

Utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra norske smelteverk

Discharge of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from Norwegian smelters

Av Jon Knutzen

Jon Knutzen er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

SUMMARY:

Norwegian smelter industry comprises one major iron work and several aluminium- and ferro alloy smelters etc. Excepting the ferro silicon works, most smelters discharge considerable amounts of polycyclic organic matter to air and/or water, including potentially cancerogenic substances such as benzofluoranthenes and benzo(a)pyrene — B(a)P. Data for discharges to air are practically non-existent, whereas the yearly contribution to the water environment (mostly seawater, cf. Fig. 1) may be estimated to about 100—200 tons. Of this 20—30 tons are cancerogenic compounds, including possibly 5—10 tons B(a)P per year.

1. Beliggenhet og produksjon

Fig. 1 viser hvor ulike typer av smelteverk ligger og hva som er hovedproduktene på de enkelte verk. Det ses at samtlige verk utenom to ligger ved kysten.

Produksjonen vil svinge ganske mye med markedsforholdene, men følgende omtrentlige tall kan gis (tonn pr. år):

Aluminium:	700—750 000
Ferrosilicium:	350—400 000

Ferromangan:	250—300 000
Ferrosiliciummangan:	≈ 200 000
Siliciumkarbid:	≈ 50 000
Calciumkarbid:	≈ 90 000

2. PAH-belastningens art (luft, vann, jord) og mengde varierer sterkt med produkt, prosessforhold og renseslegg.

Dannelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra smelteverk skyldes bruk av tjærestoffer og kull i anodemateriale og som reduksjonsmiddel. Ufullstendig forbrenning gir et varierende høyt innhold av PAH i røykgassene. Variasjonen skyldes primært forskjeller i anodemateriale, smelteovnenes konstruksjon og driftsforhold. Hva som slipper ut til luft vil i tillegg bero på hvordan røyken renses. Mesteparten av smelteverksindustrien bruker Søderbergelektroder, som avgir mye PAH ved forbrenning, men omkring halvparten av landets aluminiumproduksjon (ca. 350—400 000 tonn pr. år) foregår med prebakte (forhåndsbrante) anoder. PAH-tilførselen til omgivelsene kommer da isteden fra produksjonen av anoder.

I åpne ferrosiliciumsovner forbrenner avgassene på toppen av ovnene. Dermed

forbrennes også mye av røykens PAH-innhold. Mesteparten av PAH fra ferrosiliciumproduksjon er knyttet til mineralstøvet som samles opp i filtre før avgassen går til atmosfæren. Renseeffekten i disse filterne ligger gjennomgående på 95—98% av totalt støvinnhold. For hvert tonn ferrosilicium og siliciumsmetall dannes omkring 0,3 tonn støv. Omkring halvparten av dette utnyttes, mest til innblanding i sement, men også som tilsetning til kunstgjødsel. Resten deponeres og kan derved gi en viss PAH-belastning av nærliggende vannforekomster.

I lukkede ovner, som f.eks. ved ferromangan- og siliconmanganproduksjon, blir forbrenningen mer ufullstendig og PAH-innholdet i avgassene følgelig høyere. Slike røykgasser renses nå som regel i gassvaskeanlegg, foruten at den energirike gassen (høyt CO-innhold) forbrennes etter vaskesprosessen (utnyttes til oppvarming etc). De endelige utslipp til luft skal derved også få et beskjedent innhold av PAH.

Ved aluminiumsproduksjon med Søderbergelektroder vil det bli høyt PAH-innhold i arbeidsatmosfæren. Ventilasjonen som skal til for å bote på dette gir store mengder av PAH-forurenset luft. Denne går gjennom et gassvaskeanlegg før utslipp, men slike anlegg er primært konstruert for å redusere utslipp av fluor og svoveldioksyd. Tilbakeholdelsen av PAH er mindre effektiv og betydelige mengder følger med avgassene ut. Både luft- og vannmengder er her så store at ytterligere luftrensning og behandling av gassvaskevannet både er kostbart og teknisk vanskelig.

Med forbehold knyttet til forskjeller i prosess teknologi og behandlingsanlegg samt sparsomt med data, kan man for hovedgrenene innen smelteverksindustrien summere opp med følgende:

Jernverk:

Stort utslipp til vann, sannsynligvis også til luft, eventuelt sig fra støv- og slamdeponier.

Aluminiumverk med Søderbergelektroder:

Store utslipp særlig til luft, men også til vann.

Aluminiumverk med prebakte elektroder:

Mindre utslipp, men til gjengjeld utslipp fra anodefabrikasjon ved enkelte av verkene.

Ferrosiliciumproduksjon:

Sannsynligvis små/moderate luftutslipp. Mesteparten av PAH havner i støv. Moderat belastning ved sig fra deponier av for det meste av pelletisert støv.

Ferro- og silicomanganproduksjon:

Sannsynligvis små/moderate luftutslipp. Moderate til betydelige/store vannutslipp. Enkelte steder muligens betydelig tilførsel ved sig fra slamdeponier (slam fra gassvaskesump og/eller vannrenseanlegg).

3. Samlede årlige utslipp til vann er i størrelsesorden 100—200 tonn. For luftutslipp er det spinkelt dataunderlag.

Tabell 1 viser noen eksempler på målte eller beregnede vannutslipp fra enkeltbedrifter. Observasjonsgrunnlaget er for det meste ganske spinkelt, særlig for Norsk Jernverk og Mosjøen Aluminiumverk. Erfaringene fra analyser av gassvaskevann er at PAH-innholdet kan variere sterkt med produksjonsforholdene (opp til en størrelsesorden — tierpotens — selv for døgnblandprøver).

Bedrift/år	PAH	KPAH	B(a)P
Norsk Jernverk, 1980—85	≈ (10)30—60	≈ (4)6—11	≈ (1) 2—4
Mosjøen Aluminiumverk, 1977—78	≈ 10—70	≈ (1)5—10	≈ (0,1) 0,5—1,5
1983—84	≈ 3—13	≈ 0,5—2	≈ 0,2—0,5
Lista Aluminiumverk 1981—82	≈ 8—15	≈ 2—3	≈ 0,5—1
1983—84	≈ 2—8	≈ 0,5—2	≈ 0,1—0,2
PEA 1983—84	≈ 3—10		
Sauda Smelteverk 1982—84	≈ 0,5—1	≈ 0,2—0,3	≈ 0,05—0,1
Øye Smelteverk 17 prøver 1984—85	≈ 0,2—0,3	≈ 0,01	<0.01
Odda Smelteverk	≈ 10—15	≈ 0.5—1.5	≈ 0.2—0.5

Tabell 1. *Eksempler på ca. belastninger med PAH, KPAH (sum kreftfremkallende) og benzo(a)pyren (B(a)P) fra utvalgte smelteverk til vann, tonn pr. år.*

Table 1. *Discharge of PAH, sum cancerogenic (KPAH) and benzo(a)pyrene from selected smelters, tons per year.*

Alle tabellens data er som nevnt usikre, men gjør det mulig å antyde at norsk smelteverksindustri belaster fjordresipienter med størrelsesorden 100 tonn PAH pr. år, muligens opp mot det dobbelte. (Foruten direkte utslipp, må det regnes med noe tilsig fra slamdeponier og ved utvasking av PAH-holdig partikkelnedfall i de lokale nedbørfelter). Mengden av potensielt kreftfremkallende stoffer kan anslås til omkring 20—30 tonn pr. år, derav 5—10 tonn/år med benzo(a)pyren. Foruten varierende prosessforhold, henger usikkerheten i angivelsene av vannutslipp sammen med:

- Konesjonskrav om bare to vannanalyser i året.
- Ingen systematisk måling av diffuse eller episodiske utslipp (sig fra deponier/overvann, opprensning i gassvaskeanlegg, driftsforstyrrelser i vannbehandlingsanlegg).
- Analyse ved ulike laboratorier, som f.eks. ikke identifiserer samme komponenter (rammer særlig et par av de kreftfremkallende forbindelsene).

Så vidt vites er PAH-målingene i skorsteinsrøyk (etter gassvaske) bare foretatt ved Mosjøen og Lista Aluminiumverk. Årsutslippene til luft lar seg her anslå til

henholdsvis størrelsesorden 10—12 og omkring 25 tonn.

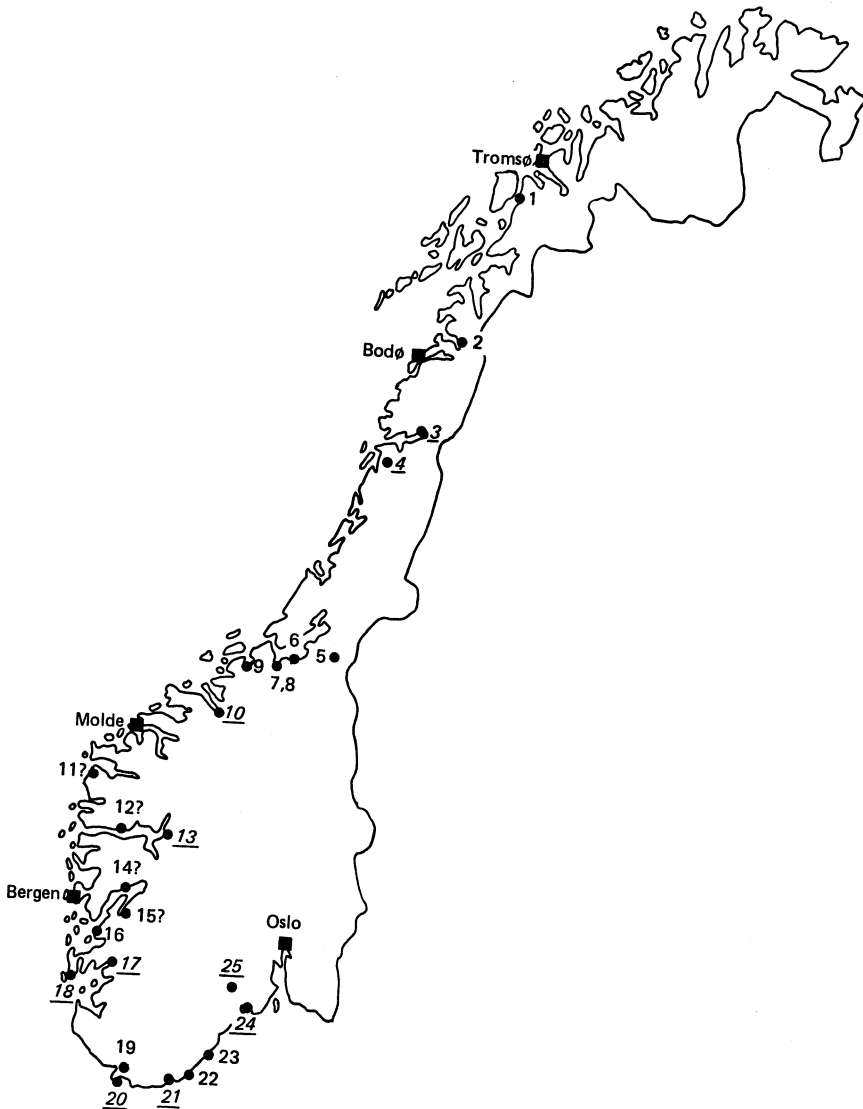
Antas halvparten av støvet fra ferrosiliciumproduksjon (dvs. ca. 75—100 tusen årstonn) deponert, og PAH-innholdet i slikt støv å være 50—100 mg/kg, representerer dette neppe mer enn størrelsesorden 10 tonn PAH pr. år. I betraktning av den moderate utluting fra pelletisert materiale, blir dette ubetydelig i forhold til de direkte utslipp til vann fra andre typer smelteverk. Ferrosiliciumproduksjon er sannsynligvis den del av smelteverksindustrien som bidrar forholdsmessig minst til spredning av PAH til omgivelsene.

4. Konsekvensene er sannsynligvis store med hensyn til arbeidsatmosfære og nærmiljø, mens effektene overfor akvatiske livsformer er lite utforsket.

Eksponering for de av PAH-forbindelsene som er potensielt kreftfremkallende representerer et åpenbart og anerkjent helsemessig problem i arbeidsmiljøet og i nærområdene til fabrikker med store utslipp til luft.

Med hensyn til belastningen i vannforekomster er det opphopningen i skjell og begrensninger på rekreasjon og for mulige oppdrettsinteresser som representerer hovedproblemet.

Enkeltstoffer av PAH er vist eksperimentelt å virke hemmende eller stimulerende på vekst hos vannlevende organismer i konsentrasjoner ned mot 1—10 ug/l (og kanskje lavere). Likevel er det neppe påvist med sikkerhet noe sted at skade på bestandsnivå skyldes PAH. Imidlertid gjør både naturlige variasjoner og regelmessig tilstedeværelse av ledsagende påkjenninger (særlig nedslamming og metaller) det vanskelig å løse opp et slikt årskompleks ved feltstudier. Det er derfor et stort behov for eksperimenter der virkningen av PAH kan testes isolert. Særlig aktuelt er det å gjøre undersøkelser med fisk som lever nær bunnen, og som derved kan komme i direkte kontakt med sterkt PAH-holdige avleiringer. På den måten vil man få se om PAH bevirker økt yngeldødelighet og/eller høyere hyppighet av svultser og sår på fisken.



Figur 1. Norske smelteverk. Understrekede tall angir betydelig PAH-forurensning i vann. ? markerer usikkerhet med hensyn til vannforurensning. Navn og produksjon angitt nedenfor.

Figure 1. Localization of Norwegian smelters. Underlined numerals signifies serious water pollution; ? uncertainly in this respect.

1) Finnfjord Smelteverk,	Finnsnes	Ferrosilicium
2) Salten Verk,	Straumen	Ferrosilicium
3) Norsk Jernverk,	Mo i Rana	
4) Mosjøen Aluminiumverk	Mosjøen	
5) Meråker Smelteverk,	Meråker	Ferrosilicium
6) A/S Ila og Lilleby Smelteverk	Trondheim	Ferrosilicium
7) Orkla Exolon	Orkanger	Siliciumkarbid
8) Orkla Metall	Orkanger	Ferrosilicium
9) Hølla Smelteverk	Kyrkesæterøra	Ferrosilicium
10) ÅSV	Sunnalsøra	Aluminium
11) Bremanger Smelteverk	Svelgen	Ferrosilicium, Silgrain
12) ÅSV	Høyanger	Aluminium
13) ÅSV	Årdal	Aluminium og anodefabrikk
14) Bjølvefossen	Ålvik	Ferrosilicium
15) Odda Smelteverk	Odda	Kalsiumkarbid o.a.
16) Sør-Norge Aluminium	Husnes	
17) Sauda Smelteverk	Sauda	Ferromangan, siliconmangan
18) Alnor	Karmøy	Aluminium
19) Øye Smelteverk	Øye	Ferromangan
20) Lista Aluminiumverk	Lista	
21) Fiskå Verk	Kristiansand	Silicium-metall dessuten anode- produksjon
22) Norton	Lillesand	Siliciumkarbid
23) Arendal Smelteverk	Eydehamn	Siliciumkarbid
24) PEA (ELKEM)	Porsgrunn	Ferromangan
25) Tinfos Jernverk	Notodden	Ferrosilicium (også ferro- mangan til -82)