter på marknaden behandlas biocider som används som skyddsmedel för kylvattens- och processsystem som en specifik kategori. Informationsutbytet visar att det i vissa medlemsstater finns specifika bedömningssystem för användningen av kylvattentillsatser.

Diskussionen, som är en del av utbytet av information om för industriella kylsystem, resulterade i följande två förslag till koncept för kylvattentillsatser, vilka kan användas som kompletterande verktyg för de tillståndsgivande myndigheterna:

1. Ett verktyg för bedömning genom undersökningar, som baseras på befintliga koncept och som möjliggör en enkel relativ jämförelse av kylvattentillsatser vad gäller deras möjliga påverkan på vatten (riktmärkesbaserad bedömning, bilaga VIII.1).
2. En platsspecifik bedömning av biocidutsläpps förväntade påverkan på det mottagande vattnet, i enlighet med resultatet av direktiv 98/8/EG om utsläppande av biocidprodukter på marknaden, där ett nyckelelement är tillämpning av metodiken för att fastställa miljö kvalitetsstandarder (EQSs) enligt det framtida ramdirektivet för vatten (lokal bedömning av biocider, bilaga VIII.2).

Den riktmärkesbaserade bedömningen kan ses som en metod att jämföra miljöpåverkan för flera alternativa kylvattentillsatser, medan den lokala bedömningen av biocider tillhandahåller en måttstock för fastställande av ett BAT-kompatibelt synsätt särskilt för biocider (PEC/PNEC < 1). Användningen av lokal bedömningsmetodik, som ett verktyg för kontroll av industriutsläpp, är redan vanligt förekommande.

- **Minskning av utsläppen i luften**

Minskningen av påverkan av luftutsläpp från driften av kyltorn är kopplad till optimeringen av kylvattenbehandling för att minska koncentrationerna i de små dropparna. När avdrift är det huvudsakliga transportsättet betraktas användningen av avdriftseliminators, som gör att mindre än 0,01 % av det cirkulerande flödet förloras i form av avdrift, som BAT.

- **Bullerminskning**

Primära åtgärder är användning av utrustning som ger låg ljudnivå. Motsvarande minskningsnivåer är upp till 5 dB(A).

Sekundära åtgärder vid inlopp och utlopp från mekaniska kyltorn har motsvarande minskningsnivåer på minst 15 dB(A) eller mer. Det måste observeras att bullerminskning, särskilt för sekundära åtgärder, kan leda till tryckfall, vilket kräver extra energitillförsel som kompensation.

- **Minskning av läckage och mikrobiologisk risk**

BAT är att förhindra läckage genom utformningen; genom att utrustningen drivs inom fastställda konstruktionsgränser och genom regelbunden kontroll av kylsystemet.

Speciellt för den kemiska industrin betraktas det som BAT att tillämpa VCIs säkerhetskoncept, som nämns ovan, för minskning av utsläpp till vatten.

Förekomsten av *Legionella pneumophila* i kylsystem kan inte helt förhindras. Det betraktas som BAT att

- undvika stillastående områden och bibehålla tillräcklig vattenflödes hastighet,
- optimera behandlingen av kylvatten för att minska föroreningar, alg- och amöbatillväxt och spridning,
- regelbundet rengöra kyltornsbassängen,
- minska risken för lungskador hos operatörerna genom att tillhandahålla näs- och munskydd vid beträdande av en driftsenhet eller vid högtrycksrengöring av tornet.

5. Skillnad mellan nya och befintliga system

Alla viktiga BAT-slutsatser kan tillämpas på nya system. När det omfattar teknikförändringar kan tillämpningen på befintliga system vara begränsad. För små serietillverkade kyltorn anses en förändring av tekniken vara tekniskt och ekonomiskt genomförbar. Tekniska förändringar av stora system är allmänt sett kostnadsintensiva eftersom de kräver en komplex teknisk och ekonomisk bedömning som omfattar ett stort antal faktorer. Relativt små anpassningar av dessa stora system, och byte av en del av utrustningen, kan i vissa fall vara genomförbara. För mer omfattande ändringar av teknik kan det krävas ett detaljerat övervägande och bedömning av effekten på miljön och kostnaderna.

Allmänt sett är det ingen större skillnad mellan BAT för nya system och BAT för befintliga system, eftersom fokus ligger på att minska miljöpåverkan genom förbättring av systemets drift. Med detta avses följande:

-
- Optimering av kylvattenbehandlingen genom kontrollerad dosering och val av kylvattentillsatser med syftet att minska påverkan på miljön.
 - Regelbundet underhåll av utrustningen.
 - Övervakning av driftsparametrar, såsom korrosionshastigheten för värmeväxlarens yta, den kemiska sammansättningen hos kylvattnet och graden av förorening och läckage.

Exempel på metoder som betraktas som BAT för befintliga system är följande:

- Tillämpning av passande fyllning för att motverka förorening.
- Utbyte av roterande utrustning mot anordningar med låg ljudnivå.
- Förebyggande av läckage genom övervakning av värmeväxlarens rörsystem.
- Biofiltrering av sidoflöden.
- Förbättring av kvaliteten på vattnets sammansättning.
- Målinriktad dosering i engångssystem.

6. Slutsatser och rekommendationer för framtida arbete

Detta BREF-dokument har fått stort stöd av den tekniska arbetsgruppen (TWG). Bedömning och identifiering av BAT för industriella kylprocesser anses allmänt vara en komplex och mycket plats- och processspecifik uppgift, och den omfattar många tekniska aspekter och kostnadsaspekter. Likväl finns det ett klart stöd för ett koncept med ett allmänt BAT-synsätt för kylsystem baserat på det allmänna förordet till BREF-dokumentet och presentationen av BAT i kapitel 4.

Under informationsutbytet framkom ett antal frågor där ytterligare arbete krävs när detta BREF-dokument ska granskas igen. Den lokala bedömningen av kylvattenbehandling kräver ytterligare undersökning av hur alla relevanta faktorer och kemiska specifikationer som hör till platsen skall kunna inberäknas. Samtidigt är en tydlig vägledning och ett hanterbart förfaringsätt nödvändigt. Andra områden av intresse, där ytterligare insatser kommer att krävas, har att göra med alternativa behandlingsmetoder för kylvatten, minimering av den mikrobiologiska risken och betydelsen av utsläpp i luften.