

Statkraft Varme

Miljøkonsekvenser ved termisk behandling av farlig avfall ved Heimdal Varmesentral

ADRESSE COWI AS
Otto Nielsens veg 12
Postboks 2564 Sentrum
7414 Trondheim
Norge
TLF +47 02694
WWW cowi.no

INNHold

1	Innledning	1
2	Lov- og regelverk	2
3	Dagens utslipp fra HVS	2
3.1	Utslipp til luft	2
3.2	Utslipp til vann	3
3.3	Restprodukter	4
4	Miljøkonsekvenser ved brenning av farlig avfall	5
4.1	Generelt	5
4.2	Kjemien bak forbrenning og utslipp til luft	5
4.3	Utslipp til vann	5
4.4	Påvirkning på restprodukter	6
5	Kilder	8

1 INNLEDNING

Statkraft Varme AS (SVAS) har et forbrenningsanlegg for ordinært restavfall på Heimdal Varmesentral (HVS). De vurderer å begynne å ta imot utvalgte typer farlig avfall (FA) for forbrenning. COWI har tidligere utarbeidet en rapport med vurderinger av forbrenningsegenskaper og konsekvenser for utslipp og restprodukter ved mottak og brenning av utvalgte typer FA (Heie 2017). Denne rapporten omtaler miljøkonsekvenser ved forbrenning.

OPPDRAGSNR.
DOKUMENTNR.
VERSJON
UTGIVELSESDATO
UTARBEIDET
KONTROLLERT
GODKJENT

A095038-003
NOT HVS FA og miljø 01
1
19. des. 2018
Aage Heie
Tom Reinhold Bäcker
Aage Heie

2 LOV- OG REGELVERK

Avfallsforbrenning reguleres gjennom Forurensningsloven (Klima- og miljødepartementet 1981) og Avfallsforskriften (Klima- og miljødepartementet 2004a). Alle avfallsforbrenningsanlegg har en utslippstillatelse som er gitt i henhold til Forurensningsforskriften (Klima- og miljødepartementet 2004b).

Avfallsforskriftens kap. 10 setter krav til utslipp til luft og vann fra avfallsforbrenningsanlegg. Disse kravene er tatt inn i utslippstillatelsen. Et viktig prinsipp i Forurensningsforskriften er at beste tilgjengelige teknikker (BAT) skal anvendes (§ 36-10):

1. Alle hensiktsmessige forebyggende tiltak mot forurensning skal treffes, særlig ved å ta i bruk de beste tilgjengelige teknikker.

3 DAGENS UTSLIPP FRA HVS

3.1 Utslipp til luft

Utviklingen innen renseteknologi har blitt utviklet til å bli svært effektiv opp gjennom årene, noe som har medført at kravene til utslipp er svært strenge. Da forbrenningsanlegget sto ferdig i 1986 var det bare krav til utslipp av støv til luft. I 1990 ble det også satt krav til utslipp av hydrogenklorid og kvikksølv, og det ble installert en våtvasker. Det ble deretter stilt krav til klorerte dioksiner og furaner, som ble løst ved injeksjon av aktivt kull. Senere ble det krav til utslipp av svoveloksider, tungmetaller, TOC og hydrogenfluorid, og våtvaskeren ble utstyrt med et basisk vasketrinn. Så kom det krav til nitrose gasser, og dette ble løst med ammoniakk-injeksjon. Dette utløste også et krav til utslipp av overskudds-ammoniakk (NH_3). Linje 3, som sto ferdig i 20??, ble bygget etter at disse kravene kom.

Dagens krav er gjengitt under (FMST 2005). Kravet til CO er gitt ut fra forbrenningstekniske forhold, ikke ut fra miljøhensyn. Når det er gode betingelser for fullstendig utbrenning av avfallet¹, er også innholdet av CO i røykgassen lavt.

EMISJONSGRENSER FOR UTSLIPP TIL LUFT							
Parameter	Krav ¹⁾ (maksimale konsentrasjoner)		Kontrollmålinger			Driftsinstrumenter for kontinuerlige målinger	
	24 timers middel mg/Nm ³	½ times- middel mg/Nm ³	Måle- Frekvens	Antall prøver/ analyser pr måling	Midlings tid pr. prøve minimum	Logge- frekvens minimum	Midlingstid pr. reg.
Totalt støv	10	30	Årlig	kont.	1 time	30 min	24 timer
Hg	0,03		2 x årlig	4	1 time		
Cd + Tl	0,05		2 x årlig	4	1 time		
Pb+Cr+Cu+Mn+ Sb+As+Co+ Ni+V+Sn	0,5		2 x årlig	4	1 time		
CO	50	100	Årlig	kont.		2 min	1/2 time
HF (uorg.fluorid)	1	4	Årlig	kont.	1 time		
HCl (uorg.klorid(g))	10	60	Årlig	kont.	1 time	30 min ³⁾	24 timer
TOC	10	20	Årlig	kont.	1 time	30	24 timer
NO _x (NO ₂)	200 ²⁾	400 ²⁾	Årlig	4	1/2 time	5 min	1/2 time
NH ₃	10		Årlig	4	1 time		
SO _x (SO ₂)	50 ⁴⁾	200	Årlig	kont.	1 time	30 min	24 timer
Dioksiner	0,1 ⁵⁾		2 x årlig	3	3 timer		

Tabell 2. Konsesjonskrav ved utslipp til luft (Definisjoner og prosedyrer beskrevet i kap. 10)

1) referert til 11 vol % O₂ og tørr røykgass, temp. 273K, trykk 101,3 kPa

2) som NO₂

3) eventuelt dokumentert på annen måte

4) som SO₂

5) ng/Nm³ målt som 2,3,7,8 TCDD-ekvivalenter (Nordisk standard)

3.2 Utslipp til vann

Det har også vært en utvikling i renseprosessene for avløpsvann fra forbrenningsanlegg. I utgangspunktet var det ikke noe prosessavløp fra anlegget, men da våtvaskeren ble installert ga den et avløpsvann som blir rensset før utslipp til offentlig kloaknett. Linje 3 har en halvtørr rensmetode for sure gasser, tungmetaller mm, og har ingen utslipp til vann.

Kravene i utslippstillatelsen er gitt under (FMST 2004). Disse er gitt ut fra miljøhensyn.

GRENSEVERDIER FOR UTSLIPP TIL VANN		
Utslippssparameter	Utslippsgrenser for ufiltrerte døgnblandeprøver	
Total mengde suspendert stoff	$\frac{100\%}{45 \text{ mg/l}}$ ¹⁾	$\frac{95\%}{30 \text{ mg/l}}$ ²⁾
PH	6 - 10	
Utløpstemperatur	50° C	
Kvikksølv og Hg-forbindelser	0,03 mg Hg/l	
Kadmium og Cd-forbindelser	0,05 mg Cd/l	
Thallium og Tl-forbindelser	0,05 mg Tl/l	
Arsen og As-forbindelser	0,15 mg As/l	
Bly og Pb-forbindelser	0,2 mg Pb/l	
Krom og Cr-forbindelser	0,5 mg Cr/l	
Kobber og Cu-forbindelser	0,5 mg Cu/l	
Nikkel og Ni-forbindelser	0,5 mg Ni/l	
Sink og Zn-forbindelser	1,5 mg Zn/l	
Dioksinekvivalenter	0,3 ng TCDD-ekv/l	

Tabell 3. Konesjonskrav ved utslipp til vann etter røykgassrensning

- 1) utslippsgrense som 100% av målingene må overholde
 2) utslippsgrense som minst 95% av målingene må overholde over en løpende ettårsperiode (i tillegg til 100%-grensen)

I tillegg har kommunen stilt krav til påslipp til offentlig nett, basert på faren for korrosjon i avløpsnettet og kvaliteten på slammet som produseres. Kravene gjelder klorid, sulfat, sulfid, ammoniakk, CO₂, fosfor, olje/fett, VOC og en del metaller.

3.3 Restprodukter

Forbrenningsprosessen gir opphav til tre restprodukter i fast form:

- Bunnaske som er de ikke-brennbare bestanddelene i avfallet.
- Filterstøv fra elektrofilter for røykgassen
- Renserester fra fjerning av sure gasser og tungmetaller.

Utslippstillatelsen har krav om at bunnasken skal inneholde mindre enn 3% organisk karbon (TOC), eller ha et glødetap på mindre enn 5% av materialets tørrvekt. Videre er det krav om at bunnaske, kjelstøv, støv og flyveaske etter renseprosessene skal disponeres i samsvar med bestemmelsene i forskrift om farlig avfall dersom disse inneholder farlige stoffer. Bunnaske og askeprodukter som etter tester ikke omfattes av forskrift om farlig avfall, skal om mulig gjenvinnes, eller benyttes som fyll- eller dekkmasser på fyllplass for restavfall som innehar nødvendig tillatelse etter forurensningsloven

Bunnasken er definert som ordinært avfall, mens de andre er definert som farlig avfall. Bunnasken, som utgjør ca. 20% av innfyrt avfallsmengde, sorteres på et anlegg hos Retura TRV, hvor verdifulle metaller gjenvinnes, før resten går til deponering i Lia deponi, eller til utnyttelse ved behandling av farlig avfall på Langøya. Støv og renserester, som utgjør noen få % av innfyrt avfallsmengde, går til Langøya for sikker sluttdisponering.

4 MILJØKONSEKVENSER VED BRENNING AV FARLIG AVFALL

4.1 Generelt

Ved vurderingene av hvilke typer farlig avfall som kan behandles ved HVS, er ett av kravene at brenning av avfallet ikke medfører at kravene i utslippstillatelsen overskrides, gir andre skadelige utslipp til luft og vann, eller forringer kvaliteten på aske, slagg og renserester. Det vil si at avfallet må bestå av stoffer som er termisk nedbrytbare uten å gi skadelige nedbrytningsprodukter.

4.2 Kjemien bak forbrenning og utslipp til luft

Den mest aktuelle stoffgruppen for brenning er organiske materialer, som olje, fett, maling, organisk avfall uten halogener, impregnert trevirke, mm. Ved fullstendig forbrenning gir organisk materiale hovedsakelig karbondioksid (CO₂) og vann. Hvis det er biologisk materiale vil en også få små mengder NO_x (fra nitrogenet i proteiner) og fosfat (fra fosfatene som inngår i energiomsetningen i cellene).

Ftalater, som brukes som mykner i PVC, er også et organisk materiale som er bygget opp av karbon, oksygen og hydrogen, og som gir CO₂ og vann ved fullstendig forbrenning.

Trevirke kan være impregnert med kreosot eller med metallsalter (CCA – kobber, krom og arsen). Kreosot er et organisk materiale som ved forbrenning gir CO₂ og vann. I en undersøkelse som ble gjennomført på HVS av SINTEF på 90-tallet ble fordelingen av metaller mellom bunnaske, renserester og røykgass kartlagt (Sørum m.fl. udatert). For krom, som har kokepunkt på 2.672 °C, havnet 98% i bunnasken og 2% i renserestene. Kobber har kokepunkt på 2.336 °C og vil også høyst sannsynlig hovedsakelig ende opp i bunnasken. Arsen sublimerer (går direkte fra fast stoff til gass uten å smelte) ved 615 °C, så en stor andel må forventes å havne i røykgassen, men det vil bli effektivt skilt ut i rensesystemet. Det Norske Veritas gjennomførte i 1996 en sammenfatning av kjente data for utslipp ved håndtering av kommunalt avfall, og kom da fram til at hele 75% av arsenet i avfallet havnet i flyveasken og 24,5% i bunnaksen, mens bare 0,5% gikk ut med røykgassen (Sandgren m. fl. 1996). Til sammenligning fant SINTEF at kadmium, med kokepunkt på 767 °C fordelte seg med 63% i bunnasken.

En del av avfallstypene som er aktuelle å brenne inneholder klor, fluor og brom, som alle tilhører gruppen halogener. Dette gjelder kassert isolasjon med miljøskadelige blåsemidler som KFK og HKFK, Klorparafinholdige isolerglassruter, PCB-holdige isolerglassruter, og avfall med bromerte flammehemmere. Avfall med ftalater er hovedsakelig gulvbelegg som består av PVC som også inneholder mye klor. Det aller meste av halogener omdannes til hydrogenerte forbindelser, dvs. hydrogenklorid, hydrogenfluorid og hydrogenbromid. Dette er gasser som lett bindes i vann og gir sterke syrer (saltsyre, flussyre og bromsyre). Tidligere representerte utslipp av hydrogenklorid fra avfallsforbrenningsanlegg et lokalt korrosjonsproblem, og utslipp av hydrogenfluorid fra aluminiumsverk førte til lokale skader på flora og fauna, samt at vindusglass ble etset så de ble uklare. Med dagens rensesystem fjernes disse sure gassene effektivt fra røykgassen, slik at brenning av slikt avfall ikke vil bety økt belastning på miljøet.

4.3 Utslipp til vann

I undersøkelsen til Det Norske Veritas ble det konkludert med at det bare var klor og kvikksølv som i noen grad endte opp i vannet fra våtvasker for røykgass. Med dagens teknologi havner også en vesentlig del av svovelet i dette vannet. Effektiv rensing av vannet fører til at utslippene

og miljøkonsekvensene av metaller er små. Brenning av mer avfall med metaller vil medføre større belastning på renseanlegget, men mengden metaller til vann vil være omtrent det samme.

Hoveddelen av svovelet fjernes også i renseprosessen som gips, men gips har en viss løselighet i vann, så utslippet fra linje 1 og 2 ved HVS inneholder 1-3 gram sulfat pr. liter vann, eller 0,1-0,3%. Hydrogenkloridet (saltsyren) nøytraliseres med kalk og lut, men felles ikke slik som svovelet i gips. Klor slippes derved ut i avløpsvannet som klorid-ioner, altså i samme form som i saltvann. Innholdet er som regel 20-30 gram klorid pr. liter, eller 2-3%. Avløpsvannet går til rensing ved Høvringen renseanlegg, og der går også sulfat og klorid gjennom uten å felles, selv om små mengder nok adsorberes i slammet som produseres. Vannet slippes til Trondheimsfjorden, hvor det er saltvann som inneholder ca. 0,1% svovel (tilsvarende 0,3% sulfat) og ca. 2% klorid (Wikipedia 2017). Avløpsvannet tilsvarende altså sjøvann, og er i tillegg sterkt fortynnet med annet avløpsvann.

4.4 Påvirkning på restprodukter

Som beskrevet over, så kan brenning av farlig avfall medføre økt innhold av kobber, krom og arsen i bunnaske, arsen i flyveaske og sulfat i filterkake fra vannrensing i linje 1 og 2.

Bunnasken fra HVS er analysert mhp karakterisering som avfallstype flere ganger, senest i 2015 (Heie m.fl. 2015). Resultatene er vist under.

Element		Kobber	Krom	Arsen
Innhold	mg/kg TS	4.100	640	31
Ristettest, L/S 10	mg/kg TS	3	1	<0,05
Kolonnetest, L/S 0,1, målt	mg/l	3,6	0,71	0,014
Kolonnetest, L/S 0,1, grenseverdi	mg/l	30	2,5	0,3

Det var ikke tillatt å brenne CCA-impregnert trevirke da analysene ble foretatt. Alle tre metallene finnes altså i bunnasken og stammer fra forskjellige kilder. Utvaskingstestene viste at de er godt bundet i asken, enten som rent metall (mest aktuelt for kobber) eller i vannuløselige forbindelser.

Ved brenning av CCA-impregnert trevirke vil innholdet av metallene i asken øke noe. Det er vanskelig å finne data om mengden CCA i impregnert trevirke. En amerikansk testrapport angir at det brukes ca. 1-3 kg/m³ trevirke for materialer som ikke skal være i kontakt med jord (typisk terrassebord), og opp til ca. 7 kg/m³ for "Ground contact – extreme duty" (ICC 2017). Etter planen vil HVS ta imot i størrelsesorden 5.000 tonn/år CCA-impregnert trevirke. Hvis vi regner en tetthet på 0,5 tonn/m³ (helt tørr granved), så blir det 10.000 m³. Hvis vi regner 3 kg/m³ CCA i middel for avfallet, tilsvarende det 30 tonn CCA.

Den kjemiske formelen for CCA-impregnering er As₂CuCrO₉ (PubChem 2017). Det tilsvarende 36% arsen, 16% kobber og 13% krom. Hvis vi antar samme fordeling av metaller mellom bunnaske og de andre strømmene i avfallsforbrenningsanlegget som angitt av Sandgren m.fl. (1996), og at bunnasken fra HVS totalt utgjør ca. 43.500 tonn/år (Heie m.fl. 2015), kan vi sette opp følgende regnestykke.

		Kobber	Krom	Arsen
Mengde i bunnaske uten brenning av CCA	tonn/år	178	28	1,3
%-vis fordeling i CCA	%	16	13	36
30 tonn CCA inneholder	tonn/år	5	4	11
Andel til bunnaske (Sandgren m.fl. 1996)	%	50	50	25
Tonn til bunnaske	tonn/år	2,3	1,9	2,6
Økning	%	1,3	7	196

Dette betyr at innholdet av kobber og krom i bunnasken vil øke noe, mens mengden arsen vil bli 3-doblet.

Et annet sted i PubChem står det at CCA vanligvis består av 34,0% arsen pentoksid (As_2O_5), 47,5% kromoksid (CrO_3), and 18,5% kobber(II)oksid (CuO). Det tilsvarer 22% arsen, 25% krom og 15% kobber. Hvis vi regner med denne fordelingen, blir økningen for de tre metallene på hhv. 1,2, 13 og 120%, altså fremdeles ganske drastisk for arsen.

Det må bemerkes at dette er verste tilfelle, da det er regnet med at all impregnert trevirke som skal tas imot er ferskt CCA-virke. En del av dette vil være kreosotimpregnert, en del vil være nyere virke som bare er impregnert med kobber, og CCA-virket mister en del av metallene gjennom utvasking ved bruk.

Det er også av interesse å studere sammensetningen av bunnaske fra forbrenningsanlegg som har tillatelse til å brenne CCA-impregnert trevirke. Ved kartleggingen som COWI gjorde i 2015 (Heie m.fl. 2015), var det med 4 anlegg som da hadde tillatelse til å brenne impregnert trevirke. Middelverdien av innholdet i bunnasken for de 4 og for alle 17 anleggene som var med er vist under. Verdien for asken fra HVS er tatt med for sammenligning. Disse resultatene tyder på at det ikke er noe forhøyet innhold av de tre metallene i bunnasken. Dette er prøver som skal representere flere dagers produksjon av aske, men vi vet ikke om det faktisk ble brent CCA-impregnert trevirke på disse dagene.

Kartlegging BA 2015, mg/kg TS i sortert aske	Kobber	Krom	Arsen
Middelverdi 4 anlegg som har tillatelse til å brenne CCA-trevirke	4.000	428	34
Middelverdi alle 17 anlegg i undersøkelsen	4.600	500	38
HVS	4.100	640	31

En kan regne med at alle tre metallene vil være bundet som oksider fremdeles, og både kromoksid og arsenoksid er lett løselig i vann. Det kan altså være en viss fare for at brenning av CCA-impregnert trevirke vil påvirke utlekkingsegenskapene til bunnasken. Dette stemmer ikke med erfaringer fra testbrenning av impregnert trevirke ved BIR (Holm udatert). De fant ingen signifikant økning av metaller i bunnasken. Det er imidlertid mulig at de brant hovedsakelig trevirke som var impregnert med kobberforbindelser, ikke CCA, og kobbermengden er beregnet å øke helt minimalt da det er så mye kobber i bunnasken allerede.

Sammenstilling av utlekkingstestene fra undersøkelsene i 2015 på samme måte som for innholdet i bunnasken som over er vist under (kun kolonnetest for 3 av anleggene). Det er altså lavere utlekking fra bunnasken fra de som har tillatelse til å brenne CCA-trevirke, unntatt for

kolonnetesten for arsen. Det må igjen tas forbehold om at vi ikke vet om det faktisk ble brent CCA-trevirke de dagene som prøvene representerer.

Kartlegging BA 2015, Ristettest, L/S 10, mg/kg TS fra sortert aske	Kobber	Krom	Arsen
Middelverdi 4 anlegg som har tillatelse til å brenne CCA-trevirke	1,2	0,24	0,03
Middelverdi alle 17 anlegg i undersøkelsen	1,3	0,79	0,03
HVS	3,0	1,0	<0,05

Kartlegging BA 2015, Kolonnetest, L/S 0,1, mg/l fra sortert aske	Kobber	Krom	Arsen
Middelverdi 3 anlegg som har tillatelse til å brenne CCA-trevirke	0,7	0,34	0,030
Middelverdi alle 16 anlegg i undersøkelsen	1,7	0,99	0,018
HVS	3,6	0,71	0,014

Den andelen metaller som går til renserestene, altså flyveaske, filterkake fra rensing av avløpssvann fra linje 1 og 2 og den kalkholdige renseresten fra linje 3, er ikke nødvendig å vurdere videre, da alle disse renserestene er definert som farlig avfall og går til kjemisk stabilisering og sikker deponering.

5 KILDER

Fylkesmannen i Sør-Trøndelag (FMST) 2005: Trondheim Energiverk Fjernvarme AS – Utslippstillatelse til anlegg for energigjenvinning av restavfall ved Heimdal Varmesentral. Trondheim, 12.05.2004

Heie, Aa., Heie, H. R., Sandberg, K., Zabrodina, M. & Hagen, T.M. 2015: Basiskarakterisering av bunnaske fra forbrenning av avfall i Norge. Avfall Norge-rapport nr. 7/2015. Utarbeidet av COWI AS.

Heie, Aa. 2017: Farlig avfall til Heimdal Varmesentral - Vurdering av forbrenningsegenskaper og miljøkonsekvenser. COWI notat A095038, Trondheim 23.05.2017.

Holm, Ø udatert Utvalgte farlig avfallstyper i et ordinært forbrenningsanlegg. Udatert presentasjon, BIR, Bergen.

ICC 2017: ICC-ES Evaluation report ESR 1271. Wolmanized outdoor preservative-treated Wood. ICC Evaluation Service, LCC. USA. http://www.icc-es.org/Reports/pdf_files/load_file.cfm?file_type=pdf&file_name=ESR-1721.pdf, besøkt august 2017.

Klima- og miljødepartementet 1981: Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven). LOV-1981-03-13-6. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>

Klima- og miljødepartementet 2004a: Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften). FOR-2004-06-01-930, sist endret FOR-2017-05-24-645. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-930>

Klima- og miljødepartementet 2004b: Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften). FOR-2004-06-01-931, sist endret FOR-2017-03-31-435. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931>

PubChem 2017: OPEN CHEMISTRY DATABASE, CCA-C. National Institutes of Health, USA. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86341922#section=Top>, besøkt august 2017

Sandgren, J., Heie, Aa & Sverud, T.: Utslipp ved håndtering av kommunalt avfall. SFT rapport 96:16 (TA-1366/1996). Utarbeidet av Det Norske Veritas.

Sørum, L., Fossum, M., Evensen, E & Hustad, J.E. Udatert: Heavy Metal Partitioning in a Municipal Solid Waste Incinerator. Udatert, uten kilde, hentet fra Google Scholar. <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/nawtec05/nawtec05-12.pdf>

Wikipedia 2017: Sjøvann. <https://no.wikipedia.org/wiki/Sj%C3%B8vann>, besøkt august 2017.