

# Krematorieverksamhet

BRANSCHFAKTA • UTGÅVA 4 • JUNI 2010



Foto: Kyrkogårdsförvaltningen i Stockholms stad, Susanne Hallmann

## Förord

Naturvårdsverkets branschfaktablad innehåller snabb och lättillgänglig information om en bransch, dess miljöproblem och tillgänglig teknik. Här redovisas exempel på krav som ställs för att begränsa miljöpåverkan från en viss bransch eller verksamhet. Branschfaktabladet är ett hjälpmedel för länsstyrelser, kommuner och miljöprövningsdelegationer vid handläggning av prövnings- och tillsynsärenden.

Detta är utgåva 4 av branschfaktablad för krematorieverksamhet. De ändringar som har gjorts sedan utgåva 3, från 2006 bygger främst på en utredning som IVL utfört på uppdrag av Naturvårdsverket, "Utredning av kunskapsläget angående rening av rökgaser vid krematorier", IVL-rapport B1883 från jan 2010.

Det här branschfaktabladet ingår i en serie, som du kan ladda ner som pdf, köpa i Naturvårdsverkets webbokhandel eller låna i vårt bibliotek. Se vidare på [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se).

## About this fact sheet

The Swedish Environmental Protection Agency's Industry Fact Sheets contain rapidly and easily accessible information about an industry, its environmental problems and its current technology. They report examples of requirements set to limit environmental impact by an industry or activity. The Industry Fact Sheet is intended as an aid to County Administrative Boards, municipalities and environmental review committees considering permits and supervisory matters.

This Fact Sheet is about crematories and is part of a series that you can download as pdf, buy in the EPA online bookshop or borrow from our library. Read more at [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se).



## Innehåll

Branschpresentation	5
Kremationshistoria	5
Branschbeskrivning	5
Branschorganisationer	6
Verksamhetsbeskrivning	7
Förbränningsteknik	7
Uppvärmningssystem	7
Mät-, styr- och reglerutrustning (MSR)	8
Material	8
Kemikalier	8
Miljöpåverkan	8
Utsläpp till luft	8
Utsläpp till vatten	12
Utsläpp till och påverkan på mark	12
Buller	13
Avfall	13
Haverier och driftstörningar	13
Åtgärder	13
Förbränningstekniska åtgärder	14
Materialval	14
Reningsmetoder	14
Avfall	17
Kemikalier	17
Vatten	17
Energi	18
Skorstenshöjd	18
Lokalisering	18
Haverier och driftstörningar	18
Annan teknik	19
Tillsyn och egenkontroll	20
Organisation	20
Skötsel av teknisk utrustning	20
Mätningar	20
Undersökningar	21
Kemikalier	23
Journalföring och dokumentation	24
Rättelseåtgärder	24
Rapportering	24
Exempel på villkor, råd och förelägganden	24
Litteratur och länkar	28
Mått, enheter, förkortningar och beteckningar	30
Mått och enheter	30
Förkortningar	30
Kemiska beteckningar	31

---



## Branschpresentation

### **Kremationshistoria**

År 1876 togs de första krematorierna i bruk och i Sverige inleddes en informationsverksamhet om eldbegängelse. År 1882 ledde den intensiva informationsverksamheten till att föreningen för eldbegängelse i Sverige bildades under namnet Svenska Likbränningsföreningen. Föreningen uppförde landets första krematorium intill Stockholms norra begravningsplats i Solna år 1887. Allt fler anslöt sig till eldbegängelserörelsen, speciellt under 1920- och 1930-talet. Sedan 1983 heter organisationen Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund (SKKF) och är ett förbund som arbetar för utveckling av krematorieverksamheten och begravningsverksamheten i övrigt.

### **Branschbeskrivning**

Med branschen avses här endast krematorieverksamheten. Lakvatten m.m. från kyrkogårdar behandlas därför inte i detta branschfaktablad.

Miljöbalken är tillämplig på krematorier. Av bilagan till förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd framgår att krematorieverksamhet är tillståndspliktig enligt - 93.20 B i FMH-bilagan. Tillstånd söks hos och prövas av den miljöprövningsdelegation som hör till det län där verksamheten bedrivs. Enligt övergångsbestämmelserna till nämnda förordning skall också befintliga verksamheter tillståndsprövas. För dessa gäller att verksamhetsutövaren senast den 31 december 2007 skall ha kommit in till länsstyrelsen med en ansökan om tillstånd.

Under 2009 fanns 66 krematorier i drift i Sverige, se figur 1. Antalet utförda kremeringar under 2009 uppgick till 69 645. Lokaliseringen av krematorierna följer i stort befolkningstätheten. Krematorierna i norra Sverige och i vissa delar av övriga landet har en relativt låg utnyttjandegrad.

De flesta större krematorierna är idag försedda med rökgasrening för partikel- och kvicksilveravskiljning. Det innebär att 82 % (2009) av alla kremeringar sker vid ett krematorium som är försett med rökgasrening. Vid 40 av landets 66 krematorier används kolfilterrening (Pulver- eller Bäddmetoden). 24 krematorier saknar rening av kvicksilver med en verifierad metod som uppfyller kravet på bästa möjliga teknik. Av dessa använder 9 krematorier selenampull. Vid två krematorier används partikelfilter utan adsorbent för avskiljning av enbart partiklar samt tillsats av selenampull.

Andelen avlidna som kremeras varierar starkt mellan olika länder. I de nord- och mellaneuropeiska länderna varierar andelen från ca 30 till 70 %. I Sverige är andelen 75 %.

## Branschorganisationer

Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund (SKKF) är branschorganisation, med Forskningsstiftelsen för krematorieteknik knuten till sig. Samrådsgruppen Begravningsbranschen-Träindustrin (SBT) är en sammanslutning för olika branschorganisationer inom verksamhetsområdet. Svenska kyrkans arbetsgivarorganisation är arbetsgivarorganisation för församlingarna i Svenska kyrkan och svarar för samlad rådgivning till landets kyrkogårdsförvaltningar, även till de som innehar krematorier.



Figur 1. Krematorierna i Sverige under 2010.

## Verksamhetsbeskrivning

### Förbränningsteknik

Tiden för kremeringen är i hög grad beroende av det stoft (den kropp) som skall kremeras och kan variera. Förloppet följer en relativt fast cykel med en första period av antändning och kistförbränning under cirka 10 minuter, en andra period som inleds med att kistan faller samman och kistans inredning, svepningen samt stoftets ytterdelar förbränns och en tredje period då förbränningens intensitet successivt avtar. Förbränningstiden fram till avslutad kremering är normalt cirka 75-90 minuter.

Vid start värms ugnen till minst 700°C med stödbränsle. Efterbrännkammaren (EBK) värms till minst 800 °C. Uppvärmningsfasen av ugnen är av stor betydelse för utbränning av rökgaserna under efterföljande kremering. Är ugnen utrustad med efterbrännkammare underlättas påeldningen betydligt, samtidigt som efterföljande kremering avlöper med lägre halt oförbrända kolväten och komplexa pyroly-sprodukter i rökgaserna.

Kremeringen startar med att kistan med stoft (kropp) införs i den varma ugnen. Direkt efter, eller i slutet av införingsmomentet, vilket varar cirka 15 sekunder, antänds kistan på grund av den starka strålningen från de varma ugnsväggarna. Kistmaterial, faner och ytbehandling spelar en avgörande roll. Kvicksilver från käkamalgam börjar avgå cirka 10 minuter efter insättning och efter cirka 20 minuter har större delen av kvicksilvret lämnat ugnen. Så gott som momentant när kistan faller samman blir förbränningen mycket intensiv, då stora mängder lätta kolväten antänds. Efter cirka 10 minuter mattas den av märkbart. Temperaturen faller och under de sista 20-30 minuterna sker enbart en kolförbränning, dvs. utbränning av stoftets och kistans rester. Under denna avslutande fas är ugnbelastningen mycket låg. Vid askrakning efter kremering är syrehalten i rökgaserna i nivå med halten i luft.

Rökrör och rökkanaler sotas genom manuell torr- eller tryckluftssotning. Sotning förekommer vanligtvis en gång per år, men intervallerna kan skilja avsevärt från anläggning till anläggning, beroende på bl.a. kremeringsfrekvensen.

### Uppvärmningssystem

Krematorieugnarna är försedda med uppvärmnings-/temperaturhållningssystem baserat på olja (oljebrännare) eller gas (gasbrännare). För närvarande används vanligtvis oljebrännare. Normalt förbrukas ca 20 liter eldningsolja (Eo1) som stödbränsle per kremering. Mängder upp till 30 liter kan dock förekomma. Ett fåtal



ugnar har brännare för stadsgas/naturgas. Eluppvärmda ugnar finns inte längre i drift i Sverige. De förekommer dock på den internationella marknaden.

### **Mät-, styr- och reglerutrustning (MSR)**

Under senare år har de flesta krematorieugnar försetts med undertrycksindikering/-reglering. Temperaturindikering finns på så gott som samtliga ugnar, men temperaturreglering saknas fortfarande vid de äldre ugnarna. Ett antal anläggningar har någon typ av utrustning för tidsstyrning med olika grad av reglermöjlighet. Tidsstyrningen behöver dock kompletteras med annan styrning och reglering av förbränningsprocessen eftersom kremeringarna kan variera med upp till  $\pm 30$  % sinsemellan. Processtyrningen på timerutrustning är en alltför grov kompromiss som kan medföra höga CO-halter. Optisk utrustning för rökdetektering (indikering) i utgående rökgaskanal är också vanligt förekommande.

### **Material**

Materialiet i kistorna utgörs av limmade träfiberplattor eller homogent trä. Kistinredning baseras på fibermaterial som papper, tyg eller konstfiber. Enstaka kistor med stoft från utlandet eller kistor tillverkade av anhöriga tillåts i allmänhet för kremation (se även rubriken materialval, sid 14).

### **Kemikalier**

Formalin, vilket är det allmänna namnet för en lösning av formaldehyd (HCHO), metanol och vatten, används som balsameringsvätska. Mängden formalin som tillförs stoftet varierar och kan uppgå till ett tiotal liter. Denna behandling görs dock inte vid krematorierna. Balsamering utförs i huvudsak på de platser där tillgången på kyl- och frysutrymmen inte är tillräckligt stor och där tiden mellan dödsfall och begravning är extremt lång. I Sverige sker merparten av balsameringarna i Stockholm, där tiden mellan dödsfall och begravningsceremoni är längst i landet (mer än 30 dagar i genomsnitt).

Aktivt kol eller en kombination av aktivt kol och kalk används som sorbent i rökgasreningssystem med textila spärrfilter. I övrigt används rengöringsmedel, smörj- och hydrauloljor, lösningsmedel samt olja som stödbränsle.

I kyl- och frysanläggningar används HCFC/HFC (R22, R404a, R134a) eller ammoniak som köldmedium.

## **Miljöpåverkan**

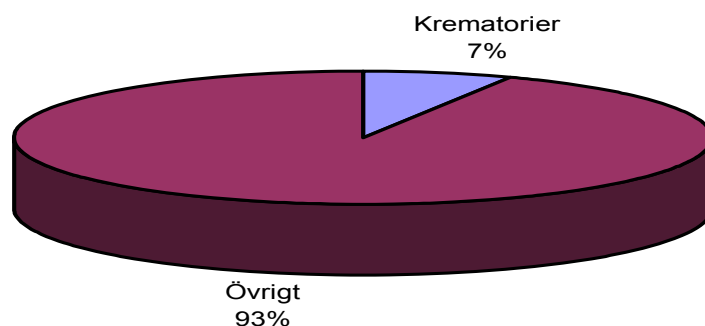
### **Utsläpp till luft**

#### **KVICKSILVER**

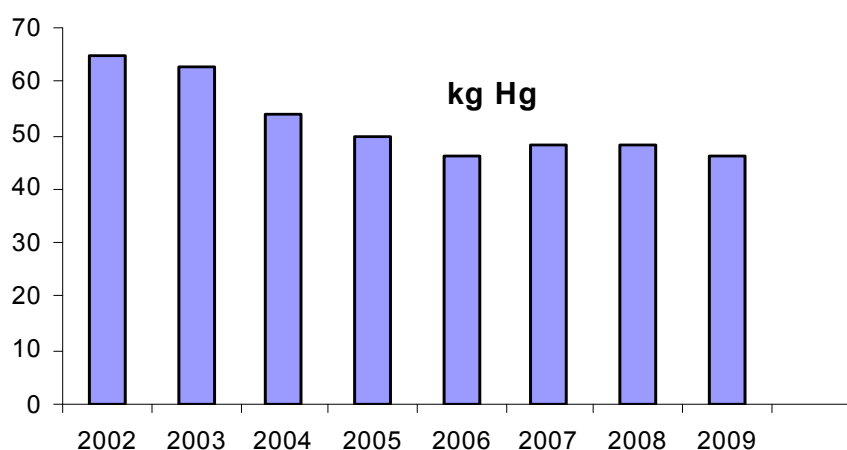
Det totala utsläppet av kvicksilver till luft i Sverige under år 2007 beräknades uppgå till cirka 633 kg, se figur 2. Krematorieanläggningarnas kvicksilverutsläpp beräknades då utgöra cirka 7 % av de totala utsläppen till luft i landet. Det kvicksilver

som släpps ut från krematorier härrör nästan uteslutande från de avlidnas amalgamfyllningar. Utsläppen beräknas ha minskat markant under senare delen av 1990-talet beroende på installation av rökgasreningssystem. Dessa utsläppssiffror är beräknade utifrån en genomsnittlig förekomst om 3 gram kvicksilver per avliden och en antagen 95-procentig avskiljning vid de krematorier som är försedda med rökgasrening. Detta är en grov uppskattning av mängden kvicksilver per avliden och är tänkt att användas för att uppskatta t ex det totala nationella årliga utsläppet av kvicksilver i Sverige från krematorier. Schablonen är inte tänkt att användas för att bedöma ingående mängd kvicksilver vid enstaka kremeringar. Vid tidigare beräkningar av årliga utsläpp har kvicksilverutsläppen beräknats utifrån en schablon på 5 g kvicksilver per kremering.

### Totalt 633 kg



Figur 2. Utsläpp till luft av kvicksilver under 2007 i Sverige. Utsläppen från krematorierna är baserat på 3 gram/kremering.



Figur 3. Utsläpp till luft av kvicksilver från krematorier i Sverige under 2002 - 2009.

Kunskapsläget angående rening av rökgaser vid krematorier har utretts (IVL-rapport B1883, jan 2010) utifrån resultat från mätningar vid krematorier och vad som är känt genom litteraturen angående kvicksilvers egenskaper och reaktivitet med selen. Utredningen har initierats av den debatt som pågått under lång tid, vilken till viss del kommit att fokuseras kring kvicksilvers fysikaliska egenskaper i rökgassammanhang. Bland annat har det befarats att kvicksilver från krematorier inte kan renas på traditionellt vis, på grund ämnets förmåga att diffundera ut genom ugn och rökgaskanalens väggar. Selenmetoden tillämpas nu som enda reningsmetod för kvicksilver vid 9 krematorier i Sverige. Tillgänglig kunskap om kvicksilver visar dock att det inte finns någon grund för antagandet att kvicksilver i betydande mängd orenat kan avgå från krematorier via diffusion. Därmed finns inte några belägg för att traditionell reningsmetod, d.v.s. rening med aktivt kol, inte fungerar tillfredsställande. Det finns även övertygande experimentella belägg för att kvicksilver och selen i gasfas inte reagerar med varandra. Därför saknas förutsättning för att selenmetoden skall fungera på det sätt som föreslagits.

Sammanfattande slutsatser från utredningen:

1. Det finns idag ingen teoretisk eller praktisk grund för antagandet att kvicksilver i betydande mängd kan diffundera genom ugn- eller skorstenväggar i krematorier.
2. Det finns inte heller några vetenskapliga belägg för att kommersiellt tillgängliga reningsmetoder baserade på adsorption av kvicksilver från rökgasen på aktivt kol inte skulle fungera tillfredsställande.
3. Tillgängliga undersökningar av kvicksilver adsorberat på aktivt kol från rökgasrening i krematorier tyder på att detta kvicksilver är stabilt och kan lagras under lång tid utan avgång.
4. Det finns inga teoretiska eller praktiska belägg som visar att tillsats av selenampull vid kremering har någon avskiljande effekt på kvicksilver.

Andelen fyllning av amalgam inom barn- och ungdomstandvården har sjunkit från ca 30 % till ca 0,1 % mellan 1991 och 2002. Inom vuxentandvården har andelen under samma period sjunkit från 32 % till 2,8 %.

I en studie genomförd 1993 som baserades på genomförda kremeringar i Göteborg har försök gjorts för att uppskatta mängden käkamalgam i de stoft som kremeras. Beräkningar har genomförts för åren 1986, 1991 och 2000 med resultaten 3,6, 4,6 respektive 5,9 gram/kremering. I samband med SKKF:s forskningsprojekt avseende kvicksilverutsläpp från krematorier omvärderades dock detta medelvärde till 3 gram kvicksilver per avliden. Naturvårdsverket uppskattar mängden kvicksilver per avliden som en schablon till ca 3 gram med en variation mellan 2-5 gram. Detta är en grov uppskattning av den genomsnittliga mängden kvicksilver per kremering. I tidigare branschfaktblad har Naturvårdsverket uppskattat mängden kvicksilver till 5 gram per kremering som en schablon.

Land	mängd Hg (g)/kremering	kommentar
Sverige	3	SKKF
Danmark	4	baseras på massbalans
Norge	2-4	baseras på mätningar
Norge	4,9	EPA
Schweiz	2,5	-
England	3	baseras på mätning (0,9-6,8g)

Huvuddelen av kvicksilvernedfallet i Sverige kommer från andra länder. En IVL-rapport (B 1270) från 1997 visar att av krematoriernas dåvarande beräknade årliga utsläpp om 300 kg kvicksilver deponerades ca 50 kg inom landet och resterande transporteras utanför landets gränser. Det totala nedfallet i Sverige är i storleksordningen 2-4 ton.

Institutet för miljömedicin (IMM), har utfört en bedömning av hälsorisker till följd av exponering av kvicksilver från krematorier (IMM-rapport 1/92). Beräknade högsta genomsnittliga upptag av kvicksilver från krematorierökgaser ger ett visst tillskott till bakgrundsexponeringen via omgivningsluften i direkt närhet till krematoriet, men ett mycket litet tillskott redan några hundra meter från krematoriet.

En undersökning genomförd av IVL under 1995 (IVL-rapport B 1201) visar att kvicksilverhalten i inomhusluften i krematorier understeg det dåvarande gällande hygieniska gränsvärdet, 30 µg/m<sup>3</sup>.

#### KOLOXID OCH OFÖRBRÄNDA KOLVÄTEFÖRENINGAR

Krematorieugnarna i äldre krematorier saknar ofta efterbrännkammare med möjlighet till utbränning av oförbrända rökgaser. Den undermåliga utbränningen av rökgaserna i kombination med genomgående bristfällig instrumentering, såsom avsaknad av kontinuerlig indikering/registrering av kolmonoxid (CO), resulterar regelbundet i perioder av kraftigt förhöjda utsläpp av rök/oförbrända kolväten. Ofta finns en korrelation mellan halten av CO och oförbrända kolväteföreningar, t ex PAH (polyaromatiska kolväten), i rökgaserna från förbränning.

Den låga kokpunkten (101°C) torde medföra att all formalin från balsamerade stoft kommer att förångas under kremeringens första 15 minuter. Formaldehyd bildas även vid förbränning av vissa limmade spånskivor. Den termiska tändpunkten för formalin varierar med halten av tillsatt metanol och ligger i intervallet 400-430°C. Vid högre temperaturer oxideras formaldehyd vidare till koldioxid och vatten.

Polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF) – så kallade dioxiner – utgör en grupp av totalt 210 olika kemiska föreningar. Dioxiner bildas vid förbränning där klorhaltigt material som exempelvis olika plaster, koksalt (klor förekommer som koksalt i människokroppen i en koncentration av cirka 0,5 %), klorerade fenoler eller fetter finns närvarande. För att

dioxiner ska bildas skall temperaturen i gasen uppgå till lägst 200°C och högst 600°C i närvaro av en katalysator i form av exempelvis koppar som kan omvandla klorväte till klor. Dioxiner förekommer bland annat i rökgaserna från krematorier.

Mätningar som genomfördes under 1988 på rökgaserna från en kremeringsugn, som då saknade reningsutrustning (Berthåga krematorium i Uppsala) visar på dioxinhalter som uppgår till 10-20 ng/m<sup>3</sup>. Detta motsvarar ca 2-6 µg/kremering. Vid två danska krematorier (Odense och Holbæk) har det genomförts dioxinmätningar på ugnar som byggts under 1990-talet och som är försedda med efterbrännkammare. Mätningar visar på utsläpp i spannet 0,2 - 0,7 ng/m<sup>3</sup> (I-TEQ norm torr gas vid 10 % O<sub>2</sub>) med ett medelvärde om 0,3 ng/m<sup>3</sup>. Krematorier försedda med rökgasrening baserad på aktivt kol har mycket små dioxinutsläpp, se vidare under avsnittet Reningsmetoder. Det totala utsläppet av dioxiner från samtliga krematorier i Sverige beräknas uppgå till ca 50-100 mg/år, där merparten kommer från äldre anläggningar utan rökgasrening, där avskiljning av kvicksilver med Bädd- eller Pulvermetoden saknas. Anläggningar som är försedda med kolfilterutrustning har mycket små dioxinutsläpp.

Eldning med stödbränsle (Eo1) orsakar utsläpp av små mängder svavel- och kväveoxider (SO<sub>x</sub> och NO<sub>x</sub>).

### **Utsläpp till vatten**

Då rökrör och rökkanaler torrsotas manuellt eller med tryckluft uppstår inga direkta utsläpp till vatten. Samtliga krematorier i landet har av denna anledning gått över till torrsotning.

### **Utsläpp till och påverkan på mark**

Halten kvicksilver i mark har uppmätts bl.a. vid krematorierna i Limhamn och i Helsingborg. Halten varierade mellan 0,038-0,046 respektive 0,016-0,082 mg/kg TS. Under 1988/99 gjordes två omfattande mätningar i marken runt krematorierna i Stockholm, Räcksta och Skogskrematoriet. Halterna är förhöjda i förhållande till bakgrundsvärdet för ytlig morän i tätort (0,20 mg/kg TS). Högsta uppmätta värdena (0,37 respektive 0,74 mg/kg TS) detekterades i ytproven närmast skorstenen i den minst dominerande vindriktningen. En förklaring till detta skulle kunna vara ned-sug av rökgaser från skorstenen.

Som jämförelse kan nämnas att den förindustriella bakgrundshalten för kvicksilver i skogsmark har beräknats till < 0,075 mg/kg enligt rapport 4153 från Naturvårdsverket. Laboratoriestudier visar att mikroorganismer kan påverkas om halten i mark överstiger 0,4-0,5 mg/kg.

Spridningsberäkningar visar också att haltbidraget av kvicksilver från krematorieverksamhet i närområdet är lågt. Utsläppen av kvicksilver från krematorierna har endast en ringa påverkan på halten i mark. Enligt Naturvårdsverkets rapport 5184 svarar dock användning av dentalamalgam inom huvudsakligen tandläkarverksam-

het för merparten av den mängd kvicksilver som ackumulerats i Stockholmsmiljön. Problemet är depositionen av kvicksilver kopplat till de långväga transporterade utsläppen.

### **Buller**

Så gott som samtliga krematorier är placerade inom eller strax intill en begravningsplats. Verksamheten i sig alstrar mycket lite buller. Bullret kommer i första hand från ventilationsanläggningar och kylutrustning samt från transporter till och från krematoriet.

### **Avfall**

Det avfall som uppkommer vid krematorier utgörs till en del av farligt avfall, såsom spillolja från service och underhåll av utrustning och residual (använt sorbent från rökgasrening). I övrigt förekommer kasserade filter från rökgasreningssystem. Mängden residual kan uppskattas till 9 ton per år utifrån en genomsnittlig mängd om 0,2 kg per kremering.

### **Haverier och driftstörningar**

Haveri och driftstörning kan förekomma såväl i kremationsugn som i rökgasreningssystem. Brand i filterenhet kan undvikas genom val av filter- och sorbentmaterial, som tål högre temperatur, samt genom effektivare processövervakning. Läckage från krematoriets kyl/frysanläggning kan förekomma.

## **Åtgärder**

Krematorieverksamhet har i första hand koppling till miljö kvalitetsmålet giftfri miljö. Det lyder "Miljön skall vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden."

OSPAR-konventionen (Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten) har tagit fram ett dokument om kvicksilverutsläpp från krematorier. Dokumentet är en översiktlig beskrivning över utsläppen i en geografiskt begränsad del av OSPAR-konventionen, och hur dessa åtgärdas/kontrolleras. Enligt rekommendationen 2003/4 (Controlling the Dispersal of Mercury from Crematoria) bör verksamhetsutövare tillämpa användningen av bästa tillgängliga teknik (BAT). I rapporten beskrivs också vilka tillgängliga reningstekniker som finns och vilken kostnad dessa är förenade med. Enligt OSPAR uppgår avskiljningskostnaden beroende på teknik och anläggningsstorlek till 750 – 2 000 kronor per gram avskilt Hg.

HELCOM (Konventionen för skydd av marina miljöer i östersjöområdet) har tagit fram en rekommendation för utsläpp från krematorier (HELCOM Recommendation 29/1, reduction of emissions from crematoria).

Rekommendationen gäller för krematorier med en kapacitet för > 500 kremeringar per år. Den gäller för omedelbart för nya anläggningar som byggts efter 1 januari 2010 och för befintliga anläggningar från och med den 1 januari 2015.

Rekommendationen anger fyra olika reningstekniker för rökgaser som exempel på bästa tillgängliga teknik. De tekniker som anges är motsvarande pulvermetoden och bäddmetoden samt skrubbteknik och keramisk reaktor.

Rekommendationen anger värden för följande utsläppsparametrar:

Ämne	Utsläppsvärde (mg / normal m <sup>3</sup> )
Total halt stoft	10
CO	50- (500)*
Hg	0,1

\*500 mg CO/normal m<sup>3</sup> kan accepteras för maximalt 2 minuter.

### **Förbränningstekniska åtgärder**

För att säkerställa en god förbränning har halten koloxid (CO) i rökgasen begränsats till 50 mg/m<sup>3</sup> normal torr gas vid 11 % O<sub>2</sub> och 500 mg/m<sup>3</sup> som 1-minutsvärde i nyare tillståndsbeslut. Detta värde kan uppnås genom förbränningstekniska åtgärder, exempelvis optimering av mät-, styr- och reglerutrustning samt separat uppvärmd efterbrännkammare. För att säkerställa en god förbränning har det i tillståndsbeslut föreskrivits lägsta temperaturer om 700-850°C. För att förhindra explosioner ställs dock ett lägre på krav på när en kista kan föras in i ugnen, 700°C. De förbränningstekniska åtgärder som nämnts ovan bidrar också till att minska risken för dioxinbildning.

### **Materialval**

Samrådsgruppen Begravningsbranschen Träindustrin, SBT, har tagit fram en rekommenderad kravspecifikation för kistmaterial för kremering och jordbegravning. Kravspecifikationen omfattar material för stomme, ytbehandling, lim, inredning, ornament och handtag. De plaster som ingår i kistan bör enligt dessa vara klorfria.

### **Reningsmetoder**

En ny krematorieugn, inkl efterbrännkammare, rökgaskylnings- och filteranläggning för rening av kvicksilver, partiklar, dioxin och andra gasformiga föroreningar (med kolfilter), kostar ca 7-8 milj kr. Av detta bedöms rökgaskylnings- och filteranläggning för partiklar kosta ca 30 % av ovanstående och 10 % utgör kostnaden för rening av kvicksilver, dioxin och övriga gasformiga föroreningar med aktivt kol.

TEXTILA SPÄRRFILTER BELAGDA MED SORBENT (PULVERMETODEN)  
Flera rökgasreningsanläggningar är uppförda som baseras på tekniken. Rökgaserna från krematorieugnen passerar en rökgaskylare eftersom textiltfiltret inte tål höga temperaturer. Filterenheten består av ett textilt spärrfilter som beläggs med ett ad-

sorberande skikt (ofta aktivt kol/kalk) där i första hand kvicksilver och partiklar avskiljs. Från filterenheten leds rökgaserna genom en kanal till skorstenen. Tekniken kan avskilja mer än 95 % av till filter ingående kvicksilvermängd.

Förbrukningen av sorbent uppgår till i genomsnitt 0,2 kg per kremering. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden 98 % och halten kvicksilver i de renade rökgaserna uppgår till 1-100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

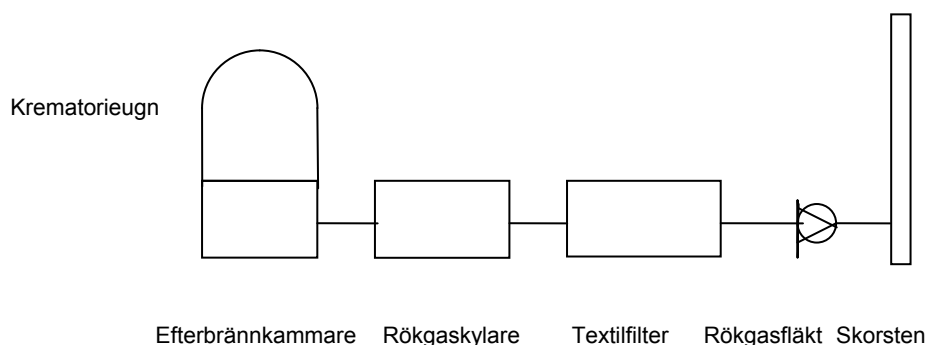
I Sverige finns det 33 (2010) anläggningar med rökgasrening enligt pulvermetoden.

Tester av aktivt kol från Kvibergs krematorium i Göteborg visar att kvicksilver som är bundet till (adsorberat på) aktivt kol är stabilt och inte avgår till luft. Dock fann man att kolet i en av de 9 tunnor som testades saknade förmåga att binda kvicksilver. Sådant kol påträffades även vid en tidigare undersökning. I båda fallen hade kolproverna avvikande utseende. Slutsatsen är att kolets kvalitet måste kontrolleras.

Tekniken används också för dioxinavskiljning. Mätningar vid Råcksta krematorium i Stockholm 2000, då utrustat med en av Sveriges två pilotanläggningar från 1994, gav rengasvärdet 0,3  $\text{ng}/\text{m}^3(\text{n})$  för dioxin. Efter ombyggnad uppmättes 2003 dioxinmissionerna till 0,045  $\text{ng}/\text{m}^3(\text{n})$ . I båda fallen var halten dioxin 8-10  $\text{ng}/\text{m}^3(\text{n})$  före filter.

Följande utsläppsvärden för dioxin har uppmätts vid tre krematorier mellan 2006-2008:

Krematorium	år	Utsläppsvärde $\text{ng}/\text{m}^3(\text{n})$
<i>Linköping</i>	2006	0,0034 resp 0,0032
<i>Östersund</i>	2007	0,0081
<i>Helsingborg</i>	2008	0,015



Figur 4. Skiss över ett krematorium med rökgasreningssystem.



### TEXTILA SPÄRRFILTER MED EFTERFÖLJANDE BÄDD MED SVAVELDOPAT KOL (BÄDDMETODEN)

Ett antal rökgasreningsanläggningar är uppförda som baseras på tekniken. Rökgaserna från krematorieugnen passerar genom ett spärfilter för att eliminera partiklar och därefter genom en bädd med svaveldopat aktivt kol i granulatform. Kvicksilver och svavel är reaktionsbenägna och tekniken bygger på att kvicksilver och svavel bildar en stabil förening. Bädde innehåller en eller två cylindrar med granulat som beräknas klara ca 8 000 kremationer. Granulatet byts på plats. Metoden medför att hela pulver/avfallshanteringen utgår, bortsett från residual från spärfilter samt förbrukat granulat.

Genomförda mätningar vid leverans- och garantibesiktningar visar att tekniken kan avskilja mer än 95 % av till filter ingående kvicksilvermängd. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden vida 90 % med mätningar som visar över 99,9 % och med en halt kvicksilver i de renade rökgaserna uppgående till 5 µg/m<sup>3</sup>. Tekniken används också för dioxinavskiljning.

I Sverige finns det 7 (2010) anläggningar med rökgasrening enligt bäddmetoden.

För båda reningsmetoderna är det viktigt att använda aktivt kol med en stor inre yta. Anläggningar med reningsutrustning som använder aktivt kol (pulver- och bädd metoden) får även lägre utsläpp av dioxin och PAH.

### SKRUBBERTEKNIK

Någon anläggning är inte uppförd vid krematorier men tekniken har använts vid andra verksamheter. Enligt OSPAR kan denna teknik reducera kvicksilverutsläppen till 100-200 µg/m<sup>3</sup>.

### KERAMISK REAKTOR

Någon anläggning är inte uppförd med denna teknik. Tekniken innebär att rökgaserna leds genom ett keramiskt filter som är belagt med en reaktiv sorbent.

### GULDFILTER/BIKAKEFILTER

Tekniken baseras på att guld bildar amalgam med kvicksilver. Regenereringen av guldfiltret sker genom upphettning av amalgamet varvid kvicksilvret avgår och filtret kan användas på nytt. Ett uppströms partikelfilter erfordras för att undvika att filtret kontamineras. Enligt OSPAR överstiger avskiljningsgraden 99,9 % med en halt kvicksilver i de renade rökgaserna uppgående till 5 - 13 µg/m<sup>3</sup>.

### UTVÄRDERING AV RENINGSUTRUSTNINGENS FUNKTION

Följande aspekter ger en uppfattning beträffande reningsutrustningens funktion:

- Vilken avskiljningseffekt erhålls för Hg?
- Vilken avskiljningseffekt erhålls för dioxiner?

- Vilken avskiljningseffekt erhålls för rökgasstoff och andra föroreningar?
- I vilken form avskiljs och omhändertas Hg och dioxiner?
- Vilken sammansättning får restprodukten och hur hanteras denna?

### **Avfall**

I fråga om avfall gäller bestämmelserna i 15 kap miljöbalken och avfallsförordningen (2001:1063). Enligt de allmänna hänsynsreglerna skall möjligheterna till återvinning och återanvändning utnyttjas. Begravningslagen (1990:1144) och begravningsförordning (1990:1147) gäller också och tillämpas parallellt med miljöbalken.

Avfall som uppkommer vid rivning av krematorieugnar och som är kvicksilverhaltigt klassas som farligt avfall enligt avfallsförordningen. Avfallskoden är 17 01 06 ”blandningar eller separata fraktioner av betong, tegel, klinker och keramik som innehåller farliga ämnen”. I de fall det kan visas att kvicksilver eller andra farliga ämnen inte ingår kan avfallet klassas som avfall enligt Avfallskod 17 01 07 ”andra blandningar av betong, tegel, klinker och keramik än de som anges i 17 01 06”. Genomförda kvicksilveranalyser av tegel från krematorieugnar visar att halten är mycket låg i tegelförordningens ytskikt (närmast förbränningsrummet), <0,001 µg/kg, medan halten i mellan- och ytterskiktet är låg, 0,1-0,3 mg/kg.

Residual, dvs. använt aktivt kol från rökgasreningsprocessen klassas som farligt avfall enligt Avfallskod 10 14 01 ”kvicksilverhaltigt avfall från rökgasrening”. Filterstoff och avfall från sotning skall förvaras i tättslutande kärl och omhändertas som farligt avfall.

### **Kemikalier**

Hälsa- eller miljöfarliga kemikalier ska enligt Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 1998:8) om kemiska produkter och biotekniska organismer förvaras så att hälso- och miljörisker förebyggs.

Användning av formalin kan begränsas genom att krav ställs på tillräcklig tillgång på kyl- och frysutrymmen. Konsekvenserna av otillräckliga sådana utrymmen kan framgå av en miljökonsekvensbeskrivning. Enligt begravningslagens 5 kap. 10 § skall kremering eller gravsättning göras inom två månader.

Frågor om köldmedier regleras i förordning (2007:846) om fluorerade växthusgaser och ozonnedbrytande ämnen, europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 842/2006 om vissa fluorerade växthusgaser samt europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1005/2009 om ämnen som bryter ned ozonskiktet.

### **Vatten**

Genom att våtsotning har ersatts med s.k. torrsotning uppstår inga direkta utsläpp till vatten.

## **Energi**

Enligt miljöbalkens allmänna hänsynsregler skall i första hand förnybara energikällor användas. Vidare skall möjligheter till återvinning av energi utnyttjas. Vid kylningen av rökgaserna i rökgaskylaren genereras överskottsvärme som kommer från bl.a. stödbränslet. Överskottsvärmen kan i enlighet med hänsynsreglerna utnyttjas för uppvärmning av exempelvis krematoriefastigheten. Möjligheten till anslutning till ett närliggande fjärrvärmenät har undersökts och anslutning till fjärrvärmenätet har skett vid cirka 12 krematorier. Ungefär 15 krematorier tar hand om överskottsvärme till det egna värmesystemet..

## **Skorstenshöjd**

För nya krematorier är skorstenhöjden ofta lägst 3 meter över takhöjd. Vid befintliga krematorier har lägre skorstenhöjder godtagits efter genomförda spridningsberäkningar då dessa kunnat visa på en godtagbar spridning av rökgaserna. Halten kvicksilver i omgivningen har därvid visats inte överstiga WHO:s långtidsriktvärde om  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Vid låga rökgashastigheter finns det risk för nedsug av rökgaserna i lä av själva skorstenen. För att minimera risken för nedsug av rökgaserna har det därför ofta föreskrivits en lägsta rökgashastighet. Kremering är emellertid en satseldningsprocess som börjar från noll ungefär var femte kvart. I och med detta varierar rökgasflödet kontinuerligt mellan ett nollvärde och ett driftvärde. Skorstensdiametern kan därför dimensioneras utifrån det maximala rökgasflödet och en högsta godtagbar rökgashastighet. För anläggningar med en ugn kopplad till skorstenen innebär detta i allmänhet en inre skorstensdiameter om 400 mm.

Inom EU har förhandlingar om ett fjärde dotterdirektiv till ramdirektivet för luftkvalitet nyligen avslutats. Detta kommer sannolikt inom några år att leda till att det tas fram miljökvalitetsnormer för kvicksilver i luft. Några spridningsberäkningar har inte genomförts avseende dioxinhalter i omgivningsluften.

## **Lokalisering**

Krematorier finns inte upptagna i Boverkets allmänna råd ”Bättre plats för arbete” men i samma råd anges riktvärdet för skyddsavstånd för mindre förbränningsanläggningar till 50-200 meter. Det högre värdet avser fastbränsleanläggningar med bränslelager och det lägre gas- och oljeeldade anläggningar. Med hänsyn till övriga faktorer såsom buller, transporter, psykiska immissioner m.m. har skyddsavstånd för krematorier bedömts i tillståndsärenden ligga inom intervallet 50-100 meter.

## **Haverier och driftstörningar**

Det finns två olika tekniker för att undvika att filtret utsätts för höga temperaturer som kan skada filtret eller leda till filterbränder. Den första av dessa tekniker baseras på s.k. bypasskörning. Vid bypasskörning förbikopplas filtret då temperaturen i rökgaserna efter kylaren överstiger en förvald temperatur.

Den andra tekniken bygger på att ugnstemperaturen styrs av temperaturen efter kylaren. Då temperaturen närmar sig en förvald temperatur reduceras lufttillsättningen så att temperaturen sjunker. Som en ytterligare säkerhet kan kylluft tillsättas före filtret. Ytterligare åtgärder som används är reservkraftaggregat.

För att förebygga problem som uppkommer då en fläkt havererar finns det inbyggt en ejektor.

## **Annan teknik**

### **KRYOPROCESSEN**

Diskussion om kryotekniken (även kallad "ekologisk begravning" och "promission") har pågått under snart tio års tid. Processen innebär att stoftet fryses i flytande kväve. Stoffet uppges då bli så skört att det via en vibrationsanläggning kan omvandlas till ett organiskt pulver som förs in i en vakuumkammare där vattnet ångar av. I kryoprocessen uppges att alla metaller avskiljs, inklusive amalgamfyllningarna. Utveckling av kryotekniken med tillhörande utrustning pågår fortfarande och det finns ännu inte någon kommersiellt tillgänglig anläggning med denna teknik. En tillståndsansökan enligt miljöbalken för att uppföra en anläggning baserad på kryoteknik, i Jönköping, har nyligen återtagits av sökanden. Det finns idag inte möjlighet att bedöma om tekniken uppfyller kraven på BAT.

### **TILLSATS AV SELEN**

I slutet av 1980-talet lanserade företaget Emcoplete AB en alternativ metod som sägs rena rökgaser från Hg0 på ett kostnadseffektivt sätt. Den så kallade Quicksafe metoden går ut på att selen i en träampull läggs på kistan innan den förs in i kremningsugnen, selenet förgasas och antas reagera med Hg0 varvid kvicksilverselenid bildas. Initialt fick metoden mycket kritik eftersom någon reningseffekt inte kunde påvisas vid praktiska tester utförda på krematorier. I en ny utredning (IVL-rapport B1883) slås det fast att tillsats av selen inte har någon renande effekt i avseende på kvicksilver. Den debatt kring selentillsats, som pågått under lång tid, har till stor del fokuseras kring kvicksilvers fysikaliska egenskaper i rökgassammanhang. Bland annat har det befarats att kvicksilver från krematorier inte kan renas på traditionellt vis, på grund ämnets förmåga att diffundera ut genom ugn och rökgaskanalens väggar. Dessa farhågor har gett förespråkare för selenmetoden, ett visst gehör. Selenmetoden tillämpas nu som enda reningsmetod för kvicksilver vid flera krematorier i Sverige. Tillgänglig kunskap om kvicksilver visar dock att det inte finns någon grund för antagandet att kvicksilver i betydande mängd orenat kan avgå från krematorier via diffusion. Därmed finns inte några belägg för påståendet att traditionell reningsmetod, d.v.s. rening med aktivt kol, inte fungerar tillfredsställande. Det finns även övertygande experimentella belägg för att kvicksilver och selen i gasfas inte reagerar med varandra. Därför saknas förutsättning för att selenmetoden skall fungera på det sätt som föreslagits.

## TEXTILA SPÄRRFILTER MED EFTERFÖLJANDE SELENFILTER

Selenfilter kan användas för att förbättra avskiljningen av kvicksilver. Selenfiltret avskiljer emellertid endast  $\text{Hg}^0$ .  $\text{Hg}^+$  och  $\text{Hg}^{2+}$  avskiljs inte. För att avskilja dessa oxiderade former av kvicksilver erfordras någon form av adsorbent till spärrfiltret. Rökgaserna passerar tre olika steg; rökgaskylare, stoftfilter och selenfilter. Den enda i Norden uppförda reningsanläggning baserad på selenfilter (Vänersborg – för övrigt den första filteranläggningen i Sverige) har tagits ur drift och ersatts med en reningsutrustning baserad på pulvermetoden.

## Tillsyn och egenkontroll

Grundregeln om egenkontroll (26:19 MB) innebär att verksamhetsutövaren har ett självständigt ansvar att kontrollera sin verksamhet och dess verkningar i miljön. Eftersom krematorier är tillståndspliktiga verksamheter gäller också förordningen (1998:901) om verksamhetsutövarers egenkontroll (FVE). Här nedan följer några av huvuddragen i FVE och vissa detaljerade råd som kan användas i egenkontrollarbetet och tillsynen över egenkontrollen.

### Organisation

Ansvarig chef vid krematoriet bör fastställa och dokumentera ansvaret för de arbetsuppgifter som följer av kapitlet om åtgärder och vad som sägs nedan, se 4 § FVE. Mer information finns i Naturvårdsverkets Allmänna råd NFS 2001:2 och handbok om egenkontroll 2001:3.

### Skötsel av teknisk utrustning

Dokumenterade rutiner för att fortlöpande kontrollera att utrustning för drift och kontroll är i gott skick ska finnas enligt 5 § FVE. De driftinstruktioner som leverantören lämnat för drift och underhåll av anläggningen är exempel på sådana rutiner, liksom intervall för översyn och kalibrering av styr- och reglerinstrument. Instruktioner för drift och skötsel av krematorieugnarna, sotning och reningsutrustning är exempel på viktiga dokument.

### Mätningar

Så snart mätning är nödvändig för kontrollen ska sådan utföras (se NFS 2000:15). I den mån skötselrutiner enligt 5 § FVE och journalföring av driften kan säkerställa och visa på att utsläppsnivån ligger väl under gällande krav i tillståndsbeslut eller föreläggande för anläggningen kan kontinuerlig mätning minskas. Då mätningar som förekommer ofta är återkommande för att bekräfta och ge ett mått på att drifrutinerna är tillräckliga för att utrustningen ska ha fullgod funktion.

Uppkommet förbrukat sorbentmaterial analyseras med avseende på kvicksilverhalt för att kontrollera filtrets avskiljningsgrad.

Flertalet tillståndsprövade krematorier mäter kontinuerligt halten kolmonoxid, röktäthet och syre eller koldioxid i rökgasen.

Syre och koloxidhalten mäts för att styra ugnen medan differenstryck alternativt röktäthet mäts för att kunna utlösa larm vid filtergenombrott.

För dessa mätinstrument dokumenteras mätarfabrikat, mätområde, mätprincip, kalibreringsmetod och kalibreringsrutiner. Onormala förhållanden som kan påverka mätresultatet skall journalföras. Dokumentationen ska enligt 5 § i NFS 2000:15 sparas i fem år. Dokumenterade rutiner för att hålla mätutrustning i gott skick ska enligt 5 § FVE finnas.

### **Undersökningar**

Syftet med undersökningar är att verksamhetsutövaren ska skaffa sig en samlad bild av verksamheten och risker med den, uppmärksamma brister i skötseln samt säkerställa en god kvalitet på egenkontrollen. Genom att dokumentera resultaten kan de återföras till den som är ansvarig och verksamhetsutövaren kan visa hur efterlevnaden av reglerna säkrats. Det är lämpligt att den som utför undersökningen är sakkunnig och har mäterfarenhet.

Verksamhetsutövaren anpassar lämpligen inriktningen, omfattning och frekvens till behoven. Om de periodiska undersökningarna normalt genomförs vart tredje år och omfattar en okulär undersökning och emissionsmätningar, kan ålder på utrustningen eller kända brister vara skäl till tätare eller kompletterande undersökningar.

Den okulära undersökningen kan delas upp i en genomgång av följande moment:

- Förändringar, myndighetsbeslut, miljörapport, drift- och skötselinstruktioner samt verksamhetens dokumentation.
- Föregående undersökningsprotokoll.
- Råvaru-, kemikalie- och avfallskontrollrutiner.
- Miljöorganisationen.
- Avsugning och funktionskontroll av anläggningsdelar av betydelse för miljön.
- Granskning av underhåll och reservdelsförsörjning av vitala miljöskyddsanordningar.

Vid funktionskontroll av utrustning för kolutmatning har kvaliteten på det inköpta aktiva kolet uppmärksammat. Vid byte av kolkvalitet är det viktigt att kolets egenskaper avseende stabilitet gentemot mekanisk påverkan beaktas. Det finns indikationer på att det aktiva kolet kan förlora aktiv yta då utmatningen utsätter kolet för stark mekanisk åverkan. Aktivt kol som förlorar aktiv yta släpper adsorberat kvicksilver som avgår i gasform till omgivningen. Det är därför exempelvis viktigt att det finns tydliga rutiner över hur utmatningsutrustningen övervakas och att rutinerna är lättillgängliga för driftpersonalen.

Emissionsmätningarna omfattar normalt uppmätning av partiklar, kvicksilver, koloxid, kväveoxider och syre eller koldioxid samt buller. Genom att välja ett laboratorium som är ackrediterat för respektive analys säkerställs en hög kvalitet. Svensk Standard (SS 02 84 23) är lämplig att följa liksom de mätmetoder som är angivna i Värmeforsks mättehandbok. För att få representativa mätvärden behöver det finnas en raksträcka om minst fem hydrauliska diametrar före provpunkten och minst en efter. Dessa regler är särskilt viktiga för partikel- och flödesmätningar för att undvika stråkbildningar. Det har konstaterats att dessa krav sällan är uppfyllda mellan ugn och kylare varför denna mätpunkt ger osäkra och i vissa helt felaktiga resultat.

Vid förstagångsundersökningen görs ofta en kvicksilverbalans där mängden kvicksilver från ugn, i reningsutrustning uppfångat kvicksilver, mängden kvicksilver i utgående rökgaser och eventuell rest av ej återfunnit kvicksilver framgår. Mätresultaten redovisas sammanställt för varje punkt där både halter och mängder kvicksilver framgår liksom rökgasflöden och temperaturer. Samtliga mät- och analysresultat sammanställs så att beräkningsgången går att följa.

Provtagningspunkt	Mätparameter					
	Temperatur	Rökgashastighet	Hg	O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	CO	stoff
IN, direkt efter ugn	F/P		F	F		
Före reningsutrustning			F	F		
I filter (sorbent)			F/P			
Efter reningsutrustning	F/P	F/P	F/P	F/P	F/P	F/P

Figur 8. Tabell över rekommenderade mätpunkter vid undersökningarna, F=förstagångsundersökning och P=periodisk undersökning.

Uppmätta värden omräknas till O<sub>2</sub>-halter i enlighet med gällande tillståndsbeslut för respektive anläggning. Vid omräkning av den uppmätta halten till 11 % O<sub>2</sub> multipliceras det uppmätta värdet med en s.k. normaliseringsfaktor. I slutfasen av en kremering då syrehalten är i nivå med halten i luft blir normaliseringsfaktorn hög. En omräkning från 19 % O<sub>2</sub> till 11 % O<sub>2</sub> innebär multiplikation med en faktor 5,0 och en omräkning från 20 % O<sub>2</sub> innebär en multiplikation med en faktor 10.

$$\text{Normaliseringsfaktorn} = \frac{1 - \frac{11\%}{21\%}}{1 - \frac{O_{2(\text{värde})}}{21\%}} = \frac{0,476}{1 - \frac{O_{2(\text{värde})}}{21\%}}$$

Partikelemissionen från krematoriet kontrolleras genom mätning under representativa driftbetingelser. För att säkerställa mätresultaten utförs denna mätning i vissa fall som två på varandra följande prov. Under mätningarna mäts och registreras CO och O<sub>2</sub>- alternativt CO<sub>2</sub>-halten kontinuerligt. Mätningarna utförs i möjligaste mån enligt Svensk Standard SS 02 84 26 och i enlighet med Naturvårdsverkets ”Mät-

ning av stoft i utsläpp till luft från fasta anläggningar” (SNV PM 1821). Partiklarna analyseras med avseende på Hg-innehåll samt halt oförbränt material.

Kvicksilverhalten i rökgaserna utförs ofta som två på varandra följande prov. Så väl den svenska som den europeiska standarden (SS-EN 13211:2001) bygger på en våtkemisk metod. I samband SKKF:s uppdrag om analys av mätningar vid krematorier rekommenderades MESA-metoden som innebär provtagning på adsorptionsfällor. Fördelarna som återopades var ett enklare och säkrare provtagningsarbete samt en lägre detektionsgräns. Naturvårdsverket har inte tagit ställning till metoden. Det finns också tillgänglig teknik för att ha kontinuerlig mätning av kvicksilverutsläppen.

Avskiljningsgraden av kvicksilver (A) uppgår till:

$$A = \frac{Hg_{\text{före\_filter}} - Hg_{\text{efter\_filter}}}{Hg_{\text{före\_filter}}} \cdot 100$$

För att kunna bestämma mängden kvicksilver mäts eller beräknas rökgasflödet.

CO-halten i utgående rökgaser mäts i samband med partikelemissionsmätning.

NO<sub>x</sub>-emissionen mäts vid förstagångsundersökningen och därefter vid ombyggnationer av ugn eller liknande arbeten som kan förändra förbränningsbetingelserna.

Dioxiner har endast uppmätts vid ett fåtal tillfällen. Vid mätningar av dioxinhalten i utgående rökgaser kan dessa ske i enlighet med Naturvårdsverkets föreskrifter om avfallsförbränning NFS 2002:28.

Buller mäts om det inte går att beräkna. Detta kan ske om det förekommit klagomål eller om det är nödvändigt för att kunna kontrollera ett villkor tillräckligt säkert. Annars kontrolleras buller lämpligen genom att någon rutinmässigt lyssnar efter störande ljud och bedömer orsaken till dess uppkomst och journalför sina iakttagelser. Saknas anledning att tro att grannar störs eller att bullerkrav kan vara nära överskridande gås enbart journalen genom.

I samband med en förstagångsundersökning eller en periodisk undersökning bedöms vilka risker som förekommer med anledning av undersökningens resultatet samt vilka risker som är angelägna att åtgärda respektive inte behöver åtgärdas. Resultatet och bedömningarna dokumenteras i enlighet med 6 § FVE.

### **Kemikalier**

Kemiska produkter som hanteras i verksamheten ska förtecknas, se 7 § förordning 1998:901 om verksamhetsutövers egenkontroll (FVE) och Naturvårdsverkets



Allmänna råd NFS 2001:2 och handbok om egenkontroll, 2001:3. Verksamhetsutövaren kan använda förteckningen som underlag för bedömning av vilka kemiska produkter som går att byta ut mot mindre farliga.

### **Journalföring och dokumentation**

Utöver vad som kontinuerligt registreras, förtecknas eller dokumenteras enligt ovanstående kan det vara lämpligt att föra separata journaler över nedanstående.

- Antal genomförda sotningar.
- Antal kremeringar som genomförs per månad.
- Mängd förbrukad sorbent per kremering.
- Mängden förbrukat bränsle per månad.
- Kalibrering av instrument för drift och kontroll/mätning.
- Påfylld mängd köldmedium. Beträffande detta bokförs och rapporteras det av det företag som utför service av anläggningen. Årlig kontroll enligt köldmediakungörelsen.
- Protokoll med jämna intervall utskrivna från den dator där de loggade parametrarna lagras.
- Av journaler där avfallet journalförs skall transportör och mottagare framgå.
- Håll journalerna tillgängliga för tillsynsmyndigheten i minst fem år.
- Journal bör föras över kontroll av mätutrustning och registrerande instrument för rökgasstoff, kolmonoxid, koldioxid och syre samt utförda emissionsmätningar

### **Rättelseåtgärder**

Efter mätning och dokumentation av resultat ska resultatet utvärderas. Om resultatet inte är tillfredsställande skall orsaker utredas och eventuella korrigerande åtgärder vidtas.

### **Rapportering**

Rapportering av vissa händelser, t ex haverier ska ske enligt 6 § förordning 1998:901 om verksamhetsutövares egenkontroll, se NFS 2001:2 och Naturvårdsverkets handbok om egenkontroll 2001:3. Det är viktigt att verksamhetsutövaren utreder och rättar till orsaken till händelsen eller haveriet för att förhindra en upprepning. I den årliga miljörapporten redogörs för händelsen och vidtagna åtgärder. Har myndigheten särskilt begärt en skriftlig rapport om det inträffat och vilka åtgärder som vidtagits så lämnas en sådan.

## **Exempel på villkor, råd och förelägganden**

I meddelade tillståndsbeslut har utsläppsvillkor för kremeringsverksamhet i huvudsak kopierats från de villkor som ställts för avfallsförbränning med ett stort undantag, kvicksilver. I motsats till avfallsförbränning är emellertid kremering en satseldningsprocess med en process som börjar från noll ungefär var femte kvart. I och med detta varierar rökgasflödet och utsläppen av föroreningar kontinuerligt mellan

ett nollvärde och ett driftvärde. Vid avfallsförbränning sker ett homogent förlopp med ungefär samma belastning. Att jämföra kremation med avfallsförbränning måste därför göras med försiktighet.

Vid tillståndsprövningar av krematorier och vid tillsyn har det ställts krav på installation av rökgasrening. Vad gäller åtgärder för att reducera kvicksilverutsläppen från krematorier har det beaktats, att mängden amalgamfyllningar hos de avlidna ökar och att kvicksilverutsläppen från krematorier kommer att utgöra en allt större andel framöver.

Krav på kvicksilver- och stoftrening eller lägre krav på avskiljningsgrad bedöms i det enskilda fallet. Enligt miljöbalken skall bästa möjliga teknik användas. Kravet på bästa möjliga teknik gäller om det inte kan anses orimligt att uppfylla det.

Vidare skall anläggningen förläggas på lämplig plats. Dessa frågor är av stor betydelse för mindre krematorier med långa avstånd till närmaste krematorium försett med rökgasrening. Transporternas miljöpåverkan kan här vägas mot utsläppen från krematoriet.

Vid fastställande av utsläppskrav kan två olika nivåer diskuteras. Den lägsta nivån omfattar de förbränningstekniska åtgärderna som åtgärdas genom krav på bl.a. koloxid och temperatur. Den högsta nivån omfattar även rökgasrening som innebär krav på begränsade partikel- och kvicksilverutsläpp.

Miljööverdomstolen har i flera domar, t ex kalmar Industries (M 1303-07) konstaterat att det finns problem från rättsäkerhetssynpunkt med användningen av riktvärden. Miljööverdomstolen menar att användningen av begreppen gränsvärde och riktvärde bör utmönstras i villkor som innehåller begränsningsvärden och att dessa villkor i stället bör preciseras genom att kontrollen av dem fastställs.

Nedanstående villkor är exempel på villkor som beslutats för krematorier.

#### **Exempel på allmänt villkor**

Om inte annat framgår av övriga villkor, skall verksamheten bedrivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad sökanden angett eller åtagit sig i ansökningshandlingar eller i övrigt i ärendet.

#### **Exempel på driftvillkor**

Rökgasreningsanläggningen skall vara i drift senast den (visst angivet datum).

Ugnen skall vara försedd med instrument för kontinuerlig mätning och registrering av koloxid, röktäthet eller differenstryck över filter och syre eller koldioxid.

*Kommentar: I äldre tillståndsbeslut är utsläppsvillkoren omräknade till 11 % O<sub>2</sub> eller 9 % CO<sub>2</sub> och därför har det angivits en valfrihet mellan att mäta syre eller koldioxid. I nyare*

*beslut är utsläppsvillkoren omräknade till 11 % O<sub>2</sub> varför koldioxid har utgått som mätparameter.*

Ugnstemperaturen skall under kremering överstiga 700°C. Fr.o.m. den (visst angivet datum) skall rökgaserna vid kremering passera en zon som håller en temperatur av minst 800°C. Värdena skall gälla som riktvärden. I ett beslut om villkorsändring från 2009 för Linköpings krematorium har använts formuleringen "Temperaturvärdena ska gälla som riktvärden och räknas från 5 minuter efter insättning."

*Kommentar: Tilläggen ovan med datum har tillämpats för befintliga krematorier medan för nya krematorier har villkoren formulerats så att de gäller från det att ugnen tas i drift.*

### **Exempel på bullervillkor**

Den ekvivalenta ljudnivån från verksamheten får utomhus vid närmaste bostäder inte överstiga 50 dB(A) vardagar under dagtid (kl 07-18), 40 dB(A) nattetid (kl 22-07) och 45 dB(A) övrig tid. Den momentana ljudnivån på grund av verksamheten får nattetid vid närmaste bostäder inte överstiga 55 dB(A). Om bullret innehåller impulsljud eller hörbara tonkomponenter skall angivna värden sänkas med 5 dB(A)-enheter.

### **Exempel på utsläppsvillkor**

*För nya anläggningar*

Skorstenens höjd skall vara lägst tre meter över takhöjd. Rökgashastigheten får som riktvärde inte underskrida 8 m/s för något driftsfall.

*Kommentar: Hastighetsvillkoret kan utgå om en spridningsberäkning genomförs som baseras på en given skorstensdiameter. I detta fall kan villkoret formuleras: Skorstenens höjd skall vara lägst tre meter över takhöjd. Skorstenens diameter i skorstenstoppen får inte överstiga x meter.*

*För befintliga anläggningar:*

Skorstenens höjd skall vara lägst y meter över takhöjd. Skorstenens diameter i skorstenstoppen får inte överstiga x meter.

*Kommentar: Befintlig skorstenshöjd och diameter har godtagits då det har genomförts en spridningsberäkning som visar att miljö kvalitetsnormer och andra immissionsvärden innehålls.*

*För nya och befintliga anläggningar:*

Utsläppet av partiklar i rökgaserna från ugnarna får inte överstiga 10 mg/m<sup>3</sup> norm torr gas. Värdet skall gälla som riktvärde för medelvärdet under en kremering.

*Kommentar: Vid upphandling av ett antal nya anläggningar har det lämnats garantikrav om högst 10 mg stof/m<sup>3</sup> som medelvärde.*

Utsläpp av rökgasstoff får inte överstiga 100 mg/m<sup>3</sup>(n) torr gas (vid 273 K, 101,3 kPa, 11 % O<sub>2</sub> eller 9 % CO<sub>2</sub>) som medelvärde per kremation.

*Kommentar: Villkoret avser ett krematorium som inte har krav på partikel- och kvicksilveravskiljning.*

Svavelhalten i lättoljan får inte överstiga 25 mg S/MJ bränsle. Värdet skall gälla som gränsvärde för årsmedelvärdet.

Svavelhalten i lättoljan får inte överstiga 0,1 %. Värdet skall gälla som gränsvärde för årsmedelvärdet.

Utsläppet av koloxid i rökgaserna från ugnen får inte överstiga 50 mg/m<sup>3</sup> norm torr gas vid 11 % O<sub>2</sub> eller 9 % CO<sub>2</sub>. Värdet skall gälla som riktvärde för medelvärdet under en kremering. Utsläppet får som 5-minutsmedelvärde och riktvärde inte överstiga 500 mg/m<sup>3</sup>(n) torr gas.

*Kommentar: Vid upphandling av nya anläggningar ställs ofta krav på högst 500 mg CO/m<sup>3</sup> som 1-minutsvärde. I Danmark gäller dessa krav för utsläpp från krematorier varför tekniken kan anses vara tillgänglig.*

Utsläppet av koloxid under en kremering får som medelvärde och som 5-minuters medelvärde inte överstiga 100 respektive 500 mg/m<sup>3</sup> norm torr gas omräknat till luftöverskott motsvarande 9 % CO<sub>2</sub> eller 11 % O<sub>2</sub>. Vid omräkning av detta luftöverskott 40 minuter efter en påbörjad kremering skall O<sub>2</sub>-halter som överstiger 18 % räknas som 18 %. Värdena skall gälla som riktvärden.

*Kommentar: Villkoret har lämnats för ett krematorium där det har visats att utsläppen av kolväteföreningar är låga trots tillägget i andra meningen. Orsaken till villkorsformuleringen har varit problem att innehålla det normaliserade CO-värdet.*

Utsläppet av den samlade mängden kvicksilver och kvicksilverföreningar får inte överstiga 100 mg per kremering. Värdena skall gälla som riktvärde vid besiktning och som medeltal under ett besiktningstillfälle.

*Kommentar: Detta värde finns i tillståndsbeslut för 16 st krematorier.*

Utsläppet av den samlade mängden kvicksilver och kvicksilverföreningar får inte överstiga 80 µg/m<sup>3</sup> norm torr gas. Värdena skall gälla som riktvärde vid besiktning och som medeltal under ett besiktningstillfälle.

*Kommentar: Detta värde finns i tillståndsbeslut för 6 st krematorier. Värdet motsvarar ett utsläpp om 150-200 mg per kremering.*

Rökgaserna skall renas med avseende på kvicksilver och partiklar före utsläpp till luft. Vid varje kremering ska minst 200 gram aktivt kol tillsättas för att avskilja kvicksilver. Värdet avser medelvärdet över de kremeringar som utförs samma dygn. Det tillsatta kolet ska innehålla en lägsta specifik area om 900 m<sup>2</sup> per gram.

*Kommentar: Villkoret har lämnats av Miljööverdomstolen (MÖD) för Ystads krematorium. Villkoret anger dock enbart att en viss mängd aktivt kol har tillsatts och ger ingen uppfattning om kolfilterreningens funktion och prestanda. Villkoret ger inte heller någon uppfattning om vilka mängder eller halter av kvicksilver som släpps ut från anläggningen.*

---

Utsläppet av kväveoxider (räknat som NO<sub>2</sub>) i rökgaserna får inte överskrida 900 eller 1200 gram per kremering.

*Kommentar: Villkoret har lämnats som slutligt villkor för flera krematorier. Det saknas dock specifik teknik för reducering av kväveoxider för denna typ av förbränning (satsförbränning).*

Utsläpp till luft av dioxiner får som riktvärde inte överstiga 0,1 ng/m<sup>3</sup> norm torr gas.

*Kommentar: Villkoret har lämnats som slutligt villkor för Räcksta krematorium..*

### **Exempel på övriga villkor**

Avfall och kemiska produkter skall lagras på inte genomsläpplig yta och på sådant sätt att spill och läckage inte kan nå mark, avloppsledningar samt yt- eller grundvatten.

Länsstyrelsen erinrar om att meddelat tillstånd inte befriar tillståndshavaren från skyldigheten att iaktta vad som föreskrivs i annan författning i fråga om den anläggning och verksamhet som avses med tillståndet.

## **Litteratur och länkar**

### **Litteratur**

Analyse af omkostningerne for rensning for kvicksolv på krematorier i Danmark, Ole Schleicher och Lars K Gram, Miljöstyrelsen, Danmark (Miljöprojekt Nr 1191, 2008

Axelsson, Frank, Kvicksilverbalans för Göteborgs kommun. En materialflödesanalys, Miljö-och hälsoskyddsförvaltningen i Göteborg, R 1993:18. ISSN 1100-4371. April 1993.

Cooper, Munthe och Sommar, 2001 Undersökning av kvicksilvers stabilitet i aktivt kol från krematorier (L01/063) IVL

Göteborgs kommun (1986): Kvicksilverutsläpp från Göteborgs krematorier - 1986:1

HELCOM Recommendation 29/1, adopted 5 march 2008, reduction of emissions from crematoria, [http://www.helcom.fi/Recommendations/en\\_GB/rec29\\_1/](http://www.helcom.fi/Recommendations/en_GB/rec29_1/)

IVL-rapport B1883 (2010): Utredning av kunskapsläget angående rening av rökgaser vid krematorier

IVL-rapport B1270 (1997): Emissioner av kvicksilver från krematorier - spridning, miljöeffekter och effekt av selentillsats.

IVL-rapport B1201 (1995): Kvicksilver i krematorier - ett arbetsmiljöproblem?

- Johansson och Kronström, 2000, Kontroll av lagringsstabilitet för kvicksilver I restprodukter vid krematoriet I Skövde, Energi Miljökonsult AB.
- Karolinska institutet, Institutet för miljömedicin (1992), IMM-rapport 1/92, Vahter et Friberg: Hälsoeffekter till följd av exponering för kvicksilver från krematorier
- Miljödelegationen västra Skåne (1990): Dokumentation från arbetsseminarium kring rökgaserna från krematorier
- Miljööverdomstolen, dom 2009-06-22 (mål nr M 317-08) gällande krematoriet i Ystad
- Miljøstyrelsen 1191 (2008): Analyse af omkostningerne for rensning for kviksolv på krematorier i Danmark
- Måling af dioxinmissionen fra udvalgte sekundære kilder", Miljøprojekt nr. 649, Miljøstyrelsen 2001.
- Naturvårdsverket (1991): Kvicksilver i Sverige, problem och åtgärder - SNV Informerar
- Naturvårdsverket (1990): Kvicksilverproblem, miljömål, åtgärder - SNV Rapport 3764
- Naturvårdsverket (1989): Drift- och funktionskontroll av stoftavskiljare - SNV Rapport 3666
- Naturvårdsverket (1988): Stoftavskiljare 1. Textila spärrfilter, checklista för inspektion/besiktning - SNV Rapport 3431
- Naturvårdsverket (1984): Mätning av stoft i utsläpp till luft från fasta anläggningar - SNV PM 1821
- Naturvårdsverket (1993): Utsläppsmätning av stoft - SNV Rapport 4240
- Naturvårdsverket (1996): Generella riktvärden för förorenad mark - SNV Rapport 4638
- Naturvårdsverket (1997): Grundvattenströmning i kristallint berg. Delrapport till projektet - Slutförvar av kvicksilver. Rapport 4818.
- Naturvårdsverket (2002) ”Metaller i Stad och Land” SNV Rapport 5184
- Personlig kommunikation med Torbjörn Samuelsson, Energiprojekt E&S AB
- Statens energiverk (1986): Energi ur avfall - ENA
- SKKF (1988): Kursdokumentation ”Krematorieteknisk utveckling”
- Stiftelsen REFORSK (1990): Insamling och återvinning av kvicksilveravfall - FOU 49
-

ÅF-Energikonsult (1989): Dagens och framtidens avfallshantering

SKKF (1997): Skrivelse om kremationshistoria

Naturvårdsverket (1997) Kylanläggningar och värmepumpar. Allmänna Råd 97:2

Olsson, E., (2002) "Kvicksilverutsläpp från krematorier", CIT Thermoflow, 2003-05-12.

OSPAR publications, Hazardous Substances, Mercury emissions from crematoria and their control in the OSPAR Convention Area, No 179 2003, ISBN number 1-904426-13-1.

RVF (2001): Förbränning av avfall - En kunskapssammanställning om dioxiner, RVF-Rapport 01:13, ISSN 1103-4092

### Webbadresser

Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund	<a href="http://www.skkf.se">www.skkf.se</a>
Naturvårdsverket	<a href="http://www.naturvardsverket.se">www.naturvardsverket.se</a>
Länsstyrelserna i Sverige	<a href="http://www.lst.se">www.lst.se</a>
OSPAR	<a href="http://www.ospar.org">www.ospar.org</a>
HELCOM	<a href="http://www.helcom.fi">www.helcom.fi</a>
IVL Svenska Miljöinstitutet AB	<a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a>

## Mått, enheter, förkortningar och beteckningar

### Mått och enheter

kilo, k	$10^3$	1 000
milli, m	$10^{-3}$	0,001
mikro, $\mu$	$10^{-6}$	0,000 001
nano, n	$10^{-9}$	0,000 000 001
$m^3(n)$	normalkubikmeter (torr gas vid 0°C och 1 atm (101,3 kPa))	
hydraulisk diameter	$4 \cdot \text{tvärsnittsarean} / \text{omkretsen}$	
absorption	ett ämne tränger in i ett annat ämne varvid detta förändras, kemiskt eller fysikaliskt.	
adsorption	ett ämne fastnar på ytan av ett annat ämne utan att detta förändras, varken kemiskt eller fysikaliskt	

### Förkortningar

SKKF	Sveriges kyrkogårds- och krematorieförbund
IVL	Institutet för vatten- och luftvård
OSPAR	Konventionen för skydd av den marina miljön i Nordostatlanten
BAT	Best available technology

TS torrsubstans

**Kemiska beteckningar**

PAH polyaromatiska kolväten  
PCB polyklorerade bifenyler  
dioxin samlingsnamn på klorerade dioxiner  
I-TEQ Toxicity Equivalents (viktning av olika dioxinföreningar)  
CFC klorfluorkarboner  
HCFC ofullständigt klorerade fluorkarboner  
HFC fluorkarboner



# Krematorieverksamhet

BRANSCHFAKTA

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 978-91-620-8491-2

Naturvårdsverket har gett ut en ny version av branschfaktabladet för krematorier. Branschfaktabladet innehåller information om krematorier, dess miljöpåverkan och tillgänglig teknik. Där redovisas bland annat exempel på krav från tillståndsbeslut som ställs för att begränsa miljöpåverkan från ett krematorium. Branschfaktabladet är ett hjälpmedel för länsstyrelser, kommuner och miljöprövningsdelegationer vid handläggning av prövnings- och tillsynsärenden.

De ändringar som har gjorts sedan utgåva från 2006 bygger främst på en utredning som IVL utfört på uppdrag av Naturvårdsverket. ”Utredning av kunskapsläget angående rening av rökgaser vid krematorier”, IVL-rapport B1883 från jan 2010.

