

UPTEC W04 034
ISSN 1401-5765

Examensarbete
M.Sc. Thesis Work

Utredning av potentiella hälsorisker i samband med slagg- och
slaggvattenhantering vid Hedenverket, Karlstad

Study of Potential Health Risks in Connection with Handling of Bottom Ash and
Bottom Ash Water at a Municipal Waste Incineration Plant

Jenny Eriksson

9 november 2004

Copyright © Jenny Eriksson och Kemiska institutionen, Uppsala universitet.

UPTEC W04 034, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet, Uppsala universitet, Uppsala, 2004.

Sammanfattning

Utredning av potentiella hälsorisker i samband med slagg- och slaggvattenhantering vid Hedenverket, Karlstad

Jenny Eriksson

På Hedenverket, Karlstads Energi AB, förbränner man årligen cirka 50 000 ton hushålls- och verksamhetsavfall. En av restprodukterna av förbränningen kallas slagg (bottenaska) och utgör ca 15-20% av det inmatade avfallet. Slaggen släcks i ett vattenbad under själva pannan (slaggläckningsbad) och matas sedan ut, via ett skakbord för reduktion av vatten, till containrar innan det slutligen körs på deponi.

Syftet med det här projekt var att utreda om det föreligger några hälsorisker vid arbete kring slaggen och slaggläckningsvattnet. För att skapa en bild av möjliga hälsorisker gjordes en inledande studie av tidigare utredningar, mätningar gjorda på avfallsförbränningsanläggningar runt om i Sverige och vad kemiska och biologiska hälsorisker innebär. Även lagstiftning på området har berörts.

Med tidigare utredningar och mätningar samt diskussioner som grund utfördes mätningar av damm, metallhalter i damm, VOC och fosfin i luften samt en analys av slaggvattnet och bakterier i slaggvattnet. För att skapa en uppfattning av hur personalen, som arbetar med driften, upplever sin arbetssituation ur hälsorisksynpunkt genomfördes även en enkätundersökning.

Resultaten av undersökningarna på Karlstads Energi AB visade att varken damm, metaller eller VOC utgör någon hälsorisk. Bakterierprovtagningen av slaggläckningsvattnet visade på mycket låga halter av bakterier och bakterier kan därför inte sägas utgöra någon hälsorisk. Undersökningar av slaggvatten på andra anläggningar i Sverige visar däremot på höga metallhalter i slaggvattnet och det vore således inte särskilt hälsosamt att få i sig större mängder av detta. Resultaten av fosfinmätningen visar inte heller på några alarmerande nivåer, men metoden som användes är inte väl beprövad i den här typen av miljö. Resultaten kan tyda på att högre halter av fosfin förekommer, men hur höga är inte möjligt att svara på. Fosfin är ett ämne som i små mängder kan ge upphov till bland annat illamående. I enkätundersökningen påtalades att obehag och illamående uppstår vid längre arbeten över skakbordet och det är möjligt att fosfin kan vara en orsak till detta. Enkätundersökningen visade även att det finns en oro för hälsan vid vissa typer av arbeten på anläggningen och oro för att hälsan ska påverkas negativt på längre sikt.

Nyckelord: avfallsförbränning, slagg, slaggvatten, arbetsmiljö, fosfin, VOC, damm, metaller, bakterier

Avdelningen för Analytisk kemi, Kemiska institutionen, Uppsala universitet, Husargatan 3, Box 599, 751 24 Uppsala.

ISSN 1401-5765

Abstract

Study of Potential Health Risks in Connection with Handling of Bottom Ash and Bottom Ash Water at a Municipal Waste Incineration Plant

Jenny Eriksson

In this study potential health risks for employees in connection with handling of bottom ash and bottom ash water at a Municipal Waste Incineration (MWI) plant have been investigated. Air surrounding the bottom ash and the bottom ash water has been examined. MWI is one of the primary ways to manage solid household waste, and bottom ash is the main solid residue produced by the incineration process. Bottom ash constitutes about 15-20% of the original waste. The bottom ash is extinguished in a water bath (bottom ash water).

The study was carried out in a MWI plant in Karlstad, Sweden. The plant is equipped with a grate furnace with a capacity of 7 tonnes per hour. Annually about 50 000 tonnes are incinerated at the plant.

Levels of airborne particles, metals present in the airborne particles, volatile organic compounds (VOC), and phosphine were measured in the air. Analysis of the bottom ash water including: pH, total phosphorus, ammonium, chemical oxygen demand (COD), suspended solids, and bacteria were also carried out. Further, a questionnaire was distributed to investigate how the workers at the MWI plant reflected on health when working.

The results showed that the levels of airborne particles, metals and VOC did not pose any major health risks. The bacterial analysis demonstrated very low concentrations of bacteria in the water and thus that the bacteria posed no risk for the workers. The phosphine measurements did not result in levels exceeding the Swedish threshold limit value. However, the method used in this study was not well-tested in these sorts of environments and the results implied that higher levels of phosphine might be present. The conclusion from the questionnaire was that there is a concern about health risks in connection with certain tasks at the plant.

Keywords: waste incineration, bottom ash, bottom ash water, working environment, phosphine, VOC, particles, metals, bacteria

Department of Analytical Chemistry, Institute of Chemistry, Uppsala University, Husargatan 3, Box 599, 751 24 Uppsala.

ISSN 1401-5765

Innehåll

Förord	1
1 Inledning	3
1.1 Syfte och mål	4
1.2 Upplägg av arbetet	4
1.3 Omfattning och begränsningar	4
2 Bakgrund	5
2.1 Lagar och föreskrifter inom arbetsmiljöområdet	5
2.1.1 Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar	6
2.1.2 Biologiska ämnen	7
2.2 Hälsoeffekter av kemiska och biologiska ämnen	7
2.2.1 Kemiska ämnen	7
2.2.2 Biologiska ämnen	9
2.3 Tidigare studier	10
2.3.1 Mätningar gjorda på anläggningar runt om i Sverige	10
2.3.2 DRAV-projekt, rapport från RVF/Naturvårdsverket, 1984	11
2.3.3 Rapport från RVF, 1988	12
2.3.4 Rapport från IVL, 1988	12
2.3.5 Undersökning av fosfin vid BIR avfallsenergi i Bergen, Norge	13
2.3.6 Studie vid avfallsförbränningsanläggningar i Frankrike	13
2.3.7 Undersökningar gjorda på Karlstads Energi AB	14
3 Anläggningsbeskrivning	16
3.1 Avfallsförbränningsanläggningen	16
3.2 Slaggläckningsbad, slaggutmatning och slaggvattensystem	18
3.3 Slagg och slaggvatten	20
4 Undersökningar vid Karlstad Energi AB	21
4.1 Luftmätningar	21
4.1.1 Damm och metaller i damm	22
4.1.2 Flyktiga organiska föreningar (VOC)	23
4.1.3 Mätningar av fosfin	24
4.2 Vattenmätningar	25
4.2.1 Analys av slaggvatten	25
4.2.2 Analys av bakterier	26
4.3 Enkätundersökning bland driftspersonalen på KEAB	26

5	Resultat och diskussion	27
5.1	Luftprover	27
5.1.1	Damm och metaller	27
5.1.2	Flyktiga organiska föreningar	28
5.1.3	Fosfin	30
5.2	Vattenprover	30
5.2.1	Analys av slaggvatten	30
5.2.2	Analys av bakterier	31
5.3	Enkätundersökning bland driftspersonalen	31
6	Slutsatser och framtida studier	33
6.1	Sammanfattande diskussion och slutsatser	33
6.2	Framtida studier	34
	Bilagor	37
A	Kontaktade avfallsvärmeverk	38
B	Lagtexter	40
B.1	Utdrag ur Arbetsmiljölagen	40
B.2	Utdrag ur Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar	41
B.3	Utdrag ur Biologiska ämnen	44
C	Resultat från mätningar gjorda på anläggningar runt om i Sverige	46
C.1	Slaggvattenmätningar	46
C.2	Luftmätningar	47
D	Mätresultat, DRAV-projektet, 1984	49
E	Mätresultat, IVL-projektet 1988	52
F	Mätresultat, BIR avfallsenergi i Bergen, Norge	54
G	Mätresultat, avfallsförbränningsanläggningsstudie, Frankrike	55
H	Mätresultat, tidigare undersökningar på Karlstad Energi AB	57
I	Metodbeskrivning för mätning och analys av fosfin	59
J	Sammanställning av enkätundersökning, KEAB 2004	61

Förord

Detta examensarbetet är ett uppdrag från Karlstads Energi AB och är utfört under handledning av Johan Thelander. Ett tack för all hjälp i projektet, i synnerhet med att förstå hur anläggningen fungerar, vill jag rikta till honom.

Examensarbetet ligger inom civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik, Uppsala universitet. Arbetets omfattning är 20 poäng. Arbetet har haft vissa begränsningar, både tidsmässiga och ekonomiska. Avgränsningar har gjorts med hjälp av tidigare undersökningar och genom diskussioner med ämnesgranskaren för examensarbetet, Monica Waldebäck, avdelningen för analytisk kemi, Kemiska institutionen, Uppsala universitet. Ett stort tack vill jag ge henne för att hon, trots sina många åtaganden, har ställt upp, kommit med bra idéer och synpunkter och hjälpt mig att föra arbetet framåt.

Jag vill också tacka alla andra på Karlstads Energi AB som hjälpt mig med uppsättning av mätutrustning mm. Ett särskilt tack förtjänar Maria Oja, som hjälpt mig till rätta och att känna mig som hemma på företaget. Vidare vill jag tacka Pia Biared, VA-verket, Karlstads kommun och Jean Petterson, avdelningen för analytisk kemi vid Uppsala universitet, för hjälp med analyser av vatten respektive analys av fosfin.

Tack till Ida som läst mitt arbete och kommit med många bra synpunkter, det har varit av stort värde. Tack också till Berne som hjälpt mig med att rita anläggningsbilderna.

Till sist vill jag tacka min underbara familj hemma i Karlstad för att de alltid ställer upp i alla väder. Och sist, men inte minst, Per - vad hade jag gjort utan dig?

Uppsala, oktober 2004

Jenny Eriksson

Kapitel 1

Inledning

I mer än hundra år har vi i Sverige arbetat med arbetskydds- och arbetsmiljöfrågor [1]. Att en arbetsplats har en god arbetsmiljö - både ur fysiskt, psykiskt och socialt hänseende - är något som anses självklart idag. Ny teknik, nya arbetsformer, nya produktionsmetoder och inte minst ny kunskap ger dock ständigt nya tillskott och förändringar åt begreppet arbetsmiljö. Genom åren har det även vuxit fram arbetsmiljörelaterad lagstiftning som ska hjälpa till att reglera förhållandena på en arbetsplats och som ska garantera en god arbetsmiljö.

Detta arbete kommer främst att handla om kemiska hälsorisker, men berör även biologiska hälsorisker, i samband med slagg- och slaggvattenhantering på Karlstads Energi ABs avfallsförbränningsanläggning på Heden i Karlstad. Karlstads Energi AB (KEAB) är ett av Karlstads kommuns helägda aktiebolag [2]. KEAB har flera anläggningar runt om i Karlstad, men huvudproduktionanläggningen ligger på Heden, intill Klarälvens utlopp. Verksamhetens syfte är att ta hand om avfall och producera fjärrvärme och el. Fjärrvärmeproduktionen på Heden görs från bland annat hushållsavfall, men även från flis. Elproduktionen på Heden görs från flis. KEAB är även delägare i Oskarshamns kärnkraftverk och Tåsans vattenkraftverk för att kunna tillgodose alla kunder med el. Från och med april 2004 är också renhållningsverket i Karlstads kommun en del av KEAB och således ansvarar företaget även för hämtning av hushållsavfall inom kommunen. KEAB är certifierade enligt den internationella miljöstandarden ISO 14001.

Anläggningen på Heden innefattar i stort två förbränningspannor, en ångturbin och rökgasreningssystem för respektive panna [2]. I panna 1, som detta examensarbete kommer att kretsa kring, förbränns avfall, och i panna 2 förbränns flis. På KEAB tas årligen emot och förbränns cirka 50 000 ton avfall [4]. Större delen av avfallet är hushållsavfall från Karlstads kommun och omgivande kommuner, men även en viss del verksamhetsavfall tas emot [3].

Arbetsmiljö är ett vitt begrepp som innefattar många olika delar. Den mest konkreta aspekten är förmodligen den fysiska miljön på en arbetsplats, till exempel den stol du sitter på, ventilationen i den lokal du arbetar i eller bullrande maskiner. I fysisk arbetsmiljö ingår även kemiska och biologiska hälsorisker, som kan vara mindre uppenbara. Att komma tillrätta med och förebygga exponering för hälsofarliga kemiska och biologiska ämnen kan vara svårt, men är samtidigt ett viktigt arbete för människors välbefinnande.

1.1 Syfte och mål

Examensarbetets syfte var att utvärdera hälsorisker kring slagg- och slaggvattenhantering vid Karlstads Energi ABs avfallsförbränningsanläggning på Heden i Karlstad.

1.2 Upplägg av arbetet

Det givna problemet var att undersöka hälsorisker i anslutning till slagg- och slaggvattenhantering. Hälsorisker är ett mycket brett område och det är omöjligt att täcka in alla aspekter, i synnerhet under den korta perioden på 20 veckor som detta examensarbete omfattar. Då det inte fanns något uttalat önskemål på undersökningar från KEABs sida, och inte heller några standardförfaranden för undersökningar av hälsorisker på dessa typer av anläggningar, åtgick en stor del av tiden till att planera och utveckla ett underlag till undersökningen.

Det första steget i arbetet var en genomgång av anläggningen, hur den fungerar från det att avfallet matas in till dess att restprodukterna matas ut (se avsnitt 3.1). Nästa steg var att gå igenom tidigare undersökningar; både på KEAB och andra svenska och utländska studier (se avsnitt 2.3). De tidigare studierna utgjorde tillsammans med rådfrågning av personer som arbetar med kemi och arbetsmiljö basen för undersökningarna i denna rapport.

För att skapa en bra helhet i arbetet inkluderades ett avsnitt om lagstiftning kring arbete och hälsa och ett allmänt avsnitt om kemiska hälsorisker i arbetet (se avsnitt 2.1 respektive 2.2).

Slutligen genomfördes egna undersökningar på plats (se avsnitt 4). Mätningar av damm, metallhalter i damm, flyktiga organiska föreningar samt fosfin har gjorts i luften över slaggen. I slaggvattnet har bland annat bakterier och näringsämnen analyserats. Även en enkätundersökning genomfördes bland driftspersonalen.

1.3 Omfattning och begränsningar

Antalet studier som har genomförts kring kemiska och biologiska hälsorisker på avfallsförbränningsanläggningar är begränsat och flera av undersökningarna är mer än 15 år gamla. Detta gör att det kan vara svårt att bedöma deras giltighet för dagens anläggningar då sannolikheten är stor att anläggningarna har utvecklats och modifierats någon gång under de senaste åren. Vidare har endast en av undersökningarna gjorts specifikt kring slaggen och då rörde det sig om provtagning av ett enda ämne. De mätresultat som gäller för andra delar av anläggningarna kan inte sägas gälla slagghanteringen, även om de kanske ger en vägledning. Undersökningarna fick trots detta bli utgångspunkten för de undersökningar som skulle göras på KEAB.

Andra begränsningar var de tidsmässiga och de ekonomiska. De flesta luftanalyserna i projektet utfördes på ackrediterade laboratorier och kostnaden för luftanalyser är relativt höga. Då en budget fanns att hållas sig till var antalet mätningar tvunget att anpassas därefter.

Kapitel 2

Bakgrund

På avfallsförbränningsanläggningar handhas råvaror (avfall) som har ett mycket varierat innehåll. Det är sedan länge känt att förbränning kan ge upphov till utveckling av farliga och hälsovådliga gaser och avfallsförbränningsanläggningar för hushållsavfall är inget undantag. Den allra största delen av dessa gaser behålls i förbrännings- och reningssystemet och renas ur förbränningsluften innan de når miljön utanför. En hundra procentig sluten hantering är dock svår att konstruera och det finns ett antal ställen i processen där driftspersonalen kan komma i kontakt med luftföroreningar som orsakas av förbränningen. Ett av dessa ställen är platsen där slaggen matas ut för att sedan transporteras vidare till slutförvaring på deponi. Driftspersonalen kan också komma i kontakt med slaggvattnet vid eventuella driftsproblem då det annars slutna slaggläckningsbadet måste öppnas [3]. Det kan till exempel röra sig om större föremål som fastnat vid utmatningen av slaggen.

Under våren 2002 hade KEAB problem med *Salmonella* i slaggläckningsvattnet [3]. Miss-tanken om *Salmonella* uppkom i samband med att varuhuset "OBS! Bergvik" i Karlstad av misstag skickade djupfryst kött som kunde vara *Salmonella*-smittat med sitt avfall till Hedenverket, KEAB [5]. Vid provtagning av vattnet efter denna händelse kunde *Salmonella* påvisas. För att bli av med *Salmonella*-bakterierna klorerades vattnet och driftspersonalen blev uppmärksammade på vikten av noggrann hygien och av att använda skydd vid arbete med slaggvatten.

2.1 Lagar och föreskrifter inom arbetsmiljöområdet

I arbete med arbetsmiljö är det varje arbetsgivares ansvar att kontrollera att verksamheten på företaget uppfyller de föreskrivna krav som ställs på en god arbetsmiljö [6]. I *Arbetsmiljölagen* 3 kap § 1a-4 kan man läsa om arbetsgivarens och arbetstagarens skyldigheter. Följande står att läsa: "Arbetsgivaren skall vidta alla åtgärder som behövs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa [...]". Vidare kan man läsa att "Arbetsgivaren skall systematiskt planera, leda och kontrollera verksamheten på ett sätt som leder till att arbetsmiljön uppfyller föreskrivna krav på en god arbetsmiljö.". Arbetsmiljölagen är den lag som tillsammans med olika föreskrifter ställer de krav som en arbetsplats måste uppfylla. Ett utdrag ur arbetsmiljölagen med ett antal paragrafer som har relevans för detta projekt finns i bilaga B.1. Paragraferna berör arbetsförhållanden på en arbetsplats och arbetsgivares och arbetstagares skyldigheter.

Vidare står det i 2 kap § 4 första stycket att "Luft-, ljud- och ljusförhållanden skall vara

tillfredsställande” [6]. Detta syftar till att skydda arbetstagarna mot luftföroreningar, olika sorters klimatfaktorer såsom värme, kyla och luftfuktighet samt även biologiska luftföroreningar och smittoämnen [7]. Vid arbete med luftföroreningar och hälsorisker spelar Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter “Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar” (AFS 2000:3) en central roll. Föreskrifterna gäller “all verksamhet där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma” [8]. Föreskrifterna gäller dock inte mikroorganismer. I fall med mikroorganismer går man till Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om “Biologiska ämnen” (AFS 1997:12) [11].

2.1.1 Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar

I Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter “Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar” finns beskrivningar av hur kontroller och mätningar av luftföroreningar ska ske [8]. Om det finns anledning att misstänka att föroreningar finns i luften ska arbetsgivaren utreda detta, dokumentera resultaten och snarast utföra åtgärder om det visar sig att luftföroreningarna kan ge upphov till ohälsa. I bilaga B (avsnitt B.2) finns ett utdrag ur ”Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar” med de paragrafer som har relevans för detta projekt. I tabell 2.1 presenteras viktiga definitioner av gränsvärden (ur 3 §).

Tabell 2.1: Definitioner av gränsvärden [8]

Hygieniskt gränsvärde (HGV)	Högsta godtagbara genomsnittshalt (tidsvägt medelvärde) av en luftförorening i inandningsluften. Ett hygieniskt gränsvärde kan antingen vara ett nivågränsvärde eller ett takgränsvärde.
Nivågränsvärde (NGV)	Hygiensikt gränsvärde för exponering under en arbetsdag.
Takgränsvärde (TGV)	Hygieniskt gränsvärde för exponering under en referensperiod av 15 minuter.
Korttidsvärde (KTV)	Ett rekommenderat värde som utgörs av ett tidsvägt medelvärde för exponeringen under en referensperiod av 15 minuter.
Exponeringsmätning	Mätning av halten av ett ämne i inandningsluften, oftast med personburen utrustning.

Gränsvärdena skall jämföras med exponeringsmätningar av inandningsluften [8]. Exponeringsmätningar skall avse normala driftsförhållanden.

Vid exponering för många luftföroreningar samtidigt kan något som kallas *samverkande effekter* uppkomma [8]. När det talas om kemiska hälsorisker kallas ofta en samverkande effekt där effekten förstärks, det vill säga inte enbart en additiv effekt, för *synergistisk effekt* (se avsnitt 2.2). En additiv effekt uppkommer då ämnen har en likartad verkan, men inte förstärker varandra. För att bedöma riskerna för en additiv effekt beräknas något som kallas för *hygienisk effekt*, *HE*. Högsta godtagbara HE är 1 och beräknas enligt ekvation 2.1:

$$HE = \frac{C_1}{G_1} + \frac{C_2}{G_2} + \frac{C_3}{G_3} + \dots + \frac{C_n}{G_n} \leq 1 \quad (2.1)$$

där C_1, C_2, C_3 etc. är uppmätta koncentrationer av ämnena 1, 2 och 3 och G_1, G_2, G_3 etc. är gränsvärden för respektive ämne.

I bilaga 1 till föreskrifterna finns gränsvärden för de ämnen som är upptagna på gränsvärdeslistan [8]. I bilaga B, avsnitt B.2, finns ett utdrag ur gränsvärdeslistan med de ämnen som tas upp i detta arbete.

Biologisk kontroll av exponeringar är också något som tas upp i föreskrifterna [8]. För att bedömma exponeringen av vissa ämnen kan det vara lämpligt att analysera blod, urin eller utandningsluft. Vid till exempel tungt kroppsarbete kan upptaget vara större än normalt. Ämnen som är möjliga för biologisk kontroll idag är bly, kadmium, koloxid, kvicksilver, styren och trikloretylen. Det är dock inte säkert att halten i exempelvis blodet speglar exponeringen på arbetsplatsen då exponering för vissa ämnen sker även utanför arbetsplatsen. För närvarande har Arbetarskyddsstyrelsen fastställt biologiska gränsvärden för bly och kadmium (se *AFS 1992:17 (Bly)* och *AFS 2000:7 (Medicinsk kontroll vid kadmiumarbete)*) [8, 9, 10].

2.1.2 Biologiska ämnen

Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter "Biologiska ämnen" definierar biologiska ämnen som "mikroorganismer, cellkulturer och humana invärtes parasiter som kan framkalla ohälsa" [11]. Det kan vara värt att notera att alla biologiska ämnen naturligtvis inte behöver framkalla ohälsa, men att föreskrifterna begränsar sig till just dessa.

I föreskrifterna indelas biologiska ämnen i fyra skyddsklasser - låg risk (1), måttlig risk (2), hög risk (3) samt mycket hög risk (4) [11]. I bilaga 1 till "Biologiska ämnen" finns en vägledande klassificering av biologiska ämnen som tillhör skyddsklass 2, 3 och 4, vilken ska ses som ett hjälpmedel för att placera in biologiska ämnen på en viss skyddsnivå.

2.2 Hälsoeffekter av kemiska och biologiska ämnen

2.2.1 Kemiska ämnen

Ämnen som kan åstadkomma en *toxisk effekt* sägs vara giftiga. Toxiska effekter delas upp i *lokala* och *systemiska effekter* [12]. En lokal toxisk effekt innebär att ett symptom uppstår på den plats där kemikalien kommit i kontakt med kroppen. Detta kan till exempel vara en frätskada, irritation eller allergiska och icke-allergiska kontakteksem [13]. När systemiska effekter uppstår betyder det att en toxisk effekt uppstått i en annan del av kroppen än där ämnet ursprungligen togs upp [12]. Ett ämne kan till exempel ha tagits upp via lungorna, men orsakar därefter ett symptom i ett eller flera av kroppens andra organ [13].

Något som är viktigt att tänka på när man arbetar med kemiska hälsorisker är *synergism* och *antagonism* [13]. Det handlar om ämnens samverkande förmåga. Synergism innebär att kemiska ämnen förstärker varandras hälsoeffekter. Tyvärr är synergistiska effekter mycket dåligt kartlagda. Några som dock uppmärksammas är: asbest och tobaksrök, styren och trikloretylen samt kadmium och nitrosaminer.

Vidare är upplagring av kemikalier något bör finnas i åtanke [13]. Tungmetaller är exem-

pel på ämnen som lagras i olika målorgan, till exempel lagras bly i benmärgen och kadmium i njurarna, men även andra ämnen som koloxid, vilket tas upp av röda blodkroppar, lagras i kroppen.

Lokala toxiska effekter

En typ av lokala toxiska effekter som förekommer är frätskador. Frätskador kan inträffa när huden kommer i kontakt med ett främmande ämne och lokal vävnadsdöd, nekros, uppstår [13]. Frätskador tar vanligtvis lång tid att läka och kan ge bestående men. En frätskada behöver inte heller uppstå omedelbart utan kan visa sig först efter någon timme. Om det tar mer än fyra timmar för en frätskada att visa sig brukar den emellertid inte klassas som frätande utan irriterande.

Systemiska toxiska effekter

Systemiska toxiska effekter kan delas upp i följande kategorier: Akut förgiftning, kronisk förgiftning, allergi, cancer, mutationer, teratogena skador och hormonstörningar [13].

Akut förgiftning innebär att den toxiska effekten uppstår kort tid efter exponeringen och att den maximala effekten kommer inom ett dygn [13]. Skadan kan vara både bestående och övergående [12].

Kronisk förgiftning uppstår efter en längre tids exponering av små doser av ett ämne där varje dos för sig inte ger upphov till något akut symptom [12]. Kroniska effekter kan också avse skador som kvarstår under en längre tid. Exponering för tungmetaller och lösningsmedel är exempel på ämnen som kan orsaka kronisk förgiftning.

Allergi innebär att en oönskad reaktion sker i immunsystemet [13]. Allergier kan delas upp i atopisk allergi (till exempel hösnuva eller astma), allergiska kontakteksem och allergisk lunginflammation (allergisk alveolit).

Cancer innebär att kroppsceller växer ohämmat [13]. Cancertumörer växer fram i flera steg, där initiering (inledningsstadie), promotion (tillväxt av en cancercell) och progression (tillväxt av tumör) är tre steg som kan påverkas av olika kemiska ämnen. Idag misstänks flera tusen ämnen vara cancerframkallande, men större delen av dessa ämnen är inte belagda med någon epidemiologisk studie.

Mutationer är förändringar i arvsanlag [13]. Ämnen som kan orsaka dessa kallas för mutagena ämnen.

Teratogena skador är skador på foster eller nedsättning av kvinnors eller mäns fortplantningsförmåga [13]. Exempel på ämnen som kan skada fostret är taliodomin och alla former av blyföreningar.

Hormonstörningar kan inträffa när kroppen kommer i kontakt med ämnen som har en strukturell eller verkningsmässig likhet med hormoner [13]. Sådana ämnen kan störa till exempel vår ämnesomsättning eller fortplantningsförmåga.

Kemiska ämnen i denna studie

I denna studie undersöktes damm, metallhalter i damm, flyktiga organiska föreningar (VOC) samt fosfin.

Damm kan bära med sig många olika ämnen och vilka hälsorisker som föreligger på grund av dammexponering beror på dammets sammansättning och på vilka halter av damm det finns i luften. Damm kan bland annat förorsaka lungförändringar och lungsjukdomar [14].

Metaller bärs ofta av dammpartiklar och upptag av metaller görs framförallt från luften [15]. Metaller är en stor grupp av grundämnen och att ge någon generell bild av metallers toxicitet är inte möjligt. Allmänt kan sägas att hälsoeffekter ofta orsakas av metallers förmåga att störa biokemiska mekanismer. Exempel på metalltoxikologiska effekter är reproduktionstörningar, immunologiska störningar, cancer och allergier. Ålder är även något som ofta har betydelse. Till exempel absorberar barn mer bly än vuxna per kilo kroppsvikt. Även brist på någon essentiell metall kan medföra en ökad absorption av andra metaller.

Organiska föreningar i luften är vanligtvis klassificerade efter flyktighet [16]. Till VOC brukar man räkna organiska ämnen som har en kokpunkt från 0°C upp till 240-260°C. Det finns även en grupp som kallas semi-VOC och dit räknas ämnen som har en kokpunkt mellan 240-260°C och 380-400°C. VOC består av en mängd olika föreningar, varav många kan ge upphov till olika former av symptom. Vissa VOC är mutagena och/eller cancerogena. Långtidsexponering för vissa ämnen kan öka cancerrisken betydligt. Annat som VOC kan orsaka är skador på centrala nervsystemet. Risken för barnleukemi sägs också öka om en kvinna är exponerad för vissa VOC under graviditeten (tex från klorerade lösningsmedel, sprayfärger och blekmedel).

Fosfin (PH_3) är en färglös gas med obehaglig lukt [14]. Små mängder i luften kan ge upphov till huvudvärk, yrsel, illamående, kräkningar, andnöd, tryck över bröstet och i svårare fall lungskador. Symptomen kan vara fördröjda.

2.2.2 Biologiska ämnen

Mikroorganismer förekommer så gott som överallt [17]. De allra flesta är helt ofarliga för människor och en del är till och med nödvändiga för människors överlevnad. Tyvärr finns det också mikroorganismer som på ett eller annat sätt kan framkalla ohälsa.

Bakterier, parasiter och virus kan ge upphov till olika mer eller mindre vanliga symptom, men ett av de vanligaste är diarré [17]. Diarré orsakas av att patogena mikroorganismer tar sig in i tarmslemhinnan och avger toxiner, enzymer eller nedbrytningsprodukter som stör tarmens normala funktioner. Andra symptom är illamående, feber och luftvägsinfektion. Reaktionen på en viss patogen kan skilja sig mycket från olika individer. Spridningen av patogener kan ske via vatten, men det vanligaste spridnings sättet är från individ till individ.

Många patogener kan vara svåra att analysera från vattenprov och därför brukar man använda sig av något som kallas indikatororganismer [17]. Indikatororganismer kan ge en fingervisning att en patogen finns närvarande i vattnet.

Biologiska ämnen i denna studie

I denna studie analyserades koliforma bakterier, fekala streptokocker, *Salmonella* och *Legionella* i slaggvatten.

Koliforma bakterier är en grupp av bakterier som ofta används som indikatororganismer vid kontroll av en vattenkälla [18]. *Escherichia coli* (*E. coli*) tillhör de koliforma bakterierna och genom att göra vidare analyser på de koliforma bakterierna kan man bestämma om det är *E. coli* eller närbesläktade arter [17]. *E. coli* finns naturligt i tarmfloran och är vanligtvis ofarliga där. Vissa stammar kan bilda toxiner, tränga in i tarmväggen eller ge blodiga diarréer och påverka njurfunktionen. Det krävs dock höga halter av patogena *E. coli* för att sjukdom ska uppstå ($10^7 - 10^9$ organismer).

En annan grupp av indikatorbakterier för patogener är fekala streptokocker [17]. De fekala streptokockerna är något mindre känsliga för till exempel desinfektionsmedel än de koliforma bakterierna.

Salmonella är en grupp bakterier som omfattar mer än 2000 varianter [17]. De allra flesta ger främst upphov till diarré, men varianterna *S. typhi* och *S. paratyphi* ger upphov till tyfoid och paratyfoid (ger bland annat feber). Mellan 2-5% av tyfoid- och paratyfoidfallen blir bärare under en längre tid och liten del blir kroniska bärare.

Legionella är den bakterie som ger upphov till legionärssjuka [19]. Legionärssjuka är en allvarlig form av lunginflammation som cirka 500 svenskar drabbas av varje år, varav ca 10% avlider. *Legionella* är en bakterie som finns naturligt i sötvatten och jord i låga koncentrationer. Den utgör normalt inget hot, men om den får möjlighet att tillväxa i stora mängder kan den ge upphov till sjukdom. Om det förekommer stillastående vatten vid gynnsamma temperaturer (20-45°C) ges bakterien en möjlighet att tillväxa. Bakterien sprids via aerosoler. Man blir inte sjuk av att dricka *Legionella*-haltigt vatten och legionärssjukan smittar inte från person till person.

2.3 Tidigare studier

Antalet rapporter som berör hälsorisker på avfallsförbränningsanläggningar har varit mycket begränsat och i Sverige har det endast gjorts ett fåtal större undersökningar som berör hälsorisker på dessa typer av anläggningar. Sökningen av rapporter har framförallt gjorts via Arbetslivsinstitutets bibliotek, Arbetsmiljöverket, Naturvårdsverket och databaserna Science Direct, PubMed, Medline och TOXNET. Även det nationella bibliotekdatasystemet LIBRIS och sökmotorn www.google.com har nyttjats. Avfallsförbränningsanläggningar runt om i Sverige har också kontaktats.

2.3.1 Mätningar gjorda på anläggningar runt om i Sverige

För att undersöka vilka tidigare studier som genomförts kontaktades avfallsförbränningsanläggningar runt om i Sverige (se bilaga A.1) [20]. I Sverige används i huvudsak två typer av anläggningar för att förbränna hushållsavfall [21]. Den ena typen är rostereldning (se 3.1) och den andra är en så kallad *fluidiserande bädd*. Fluidiserande pannor nyttjar en bädd av sand, på vilken avfall portioneras ut [3]. Genom att luft blåses in under bädden så att lyftkraften på sandkornen är lika med dess tyngd, kan bädden hållas i ständig rörelse - den "fluidiserar".

Fluidiserande bädd skiljer sig en del ifrån den konventionella rostereldningstekniken och den har dessutom en torr slaggutmatning. Därför koncentrerades den fortsatta undersökningen på de anläggningar som använder rostereldningsteknik, vilket är den teknik som förekommer vid KEAB. Av de 23 tillfrågade anläggningar använde sig 16 stycken av rostereldning. Frågor som ställdes var bland annat om det har genomförts några undersökningar av slaggvatten och om det gjorts några provtagningar av luften i anläggningen. För att få mer information om luftprovtagningar hölls frågan kring detta allmän, dvs även provtagningar på andra platser än specifikt kring slagg. Resultaten av dessa förfrågningar presenteras nedan.

Slaggvattenundersökningar

Av de 16 tillfrågade anläggningarna hade två gjort någon form av slaggvattenanalys. Dessa var Sävenäsverket i Göteborg (Renova) [22] och Gärdestaverket i Linköping (Tekniska Verken i Linköping AB) [23]. Avsikten med undersökningarna var dock inte att titta på föreliggande hälsorisker. Dessutom har ett examensarbete, som mer utförligt behandlar slaggvattenhantering, utförts på Högdalenverket i Stockholm [24]. Detta arbete syftade till att undersöka lämpliga reningsmetoder av slaggvattnet för att kunna skicka det för vidare rening i det kommunala avloppssystemet. I bilaga C finns resultaten av dessa undersökningar.

Luftundersökningar

Förfrågningarna bland de 16 anläggningarna visade att knappt hälften hade gjort någon form av luftundersökning. Av de som gjort luftundersökningar var det fyra som kunde delge resultat från dessa. De övriga som gjort provtagningar på luft hänvisade till att de antingen inte kunde hitta resultaten och/eller att de var gamla och knappast kunde anses giltiga. I tabell 2.2 finns en sammanfattning av luftundersökningarna.

Tabell 2.2: Luftundersökningar på anläggningar i Sverige [25, 26, 27, 28]

Företag	Plats	Typ av undersökning	År	Resultat
Västra Mälardalens Renhållnings AB	-	Dammätning	90-talet	Inga NGV överskreds
Sysav AB	Personburet (personal vid slaggsortering)	Dammätning	-	2% av NGV
Vattenfall AB	Personburet (personal vid slaggsortering)	Cd och Pb i damm	-	< 1 promille av NGV
	Personburet och stationärt	Damm och Cd i damm	2002	Inga NGV överskreds, se resultat bilaga C, tabell C.4
Ljungby Energi	Fläktrum, pannrum och askrum	Damm och metaller i damm	-	Inga NGV överskreds, se resultat bilaga C, tabell C.5

2.3.2 DRAV-projekt, rapport från RVF/Naturvårdsverket, 1984

En studie av avfallsförbränningsanläggningar i Sverige genomfördes av RVF (Svenska Renhållningsverksföreningen) i samarbete med Naturvårdsverket och utgavs 1984 [29]. Den kallas DRAV-projektet (Driftsstudie Avfallsbehandling) och är en sammanställning av ett antal mindre undersökningar gjorda vid 15 enskilda anläggningar runt om i Sverige. Det som undersöktes var bland annat mikroorganismer, damm, metallhalter i damm och gaser. Resultaten från dessa undersökningar återfinns i bilaga D. Mikroorganismundersökningarna berör inte slagghantering och resultaten utesluts därför. Av resultaten att döma är damm det största problemet. Höga dammhalter har uppmätts vid ask- och slagghantering. Dessutom

överskreds gränsvärden för kadmium ($0,05 \text{ mg/m}^3$), bly ($0,1 \text{ mg/m}^3$) och kvicksilver ($0,03 \text{ mg/m}^3$) i damm i bland annat en slaggsilo på anläggningen i Borås.

2.3.3 Rapport från RVF, 1988

Ytterligare en undersökning av avfallsförbränningsanläggningar i Sverige är gjord av RVF och rapporten från denna utgavs 1988 [30]. I rapporten sammanställs en mätundersökning gjord på Högdalens avfallsvärmeverk och en skrivelse till 20 avfallsförbränningsanläggningar där man önskade ta del av tidigare undersökningar genomförda på respektive anläggning. I rapporten finns även en bedömning av riskerna för personal vid arbete i bland annat panna och rekommendationer gällande skyddsutrustning.

Från skrivelsen inkom 10 svar från anläggningarna, varav 8 hade gjort någon form av yrkeshygienisk undersökning [30]. Mätningarna som gjorts omfattade totaldamm, kvarts, metaller och mikroorganismer. Resultaten från skrivelsen visade att dammhalterna oftast är låga på anläggningarna, men att halter över det hygieniska gränsvärdet påträffats vid bunkerplan, skakrännor och slaggutmatning. Förhöjda halter av mikroorganismer hade påträffats i bunkerplanet på en av anläggningarna. På sex av anläggningarna hade blodprover tagits på personalen för analys av bly och kadmium. Resultaten visade dock normala halter i alla fall utom ett. Blodprover hade även tagits på sex personer, från två skilda anläggningar, för analys av dioxinhalter, men inga förhöjda halter kunde påvisas. Inga resultat i siffror delges dock från skrivelsen.

Mätundersökningen på Högdalens avfallsvärmeverk avsåg hälsorisker vid arbeten bland annat inne i panna och elfilter [30]. Utredningen koncentrerades kring exponering för partikelbundna metaller, dioxiner och hexaklorbensener. Dels togs skrap-prover (damm/stoftavlagringar) från eldstad, elfilter, slaggbunker etc och dels togs luftprover. Skrap-proverna var ett första steg för att kartlägga var i anläggningen dioxiner kunde finnas. Ett skrap-prov från en slaggbunker analyserades med avseende på dioxiner, men resultatet visade på låga halter ($0,13 \text{ ng/g TCDD-ekvivalenter}$). Då ingen luftprovtagning gjordes kring slagg utlämnas analysresultaten [30]. Det kan påpekas att undersökningen visade att det största arbetsmiljöproblemet finns vid underhållsarbete inne i panna. I pannan kan exponering för höga dammhalter vara stor. Vid vissa mätningar var halterna på totaldamm över 5 gånger nivågränsvärdet (10 mg/m^3). Vid rengöring av pannor är därför hygien och munskydd mycket viktigt. Respirabelt damm låg dock under gränsvärdet och så gjorde även metallhalterna i dammet. Något högre halter av dioxiner detekterades i elfiltren, medan halterna av hexaklorbensener var genomgående låga.

2.3.4 Rapport från IVL, 1988

En tredje studie av avfallsförbränningsanläggningar är utförd av IVL (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning) [21]. I rapporten sammanfattas tidigare undersökningar, främst från DRAV-projektet, men behandlar även en del nya mätningar som utförts för att komplettera tidigare undersökningar. Rapporten utgavs 1988.

Nya mätningar genomfördes på tre olika avfallsförbränningsanläggningar, en större anläggning (A) med tre pannor, alla med rörlig rooster, en mindre anläggning (B) med en panna med rörlig rooster samt en anläggning (C) där förbränningen sker i en panna med fluidiserande bädd (se bilaga E) [21]. Mätningar av damm och metallhalter i damm gjordes i bränslehanteringsdelen, i pannhus samt vid hantering av aska och slagg. Metallhalter mättes dock inte i dammet

vid slaggutmatningen. Vidare mättes polyaromatiska kolväten (PAH) i pannhusen och vid slaggutmatningen. Även dioxin/klorbensenmätningar gjordes i pannhusen. Då dioxiner är mycket svåra att mäta och analysera valde man att mäta på endast två ställen och istället mäta klorbensener och se om korrelationsfaktorer kunde hittas mellan dessa. Försöken att finna korrelationsfaktorer gjordes genom att använda modeller som används vid beräkningar av dioxinutsläpp till miljön. Ytterligare ämnen som mättes var svaveldioxid och kvicksilver. Svaveldioxid mättes vid slaggutmatningen då den, efter klagomål på lukt, misstänktes vara hög. Mätningarna utfördes under två dagar på varje anläggning och driftsförhållandena uppges ha varit normala. Resultaten från mätningar finns i bilaga E. Enligt rapporten var det svårt att korrelera dioxiner/klorbensener mot varandra och resultaten utsluts därför. Kviksilvermätningar gjordes inte vid slaggutmatning och även resultaten från dessa utsluts.

Dammätningarna visade att höga dammhalter uppmätts i avfallsbunkern på anläggning A [21]. Dammhalterna överskred nivågränsvärdet (10 mg/m^3) när fläktarna i avfallsbunkern var avstängda. Vid ask- och slaggutmatningen låg uppmätta halter som mest på 17% av nivågränsvärdet. Vidare låg uppmätta värden av PAH långt under nivågränsvärdena vid alla mätpunkter. Resultaten från klorbensenmätningarna visade att inga uppmätta värden översteg nivågränsvärdet ($1,5 \text{ mg/m}^3$). Halterna vid ask- och slaggutmatning var som mest 20% av nivågränsvärdet. Svaveldioxidmätningarna gav halter på $0,4 \text{ mg/m}^3$, vilket är under nivågränsvärdet på 5 mg/m^3 .

2.3.5 Undersökning av fosfin vid BIR avfallsenergi i Bergen, Norge

I två rapporter från BIR avfallsenergi i Bergen, Norge sammanfattas resultat av mätningar av fosfin (PH_3 , även kallat fosforväte) vid slaggbehandlingen på anläggningen [31, 32]. Mätresultaten visade på höga halter av fosfin i luften kring slaggen. De första mätningarna utfördes 2002 och uppföljningsmätningar gjordes 2003. Båda rapporterna visar att fosfinhalterna överskred nivågränsvärdet ($0,4 \text{ mg/m}^3$) vid ett flertal av provtagningstillfällena (se bilaga F). Anläggningen i Bergen har precis som Hedenverket, KEAB, slaggläckning i vattenbad, från vilket slaggen sedan matas vidare. I Bergen förs slaggen dock till en slaggbunker där slaggen förvaras innan den överförs till containrar för vidare behandling.

2.3.6 Studie vid avfallsförbränningsanläggningar i Frankrike

Resultat från mätningar gjorda i Frankrike under 1995 sammanfattas av Maître *et al.* i en artikel från 2003 [33]. Mätningarna är gjorda på två olika typer av avfallsförbränningsanläggningar, varav den ena är en anläggning där man bränner hushållsavfall. På denna anläggning gjordes mätningarna under en veckas tid, både i stationära punkter och med personburen utrustning. Mätningar genomfördes även på en kontrollplats med personburen utrustning som fick bäras av en kontrollgrupp. Kontrollgruppen bestod av ett antal anställda på en stormarknad. Det som mättes och analyserades var damm, metallhalter i damm, polyaromatiska kolväten (PAH), flyktiga organiska föreningar (VOC) samt aldehyder. I bilaga G visas medelvärden av resultaten av de mätningar som gjordes.

Dammnivåerna på anläggningen låg i snitt runt 10% av det svenska nivågränsvärdet (10 mg/m^3), men de var nästan 10 gånger högre än på stormarknaden [33]. De högsta dammhalterna uppmättes vid avfallsbunkern, men det kunde också noteras att andelen mindre partiklar (respirabla) var procentuellt sett lägre här än längre bort från dammkällan. Metallhalterna i damm låg samtliga under svenska nivågränsvärden. Mangan och bly var de ämnen man

fann högst halter av (bly uppgick till drygt 25% av nivågränsvärdet ($0,1 \text{ mg/m}^3$), men krom var det ämne som fanns i högst halter i jämförelse med kontrollplatsen (100 gånger högre). De högsta uppmätta halterna av arsenik, kadmium och bly fann man vid slagghantering. Vidare kunde det konstateras att PAH-halterna inte skilde sig från kontrollplatsen och att halterna av benzo(a)pyren låg långt under det svenska nivågränsvärdet på $0,002 \text{ mg/m}^3$. Slutligen kunde man dra slutsatsen att inte heller VOC- eller aldehydhalterna statistiskt sett skilde sig från kontrollplatsen. De arbetare som är mest exponerade för VOC är de som arbetar nära själva förbränningen, men nivåerna för dessa personer låg ändå långt under satta nivågränsvärden. De högsta halterna av aldehyder uppmättes i avfallsbunkern, men inte heller dessa överskred nivågränsvärdena.

2.3.7 Mätningar gjorda på Karlstads Energi AB

Slaggvattenmätningar

När KEAB under våren 2002 misstänkte att *Salmonella* kunde finnas i slaggläckningsvattnet gjordes bakteriemätningar dels i själva slaggbadet, dels i den utjämningsstank som finns på utsidan av anläggningen (se avsnitt 3.2) [5]. Resultaten av mätningarna finns i tabell 2.3.

Tabell 2.3: Bakteriemätningar i slaggvatten, KEAB 2002 [5, 49]

	Slaggbad 2002-02-04	Tank 2002-02-04	Gränsvärde för dricksvatten
Heterotrofa bakterier (20°C 2 dygn)	$40 \cdot 10^3 \text{ st/ml}$	$32 \cdot 10^4 \text{ st/ml}$	100 st/ml^a
Koliforma bakterier (35°C)	$15 \cdot 10^3 \text{ st/100 ml}$	$60 \cdot 10^6 \text{ st/100 ml}$	10 st/100 ml
<i>E. Coli</i> ^b (44°C)	200 st/100 ml	$25 \cdot 10^4 \text{ st/100 ml}$	påvisad i 100 ml
Fekala streptokocker	500 st/100 ml	$10,6 \cdot 10^7 \text{ st/100 ml}$	påvisad i 100 ml
<i>Salmonella</i> ^{b,c}	påvisad	påvisad	-

^a Gränsvärde där dricksvatten skall bedömmas som tjänligt med anmärkning [49]

^b Tillhör riskklass 2 [11]

^c *S.typhi* tillhör riskklass 3 [11]

Då *Salmonella* hade påvisats, vidtogs åtgärder för att eliminera bakterierna (klorering av vattnet) [5]. Efter det att åtgärderna utförts gjordes ett antal uppföljningsmätningar för att kontrollera att *Salmonella*-bakterierna försvunnit (se tabell 2.4).

Tabell 2.4: Uppföljningsmätningar av *Salmonella*, KEAB 2002 [5]

	Slaggbad	Tank
2002-02-22	<i>Salmonella</i> ej påvisad	<i>Salmonella</i> påvisad
2002-02-27	<i>Salmonella</i> ej påvisad	<i>Salmonella</i> påvisad
2002-05-23	-	<i>Salmonella</i> ej påvisad

Under våren 2002 gjordes även ett stickprov på temperatur, pH, konduktivitet och COD(Cr) i slaggvattnet och ett prov, för test av torrs substans och metallhalter i torrs substansens, togs på vattnet i tanken (se bilaga H) [5]. Under 2000 gjordes dessutom mätningar av polyklorerade dibensodioxin- och dibensofuranhalter i slaggläckningsvattnet (se bilaga H) [5].

Luftmätningar

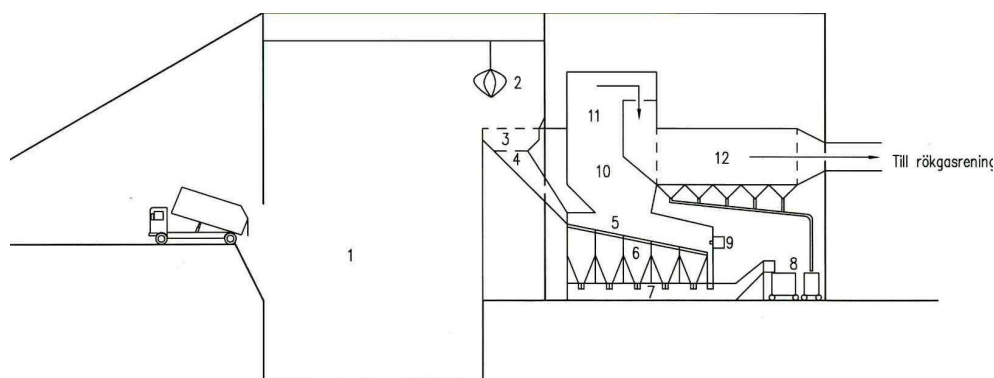
Enligt driftchef Lars Närman på KEAB har det inte gjorts några luftmätningar inne på anläggningen annat än bakteriemätningar i avfallsbunkern [5].

Kapitel 3

Anläggningsbeskrivning

3.1 Avfallsförbränningsanläggningen

Avfallsförbränningsanläggningen vid KEAB består av vägstation, tippshall och sopbunker, pannhus, slaggcontainerrum och rökgasreningsanläggning. Anläggningen kontrolleras och opereras från ett kontrollrum, men även av driftstekniker som rör sig i anläggningen. I figur 3.1 och 3.2 visas principskisser av avfallsförbränningsanläggningen och rökgasreningsanläggningen.



Figur 3.1: Principskiss av avfallsförbränningsanläggningen, Heden, KEAB

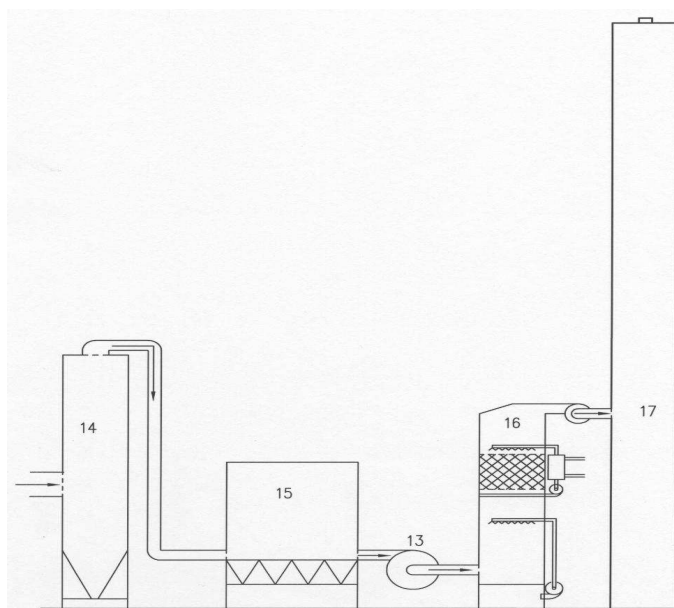
Det inkommande avfallet tippas i en avfallsbunker (1) (kapacitet ca 3000 m³) [3, 35]. I avfallsbunkern blandas avfallet med hjälp av en traverskran (2). För att en så god förbränning som möjligt ska uppnås är det mycket viktigt att blanda avfallet väl. Det blandade avfallet tippas därefter i en påfyllningsträtt (3) med traverskranen (kapacitet upp till tre ton) och passerar genom ett vattenkyllt schakt (4) ned mot ugnen. Det är viktigt att hålla en konstant bränslepelare eftersom detta förhindrar tillbakabrand upp genom schaktet. Schaktet är försett med en nivåindikator, som larmar om bränslenivån blir för låg. Efter passage genom schaktet landar avfallet på en roster (5). På ett system av rostrar sker den primära förbränningen av avfallet. Rostersystemet består av fem olika delar: matarrost och roster 1-4. På matarrostern och den första delen av roster 1 sker frammatning av avfallet från inmatningsschaktet, uttorkning och antändning. Roster 1-4 svarar för att transportera avfallet framåt, fördela primärluften jämnt och förbränna bränslet. Varje roster består av ett antal rosterbalkar som matar materialet framåt genom att växelvis gå framåt och bakåt. Rosterns kapacitet är cirka sju ton avfall per timme [34]. Under varje roster finns en uppsamlingssträtt

(6) som dels har till uppgift att samla upp rostergenomfallet (ej brännbart material) och dels att trycka primärluft upp genom rostern [3, 35]. Primärlufttillförseln bestäms av hur det brinner (visuellt på skärm i kontrollrummet) och av temperaturen. Primärluften regleras också så att flamfronten befinner sig på rostern för att förhindra tillbakabrand upp genom schaktet. I varje inblåsningskanal sitter en flödesmätare och ett reglerspjäll för styrning av luftfördelningen. Reglering av lufttillförsel sker främst i ett styrsystem, men finjusteringar görs av operatörer från kontrollrummet.

Under rostern finns ett vattenbad (slaggläckningsbad/slaggbad) (7) dit oförbränt material (slag) faller ned för kylning [35]. Den största delen faller ned i slutet av rostern, men en viss del faller även ned genom uppsamlingstrattarna. Den kylda slaggen transporteras sedan ut till containrar (8). (Se mer om slag och slaggläckningsvatten under sektion 3.2 och 3.3, nedan.)

Efter förbränningen på rostern fortsätter flygaska/pannaska och förbränningsgaser vidare till efterförbränningszonen (10) [3, 35]. I denna zon tillförs sekundärluft för att bränna ut oförbrända gaser och för att skapa turbulens så att rökgasens sammansättning blir homogen. I efterförbränningszonen måste en förbränningstemperatur på minst 850°C upprätthållas i minst tre sekunder. Om så inte sker startas automatiskt en oljeeldad stödbrännare (9) för att höja temperaturen.

Rökgasen går därefter genom en hetvattenpanna (11), där värmen tas upp av vatten i omgivande väggar och vidare till en konvektionsdel (12) där ytterligare värme tas upp [3, 35]. Vattnet i konvektionsdelen flödar motströms rökgasen. Värmen i vattnet överförs till fjärrvärmenätet via en värmeväxlare. På konvektiondelens väggar finns ett antal så kallade fallhammare som med jämna intervall slår mot slagstift och gör att sot och pannaska faller ned i trattar på botten av konvektionsdelen. Pannaskan blåses sedan satsvis vidare in i en reaktor (se nedan). Den kylda rökgasen har en temperatur på ca 180°C vid konvektionsdelens utlopp/rökgasreningens inlopp.



Figur 3.2: Principskiss av rökgasreningssystemet, Heden, KEAB

Rökgasen sugs genom reningssystemet med hjälp av en rökgasfläkt (13) [36, 37]. Genom att rökgasfläkten suger rökgasen genom systemet åstadkommer den samtidigt ett undertryck i pannan. Undertrycket förhindrar att rökgasen tar sig ut i pannhuset. Rökgasreningen börjar med en grovavskiljning av tyngre partiklar (flygaska) genom cyklonverkan i en reaktor (14). Till reaktorn förs även pannaska från konvektionssteget. Innan rökgaserna lämnar reaktorn kyls de med vatten och kalk tillsätts. Därefter sugs rökgasen genom ett slangfilter (15) bestående av fyra kamrar (ett så kallat högbelastningsfilter). Flygaskan från reaktor- och filtersteget transporteras tillsammans med pannaskan till en asksilo. Askan blandas sedan med den gipsslurry, som bildats från skrubbingsteget (se nedan), i en askblandare. Efter slangfiltret leds rökgasen till en tvåstegsskrubber (16). Det första steget är en motströms sprayskrubber där en kalciumhydroxidslurry används som skrubbingvätska. Där sker avsvälning och avskiljning av framförallt saltsyra och svaveldioxid. Nästa skrubbingsteg är ett kondenseringssteg där rökgasen leds genom en fyllkroppsskrubber. Fyllkropparna binder dioxiner. I fyllkroppsskrubbern sker också en utkondensering av gasens fuktinnehåll. Det varma kondenserade vattnet förs till en absorptionsvärmepump där ytterligare värme återvinns som därefter tillförs fjärrvärmesystemet.

Den renade rökgasen släpps ut via en 115 m hög skorsten (17) och har en utsläppstemperatur på mellan 30 och 50°C [3, 36].

3.2 Slaggläckningsbad, slaggutmatning och slaggvattensystem

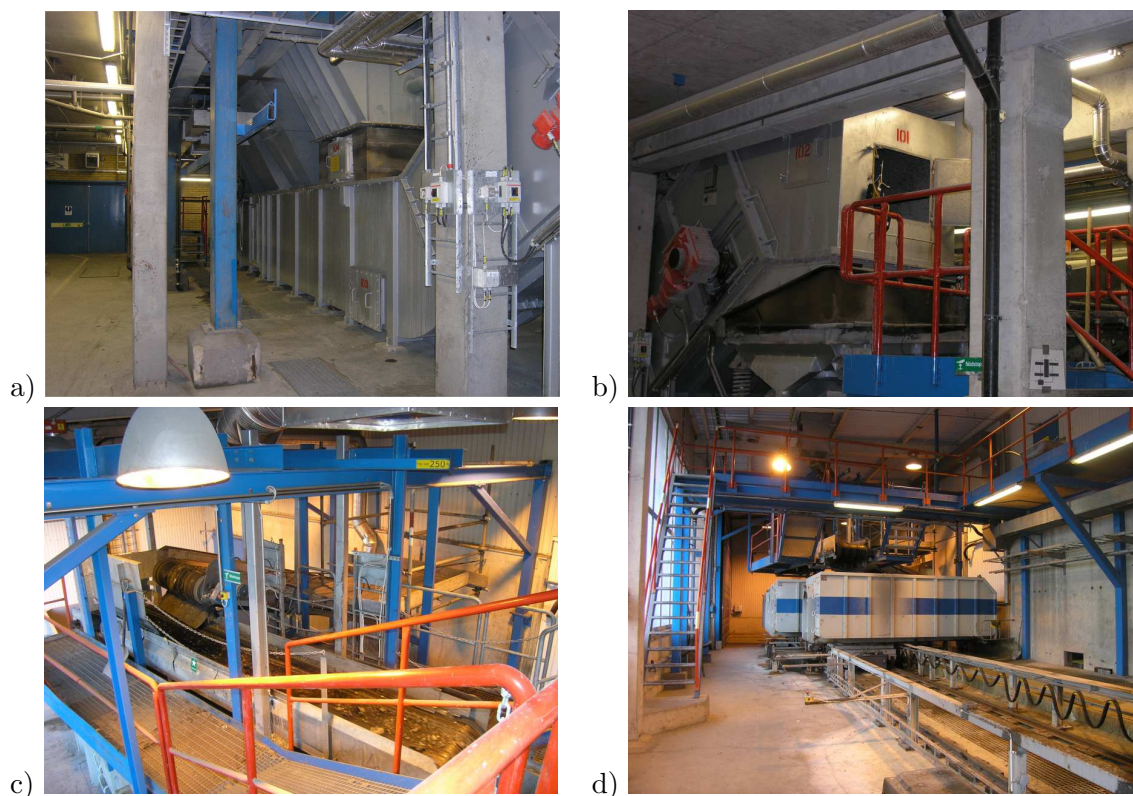
Oförbränt material, *slag* (även kallat bottenaska), faller ned i ett vattenbad för släckning [35, 3]. När slaggen släckts transporteras den vidare till ett skakbord. Skakbordets uppgift är att, med hjälp av vibrationer, reducera vattenmängden i slaggen. Slaggen transporteras sedan från skakbordet via transportband till containrar i ett intilliggande rum. Skakbordet och transportbandet arbetar intermittent, det vill säga de startar och stoppar med jämna intervall. Arbetsperioden är två minuter och viloperioden sex minuter. Containrarna flyttas automatiskt och hämtas sedan regelbundet för transport till en deponianläggning. I figur 3.3a-d visas bilder från slaggutmatning och containerhall.

De senaste miljörapporterna från KEAB har visat att slaggen utgör ca 15-20 vikts-% av den totala mängden avfall som matas in [4, 34, 38]. Undersökningar har också visat att slaggen innehåller cirka 25% vatten. I tabell 3.1 visas siffror på avfalls- och slaggmängder från de senaste årens miljörapporter från KEAB samt en uppskattad vattenmängd i slaggen.

Tabell 3.1: Årliga avfalls- och slaggmängder vid Heden, KEAB [4, 34, 38]

År	Avfallsmängd [ton]	Slaggmängd inkl vatten [ton]	Slaggmängd inkl vatten [%]	Vattenmängd [m ³]
2003	48 481	7616	15,7	1904
2002	35 575	5588	15,7	1397
2001	49 205	8627	17,5	2157

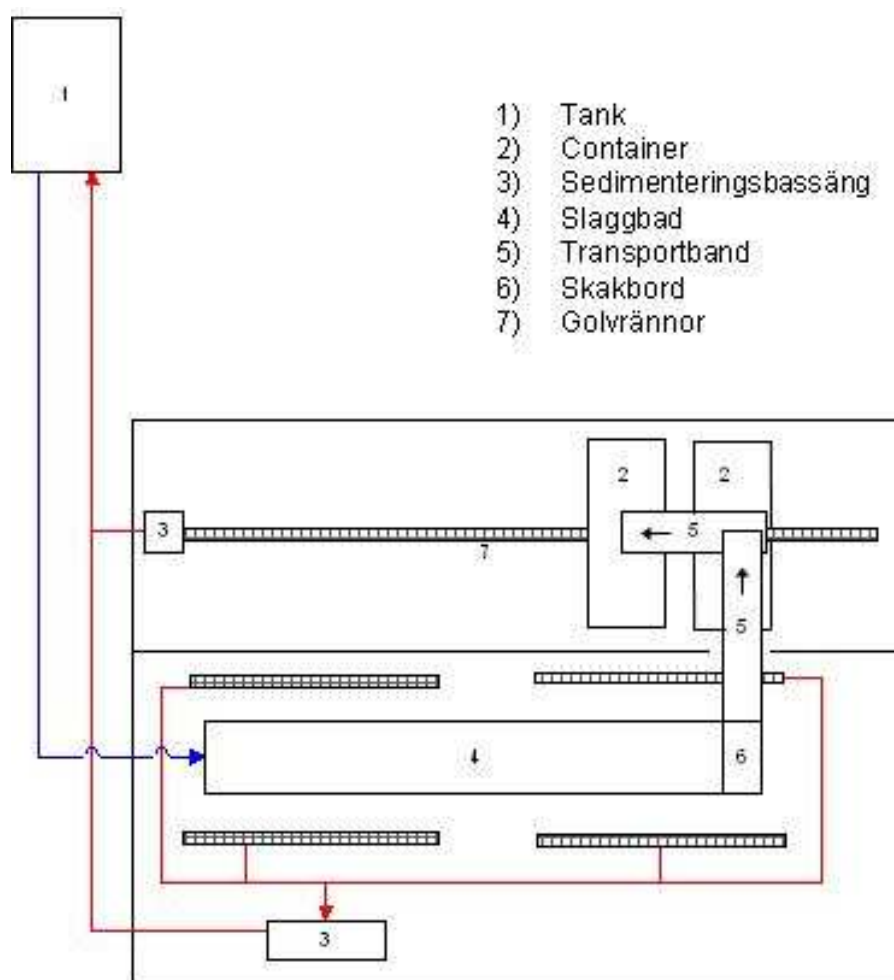
Då den utgående slaggen tar med sig en viss mängd vatten från slaggläckningsbadet måste detta fyllas på regelbundet [35]. Detta görs på given signal från en nivågivare som sitter placerad i badet. Vid påfyllning tas vattnet främst från den utjämningsstank som finns på ut-



Figur 3.3: Slaggsystem: a) Slaggbad, b) Skakbord, c) Slaggutmatning i containerhall, d) Containerhall

sidan av anläggningen (se figur 3.4) [5]. Om nivån i tanken inte är tillräckligt hög tas vatten istället från den intilliggande älven, Klarälven.

Vattnet i slaggbadet, *slaggvatten*, har sådana egenskaper att det, enligt § 8 i förordningen om deponering av avfall (2001:512), inte får deponeras [39]. Vattnet får inte heller sändas till det kommunala avloppsreningsverket utan vidare rening. På grund av detta behålls slaggvattnet tillsammans med vatten från spolning av golvytor med mera i ett slutet system. I figur 3.4 visas en enkel skiss av vattensystemet:



Figur 3.4: Översiktsbild av slagg- och slaggvattensystemet

3.3 Slagg och slaggvatten

Slagg är en mycket heterogen blandning som till största delen består av ej brännbart material som metaller och glasmineral [40]. Mängden brännbart material som finns kvar i slagg beror på hur god förbränningen varit och på typ av anläggning, men den får enligt 4 § i *Naturvårdsverkets föreskrifter om avfallsförbränning (NFS 2002:28)* inte överstiga 5% [41].

Slagg är alkaliskt (den har vanligen ett pH på mellan 9,5 och 11,5), vilket gör att även slaggvattnet är basiskt [42, 40]. Orsaken till att slaggen är alkalisk är det stora innehållet av oxider av alkaliska jordartsmetaller (grupp II i periodiska systemet) som under hydrolys bildar hydroxider. Huvudelementen i slagg är aluminium, järn, kalcium, kalium, kisel, kol, natrium och syre [40]. Bland spårelementen finns anitmon, arsenik, bor, brom, cerium, flor, jod, kobolt, kvicksilver, molybden, nickel, selen, silver, strontium, tenn och vanadin.

Slaggvattnets sammansättning varierar naturligtvis berorende på restprodukterna från förbränningen, men som följd av att slaggen till stor del består av metaller är metallhalten i slaggvattnet relativt hög [40].

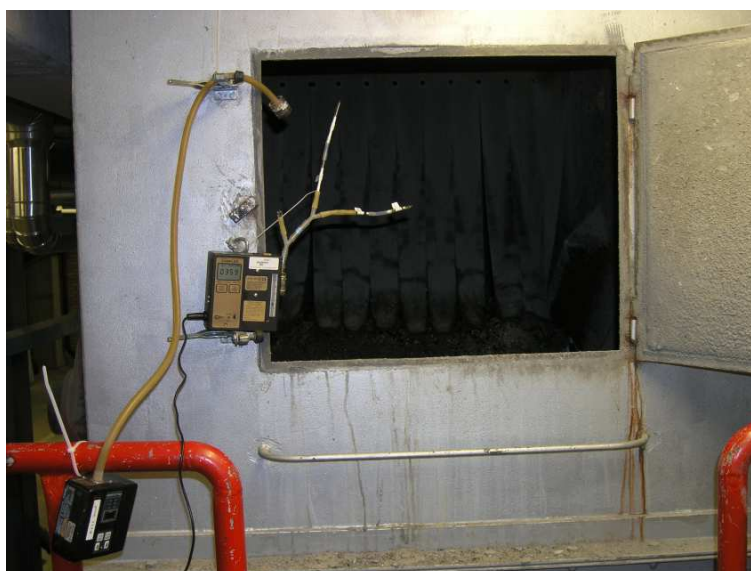
Kapitel 4

Undersökningar vid Karlstad Energi AB

Baserat på tidigare undersökningar och diskussioner med KEAB har luftmätningar av damm och metallhalter i damm, flyktiga organiska föreningar (VOC) och fosfiner genomförts, samt provtagning av slaggvatten.

4.1 Luftmätningar

Luftmätningar kring slaggen har utförts i två punkter. Den ena mätningen gjordes ovanför skakbordet (se figur 4.1). Denna mätpunkt valdes eftersom slagg ibland fastnar vid skakbordet och förorsakar problem som kan ta längre stunder att åtgärda. Den andra mätningen utfördes ovanför den container dit slaggen förs via transportbandet (se figur 4.2). Det antogs att de högsta koncentrationerna av hälsovådliga ämnen förorsakade av slagg fanns ovanför själva slaggen.



Figur 4.1: Provtagning av damm och VOC vid skakbordet



Figur 4.2: Provtagning av damm och VOC i containerrummet

4.1.1 Damm och metaller i damm

Dammängden mättes genom att pumpa luft genom ett filter placerat i en öppen filterkassett (se figur 4.3). Filtren som användes var 25 mm i diameter. Mätningarna gjordes under två dagar, ca 8 timmar per dag, och luftflödet över filtren var 2 l/min (se tabell 4.1). Analyser av damm och metaller utfördes av Yrkes- och miljömedicinska kliniken på Universitetssjukhuset i Örebro. Dammanalyserna gjordes genom gravimetrisk bestämning och analyserna av metaller genom ICP-MS (induktivt kopplat plasma - masspektrometri).



Figur 4.3: Filterkassett för dammätning

Tabell 4.1: Dammätningar vid KEAB, 2004

Prov	Dag	Plats	Starttid	Stopptid	Totaltid [min]	Totalvolym luft [m ³]
4063	Måndag 17/5	Skakbord	07.36	15.39	483	0.966
4064	Måndag 17/5	Containerhall	07.52	15.54	482	0.964
4065	Onsdag 19/5	Skakbord	07.14	Lowbatt ^a	404	0.808
4066	Onsdag 19/5	Containerhall	07.30	Lowbatt ^a	398	0.796

^a Batteriet urladdat innan 8 timmars provtagning

4.1.2 Flyktiga organiska föreningar (VOC)

Mätningar av VOC utfördes genom att använda adsorbentrör och luftpumpar. Två olika adsorbenter, XAD 2 och aktivt kol, användes. Kolrör är den vanligaste metoden för att fånga VOC, men XAD 2 har den fördelen att det kan användas för att fånga semi-VOC (tex PAH) [48]. Mätningarna med de två adsorbenterna gjordes parallellt genom att använda samma pump med en förgrening på pumpen (se figur 4.4). Då det tidigare endast finns ett fåtal mätningar av VOC genomförda på avfallsförbränningsanläggningar, var det svårt att uppskatta halterna i luften och på så sätt planera mätningarna. För att försäkra för genombrott, om halterna skulle visa sig mycket höga, användes dubbla adsorbentrör. Mätningarna gjordes under ca 8 timmar under 2 olika dagar (se tabell 4.2). Luftflödet genom adsorbentrören var 0.400-0.415 l/min (kolrören) respektive 0.210-0.220 l/min (XAD 2-rören). Analyserna utfördes av Pegasus Lab AB i Uppsala.



Figur 4.4: Adsorbentrör för VOC-mätning

Tabell 4.2: VOC-mätningar vid KEAB, 2004

Prov- märkning	Dag	Plats	Starttid	Stopptid	Totaltid [min]	Totalvolym luft [m ³]
SX1a-b ^a	Onsdag 19/5	Skakbord	07.23	15.18	475	0.105
SK1a-b ^b	Onsdag 19/5	Skakbord	07.23	15.18	475	0.197
CX1a-b ^c	Onsdag 19/5	Containerhall	7.29	15.25	476	0.100
CK1a-b ^d	Onsdag 19/5	Containerhall	7.29	15.25	476	0.190
SX2a-b	Fredag 28/5	Skakbord	7.32	15.32	480	0.106
SK2a-b	Fredag 28/5	Skakbord	7.32	15.32	480	0.199
CX2a-b	Fredag 28/5	Containerhall	7.29	15.32	480	0.101
CK2a-b	Fredag 28/5	Containerhall	7.29	15.32	480	0.192

^a S=skakbord, X=XAD 2, a=provtagingsrör, b=genombrottsrör

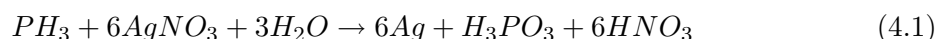
^b S=skakbord, K=kolrör, a=provtagingsrör, b=genombrottsrör

^c C=containerhall, X=XAD 2, a=provtagingsrör, b=genombrottsrör

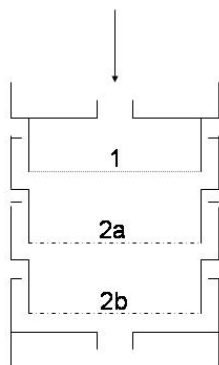
^d C=containerhall, K=kolrör, a=provtagingsrör, b=genombrottsrör

4.1.3 Mätningar av fosfin

Mätningarna av fosfin gjordes med filter placerat i en tre-delad sluten filterkassett (se figur 4.5). Filter nummer 1 (indränkt med natriumkarbonat (Na_2CO_3)) hade bland annat som uppgift att stoppa partiklar och adsorbera sura föreningar i gasfas. Filter 2a och 2b var indränkta med silvernitrat ($AgNO_3$) och tar upp fosfin enligt följande reaktionsformel [43, 44]:



Filter 2b användes som säkerhet i det fallet genombrott i filter 2a skulle ske.



Figur 4.5: Filterkassett med filter för att fånga fosfin

Mätningarna gjordes vid skakbord och i containerhall, på samma platser som VOC- och

dammätningarna, under ca 8 timmar per prov. Provtagningen genomfördes under 4 dagar (se tabell 4.3). Vid provtagningen var luftflödet genom filtren 1 l/min. Analys genomfördes sedan med ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry) vid avdelningen för analytisk kemi, Uppsala universitet.

Tabell 4.3: Fosfinmätning vid KEAB, 2004

Prov	Dag	Plats	Starttid	Stopptid	Totaltid [min]	Totalvolym luft [l]
S1 ^a	Onsdag 8/9	Skakbord	8.35	16.28	473	473
C1 ^b	Onsdag 8/9	Containerhall	8.28	16.21	473	473
S2	Torsdag 9/9	Skakbord	8.31	16.24	471	471
C2	Torsdag 9/9	Containerhall	8.22	16.18	476	476
S3	Fredag 10/9	Skakbord	8.35	16.06	451	451
C3	Fredag 10/9	Containerhall	8.24	16.00	456	456
S4	Måndag 13/9	Skakbord	9.17	16.32	435	435
C4	Måndag 13/9	Containerhall	8.28	16.27	479	479

^a S=skakbord

^b C=containerhall

Mätning och analys av fosfin gjordes i enlighet med metod Fiche 023, som används av INRS¹ i Frankrike [43]. Metoden finns beskriven i bilaga I. Metoden är prövad av Demange *et al.* (2000) [44]. För att klarlägga vissa delar i metoden har Martiné Demange kontaktats [45].

Beredning av filter för både mätning och analys gjordes enligt bilaga I, med undantag av att filtren istället för att torkas i 40°C under ventilation, torkades i 20°C under ventilation i cirka 1,5 timme och därefter i vanlig rumsluft i 3 dagar.

4.2 Vattenmätningar

Provtagning av slaggvatten gjordes vid ett tillfälle, i en punkt. För enkelhets skull togs provet genom att tappa slaggvatten från den kran där slaggbadet normalt töms. Då slaggvattnet är i ständig rörelse på grund av kontinuerlig utmatning från badet förmodades vattnet vara relativt homogent.

4.2.1 Analys av slaggvatten

Ett prov med slaggvatten togs 13/9 kl 08.45. Provets temperatur mättes omedelbart. Vid laboratoriet på VA-verket Karlstad kommun, mättes pH, suspenderat material (SS), ammoniumkväve (NH₄-N), totalfosfor (P_{tot}) samt COD (Chemical Oxygen Demand).

Mätning av pH gjordes med elektrisk pH-meter. SS mättes genom filtrering, torkning och

¹Institut National de Recherche et de Securite

vägning [46]. Analys av $\text{NH}_4\text{-N}$ - och P_{tot} -halt gjordes med färdiga reagenser och spektrofotometri. Även COD analyserades med hjälp av färdig reagens, där provet autoklaverades (148°C) i 2 h och därefter bestämning av koncentration i spektrofotometer.

Som jämförelse har ungefärliga värden på inkommande avloppsvatten på Karlstads kommuns reningsverk i Sjöstad tagits med i resultaten [46].

4.2.2 Analys av bakterier

Vattenprovet för bakterieodling togs 13/9 klockan 08.45 och lämnades in till ALcontrol ABs laboratorium i Karlstad samma dag. För att undvika kontaminering av vattnet användes sterila flaskor (hämtade hos ALcontrol) vid provtagningen.

I resultaten har, som jämförelse, de krav som ställs på dricksvatten i Sverige tagits med. Kraven finns i *Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLVFS 2001:30)* [49].

4.3 Undersökning bland driftspersonalen, KEAB

För att undersöka hur driftspersonalen rör sig och hur de upplever hälsorisker på företaget har personalen svarat på en enkätundersökning, se bilaga J. Totalt arbetar 24 personer på skift med driften och dessa personer gavs under ett antal utbildningsdagar möjlighet att besvara enkäterna.

Kapitel 5

Resultat och diskussion

5.1 Luftprover

5.1.1 Damm och metaller

I tabell 5.1 visas resultaten av dammanalyserna. Nivågränsvärdet för respektive metall är också angivet i tabellen. Nivågränsvärden anges normalt i mg/m^3 , men för att enklare kunna jämföra med resultaten är de här omräknade till $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De uppmätta dammnivåerna vid skakbordet (prov 4063 och 4065) är cirka 1,65% respektive 2,35% av nivågränsvärdet. I containerhallen (prov 4064 och 4066) ligger uppmätt värde för damm under detektionsgränsen. De uppmätta halterna av metaller i dammet ligger även de under detektionsgränsen i samtliga fall utom för kalcium. Halten av kalcium i luften ligger emellertid långt under nivågränsvärdet. Att dammnivåerna är låga vid slagghantering kan bero på att slaggen släcks med vatten, vilket kan binda damm, innan det kommer ut i luften.

Resultat från tidigare undersökningar visar att både lägre och högre halter, relativt nivågränsvärdet, av damm kan förekomma vid slagghantering. Det bör noteras att vissa av undersökningarna är 15-20 år gamla och att det inte heller i detalj framgår hur anläggningarna var utformade. I DRAV-projektet fann man höga halter av bly, kadmium och kvicksilver i en slaggsilo, men tittar man på metallhalter i luften från andra undersökningar ligger resultaten från KEAB på liknande nivåer.

Tabell 5.1: Resultat av dammätning, KEAB 2004
 Enheten är $\mu\text{g}/\text{m}^3$, om ej annat anges.

Provmärkning	4063	4064	4065	4066	NGV
Plats	Skakbord	Containerhall	Skakbord	Containerhall	(totaldamm)
Damm [mg/m^3]	$0,165 \pm 0,04$	<0,10	$0,235 \pm 0,04$	<0,10	10
Be	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2
Mg	<2	<2	<2	<2	-
Al	<20	<20	<20	<20	5000
Ca	23	<20	34	<20	2000
V	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	200
Cr	<2	<2	<2	<2	500
Fe	<20	<20	<20	<20	3500
Mn	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	400
Co	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	50
Ni	<2	<2	<2	<2	500
Cu	<2	<2	<2	<2	1000
Zn	<2	<2	<2	<2	5000
As	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	30
Mo	<2	<2	<2	<2	10000
Cd	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	50
Sb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	500
Ba	<2	<2	<2	<2	500
Tl	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	50

5.1.2 Flyktiga organiska föreningar

I tabell 5.2 presenteras resultaten från VOC/PAH-analyserna. I rapporten från Pegasus Lab AB är halterna för de flesta ämnen angivna i procent. Pegasus Lab AB valde att ta med ämnen med en halt högre än 5% samt ämnen som ansågs vara av intresse [47]. Procenttalet anger hur många procent av en total area som ämnet ifråga motsvarar [48]. Den totala arean motsvaras av toluenekvivalenter, då toluen är den standard som används vid VOC-analysen på Pegasus Lab AB. En relativt god uppskattning av halten av varje enskilt ämne fås om procentatsen av varje ämne multipliceras med totala-VOC-halten (ett svar fås då i μg -toluenekvivalenter/ m^3). Eftersom alla ämnen inte ger samma respons som toluen vid analysen, stämmer emellertid detta inte fullt ut. Enligt Pegasus Lab AB är halten av respektive ämne något underskattat, uppskattningsvis runt 10%. Att man gör på detta sätt är för att enkelt kunna täcka in ett stort antal ämnen. Om halten av något ämne sedan visar sig vara mycket hög bör detta ämne analyseras separat för att få ett mer exakt värde på halten. I tabell 5.2 anges därför en uppskattning av halten av varje ämne utifrån total-VOC med ett påslag på 10%. Efter tabellen presenteras ämnen som kunnat detekteras och identifieras, men inte funnits i någon högre halt.

Tabell 5.2: Resultat av VOC-mätning, KEAB 2004. Om ej annat anges är enheten $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	SK1	CK1	SK2	CK2	NGV
Total-VOC (toluen-ekvivalenter)	150	210	220	210	-
<i>Aromatiska kolväten</i>					
Toluen	7% (10,5)	10% (15)	d ^a	d	$0,2 \cdot 10^6$
Xylen	4% (6,6)	5% (11,6)	d	d	$0,2 \cdot 10^6$
Div. aromatiska kolväten	10% (16,5)	10% (23,1)	d	10% (23,1)	-
<i>Alifatiska kolväten</i>					
dekan	6% (9,9)	5% (11,6)	3% (7,3)	4% (9,2)	$0,35 \cdot 10^6$
undekan	3% (5)	3% (6,9)	d	3% (6,9)	$0,35 \cdot 10^6$
Div alifatiska kolväten	>30% (50)	>20% (46,2)	d	>20% (46,2)	-
<i>Terpener</i>					
limonen	16% (26,4)	13% (30)	19% (46)	19% (43,9)	$0,15 \cdot 10^6$
<i>Aldehyder och ketoner</i>					
Nonalan	d	3% (6,9)	d	d	-
<i>Alkoholer</i>					
1-butanol	d	d	3% (7,3)	d	$0,15 \cdot 10^6$
<i>Övriga</i>					
Butylacetat	3% (5)	6% (12,9)	-	d	$0,15 \cdot 10^6$
etylacetat	d	d	d	3% (6,9)	-
Dimetylsulfid	1	1	1	1	1250 ^b
2-etyl-1-hexanol	1,7	1,3	4,6	2,1	-

^a d=detekterat

^b 1 ppm

Följande ämnen kunde identifierats, men hade halter lägre än fem procent av totalmängden VOC:

<i>Aromatiska kolväten:</i>	bensen, etylbensen, propylbensen, cymen, kumen, styren, naftalen (PAH), bifenyl (PAH), metylnaftalener (PAH), dibensofuran (PAH) (S), fenantren (PAH) (S), fluoren (PAH) (S)
<i>Alifatiska kolväten:</i>	heptan, oktan, nonan, dodekan, tridekan, tetradekan (S), pentadekan (S), 1-hepten (S), 1-nonen (S), 1-dodeken (S), 1-trideken (S), 1-tetradeken (S), metylcyklohexan
<i>Terpener:</i>	α -pinen, δ -3-karen, mentol (S)
<i>Aldehyder och ketoner:</i>	hexanal, heptanal (C), furfural, 4-metyl-2-pentanon (S), 2-heptanon, 3-heptanon (C), 3-hydroxi-2-butanon (S), cyklopentanon (S), cyklohexanon (S)
<i>Alkoholer:</i>	isobutanol, 1-butanol, 1-pentanol (S), 2-pentanol (S), 1-hexanol (S), 3-metyl-1-butanol, 2-metyl-1-butanol, furfurylalkohol
<i>Glykolestrar:</i>	1-metoxi-2-propylacetat
<i>Övrigt:</i>	pyridin (S), metylpyridiner (S), metylpyraziner (S)

C och S står för att ämnet endast detekterats i containerhallen respektive vid skakbordet.

Resultatet av VOC-mätningen tyder inte på att någon förening finns i högre halt i luften. I jämförelse med nivågränsvärden ligger halterna flera tiopotenser lägre. I relation till resultatet från den franska studien ligger de uppmätta halterna på KEAB betydligt lägre.

Samverkande effekt (se avsnitt 2.1.1) är något som skulle kunna uppstå eftersom VOC består av grupper av ämnen som kan ha likartad påverkan. I detta fall skulle dock, även under antagandet att alla ämnen (med angiven halt) har en likartad påverkan, den hygieniska effekten (HE) vara långt under det högsta godtagbara värdet ($HE \leq 1$). Exempelvis är den hygieniska effekten för ämnena i prov SK1 beräknad till $HE \approx 0,001$.

5.1.3 Fosfin

I tabell 5.3 visas resultaten från fosfinmätningarna. Fosfinhalten är en sammanräkning av uppmätta halter på filter 2a och 2b.

Tabell 5.3: Resultat av fosfinmätningar, KEAB 2004

Prov	Datum	Fosfinhalt [mg/m ³]
S1	8/9	0,07
S2	9/9	0,01
S3	10/9	0,03
S4	13/9	0,03
C1	8/9	0,07
C2	9/9	0,07
C3	10/9	0,04
C4	13/9	0,05

Nivågränsvärdet för fosfin är 0,4 mg/m³, vilket innebär att uppmätta halter är ungefär 2.5-17.5% av detta värde. Halterna ligger även lägre än motsvarande halter på BIR avfallsenergi i Bergen, Norge.

Denna mätning måste emellertid ses som en inledande studie. Metoden som användes är inte en väl beprövad metod på den här typen av anläggning. Vid provförberedningen visade det sig att filterkassetterna inte slöt helt tätt varvid en viss del av provlösningen vid analyspreparering av filter 2a gick förlorad. Vidare uppmättes en halt på filter 2b, vilket betyder att ett genombrott i filter 2a skett. Enligt metoden ska filtren kunna ta upp en betydligt högre halt än den uppmätta halten på respektive filter. Det kan vara så att finns andra ämnen i luften som reagerar med silvernitratt (AgNO₃) och konkurrerar med fosfin. En slutsats av detta är att det finns en möjlighet att genombrott skett även i filter 2b och att den uppmätta halten således är i underkant.

5.2 Vattenprover

5.2.1 Analys av slaggvatten

I tabell 5.4 presenteras resultaten av vattenanalyserna.

Tabell 5.4: Resultat av slaggvattenanalys, KEAB 2004

	Slaggvatten [mg/l]	Sjöstads reningsverk [46] [mg/l]
temperatur	34°C	-
pH	12,47	ca 7
NH ₄ -N	71,6	ca 25-40
P _{tot}	3,73	ca 7-10
SS	600	ca 250-300
COD	4700	ca 500

Resultaten visar att pH låg mycket högt. Den höga pH-nivån kan förklaras av slaggens in-

nehåll av basiska metalloxider och karbonater. Halten av ammoniumkväve är också mycket hög. Detta kan bero på att en ammoniaklösning sprutas in i pannan för reduktion av kväveoxider¹ [35]. Vidare är halterna av organiskt material mycket höga [46]. Ett vatten med såpass höga halter av organiskt material skulle vara förödande för ett biologiskt reningssteg i ett reningsverk som normalt renar hushållsvatten. Fosfathalten är däremot lägre än för vanligt hushållsavloppsvatten.

5.2.2 Analys av bakterier

I tabell 5.5 presenteras resultatet av bakterieprovtagningen på slaggvattnet. Som jämförelse har gränsvärden för dricksvatten tagits med [49].

Tabell 5.5: Resultat av bakterieprovtagning i slaggvatten vid KEAB, 2004

	Slaggläckningsbad 2004-09-13	Gränsvärde för dricksvatten [49]
Antal mikroorg. (22°C 3 dygn)	130 st/ml	100 st/ml ^a
Koliforma bakterier (35°C)	<10 st/100 ml	10 st/100 ml
E. Coli ^b (44°C)	<10 st/100 ml	påvisad i 100 ml
Fekala streptokocker	<10 st/100 ml	påvisad i 100 ml
Salmonella ^{b,c}	ej påvisad	-
Legionella ^b	ej påvisad	-

^a Gränsvärde där dricksvatten skall bedömmas som tjänligt med anmärkning [49]

^b Tillhör riskklass 2 [11]

^c *S.typhi* tillhör riskklass 3 [11]

Bakteriehalterna i slaggvattnet var låga, betydligt lägre än provtagningarna för två år sedan. Bakteriehalterna ligger ungefär i nivå med gränsvärdet för dricksvatten [49]. Varken *Salmonella* eller *Legionella* kunde påvisas i slaggbadet.

För att bakterier (heterotrofa) ska kunna tillväxa behövs tillgång på näring (kolkälla, kväve, fosfor och mineraler) [50]. Vattenprovtagningen visade att halterna av näringsämnen var höga (organiskt material och kväve) eller tillräckliga (fosfor). Vid denna undersökning togs inga prover på metallinnehållet i vattnet, men tidigare undersökningar, både på andra anläggningar och KEAB, visar att metallhalterna normalt sett är relativt höga i detta typ av vatten. Kombinationen av hög metallhalt och högt pH skapar förmodligen en ogynnsam miljö för mikroorganismer, något som bekräftas av resultaten av undersökningen.

5.3 Enkätundersökning bland driftspersonalen

Enkätundersökningen tyder på att det finns en oro för hälsan bland de som arbetar med driften på KEAB. Några personer påtalar också att de faktiskt känner ett illmående av att arbeta vid slaggen längre stunder.

Antalet ifyllda enkäter var 21, vilket innebär en svarfrekvens på 88%. Det kan noteras att tre personer, av de som arbetar med driften, nyanställts och hade vid utdelningstillfället endast hunnit arbeta en vecka på KEAB. Dessa personer fyllde inte i enkäten. I bilaga J finns en sammanställning av de svar som inkommit.

¹Enligt följande reaktion (exempelvis) $4NO + 4NH_3 + O_2 + 4N_2 + 6H_2O$ [35]

Av de personer som deltagit i enkätundersökningen har mer än hälften arbetat på KEAB i över 10 år. De allra flesta rör sig dagligen eller några gånger i veckan under sin skiftperiod i containerhallen och på det plan där slaggbadet finns. Uppehållstiden varierar mellan några minuter upp till en kvart när inga driftstörningar föreligger. Vid åtgärder på grund av driftsstörningar kan det röra sig om uppehållstider på flera timmar, beroende på vilket problem som uppstått. Fel som kan uppkomma är till exempel stopp i schaktet från rostern ned mot slaggbadet och utmatningen till skakbordet. Städning är också något som innebär längre uppehållstid.

Vid frågan om någon *råkat ut* för någon form av sjukdomstillstånd som kan sättas i samband med arbete kring slagg/slaggbadet svarade 7 personer att så var fallet. De kommentarer som framfördes var att rökoch ånga från den fuktiga slaggen framkallade illamående vid längre arbeten. 17 personer svarade dock att de *hade uppfattningen* att det fanns hälsorisker som kunde sättas i samband med arbete kring slaggen och slaggbadet. Oron kretsade mest kring smittorisker vid småsår, inandning av ånga från badet, gasutveckling från oförbrända sopor samt skär-, kläm- och brännskador från material som fastnat i utmatningsschaktet och som måste petas ned manuellt.

Vidare kände mer än hälften av de svarande någon gång obehag av att befinna sig ute i anläggningen. Förutom ovanstående kommentarer har det nämnts att det finns gott om mögel, bakterier och damm ute i anläggningen. Det finns också en stor oro för flygaska, som kan vara het och förorsaka brännskador. Risker för inandning av damm från flygaskan föreligger också.

Alla anser det viktigt att använda skyddsutrustning, men någon kommenterade att det förmodligen fuskas en del med användandet. Det är inte heller alltid man hinner få på sig skyddsutrustningen. Skyddsutrustningen kan också försvåra vissa arbetsmoment.

Något färre än hälften kände sig oroliga för att hälsan påverkas negativt av arbetet, i synnerhet på sikt, men det beror också mycket på vilka arbetsmoment som ska utföras. Någon menade att så länge föreskriven skyddsutrustning används är man inte orolig.

Kapitel 6

Slutsatser och framtida studier

6.1 Sammanfattande diskussion och slutsatser

Denna studie visar på att det inte finns halter av damm, metaller eller VOC i luften över slaggen som skulle orsaka någon hälsorisk. Provtagning av damm, metaller och VOC visade på nivåer långt under nivågränsvärdena.

Fosfin är ett ämne som i små mängder kan ge upphov till bland annat illamående [14]. Fosfinmätningarna tydde dock inte på gränsvärdesöverskridande halter i luften och det kan därför inte säkert sägas att fosfin skulle vara orsaken till illamåendet. Det ska åter nämnas att mätningarna av fosfin gjordes med en metod som inte är väl utprovad och att resultatet således inte är helt tillförlitliga. Resultatet från analysen av slaggvattnet visade på förhållandevis låga fosfathalter i vattnet, i jämförelse med Högdalenverket låg halterna på mindre än hälften. Att halterna är lägre kan ha flera orsaker, men det finns en möjlighet att fosfat reduceras till fosfin. Fosfin kan bildas när varm slagg, som innehåller fosfat, kommer i kontakt med vatten [31]. Fosfinet följer sedan med slaggen och kommer på så sätt ut i luften. Fosfinet reagerar dock relativt fort med syret¹ i luften och utgör därför ingen fara när slagg läggs på deponi.

Bakteriehalterna i slaggvattnet var låga och borde inte utgöra någon hälsorisk. Halterna av näringsämnen var dock höga och om förhållandena i vattnet förändras kan kanske bakterierna ges en möjlighet att tillväxa, varför det kan vara viktigt att med jämna mellanrum göra uppföljningsmätningar. Metallinnehåll i slaggvatten från andra anläggningar är mycket höga. I jämförelse med gränsvärden för dricksvatten är exempelvis blyhalten i slaggvattnet från Högdalenverket 90 gånger högre, på Renova 270 gånger högre och på Gärdestaverket (1997) 740 gånger högre. Förmodligen är slaggvattnet vid de flesta anläggningar av likartad karaktär. Utifrån detta kan det konstateras att slaggvatten vore mycket ohälsosamt att få i sig i större mängder.

Oro för hälsa finns klart och tydligt bland de som arbetar med driften på KEAB. Att det finns risker för att skära och bränna sig på slagg som antyds i enkätundersökningen är inte att betvivla. Frågan är om det verkligen föreligger några kemiska eller biologiska hälsorisker att arbeta med slagg och slaggvatten på KEAB? Flera ur personalen menar att obehag och illamående uppstår vid längre arbeten vid slaggen. Vad som orsakar detta illamående är emellertid svårt att svara på utifrån resultaten i denna studie.

¹Bildar fosforpentoxid

En möjlig invändning är att denna undersökning baserar sig på stickprov. Detta innebär att eventuella variationer med olika typer av hushållsavfall inte kunnat studerats. För att skapa en mer fullständig bild av exponering vid KEAB måste fler mätningar göras i fler punkter under en längre tidsperiod.

6.2 Framtida studier

I detta projekt har endast en liten del av möjliga hälsorisker kring slagg och slaggvatten täckts in. En uppföljning av följande borde övervägas:

- Uppföljningsmätning av fosfin.
- Bakterieprovtagning av spillvatten i golvrännor och vid sedimenteringsbassänger, i synnerhet i containerhallen.
- Undersökningar av hälsorisker i samband med arbeten över stupet ned mot slaggbadet.

I enkätundersökningen bland driftspersonalen på KEAB påtalas en oro och ett obehag av att arbeta kring flygaska (se avsnitt 3.1). Den är ibland het och den sägs damma mycket. Därför kan det vara av vikt att utreda om det föreligger någon hälsofara att arbeta där flygaska finns i luften. Undersökningar på nationell nivå hur arbetssituationen upplevs bland personal som arbetar med driften på avfallsvärmeverk har inte hittats. Att kartlägga hur personal på verken uppfattar sin arbetssituation kan vara av stor vikt. Att känna sig trygg på sin arbetsplats är viktigt. I samband med en undersökning på nationell nivå borde även en granskning av användandet av skyddsutrusning göras.

De större utredningar som är gjorda i Sverige är alla relativt åldersstigna. Det pågår en ständig utveckling av teknik och det är mycket möjligt att avfallsförbränningsanläggningarna runt om i Sverige har förändrats sedan de senaste undersökningarna utfördes. Källsortering är också något som ökat de senaste åren. Att fler människor källsorterar kan betyda en förändring i avfallens sammansättning och med detta är det också möjligt att slaggens innehåll och det slaggen släpper ifrån sig i form av luftföreningar har förändrats. Därför kan det vara viktigt att börja fundera på om andra typer av föreningar, som inte tidigare kunnat påträffas, finns i luft och kan utgöra hälsofara.

Litteraturförteckning

- [1] Iseskog, T. 2003 *Arbetsmiljö för alla*, Thomson Fakta AB, Stockholm.
- [2] Karlstads Energi AB, <http://www.energi.karlstad.se> 2004-05-20
- [3] Thelander J., Ingenjör, Karlstad Energi AB, Karlstad 2004, (pers. kom.).
- [4] Karlstad Energi AB 2003 *Miljörapport 2002 för Karlstad Energi AB -Avfallsvärmeverket, Heden.*
- [5] Närman L., Driftschef, Karlstad Energi AB, Karlstad 2004, (pers. kom.).
- [6] Arbetsmiljölagen 2004, Arbetsmiljöverket.
- [7] Gullberg, H. Rundqvist, K-I. 2001 *Arbetsmiljölagen i lydelse den 1 januari 2001 Kommentarer och författningar*, Fälth & Hässler, Smedjebacken.
- [8] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling *Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar (AFS 2000:3).*
- [9] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling *Bly (AFS 1992:17)*
- [10] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling *Medicinsk kontroll vid kadmiumarbete (AFS 2000:7)*
- [11] Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling *Biologiska ämnen (AFS 1997:12).*
- [12] Birgersson, B. Sterner, O. Zimerson, E. 1999 *Kemiska hälsorisker*, Liber Ekonomi, Trelleborg.
- [13] Krook, K. 2001 *Kemisk yrkes- och miljöhygien*, Västervik, Arbetslivsinstitutet och prevent.
- [14] Arbetsskyddsstyrelsen 1994 *Kemiska risker - En handbok om ämnena i AFS 1993:9 Hygieniska gränsvärden*
- [15] Edling, C. Nordberg, G. Nordberg, M. 2000 *Hälsa och miljö - en handbok i arbets- och miljömedicin*, Studentlitteratur, Lund.
- [16] Zhang, J. Smith, K. 2003 "Indoor air pollution: a global health concern." *British Medical Bulletin*, 68(1), 209-225.
- [17] Naturvårdsverket Smittskyddsinstitutet Socialstyrelsen 1996 *Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem -Riskvärdering av traditionella och alternativa avloppslösningar*, Naturvårdsverket och Socialstyrelsen.

- [18] Madigan, M. Martinko, J. Parker, J. 2003 *Brock Biology of Microorganisms*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- [19] ALcontrol Laboratories 2004 Provtagningsanvisning för analys av Legionella i vatten.
- [20] Svenska Renhållningsverkssföreningen, <http://www.rvf.se/forbranning.html> 2004-04-05.
- [21] Bjurström, R. Antonsson, A. Eriksson B. 1988 *Arbetsmiljön vid avfallsförbränning*, IVL publikation B 935, Stockholm.
- [22] Wettergren, H. Sävenäverket, Renova, Göteborg 2004, (pers. kom.).
- [23] Simonsson, A. Gärdestaverket, Tekniskaverken i Linköping AB, Linköping 2004, (pers. kom.).
- [24] Janne S. 2002 *Hantering av slaggvatten på Högdalenverket - ett helhetsbegrepp på hanteringen av förorenade vattenströmmar till och från slaggvattensystemet*, Institutionen för lantbruksteknik, SLU.
- [25] Petterson, S., Norsaverket, Västra Mälardalens Renhållnings AB, Köping 2004, (pers. kom.).
- [26] Grönholm, R., Sysav Utveckling, Sysav AB, Malmö 2004, (pers. kom.).
- [27] Åblad, L, Uppsala avfallsvärmeverk, Vattenfall AB, Uppsala 2004, (pers. kom.).
- [28] Karlsson, B. Ljungsjöverket, Ljungby-Energi AB, Ljungby 2004, (pers. kom.).
- [29] Petersson, N. Vikström, P. 1984 *Arbetsmiljön vid svenska avfallsverk Sammanställning av undersökningar*, Naturvårdsverket Rapport SNV PM 1901/Svenska Renhållningsverkssföreningen Publikation 84:19.
- [30] Svenska Renhållningsverkssföreningen 1988 *Arbetsmiljö i avfallsvärmeverk Slutrapport från arbetsgruppen Avfallsförbränning*, RVF Publikation 88:1.
- [31] BIR avfallsenergi 2002 *Måling av fosfin (PH₃) ved slaggbehandlinga hos BIR avfallsenergi i Fanaveien 217*.
- [32] BIR avfallsenergi 2003 *Oppfølgingsmåling av fosfin (PH₃) ved slaggbehandlinga hos BIR avfallsenergi i Fanaveien 217*.
- [33] Maître, A. Collot-Fertey, D. Anzivino, L. Marues, M. Hours, M. Stoklov, M. 2003 Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposures to particles, metals, and organic compounds." *Occupational Environmental Medicine*, 60(2003), 563-569.
- [34] Karlstad Energi AB 2003 *Miljörapport 2002 för Karlstad Energi AB -Avfallsvärmeverket, Heden*.
- [35] Babcock & Wilcox VøAsp *Ombyggnad Ugn/Panna, Beskrivning av Delsystem, Pärm 2* Karlstad Energi AB (internt material).
- [36] Fläkt, Industri AB *Gasreningsanläggning för sopförbränningen, del 1* Karlstad Energi AB (internt material).
- [37] Brantebäck S., Process Design, Götaveken Miljö AB 2004, (pers. kom.).

- [38] Karlstad Energi AB 2002 *Miljörapport 2001 för Karlstad Energi AB - Avfallsvärmeverket, Heden.*
- [39] Miljödepartementet, *Förordningen om deponering av avfall (2001:512).* .
- [40] Bjurström, H. Hjalmarsson, A. Sedendahl K. 1999 *Handbok för restprodukter från förbränning* ÅF-Energikonsult Stockholm AB/ Fjärrvärmeföreningen.
- [41] Naturvårdsverkets författningssamling, *Naturvårdsverkets föreskrifter om avfallsförbränning (NFS 2002:28)*
- [42] Waldebäck, M. Lektor vid Kemiska institutionen, avdelningen för analytisk kemi vid Uppsala universitet 2004, (pers. kom.).
- [43] Institut National de Recherche et de Securite, Fiche 023, 2000.
- [44] Demange, M. Elcabache, J. Grzebyk, M. Peltier, A. Proust, N. Thénot, D. Ducom, P. Fritsch, J. 2000 Phosphine sampling and analysis using silver nitrate impregnated filters." *Journal of Environmental Monitoring*, 2(2000), 476-482.
- [45] Demange, M. Institut National de Recherche et de Sécurité, Centre de Lorraine, Département Métrologie des Pollutants, Laboratoire de Chimie Analytique Minérale 2004 (Pers. kom.)
- [46] Biared, P. Laboratorieansvarig, Sjöstads reningsverk, Karlstads kommun, Karlstad 2004, (pers. kom.).
- [47] Nilsson, M. kemisupport, Pegasus Lab AB, Uppsala 2004, (pers. kom.).
- [48] Schoeps, K-O. Kemis, Pegasus Lab AB, Uppsala 2004, (pers. kom.).
- [49] Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLVFS2001:30.
- [50] Alvarez de Davila, E. Nilsson, M. 1997 *Mikroorganismer i arbetsmiljön* Arbetskyddsnämnden.

Bilaga A

Kontaktade avfallsvärmeverk

Följande avfallsförbränningsanläggningar har kontaktats:

Tabell A.1: Avfallsvärmeverk som är medlemmar i Svenska Renhållningsverksföreningen (RVF)

Verk	Kontaktinformation	Anm
Källhagsverket, AB Avesta Energiverk	www.fortum.se 08-671 70 00	
Värmeverket i Boden, Bodens Energi AB	www.bodensenergi.se	
Säverstaverket, Bollnäs kommun	www.bollnas.se	FB
Bäckelundsverket, Borlänge Energi	www.borlange-energi.se 0243-730 00	
Eksjö Energiverk AB Eksjö Energiverk	http://www.eksjoenergi.se/ 0381-368 66	FB
Högdalenverket, Fortum	www.fortum.se 08-671 70 00	
Kristinehedsverket, Halmstad Renhållnings AB	035-190 190	
Karlskoga Kraftvärmeverk, Karlskoga Kraftvärmeverk AB	www.karlskogaenergi.se 0586-614 00	
Kiruna Värmeverk, Kiruna Värmeverk AB	http://www.kommun.kiruna.se	
Hetvattencentralen,		FB

Verk	Kontaktinformation	Anm
Landskrona Kommun		
Lidköpings Värmeverk, Lidköpings Värmeverk AB	http://www.lidkoping.se/varmeverk/	FB
Ljungsjöverket, Ljungby Energi AB	http://www.ljungby-energi.se/ 0372-78 95 70	
Sävenäsverket, Renova	www.renova.se 031-61 80 00	
Korstaverket, Sundsvall Energi AB	www.sundsvallenergi.com 060-19 22 00	FB
Avfallsvärmeverket, Sysav AB Malmö	www.sysav.se 040-680 18 00	
Värmeverket i Mora, Sydkraft EcoPlus AB	www.sydkraft.se 040-25 50 00	
Igelstaverket i Södertälje, Söderenergi AB	www.soderenergi.se 08-550 224 00	FB
Gärstadverket, Tekniska Verken i Linköping AB	www.tekniskaverken.linkoping.se 013-20 80 00	
Ålidhemsanläggningen och Dåvanamyran Umeå Energi AB	www.umeaenergi.se	
Avfallsförbränningen Uppsala, Vattenfall Värme AB	www.vattenfall.se 08-739 50 00	
Bollmora Värmeverk, Vattenfall Värme AB	www.vattenfall.se 08-739 50 00	
Stegholmsverket, Västerviks Värmeverk AB	www.vastervik.se	FB
Norsaverket, Västra Mälardalens Renhållnings AB	www.vmr.se 0221-257 00	

FB = fluidiserande bädd

Bilaga B

Lagtexter

B.1 Utdrag ur Arbetsmiljölagen

KAPITEL 1

Lagens ändamål och tillämpningsområden

1 § Lagens ändamål är att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet samt att även i övrigt uppnå en god arbetsmiljö.

2 § Denna lag gäller, med den inskränkning som anges i 4 §, varje verksamhet i vilken arbetstagare utför arbete för arbetsgivares räkning. [...]

KAPITEL 2

Arbetsmiljöns beskaffenhet

1 § Arbetsmiljön skall vara tillfredsställande med hänsyn till arbetets natur och den sociala och tekniska utvecklingen i samhället. Vid fartygsarbete skall arbetsmiljön vara tillfredsställande också med hänsyn till sjösäkerhetens krav.

Arbetsförhållandena skall anpassas till människors olika förutsättningar i fysiskt och psykiskt avseende.

Arbetstagaren skall ges möjlighet att medverka i utformningen av sin egen arbetssituation samt i förändrings- och utvecklingsarbete som rör hans eget arbete.

Teknik, arbetsorganisation och arbetsinnehåll skall utformas så att arbetstagaren inte utsätts för fysiska eller psykiska belastningar som kan medföra ohälsa eller olycksfall. Därvid skall även löneformer och förläggning av arbetstid beaktas. Starkt styrt eller bundet arbete skall undvikas eller begränsas.

Det skall eftersträvas att arbetet ger möjligheter till variation, social kontakt och samarbete samt sammanhang mellan enskilda arbetsuppgifter.

Det skall vidare eftersträvas att arbetsförhållandena ger möjligheter till personlig och yrkesmässig utveckling liksom till självbestämmande och yrkesmässigt ansvar.

2 § Arbete skall planläggas och anordnas så, att det kan utföras i en sund och säker miljö.

3 § Arbetslokal skall vara så utformad och inredd att den är lämplig från arbetsmiljösynpunkt.

4 § De arbetshygieniska förhållandena när det gäller luft, ljud, ljus, vibrationer och liknande skall vara tillfredsställande.

Betryggande skyddsåtgärder skall vidtagas mot skada genom fall, ras, brand, explosion, elektrisk ström eller liknande.

7 § Kan betryggande skydd mot ohälsa eller olycksfall icke nås på annat sätt, skall personlig skyddsutrustning användas. Denna skall tillhandahållas genom arbetsgivarens försorg. [...]

KAPITEL 3

Allmänna skyldigheter

1 § Bestämmelserna i detta kapitel skall tillämpas med beaktande av kraven på arbetsmiljöns beskaffenhet enligt 2 kap.

1a § Arbetsgivare och arbetstagare skall samverka för att åstadkomma en god arbetsmiljö.

2 § Arbetsgivaren skall vidta alla åtgärder som behövs för att förebygga att arbetstagaren utsätts för ohälsa eller olycksfall. En utgångspunkt skall därvid vara att allt sådant som kan leda till ohälsa eller olycksfall skall ändras eller ersättas så att risken för ohälsa eller olycksfall undanröjs.

Arbetsgivaren skall beakta den särskilda risk för ohälsa och olycksfall som kan följa av att arbetstagaren utför arbete ensam.

Lokaler samt maskiner, redskap, skyddsutrustning och andra tekniska anordningar skall underhållas väl.

2a § Arbetsgivaren skall systematiskt planera, leda och kontrollera verksamheten på ett sätt som leder till att arbetsmiljön uppfyller föreskrivna krav på en god arbetsmiljö. Han skall utreda arbetsskador, fortlöpande undersöka riskerna i verksamheten och vidta de åtgärder som föranleds av detta. Åtgärder som inte kan vidtas omedelbart skall tidsplaneras.

Arbetsgivaren skall i den utsträckning verksamheten kräver dokumentera arbetsmiljön och arbetet med denna. Handlingsplaner skall därvid upprättas.

Arbetsgivaren skall vidare se till att det i hans verksamhet finns en på lämpligt sätt organiserad arbetsanpassnings- och rehabiliteringsverksamhet för fullgörande av de uppgifter som enligt denna lag och enligt 22 kap. lagen (1962:381) om allmän försäkring vilar på honom.

3 § Arbetsgivaren skall se till att arbetstagaren får god kännedom om de förhållanden, under vilka arbetet bedrivs, och att arbetstagaren upplyses om de risker som kan vara förbundna med arbetet. Arbetsgivaren skall förvissa sig om att arbetstagaren har den utbildning som behövs och vet vad han har att iaktta för att undgå riskerna i arbetet. Arbetsgivaren skall se till att endast arbetstagare som har fått tillräckliga instruktioner får tillträde till områden där det finns en påtaglig risk för ohälsa eller olycksfall.

Arbetsgivaren skall genom att anpassa arbetsförhållandena eller vidta annan lämplig åtgärd ta hänsyn till arbetstagarens särskilda förutsättningar för arbetet. Vid arbetets planläggning och anordnande skall beaktas att människors förutsättningar att utföra arbetsuppgifter är olika.

4 § Arbetstagaren skall medverka i arbetsmiljöarbetet och delta i genomförandet av de åtgärder som behövs för att åstadkomma en god arbetsmiljö. Han skall följa givna föreskrifter samt använda de skyddsanordningar och iaktta den försiktighet i övrigt som behövs för att förebygga ohälsa och olycksfall. [...]

B.2 Utdrag ur Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar¹

Tillämpningsområde

1 § Dessa föreskrifter gäller all verksamhet där luftföroreningar i form av damm, rök, dimma, gas eller ånga kan antas förekomma. Föreskrifterna i 21–28 §§ gäller även i verksamhet där något av de ämnen som anges i dessa paragrafer förekommer i annan form än som luftförorening.

Föreskrifterna gäller inte för mikrobiologiska luftföroreningar.

Föreskrifterna i 27–28 §§ gäller inte radioaktiva ämnen.

Förebyggande åtgärder

4 § Om en bedömning enligt 4 § Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter (AFS 2000:4) om kemiska arbetsmiljörisiker visat att det finns risk för att luftföroreningar förekommer på en arbetsplats, skall arbetet ordnas, utföras och följas upp så att halten luftförorening i andningszonen blir så låg som det är praktiskt möjligt.

Härvid skall de förebyggande åtgärder som anges i a–e övervägas i den ordning som de står uppställda.

a) Arbetsmetod, process eller teknisk anordning väljs och utformas så att minsta möjliga mängd luftförorening uppkommer.

b) Arbete eller process som kan ge upphov till luftförorening utförs i slutet system eller utrymme, särskild lokal, del av lokal eller avskild plats. Systemet, utrymmet, lokalen, lokaldelen eller platsen ordnas så, att luftförorening inte överförs till annat utrymme där arbetstagare vistas.

c) Förorenad luft omhändertas genom processventilation vid den plats där luftföroreningen uppkommer. Detta gäller, när så behövs, även vid slutet system eller utrymme, särskild lokal, del av lokal, avskild plats eller maskin och annan teknisk anordning.

¹ Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna

d) Arbetet utförs från manöverhytt, manöverrum e.d. med särskild lufttillförsel. Tillförd luft skall vara så fri som det är praktiskt möjligt från luftförorening och ge utrymme övertryck.

e) Starkt luftförorenande arbete förläggs till särskild tid, då endast personal som behövs för detta arbete är närvarande.

6 § Om åtgärder enligt 4 § a–e eller 5 § inte kan vidtas eller är otillräckliga, skall lämplig personlig skyddsutrustning användas. Arbetet skall planeras och utföras så att skyddsutrustningen kan användas på ett effektivt sätt med minsta möjliga olägenhet för användaren.

Kontroll av luftföroreningar

Allmänna bestämmelser om utredning och åtgärder

7 § Om det finns anledning att misstänka, att verksamheten ger upphov till luftföroreningar skall arbetsgivaren snarast utreda exponeringens omfattning. Resultatet skall dokumenteras.

Om utredningen visar att exponeringen kan ge upphov till ohälsa skall åtgärder omedelbart vidtas för att sänka exponeringen.

8 § Vid samtidig exponering för flera luftföroreningar skall samverkande effekter beaktas.

Vid bedömning av exponeringsförhållanden skall hänsyn tas, förutom till halten luftförorening i inandningsluften, också till arbetstydgen samt till att vissa ämnen kan tas upp genom huden.

Tillvägagångssätt vid mätning av luftföroreningar

9 § Den som planerar och utför mätning av luftföroreningar skall ha tillräckliga kunskaper för detta. Mätningar skall utföras med för ändamålet lämplig metod och utrustning. Analyslaboratorier som anlitas skall ha lämpliga analysmetoder och kunna uppvisa tillförlitlighet i sina analysresultat. Mätningar skall planeras i samverkan mellan arbetsgivare och berörda arbetstagare samt skyddsombud, om sådant finns.

10 § Exponeringsmätningar skall avse förhållandena vid normal drift. De skall vid behov även belysa exponeringen under andra förhållanden.

11 § Exponeringsmätningar skall utföras i andningszonen på ett tillräckligt antal personer för att det skall vara möjligt att bedöma exponeringen för samtliga exponerade.

Särskilda bestämmelser när hygieniska gränsvärden finns

12 § Halten av luftföroreningar i inandningsluften skall vara godtagbar med hänsyn till de gränsvärden, som är upptagna i bilaga 1.

13 § När det finns anledning att misstänka, att ett hygieniskt gränsvärde överskrids, skall en exponeringsmätning utföras för att klargöra om och i vilken omfattning detta sker.

När det är uppenbart att en luftförorening orsakar exponering som inte är godtagbar med hänsyn till gränsvärdena i bilaga 1, skall dock åtgärder omedelbart vidtas för att sänka exponeringen till godtagbar nivå. Resultatet av åtgärderna skall vid behov kontrolleras med en exponeringsmätning.

14 § För jämförelse med ett i dessa föreskrifter fastställt nivågränsvärde skall en exponeringsmätning omfatta så lång tid att en tillräcklig säkerhet i mätresultatet uppnås. Den del av arbetstiden som omfattas av mätning skall vara representativ för exponeringen. Om exponeringen sker endast under viss del av arbetstiden, är det tillräckligt att mäta under den tiden. Om arbetet utförs i skiftgång, skall mätning ske vid olika skift i den mån arbetet skiljer sig mellan skiften.

15 § För jämförelse med ett i dessa föreskrifter fastställt takgränsvärde skall exponeringsmätning omfatta den tidsperiod som takgränsvärdet avser och utföras vid de tidpunkter då exponeringen kan antas vara högst.

När det finns anledning att misstänka att höga kortvariga luftföroreningshalter förekommer, skall exponeringen i förhållande till korttidsvärdet klargöras.

Åtgärder efter en exponeringsmätning

18 § Om en exponeringsmätning visar att halten av en luftförorening i inandningsluften inte är godtagbar med hänsyn till tillämpligt hygieniskt gränsvärde, skall åtgärder omedelbart vidtas för att sänka exponeringen till godtagbar nivå.

Ny exponeringsmätning skall därefter göras snarast möjligt, dock senast tre månader efter vidtagna åtgärder, om det inte är uppenbart att detta är onödigt.

Utdrag ur gränsvärdeslistan

I tabell B.1 och B.2 presenteras gränsvärden för de ämnen som finns omnämnda i detta arbete och finns med i gränsvärdeslistan (bilaga till arbetsskyddstyrelsens föreskrifter ”Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar”).

CAS-nummer är ett identifikationsnummer för ämnet i fråga enligt Chemical Abstract service. För vissa ämnen/ämnesgrupper finns flera isomera former och då är det angivna CAS-nummret endast vägledande.

Beteckningar i listan:

H = Ämnet kan lätt tas upp genom huden

K = Ämnet är cancerframkallande

S = Ämnet är sensibiliserande

R = Ämnet är reproduktionsstörande

Tabell B.1: Hygieniska gränsvärden, damm och metaller i damm

Ämne [Cas-nr]	NGV mg/m ³	Anm	Ämne [Cas-nr]	NGV mg/m ³	Anm
Damm			Koppar och oorg. föreningar (som Cu) [7440-50-8, metallen]		
totaldamm	10		totaldamm	1	
respirabelt damm	5		respirabelt damm	0,2	
Aluminium, metall och oxid (som Al) [7429-90-5, 1344-28-1]			Krom och oorg. föreningar förutom kromsyra och kromater (som Cr) [7440-47-3, metallen]		
totaldamm	5		totaldamm	0,5	
respirabelt damm	2				
Antimon och oxider (som Sb) [7440-36-0, metallen]			Mangan och oorg. föreningar (som Mn) [7439-96-5, metallen]		
totaldamm	0,5		totaldamm	0,4	
			respirabelt damm	0,2	
Arsenik och oorg. föreningar utom arsenikväte (som As) [7440-38-2, metallen]			Molybden, metall och svårslösliga föreningar (som Mo) [7439-98-7, metallen]		
totaldamm	0,03	K	totaldamm	10	
			respirabelt damm	5	
Barium, lösliga föreningar (som Ba)			Nickel, metall [7440-02-0]		
totaldamm	0,5		totaldamm	0,5	KS
Beryllium och föreningar (som Be) [7440-41-7, metallen]			Nickel, oxid, karbonat och lösliga föreningar (som Ni)		
totaldamm	0,002	KS	totaldamm	0,1	
Bly och oorg. föreningar (som Pb) [7439-92-1, metallen]			Vandadinoxid (som V) [1314-62-1]		
totaldamm	0,1		totaldamm	0,2	
respirabelt damm	0,05		respirabelt damm		
Järnoxid, (som Fe) [1309-37-1]			Zinkoxid [1314-13-2]		
respirabelt damm	3,5		totaldamm	5	
Kadmium och oorg. föreningar (som Cd) [7440-43-9, metallen]					
totaldamm	0,05	K			
respirabelt damm	0,01	K			
Kalciumoxid					
totaldamm	2				
Kobolt och oorg. föreningar (som Co) [7440-48-4, metallen]					
totaldamm	0,05	S			

Tabell B.2: Övriga gränsvärden

Ämne [Cas-nr]	NGV mg/m ³	KTV mg/m ³	Anmärkning
Acetaldehyd [75-07-0]	45	90	
Bensen [71-43-2]	1,5	9	HK
Benso(a)pyren [50-32-8]	0,002	0,02	HKR
Butanoler utom n-butanol [78-92-2, 75-65-0]	150	250	H
Butylacetat, alla isomerer	500	700	
Dekaner och andra högre alifatiska kolväten	350	500	
Etylacetat [141-78-6]	500	1100	
Formaldehyd [50-00-0]	0,6		KS
Fosforväte [7803-51-2]	0,4	1,4	
Metylklorid [74-87-3]	20	40	
Limonen [138-86-3]	150	300	S
Toluen [108-88-3]	200	400	H
Xylen [1330-20-7]	200	450	H

B.3 Utdrag ur Biologiska ämnen²

Arbetskyddsstyrelsen meddelar med stöd av 18 § arbetsmiljöförordningen (SFS 1977:1166) följande föreskrifter.

Tillämpningsområden

1 § Dessa föreskrifter gäller verksamhet som medför risk för exposition för biologiska ämnen.

För den som ensam och dem som för gemensam räkning driver yrkesmässig verksamhet utan anställd gäller föreskrifterna endast när biologiska ämnen används i verksamheten. De jämföras därvid med arbetsgivare.

Definitioner

2 § I dessa föreskrifter används följande beteckningar med nedan angiven betydelse.

Biologiska ämnen

mikroorganismer, cellkulturer och humana invärtesparasiter som kan framkalla ohälsa.

Mikroorganismer

protister och lägre förökningsbara enheter.

Cellkultur

odling ”in vitro” av celler som härrör från flercelliga organismer.

Human

invärtesparasit organism som uppehåller sig i och drar nytta av en människa utan att själv vara till nytta för värden.

Allmänt

3 § Arbetsgivare skall så långt möjligt skaffa sig kännedom om vilka biologiska ämnen som förekommer i verksamheten, bedöma vilka risker för de arbetandes hälsa dessa kan medföra samt göra en klassificering av ämnena enligt bilaga 1.

4 § Arbetet skall planeras och bedrivas så att ohälsa förorsakad av biologiska ämnen och spridning av sådana ämnen förebyggs. Möjligheten att genom lämpligt val av biologiska ämnen minska risken för ohälsa skall beaktas.

Om ett biologiskt ämne medför risk för de arbetandes hälsa skall så långt möjligt de åtgärder vidtas som behövs för att hindra exposition för ämnet.

Särskilda rutiner skall finnas för att ta och hantera prov från människa eller djur. Plan för åtgärder i händelse av olycka med biologiskt ämne skall finnas.

5 § En arbetstagare, som har underrättat arbetsgivaren om att hon är gravid, får inte sysselsättas i arbete med risk för exposition för rubella eller toxoplasma, om en bedömning enligt 2 § Arbetskyddsstyrelsens kungörelse (AFS 1994:32) med föreskrifter om gravida och ammande arbetstagare har visat att expositionen innebär risk för skadlig inverkan på graviditeten eller för annan ohälsa.

6 § Om ett biologiskt ämne medför risk för arbetstagarnas hälsa skall arbetsgivaren bedöma behovet av medicinska förebyggande åtgärder och kontroller och vid behov erbjuda sådana.

² Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter om biologiska ämnen samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna

7 § Arbetstagare skall snarast till arbetsledningen rapportera ohälsa samt olycksfall och tillbud, som kan medföra risk för ohälsa, som kan sättas i samband med exposition för biologiska ämnen i arbetet. Information, instruktioner

8 § Arbetsgivare skall se till att arbetstagare har tillräckliga kunskaper om de biologiska ämnen som används eller sannolikt förekommer på arbetsplatsen, vilka risker exposition för dessa kan medföra, samt hur dessa risker skall undvikas.

Den som har samordningsansvar enligt 3 kap. 7 § arbetsmiljölagen skall se till att erforderlig information om risker och hur dessa undviks när alla företag eller motsvarande på arbetsstället, som utför arbete som kan medföra exposition för biologiska ämnen.

9 § Skyltar med varselmärkning skall finnas vid ingång till lokal eller arbetsområde där biologiska ämnen i skyddsklass 2 eller högre enligt bilaga 1 används och i övrigt när det behövs. Skylt som avser biologiska ämnen i skyddsklass 2 eller högre skall ha symbol enligt bilaga 2, uppgift om skyddsklass och de uppgifter i övrigt som behövs för att förebygga ohälsa. Skylt som avser biologiska ämnen i skyddsklass 3 och 4 enligt bilaga 1 skall dessutom ha uppgift om tillträdesrestriktioner. [...]

10 § Vid användning av biologiska ämnen i skyddsklass 2 eller högre och i övrigt när det behövs skall skriftliga hanterings- och skyddsinstruktioner finnas tillgängliga på arbetsplatsen.

11 § Arbetsgivare skall föra register över de arbetstagare som exponeras för biologiska ämnen i skyddsklass 3 eller 4 enligt bilaga 1. Registret skall ange vilken typ av arbete som utförts och, när det är möjligt, vilket biologiskt ämne arbetstagaren exponerats för. Läkare, 1997:12 5 som utför hälsokontroll enligt 6 §, skall ha tillgång till uppgifterna i registret.

Arbetslokal och teknisk anordning

12 § Arbetslokal skall vara inredd och utrustad och teknisk anordning skall vara utformad så att risker förenade med biologiska ämnen undviks, samt så att spridning av biologiska ämnen begränsas och erforderlig dekontaminering underlättas.

Kontroll och underhåll skall ske i den omfattning som behövs för att förebygga att biologiska ämnen föranleder ohälsa.

Personlig skyddsutrustning och hygien

13 § Erforderliga skyddskläder skall användas vid arbete med biologiska ämnen. Skyddskläder skall förvaras åtskilda från gångkläder.

Skyddshandskar skall användas vid arbete som innebär risk för direkt hudkontakt med sannolikt eller konstaterat smittförande människor, djur eller material om dessa kan medföra ohälsa vid hudkontakt. Annan personlig skyddsutrustning skall användas när det behövs.

Skyddskläder och annan personlig skyddsutrustning skall tas av när arbetsplatsen lämnas. De skall skötas och förvaras så att spridning av biologiska ämnen undviks.

14 § Den som i sitt arbete riskerar att exponeras för biologiska ämnen skall iaktta god hygien. Den utrustning som behövs för detta skall finnas lätt tillgänglig.

Dekontaminering och avfallshantering

15 § Dekontaminering skall ske i den utsträckning som behövs för att förebygga att biologiska ämnen föranleder ohälsa. Spill och dylikt skall snarast samlas upp och oskadliggöras. De metoder som används skall vara utformade så att spridning av biologiska ämnen undviks.

16 § Avfall som innehåller biologiska ämnen skall hanteras enligt på förhand uppgjorda rutiner så att hälsorisker undviks. Den som transporterar eller omhändertar avfall, som innehåller biologiska ämnen, skall få erforderlig information om avfallets karaktär, risker förenade med dess hantering och behov av skyddsåtgärder.

Bilaga C

Resultat från mätningar gjorda på anläggningar i Sverige

C.1 Slaggvattenmätningar

Tabell C.1: Resultat av slaggvattenmätningar, Högdalenverket
Om ej annat anges är enheten mg/l.

Ag	0,01	Cl	6000
As	0,055	CN ⁻	0,02
Ca	260	H ₂ SO ₃	<1
Cd	0,017	NH ₃	40
Co	0,006	P _{tot}	8,8
Cr	0,12	S	410
Fe	3,2	SO ₃	<0,03
K	1900	SO ₄	1000
Li	0,098	pH	11,1
Mg	4,8	Konduktivitet	2370 mS/m
Mn	0,20	Alkalinitet	3100 mg HCO ₃ /l
Mo	0,49	Hårdhet	19°dH
Na	4300	COD(Cr)	3300
Ni	0,064	SS	690
Pb	0,90		
Sr	1,5		
V	0,37		
Zn	1,3		

Tabell C.2: Resultat av slaggvattenmätningar, Renova

Al	500 mg/l	Pb	2,7 mg/l
As	0,24 mg/l	Tl	1,0 µg/l
Be	1,2 µg/l	Zn	19,7 mg/l
Ca	2624 µg/l	Cl	6714 mg/l
Cd	513 µg/l	Fluorid	13 mg/l
Co	11 µg/l	N, tot	160 mg/l
Cr	76,9 µg/l	SO ₄	2005 mg/l
Cu	3,1 mg/l	pH	9,5
Hg	70,4 µg/l		
Ni	89 µg/l		

Tabell C.3: Resultat av slaggvattenmätningar, Gärdestaverket

	1998	1997
Cd	0,11 mg/l	0,95 mg/l
Co	0,056 mg/l	-
Cr	0,089 mg/l	0,5 mg/l
Cu	2,6 mg/l	2,3 mg/l
Fe	2,0 mg/l	9,6 mg/l
Mn	0,22 mg/l	3,2 mg/l
Ni	0,046 mg/l	0,1 mg/l
Pb	3,0 mg/l	7,4 mg/l
Zn	5,1 mg/l	62 mg/l
SO ₄	1827 mg/l	-
pH	11,8	12
Alkalinitet	1124 mg HCO ₃ /l	-

C.2 Luftmätningar

Tabell C.4: Resultat av dammätningar, Vattenfall AB Uppsala

	Totaldamm [mg/m ³]	Cd µg/m ³
Nr 1 (Personburen, drifttekniker)	<0,21	<0,02
Nr 2 (Personburen, drifttekniker)	0,42	<0,12
Nr 3 (Stationär, ugn/efterförbränningskammare)	0,6	<0,032
Nr 4 (Stationär, rökgaskondensering)	<0,23	<0,05
Nr 5 (Stationär, slamblandare)	<0,15	<0,0031
Nr 6 (Stationär, stoftsändare)	<0,82	<0,043

Tabell C.5: Resultat av damm och metaller i damm, Ljungby Energi

[Enhet mg/m ³]	Fläktrum	Pannrum	Asktrum
Totaldamm	<0,12	<0,13	0,18
Be	<0,12	<0,13	<0,13
Mg	0,25	0,52	0,65
Al	<0,62	<0,65	6,1
Ca	<2,5	<2,6	3,9
Va	<0,12	<0,13	<0,13
Cr	<0,12	<0,13	<0,13
Mn	<0,12	<0,13	<0,13
Fe	<2,5	<2,6	<2,6
Co	<0,12	<0,13	<0,13
Ni	<0,12	<0,13	<0,13
Cu	<0,12	<0,13	<0,13
Zn	<2,5	<2,6	<2,6
As	<0,12	<0,13	<0,13
Mb	<0,12	<0,13	<0,13
Cd	<0,12	<0,13	<0,13
Sb	<0,12	<0,13	<0,13
Ba	<0,12	<0,13	<0,13
Tl	<0,12	<0,13	<0,13
Pb	<0,12	<0,13	<0,13

Bilaga D

Mätresultat från DRAV-projektet, 1984

DRAV=Driftsstudie Avfallsbehandling

Tabell D.1: Uppmätta dammhalter, DRAV-projektet
Enhet mg/m³

PROCESSDEL ANLÄGGNING	KONT- ROLL- RUM	TRA- VERS- HYTT	TRAK- TOR- HYTT	TIPP- HALL	UGNS- HALL	ASKUT- MAT- NING	MASKIN- HALL	KVARN	SLAGG- SILO	DRIFT 2 UND.HÅLL PERSONAL	STÄD- NING	ASBEST- FIBRER ANT/ml	KVARTS/ FINFRAK- TION
FÖRBRÄNNING													
Borås				1,7	0,069 ^b				113	0,6 ^M			
GRAAB	<0,1	0,5		2,4 ^M	0,1 ^c	0,4-0,9 ^{d)}	4,2 ^e			0,6 ^M			
Köping	0,44 ^R				0,51 ^R	198 426 ^R							< 0,01
Linköping							0,2 < 0,2 ^R			0,2 ^{MR}			
SYSAV	0,7-1,2	1,1 ^M 6,1 ^M		12-2,7 2,5-6,1 ^M				1,0-4,1 ^M				0,1-0,24	< 0,07
Umeå												0,1-0,3	
Uppsala						10,5 4,6 ^R				2,7 ^M 1,1 ^{MR}			< 0,11
KOMPOSTERING													
Borlänge				12,8			0,06-1,6			1,1-5,5 ^M			< 0,01
Falkenberg	0,2			2			0,6-1,7			0,2-1,3 ^M			
Strömstad	0,36		0,85				1,93				0,82 ^M		
Sundsvall							0,2-1,7						
Södertörn							1,2			2,4-6,8 ^M			
Växjö	0,5		0,26-0,72					0,95-3,15 3,8-4,1 ^M			10,7-16,9 ^M		

M Mobil (personburen mätning)

R Respirabelt damm (<5 µm)

a) Ventilationen avstängd p g a störande buller

b) Mätning i ugn med/utan mask 6,1/236 mg/m³

c) På bunkerplan 9,4 mg/m³

d) Vid driftstopp eller arbete i skruv > 40 mg/m³

e) Skakrännrum

f) 10,7 mg/m³ "Minimal städning"

17,7 mg/m³ "Normal städning"

169 mg/m³ "Storstädning"

Tabell D.2: Uppmätta metallhalter i damm, DRAV-projektet
Enhet mg/m³

PROCESSDEL ÄMNE	HYGIEN. GRÄNS- VÄRDE	TIPPHALL			PANNRUM		I UGN MED/ UTAN MASK BORÅS	MASKINHALL		SLAGG- SILO BORÅS	ASKUTMÄTNING		DRIFTPERSONAL		
		BORÅS	GRAAB ^{d)}	BORLÄNGE	BORÅS ^{e)}	GRAAB ^{d)}		BORLÄNGE	SÖDERÖRN		GRAAB ^{d)}	UPPSALA	BORÅS ^{f)}	GRAAB ^{g)}	SYSÄV ^{g)}
Silver	0,01 ^{a)}		<0,0001			<0,0002					0,0085			<0,0002	0,00019
Aluminium	10,0 ^{b)}		0,2			0,2					1,27			0,02	
Vismut			<0,0006			<0,001								<0,0006	
Calcium			0,3			0,5		0,035			2,1 - 4,2			0,06	0,21
Kadmium	0,05	0,0006	<0,001	0,035	0,0017	<0,002	0,0004/0,016		<0,003	0,07	0,09	0,005	0,0032	<0,002	0,0023
Kobolt	0,05		<0,0003			<0,0005					0,002			<0,0006	
Krom	0,5		<0,0006	0,0004		0,002		0,00004	<0,22		0,09			<0,001	0,0015
Koppar	1,0		0,003			0,005		0,0002			0,09			0,002	0,003
Järn	3,5 ^{a)}		0,2	0,12		0,3		0,018			0,9			0,03	0,164
Magnesium			0,03			0,05					0,2			<0,006	
Mangan	2,5		0,006	0,074		0,03		0,001			0,09			0,001	0,018
Molybden	5 ^{b)}		<0,0006			<0,001					0,004			<0,001	0,00023
Nickel	0,5		<0,0003			0,0005			<0,02		0,002			<0,0003	0,00027
Bly	0,1	0,0077	0,01	0,007	0,022	0,01	0,01/0,43	0,008	<0,003	3,14	2	0,02	0,076	0,02	0,020
Antimon	0,5		<0,006			<0,01					0,04			<0,02	
Tenn	0,1 ^{c)}		<0,0006			<0,001					0,9			0,006	0,00034
Titan	6 ^{a)/b)}		0,02	0,008		0,03		0,001			0,4			0,006	0,016
Vanadin	0,2 ^{a)}		0,0003			0,0005					0,002			<0,0003	
Kviksilver	0,05	<0,0077			<0,035		<0,0012/0,047			<0,28				<0,043	
Beryllium	0,002						<0,0000012/ <0,00005			<0,00028					
Zink	5 ^{a)}		0,02	0,019		0,03		0,001			2,1			0,03	0,010
Kalium	1,4 ^{b)}							0,006							0,023
Arsenik	0,05														0,0022
Selen	0,1														0,00007
Brom	0,7							0,0002							0,0002
Robidium															0,0002
Strontium															0,0012
Zirkonium	5 ^{b)}														0,00017
Barium															0,0090

- a) Hygieniskt gränsvärde gäller för oxid.
b) Amerikanskt gränsvärde.
c) Tennorganiska föreningar.
d) Koncentrationen av ämnet i luften framräknat från max erhållna dammkoncentrationer på mätstället.
e) Maxvärdet av två mätningar angivet i tabellen.
f) Bunkerplan.
g) Maxvärdet av sammanlagt 13 mätningar angivet i tabellen.

Tabell D.3: Uppmätta gaskoncentrationer, DRAV-projektet
Enhet mg/m³

PROCESSDEL ANL ÄMNE	TRAKTORH		TIPPHALL		BLANDN.UTR.		UGNSHALL	SÖPTUGG	SLAGGVÄTTE	KOMPOSTER	HYG GRANSY
	BORLÄNGE	MALMÖ	GRAAB	BORLÄNGE	UPPSALA	GRAAB	GRAAB	GRAAB	BORLÄNGE		
Koldioxid	664			500	< 50					332	9000
Koloxid		6			9						40
Nitrösa gaser					0						
NO + NO ₂		0,5 ^{a)}	1 ^{a)}								25 + 2 ^{a)}
Svaveldioxid					0						5
Svavelväte					3,4						
Saltsyra					1,8						
Alkohol totalt								0,700			
Metanol								0,070			250
Etanol								0,640			1900
2-Propanol								0,015			500
2-Butanol								0,027			150
Aldehyder								0,150			
Ketoner								4,500			
Etylacetat								0,002			
Aromatiska kolväten totalt								1,300			
Bensen								0,087			16
Toluen								0,260			300
Styren								0,165			110
Naftalen								0,049			
Difenyl								0,004			1,5
Alifatiska kolv. totalt								0,500			
n-Hexan								0,002			350
Alicykliska kolv. totalt								0,080			
Cyclohexan								0,001			1000
Oljedimma								< 0,001			3

a) Angivet i ppm.

Bilaga E

Mätresultat från IVL-projektet 1988

Anläggning A: stor anläggning med tre ugnar, alla med rörlig rooster

Anläggning B: mindre anläggning med en ugn med rörlig rooster

Anläggning C: anläggning med fluidiserande bädd

Tabell E.1: Uppmätta dammhalter, IVL-projekt 1988

Plats	Anl.	Arbetsmoment/ Plats	Dammhalt [mg/m ³]
Personburen utrustning:			
Tipp	A	Dirigerar sopbilar	0,9
Tipp	A	Dirigerar sopbilar	1,3
Avfallsbunker	A	Reparation av travers	6,4
Pannhus	A	"Löpare"	0,5
Pannhus	A	"Löpare"	1,1
Pannhus	B	"Löpare"	0,9
Pannhus	C	"Löpare"	2,5
Pannhus	C	"Löpare"	1,0
Stationär Provtagning:			
Manöverrum	B		0,2
Avfallsbunker	A	Fläktar avstängda	14,2
Avfallsbunker	A	Fläktar igång	6,2
Avfallsbunker	B	Vid inmatningsficka	2,5
Avfallsbunker	C	Inmatning av hushållsavfall	5,9
Pannhus	B	Pannbotten	0,3
Pannhus	B	Panntopp	0,3
Pannhus	C	Pannbotten	0,6
Pannhus	C	Pannbotten	0,3
Slaggutmatning	A	Vid slaggbunker	1,7
Slaggutmatning	B	I slaggkällare	1,2

Tabell E.2: Uppmätta klorbensenhalter, IVL-projekt 1988

Plats	Anl.	Diklor- bensen	Triklor- bensen	Tetraklor- bensen	Pentaklor- bensen	Hexaklor- bensen	Totalt
Pannhus							
Ovanför inmatning	A	0,91	0,015	0,006	0,002	0,001	0,93
Högt upp, mitt i pannhus	A	0,44	0,004	0,002	0,001	0,001	0,45
Högt upp, över ”tuberna”	B	0,19	0,010	0,003	0,002	0,002	0,21
Högt upp, oavsn för rostern	B	0,16	0,009	0,002	0,001	0,002	0,17
Brevid inmatning	C	0,35	0,031	0,014	0,014	0,012	0,42
Ovanför inmatning	C	0,59	0,061	0,044	0,051	0,021	0,77
Högst upp i pannhus	C	0,39	0,055	0,036	0,034	0,019	0,53
Ask- och slaggutmatning							
I slaggbunker	A	0,29	0,007	0,001	0,001	0,001	0,30
I slaggekällare	B	0,14	0,013	0,003	0,004	0,006	0,17
Utomhus							
	B	0,04	0,005	0,002	0,001	0,001	0,05
	C	0,068	0,004	0,001	0,001	0,001	0,07

Tabell E.3: Uppmätta halter av polyaromatiska kolväten (PAH), IVL-projekt 1988

Plats	Anl.	Σ PAH [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Benzo(a)pyren [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Pannhus, ovanför economizer	B	<0,04	<0,001
Pannhus, ovanför pannan	B	<0,04	<0,001
Över bränsleinmatningen	C	0,06	0,001
I rökgasutblås vid bränsleinmatning	C	1,7	0,05
Slaggekällare	B	<0,04	<0,001

Bilaga F

Mätresultat från BIR avfallsenergi i Bergen, Norge

Tabell F.1: Mätningar av fosfin, BIR oktober 2002

	Medel [ppm]	Toppvärde [ppm]
Toppen av transportband	0,2	0,3
Vid slaggbunker	- ^a	- ^a
Personburen utrustning	0,1	0,3

^a ej utslag på mätinstrument

Tabell F.2: Uppföljningsmätningar av fosfin, BIR juni 2003

	Dag 1 [mg/m ³]	Dag 2 [mg/m ³]	Dag 2 [mg/m ³]	Medel [mg/m ³]
Toppen av transportbandet	0,84	0,55	0,47	0,6
Vid magnet	0,29	0,17	0,29	0,2
Luftström till rökgasreningsanläggningen	0,093	0,059	0,06	0,07
Personburen utrustning	< 0,003	< 0,003	< 0,042	

Bilaga G

Mätresultat från avfallsförbränningsanläggningsstudie, Frankrike

Tabell G.1: Uppmätta dammhalter, fransk studie 1995

	Anläggning [mg/m^3] medel (min-max)	Kontrollplats [mg/m^3] medel (min-max)
Inhalerbart	1,46 (0,13-6,43)	0,06 (0,01-0,17)
Respirabelt	0,46 (0,03-2,90)	0,03 (0,02-0,06)

Tabell G.2: Uppmätta metallhalter, fransk studie 1995

	Anläggning [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)	Kontrollplats [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)
As	0,14 (0,06-0,43)	ND
Cd	0,34 (0,01-3,56)	0,001 (0,0004-0,003)
Cr	0,64 (0,10-2,64)	0,015 (ND-0,044)
Pb	2,29 (0,09-25,47)	0,078 (0,027-0,134)
Mn	2,67 (0,26-13,02)	0,033 (0,006-0,065)
Ni	0,05 (0,01-0,49)	0,09 (ND-0,39)

Tabell G.3: Uppmätta halter av polyaromatiska kolväten, fransk studie 1995

	Anläggning [ng/m^3] medel (min-max)	Kontrollplats [ng/m^3] medel (min-max)
Totalhalt	18,84 (0,02-147,46)	9,68 (1,20-43,99)
BaP	1,09 (ND-11,64)	0,43 (0,28-0,65)
Pyren	5,48 (ND-91,12)	6,42 (ND-36,61)

Tabell G.4: Uppmätta VOC-halter, fransk studie 1995

	Anläggning [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)	Kontrollplats [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)
Totalhalt	2061 (220-8421)	881 (252-2400)
Alkaner	324 (20-1244)	ND
Bensen	7 (2-17)	ND
Toluen	257 (21-899)	81 (9-184)
Xylen	91 (9-265)	21 (ND-88)
Aromatiska kolväten	410 (60-1226)	169 (9-332)
Diklormetan	501 (9-3775)	ND
Klorinerade kolväten	791 (23-5759)	ND
Syresatta kolväten	561 (11-3580)	710 (244-2068)

Tabell G.5: Uppmätta aldehydhalter, fransk studie 1995

	Anläggning [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)	Kontrollplats [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] medel (min-max)
Totalhalt	66.8 (15-166)	109.6 (40-277)
Formaldehyd	16.9 (7-42)	29,1 (10-45)
Acetaldehyd	45,1 (4-140)	78 (7-260)

Bilaga H

Mätresultat från tidigare undersökningar på Karlstad Energi AB

Tabell H.1: Mätning slaggläkningsvatten, KEAB (2002-02-22)

Temp vid pH och konduktivitet	19.5°C
pH	6.5
Konduktivitet (25°C)	1.3 mS/m
COD(Cr)	7200 mg/l

Tabell H.2: Metallhalter i tankvattnet, KEAB (2002-04-03)

Torrsubstans (TS)	33.6%
Bly	1400 mg/kg TS
Kadmium	59 mg/kg TS
Koppar	1000 mg/kg TS
Krom	210 mg/kg TS
Kviksilver	0.48 mg/kg TS
Nickel	54 mg/kg TS
Zink	3500 mg/kg TS
Kobolt	12 mg/kg TS
Glödgningsrest	77.6 % TS

Tabell H.3: Dioxin- och furanmätning, KEAB 2000

	ng/l		ng/l
2378 TCDD	<0.001	2378 TCDF	<0.002
Summa TCDD	<0.02	Summa TCDF	0.0025
12378 PnCDD	<0.002	12378 PnCDF	<0.0008
Summa PnCDD	<0.02	23478 PnCDF	<0.001
		Summa PnCDF	0.0044
123478 HxCDD	<0.002	123478 HxCDF	<0.001
123678 HxCDD	<0.004	123678 HxCDF	<0.0008
123789 HxCDD	<0.01	234678 HxCDF	<0.0008
Summa HxCDD	<0.004	123789 HxCDF	<0.0005
		Summa HxCDF	<0.01
1234678 HpCDD	<0.0003	1234678 HpCDF	0.0026
Summa HpCDD	<0.0006	1234789 HpCDF	<0.0008
		Summa HpCDF	0.0031
OCDD	0.024	OCDF	0.0099
TCDD-ekvivalenter (enligt I-TEQ)	0.0053 ^a		
TCDD-ekvivalenter (enligt I-TEQ)	0.000034 ^a		

^a Om massan för en eller flera kongener är under den nedre detektionsgränsen rapporteras två I-TEQ-halter

Bilaga I

Metodbeskrivning för mätning och analys av fosfin

Denna metod har från början använts för att fånga arsenikväte (AsH_3), men det har visat sig att den fångar även andra hydrider som antimonväte (SbH_3) och fosforväte (fosfin). Metoden är prövad av Demange *et al.* (2000) och den används numera av INRS och Social Security regional Laboratories (CRAM) i Frankrike. För att klargöra vissa saker i metoden har samtal med Martiné Demange, som testat metoden, förekommit [45]. Nedan finns en beskrivning av metoden.

Utrustning (per prov):

Provtagning och beredning av filter:

3 kvartsfiberfilter

Filterkassett för 3 filter

Filterkassettdelar för att skapa 3 separata filterkassetter

Pump (flöde 1 l/min \pm 5%)

Automatpipett (500 μl)

Lösningar till filterprepareringen:

500 μl Na_2CO_3 (10% w/v i vatten tillsammans med 5% w/v glycerol)

500 μl AgNO_3 (10% w/v)

Analys:

Ultraljudsbad

Volymetrisk flaska (25 ml)/graderad engångsflaska.

2.5 ml HNO_3

10 ml ultrapure-vatten

Provtagningsförberedelse:

En filterkassett prepareras enligt följande:

(i) Ett filter impregneras med 500 μl Na_2CO_3 .

(ii) Två filter impregnerade med 500 μl AgNO_3 .

(iii) Filtren läggs i respektive filterkassettdel och torkas sedan minst 1 timme i 40°C under ventilation.

Det första filtret agerar som förfilter och stoppar partiklar, AsO_3 -ånga och vissa andra ämnen, som HCl , som reagerar med AgNO_3 . De två senare filtren stoppar hydriderna AsH_3 , PH_3 samt SbH_3 .

Preparering av filter för analys av fosfin

Efter provtagning tas filterkassetten isär till de tre delar som den är uppbyggd av (en del per filter). Från varje del sätts en ny filterkassett ihop med nya, oanvända delar (topp och botten). Ytterligare två filterkassetter är nödvändiga för att sätta ihop tre nya filterkassetter. Det är viktigt att hålla ihop de delar som sitter uppströms och de delarna som sitter nedströms för att få med sådant som satt sig på kassettväggarna.

Provbredning:

- (i) 2.5 ml HNO_3 och 10 ml ultrapure-vatten adderas direkt till kassetten med hydridfiltret.
- (ii) Filterkassetten placeras i ett ultraljudsbad upphettat till ca 60°C och provet skakas i 1 h genom att applicera ultraljud.
- (iii) Bottenpluggen i filtret tas bort så att lösningen kan rinna igenom filtret och samlas upp i en volymetrisk flaska (eller graderad engångsflaska).
- (iv) Kassetterns väggar och filtret sköljs noggrant två gånger med 5 ml ultrapure-vatten.
- (v) Lösningen späds till 25 ml.

Preparering av standardlösningar

P-standardlösningar prepareras genom att använda kommersiella 1 g/l fosfatlösningar (0,3325 g/l P), där matrisen passar. Den standardiserade arbetskurvan ska vara linjär.

Analys

Analys av fosfor görs i alla lösningar genom att använda ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry).

Bilaga J

Sammanställning av enätundersökning, KEAB 2004

Undersökning angående hälsorisker

1. Hur länge har du arbetat inom driften på anläggningen?

<1år	1-5 år	5-10 år	>10 år
2	4	2	12

2. Hur ofta befinner du dig vid slaggbadet (källarplanet)?

Dagligen	Någon gång i veckan	Någon gång i månaden	Mer sällan
8	11	2	

Kommentarer:

De flesta personer som arbetar på skiftet befinner sig oftast dagligen till någon/några gånger i veckan vid slaggbadet under sina skiftveckor.

3. Hur länge (minuter/timmar) på ett ungefär uppehåller du dig i genomsnitt vid slaggbadet?

Svaren har varierat mellan några minuter upp till flera timmar, beroende på vad som måste göras. Längre tid vid problem.

4. Hur ofta befinner du dig i containrummet?

Dagligen	Någon gång i veckan	Någon gång i månaden	Mer sällan
10	10	1	

Kommentarer:

De flesta personer som arbetar på skiftet befinner sig oftast dagligen till någon/några gånger i veckan vid containrummet under sina skiftveckor.

5. Hur länge (minuter/timmar) på ett ungefär uppehåller du dig i snitt i containerrummet?

Svaren har varierat mellan några minuter minut upp till flera timmar, beroende på vad som måste göras. Längre tid vid problem.

6. a) Hur ofta händer det att du får göra längre arbeten i samband med slaggen/slaggbadet? (Kommentera gärna vilken typ av arbete det kan röra sig om och om möjligt hur lång tid det kan ta)

Dagligen	Någon gång i veckan	Någon gång i månaden	Någon gång om året	Mer sällan	Aldrig
	2	13	6		

Kommentarer:

De längre arbeten som oftast förekommer är relaterade till stopp i slaggutmatning vid skakbordet, stopp i stupet ned mot badet från eldstaden samt städning. Vid stoppen handlar det om oförbrända större sopor som fastnar. Dessa måste då rensas bort manuellt och arbetet kan ta allt från några minuter till flera timmar.

I containerhallen händer det att containerflytten inte fungerar som den ska, vilket leder till att personalen får uppehålla sig där under längre perioder.

7. Har du någon gång känt dig illamående, fått huvudvärk eller blivit sjuk pga. något som du sätter i samband med arbete kring slaggen/slaggbadet?

Ja	Nej
7	15

Om ja, vad har du råkat ut för och under/efter vilken situation har du råkat ut för det?

Kommentarer:

Lukten/ångan/röken från badet och den varma fuktiga slaggen är det som, vid längre arbeten, främst kan ge upphov till illamående. Någon säger sig känna obehag efter att ha tillbringat längre tid vid slaggvattnet och den varma fuktiga slaggen.

8. Uppfattar du att det finns hälsorisker som kan sättas i samband med arbete vid slagg/slaggbad?

Ja	Nej
17	4

Kommentarer:

Det kan vara risker för skär-, bränn- och klämskador när material som fortfarande brinner fastnat i utmatningsschaktet (där slaggen faller ned mot slaggbadet) och måste petas ned manuellt. När brinnande material faller ned i badet ger det dessutom upphov till rökutveckling. Vid denna typ av arbete är också arbetsställningen farlig och det finns en risk att falla ned.

Vidare finns det också oro för smittorisker och infektionsrisker vid småsår och inandning när man kommer i kontakt med slagg och slaggvatten.

Det kan också vara bli stopp i slaggutmatningen på grund av mycket oförbränt avfall (vid dålig förbränning) vilket kan ge upphov till mycket gaser.

Några allmänna frågor (dvs. inte enbart i samband med slaggen)

9. Känner du någon gång obehag ur hälsorisksynpunkt av att befinna dig ute i anläggningen?

Ja	Nej
12	9

Om ja, på vilket sätt i så fall?

Kommentarer:

Förutom svaren i ovanstående fråga har följande omnämnts:

Det finns gott om mögel, bakterier och damm i anläggningen. Ibland är damm synligt i vissa lokaler. Det finns en viss oro för långtidseffekter av farligt avfall och damm.

Vidare finns oro för brännskador och risk för inandning av het flygaska. Det kommer också en hel del damm och stoft från flygaskan. Kontakt med flygaska sker bland annat vid körning och rengörning av askblandare, men läckage kan även ske från pannan.

Det är mycket materialspill kring banden och containerhallen och en hel del spill av förorenat vatten.

Det dammar även en del i avfallsbunkern och vid arbete med traverskran eller tratten kan man komma i kontakt med avfall.

Bullernivån kan vara hög.

10. Anser du att det är viktigt att använda skyddsutrustning (t ex munskydd, överdragsklädsel) vid arbeten ute i anläggningen?

Ja Nej
21

Kommentarer:

Någon har kommenterat att det nog fuskas en hel del med skyddsutrustning. Skyddsutrustningen kan ibland också försvåra arbetsmoment. Det är inte heller alltid man hinner få på sig skyddsutrustning.

11. Känner du dig orolig för att din hälsa påverkas negativt av ditt arbete?

Ja Nej
9 11

Kommentarer:

Oron för hälsan beror mycket på vilka arbetsuppgifter som måste utföras.

På längre sikt kan kanske hälsan påverkas.

Det är ju en miljöstörande verksamhet. Detta påverkar ju mig som invånare i Karlstad på sikt och min omgivningsmiljö.

Nej – om man använder den skyddsutrustning som finns föreskriven.