

Rapport över testkörning med selenampuller vid krematoriet i Ystad

Sammanställd av Anders Åkesson på uppdrag av krematorierna i
Landskrona, Ystad och Trelleborg, 2005-06-13

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	2
Problembild	3
Syfte	4
Programmets upplägg med metodik.....	5
Beskrivning av anläggningen	5
Metodik för provtagning, behandling och analys.....	5
Kartläggning av status innan dosering av selenampull	6
Mätning vid dosering av selenampull	6
Mätning efter avslutande av dosering	6
Resultat.....	6
Kartläggning av status innan dosering av selenampull	7
Mätning vid dosering av selenampull	7
Mätning efter avslutande av dosering	8
Sammanfattning av resultaten	9
Jämförelse med liknande försök.....	10

Problembild

Utsläppen av kvicksilver från krematorierna uppmärksammades redan under början 1990-talet. Då beräknades utsläppen från krematorierna utgöra cirka en fjärdedel av de totala kvicksilverutsläppen i landet. Detta utmynnade i att NUTEK, genom en teknikupphandling, drev fram ett rökgasreningskoncept baserat på textilfilter belagt med aktiv kol (pulvermetoden). Två sådana rökgasreningsanläggningar byggdes under mitten av 1990-talet. Utvärderingen av dessa visade att emissionen av kvicksilver i rökgaserna från skorstenen var mycket låg.

Under de följande åren installerades det ett större antal rökgasreningsanläggningar i landet. En alternativ metod, bäddmetoden, bygger på att partiklarna i rökgaserna avskiljs i ett första steg varefter kvicksilver avskiljs i en kassett med svaveldopat kol. Emissionen av kvicksilver i rökgaserna från skorstenen är i nivå med "pulvermetoden" d.v.s. mycket låg.

Totalt har det genomförts ett stort antal emissionsmätningar vid dessa rökgasreningsanläggningar. Mätningarna har ofta företagits i tre olika mätplan; efter ugn, före filter och efter filter. Vid flertalet mätningar har det visat sig att den uppmätta mängden kvicksilver före filter endast utgör en bråkdel av den mängd som uppmäts efter ugn. Över en längre mättid borde dessa värden vara desamma. Under korta mätserier kan dock kvicksilver temporärt avskiljas i kylaren för sedan avgå igen. Om detta vore orsaken borde det uppmätas såväl högre som lägre halter efter kylaren relativt sett före kylaren. Några sådana tendenser har inte kunnat skönjas då halterna som uppmäts är alltid lägre efter kylaren än före kylaren. Gemensamt för mätresultaten är således att återfinningen av kvicksilver före filter är mycket låg. Orsaker som mätfel p.g.a. för korta mätsträckor och/eller diffusion har diskuterats.

För att avgöra om huvudorsaken är mätfel eller diffusion har residualen analyserat avseende kvicksilverhalt. I en större mängd residual bör kvicksilverhalten återspegla den genomsnittliga mängden kvicksilver (som amalgam) per kremering.

Genomförda analyser av kvicksilverhalt i uppkommit residual visar emellertid att halten är betydligt lägre än den förväntade. Den låga återfinningen i residualen kopplat till den låga återfinningen före filter gör det sannolikt att anta att kvicksilvret inte når fram till filtret. Detta styrker teorin om diffusion är orsaken till den låga återfinningen av kvicksilver före filter. Om orsaken enbart skulle bero på mätfel så bör allt kvicksilver återfinnas i residualen. Genom att analysera förbrukat aktivt kol avseende kvicksilver bör den antagna mängden kvicksilver, 3 – 5 gram per kremering, kunna återfinnas. Med en avskiljningsgrad om 90% bör kvicksilvermängden uppgå till 2,7 – 4,5 gram per kremering eller 4,5 – 15 gram/kg residual. Halten är då beräknad utifrån 0,3 – 0,6 kg residual per kremering.

Ett tredje problem som också diskuteras är huruvida avskilt kvicksilver är stabilt bundet på det aktiva kolet. Enligt Naturvårdsverkets branschfaktblad finns det genomförda undersökningar som visar på diametralt olika resultat.

Sammanfattningsvis är tre olika problem definierade:

- 1. Varför återfinns inte de förväntade mängderna kvicksilver före filtret?**
- 2. Varför återfinns inte den förväntade mängden avskilt kvicksilver i residualen?**
- 3. Är kvicksilver stabilt bundet i residualen?**

Syfte

Syftet med utvärderingen är att få fram en metod som kan lösa de tre problemen som definierades i föregående kapitel, "Problembild".

Den metod som var föremål för denna utvärdering var Emcoplete:s produkt "QuickSafe selenampull". Metoden bygger på selen och kvicksilver genom en kemisk reaktion bildar kvicksilverselenid. Detta ämne har, vid de temperaturer som är aktuella i ugnen, ett mycket lågt ångtryck till skillnad mot kvicksilver. Genom att denna förening har ett mycket lågt ångtryck minskar diffusionen markant. Bindningen av kvicksilver medför att diffusionen av "totalkvicksilver" blir så låg att det till närmare 100% bör kunna återfinnas före filtret och därmed även kunna återfinnas i residualet.

Förutsättningar för att det avskilda kvicksilvret skall vara stabilt finns också.

Metoden bör därför kunna ha goda förutsättningar för att undanröja ovan angivna problem. Som ett mått på en god avskiljning bör vara en återfinning i residualet uppemot 90%! Om inte kvicksilver återfinns i residualet så har det givetvis avgått någonstans.

Analys av residual är dessutom både enklare att genomföra och är mindre kostsamma.

Programmets upplägg med metodik

Programmet har delats upp i tre olika faser:

1. Kartläggning av status innan dosering av selenampull
2. Mätning vid dosering av selenampull
3. Mätning efter avslutande av dosering

Beskrivning av anläggningen

Krematoriet är bestyckat med en krematorieugn med efterbrännkammare. Efter efterbrännkammaren passerar rökgaserna en rökgaskylare innan de leds genom ett textilt spärrfilter. Det textila spärrfiltret är belagt med en sorbent bestående av aktivt kol och kalk för att avskilja kvicksilver. Anläggningen levererades år 2001 av Envikraft A/S.

Anläggningsdata

Ugn: Typ EK-CR
Filter: Typ K-140-1.7
Filterslangar: Nomex
Antal slangar: 140 st
Slangdimensioner (L*Ø): 1680 mm * 75 mm
Filterarea: 55,4 m ²
Max filtertemp: 200 °C

Metodik för provtagning, behandling och analys

Provtagning har skett genom att ta ut cirka 100 ml residual. Provet har förvarats i en 100 ml glasburk försedd med plåtlock för vidare transport till analyslaboratorium.

Analys av uttagit prov har skett enligt svensk standard SS-EN 1483 och SS-EN 13211.

Provbehandling och analys har genomförts av Bjästa Återvinning AB.

Provbehandling: Invägd provmängd har överförs till tättslutande kolvar för lakning av kvicksilver under minst tre dygn med kungsvatten (saltsyra och salpetersyra) för att sönderdela kvicksilverselenid. Lakning med 7 molar salpetersyra under minst ett dygn. Därefter filtrering, tvättning samt spädning till analysvolym.

Analysmetodik: Hg^+ och Hg^{2+} reduceras till Hg^0 av tenn(II)klorid i sur lösning. Elementär (Hg^0) kvicksilver avdrivs från lösningen med en ström av en inert gas och överförs i form av en atomär gas till en kyvett. Absorbansen mäts vid våglängden 253,7 nm i strålgången i en atomabsorptionsspektrofotometer PE Analyst 400. Halter beräknas med hjälp av en kalibreringskurva. Analysresultaten beräknas som medelvärdet av ett dubbelprov.

Kartläggning av status innan dosering av selenampull

För att få fram ett underlag på kvicksilveravskiljningen i anläggningen innan doseringen påbörjades togs prov på två av de åtta tunnor som fanns att tillgå på krematoriet. De två utvalda tunnorna innehöll residual från år 2002 respektive 2004. Inga tunnor har fraktats iväg sedan starten av den nya reningsanläggningen.

Mängden tillfört kol till textilfiltret uppgår till cirka 200 gram/kremering. Askmängden från kremeringen kan uppskattas till cirka 100 gram/kremering. En omräkning från gram Hg/kg residual till gram per kremering innebär en multiplicering med 0,3 kg residual/kremering.

Anläggningen sotades den 31 januari 2005.

Mätning vid dosering av selenampull

En s.k. impregnering av ugnen påbörjades genom att dosera selenampuller. Under denna tid genomfördes alla kremeringar med en tillsats av en selenampull á 9 gram selen. För att undvika slumpmässiga variationer och för att jämna ut enstaka data med mycket höga eller mycket låga kvicksilvermängder erfordras ett större antal kremeringar. Antalet kremeringar utförda med selenampull bestämdes därför till totalt 120 stycken.

Testserie 1: Under perioden genomfördes 32 kremering med tillsats av selenampull.

En ny tunna placerades under filtret när testserien startades. Efter 32 kremeringar togs tunnan ut varefter en ny tunna placerades under filtret. Prov togs ut för analys.

Testserie 2: Under perioden genomfördes 88 kremering med tillsats av selenampull.

Efter 88 kremeringar togs tunnan ut varefter en ny tunna placerades under filtret. Prov togs ut för analys.

Mätning efter avslutande av dosering

För att kunna bedöma när effekten av selendoseringen kommer att upphöra tas prover ut efter en respektive fyra månader efter avslutat försök med dosering av selenampull.

Resultat

Resultaten har delats upp i fyra olika faser:

1. Kartläggning av status innan dosering av selenampull
2. Mätning vid dosering av selenampull
3. Mätning efter avslutande av dosering
4. Sammanfattning av resultaten

Kartläggning av status innan dosering av selenampull

Innan försöket påbörjade togs prover ut från tunnan med residual. Provet togs ut i början av februari 2004 av krematoriepersonal. Provet representerade drygt 100 kremeringar varför värdena får sägas vara representativa för den genomsnittliga kvicksilvermängden per kremering som Naturvårdsverket angett i sitt branschfaktablad. Vidare togs det ut ett prov från en tunna med residual som avsåg år 2002. Det uttagna provet ur tunnan från 2002 analyserades den 19 februari 2004 medan provet från den senaste tunnan (år 2004) analyserades den 4 februari 2004.

Analysen genomförda av Bjästa Återvinning AB visar följande:

Residual från år 2002: 1,1 gram syralösligt Hg/kg residual

Residual från år 2004: 2,0 gram syralösligt Hg/kg residual

En omräkning till gram kvicksilver per kremering ger följande värden:

Residual från år 2002: 0,33 gram syralösligt Hg/kremering

Residual från år 2004: 0,60 gram syralösligt Hg/kremering

Dessa värden skall ställas i relation till de i branschfaktabladet angivna 3 – 5 gram/kremering. Den låga halten tyder på att endast en bråkdel av all kvicksilver som avgår från käkamalgamet hamnar i residualet. Sannolikt diffunderar cirka 80-90% av den ingående kvicksilvermängden ut genom ugn, kylare och rökgaskanaler.

Mätning vid dosering av selenampull

Testserie 1: Efter 32 kremeringar som genomförts med tillsats av selenampull togs ett prov ut från tunnan med residual. Residualet i tunnan var resultatet av 32 kremeringar varför värdena får sägas vara representativa för den genomsnittliga kvicksilvermängden per kremering som Naturvårdsverket angett i sitt branschfaktablad. Provet togs ut i slutet av mars månad 2004 av krematoriepersonal. Analys av provet genomfördes den 4 april 2004.

Analysen genomförda av Bjästa Återvinning AB visar följande:

Residual efter 32 kremeringar: 6,0 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

Motsvarande: 1,8 gram kungsvattenlösligt Hg/kremering

Detta provet analyserades på nytt den 5 maj 2004.

Residual efter 32 kremeringar: 7,7 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

Motsvarande: 2,3 gram kungsvattenlösligt Hg/kremering

Ökningen beror sannolikt på att fortsatt reaktion mellan adsorberat selen och kvicksilver.

Testserie 2: Efter ytterligare 88 kremeringar som genomförts med tillsats av selenampull togs ett prov ut från tunnan med residual. Residualet i tunnan var resultatet av 88 kremeringar

varför värdena får sägas vara representativa för den genomsnittliga kvicksilvermängden per kremering som Naturvårdsverket angett i sitt branschfaktablad. Provet togs ut den 13 maj 2004 av krematoriepersonal. Provbehandling skedde den 17 maj 2004 och analys den 24 maj 2004.

Analysen genomförda av Bjästa Återvinning AB visar följande:

Residual efter 88+32 kremeringar: 12,0 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual
Motsvarande: 3,6 gram kungsvattenlösligt Hg/kremering

Mätning efter avslutande av dosering

En månad efter avslutad dosering med selen togs ett prov ut från tunnan med residual. Provet togs ut den 15 juni 2004 av krematoriepersonal. Residualen i tunnan var resultatet av cirka 80 kremeringar varför värdena får sägas vara representativa för den genomsnittliga kvicksilvermängden per kremering som Naturvårdsverket angett i sitt branschfaktablad. Det uttagna provet analyserades vid två tillfällen; den 17 juni 2004 och den 26 juli 2004 d.v.s. efter 39 dagars förvaring.

Analysen genomförda av Bjästa Återvinning AB visar följande:

Residualprov 1: 26,7 gram syralösligt Hg/kg residual
Residualprov 1: 10,6 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

Residualprov 2: 17,9 gram syralösligt Hg/kg residual
Residualprov 2: 13,4 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

En omräkning till gram kvicksilver per kremering ger följande värden:

Residualprov 1: 11,2 gram Hg/kremering
Residualprov 2: 9,4 gram Hg/kremering

Dessa värden skall ställas i relation till de i branschfaktabladet angivna 3 – 5 gram/kremering. De höga halterna tyder på att hela eller åtminstone en stor del av allt kvicksilver som avgår från käkamalgamet hamnar i residualen. Sannolikt diffunderar endast en mindre del av den ingående kvicksilvermängden ut genom ugn, kylare och rökgaskanaler.

Efter ytterligare tre månader utan dosering med selen togs ett prov ut från tunnan med residual. Provet togs ut den 8 september 2004 av krematoriepersonal. Analys efter genomförd provbehandling skedde den 14 september (syralösligt) respektive 23 september 2004 (kungsvattenlösligt). Residualen i tunnan var resultatet av drygt 300 kremeringar varför värdena får sägas vara representativa för den genomsnittliga kvicksilvermängden per kremering som Naturvårdsverket angett i sitt branschfaktablad. Det uttagna provet analyserades den 20 september 2004.

Analysen genomförda av Bjästa Återvinning AB visar följande:

Residualprov 1: 2,03 gram syralösligt Hg/kg residual
Residualprov 1: 1,60 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

Filterprov 1: 2,00 gram syralösligt Hg/kg residual
Filterprov 1: 1,62 gram kungsvattenlösligt Hg/kg residual

Proven tagna från tunnan med residual och prov tagit från filtret uppvisade samma halt av kvicksilver.

En omräkning till gram kvicksilver per kremering ger följande värden:

Residualprov 1: 1,1 gram Hg/kremering

Detta värde skall ställas i relation till de i branschfaktabladet angivna 3 – 5 gram/kremering. Den låga halten tyder på att endast en bråkdel av all kvicksilver som avgår från käkamalgamet hamnar i residualet. Sannolikt diffunderar cirka 80% av den ingående kvicksilvermängden ut genom ugn, kylare och rökgaskanaler. Efter fyra månaders kremeringar är anläggningens på samma nivå som innan doseringen av selen påbörjades.

Sammanfattning av resultaten

Innan försöken med selendoseringen var kvicksilverhalten i residualet mycket låg. Uppmätta halter motsvarade cirka 0,3 - 0,6 gram per kremering. Dessa värden skall ställas i relation till de i branschfaktabladet angivna 3 – 5 gram/kremering. Den låga halten tyder på att endast en bråkdel av all kvicksilver som avgår från käkamalgamet hamnar i residualet. Sannolikt diffunderar cirka 80-90% av den ingående kvicksilvermängden ut genom ugn, kylare och rökgaskanaler.

Efter 120 kremeringar med selentillsats var den uppmätta halten i residualet upp i 12,0 gram Hg/kg motsvarande 3,6 gram/kremering. Beroende på hur stor mängd kvicksilver som tillförs ugnen motsvarar detta en återfinning om 72 - 100%. Diffusionen skulle därmed ligga i intervallet 0 -28%. En klar och tydlig förbättring av anläggningens kvicksilveravskiljande förmåga.

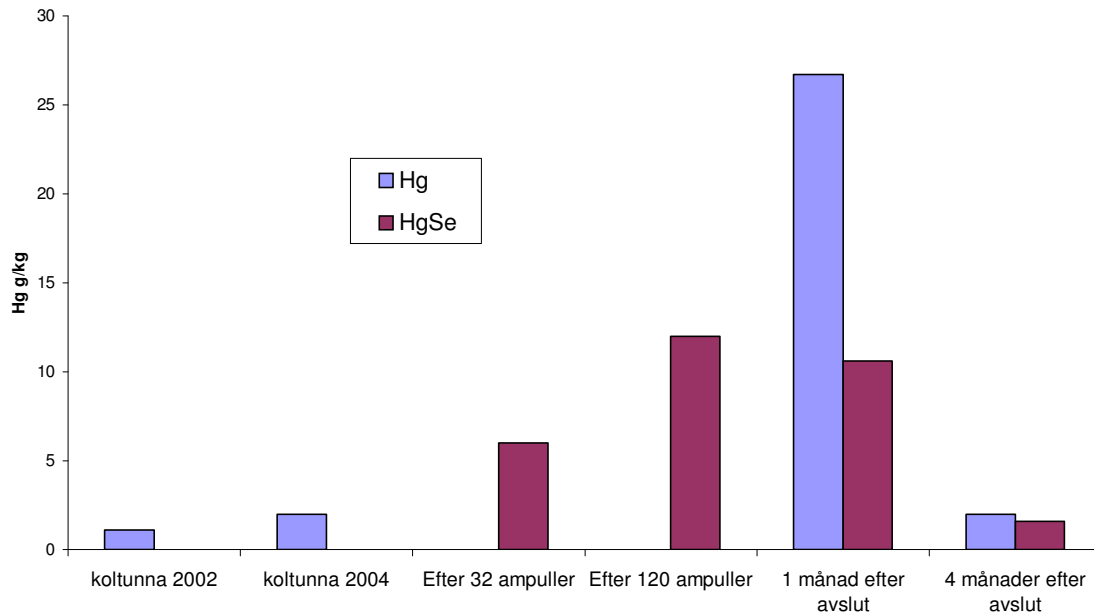
En månad efter avslutat försök är den uppmätta halten i residualet uppe i 37 gram Hg/kg! Detta värde motsvarar drygt 10 gram kvicksilver per kremering. Mängden är dubbelt så stor som det värde som Naturvårdsverket har ansett vara genomsnittsvärdet för kremeringar i Sverige.

Fyra månader efter avslutat försök är halten nere i 3,6 gram per kremering motsvarande 1,1 gram per kremering.

Resultaten visar mycket klart och tydligt att återfinningen av kvicksilver ökar markant då selen tillsätts i ugnen. Detta kan tolkas som att diffusionen minskar i motsvarande grad.

Studeras den uppmätta kvicksilverhalten i residualet under försökets gång så kan följande intressanta diagram ritas upp:

Uppmätt kvicksilverhalt i residual



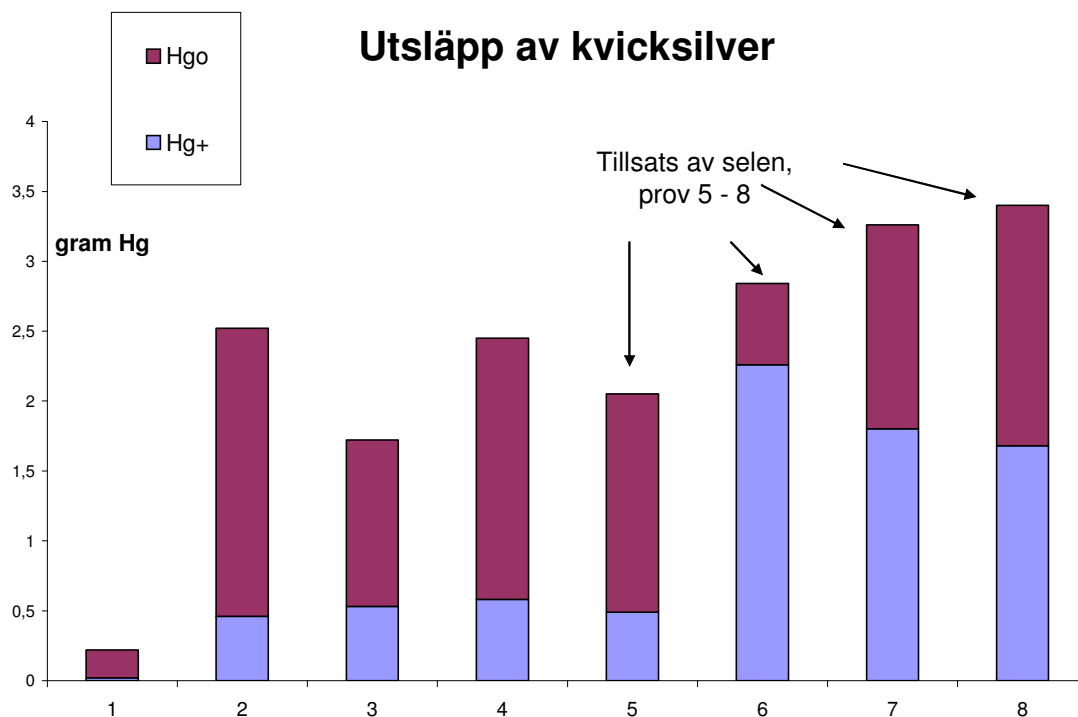
Jämförelse med liknande försök

Limhamns krematorium, 1991

Vid Limhamns krematorium genomfördes under den 5 – 7 juni 1991 försök med dosering med selenampull. Under försöken förbrändes kistor med vattenbegjutna spån. I kistorna placerades dessutom 10 gram amalgam innehållande 48% kvicksilver, d.v.s. 4,8 gram kvicksilver.

De fyra första försöken genomfördes utan selentillsats medan de fyra sista med selentillsats. Återfinningen av kvicksilver uppgick därvid till; 5, 52, 36, 51 respektive 43, 59, 68 och 71%. Av resultaten utlästes det att kvicksilveremissionen inte minskade utan snarare ökade med tillsats av selen. Resultaten skulle kunna bero på en minskad diffusion som innebär att det i rökgaserna i skorstenen återfinns större samlad mängd kvicksilver och kvicksilverföreningar.

Studerars mätresultaten avseende kvoten Hg^+ och Hg^0 så kan följande diagram ritas upp:



Resultaten visar tydligt att den kemiskt bundna formen av kvicksilver ökar, Hg⁺, medan atomärt kvicksilver minskar. Diagrammet visar också tydligt att effekten av selentillsatsen först kommer efter någon enstaka kremering. Orsaken torde vara att tillgången på selen i rökgaserna från enstaka doseringar inte är tillräcklig för att binda allt kvicksilver.

Slutsatser och förslag till fortsatta försök

Försöket har tydligt visat att genom selentillsats i ugnen kan återfinningen av kvicksilver i residualet ökas betydligt. Sannolikt beror detta på att diffusionen av kvicksilver till mycket stor del elimineras. Avskiljningsgraden av kvicksilver ökar därmed markant.

Innan försöken med selendoseringen var kvicksilverhalten i residualet mycket låg. Efter 120 kremeringar med selentillsats var den uppmätta halten i residualet 10 gånger högre än innan doseringen påbörjades. Mängden kvicksilver motsvarade därvid det värde som Naturvårdsverket har ansett vara genomsnittsvärdet för kremeringar i Sverige.

För att bekräfta de framkomna uppgifterna som i sig är mycket tydliga bör motsvarande försök genomföras vid andra krematorier där exempelvis andra sorbentmaterial används.