

RDFORSK

ter for jordfaglig miljøforskning

vedkontor: 1432 Ås Tel. 64 94 81 00 Fax 64 94 81 10

triktskontor: Molde, Tel. 072 58 000

Bodø, Tel. 081 83 222

**Tittel:** Kartlegging av grunnforurensning  
ved Nitriden, Eydehavn  
  
Supplerende undersøkelser på land.

**Tilgjengelighet:** Apen

**Forfatter:** Ola Nordal  
Carl-Einar Amundsen  
Tone Westby  
Sjur Andersen

**Fagområde:** Spesialavfall, miljøgeologi

**Antall sider:** 60

**Antall bilag:** 2

**Prosjekt nr.:** 2100

**Arkivnr.** 7.0903-01

**Rapport nr.:** 10/95

**ISBN nr.:** 82-7467-150-3

**Stikkord:** Deponi, grunnforurensning, tjære,  
PAH, tungmetaller, olje, PCB

**Oppdragsgiver:**

Statens Forurensningstilsyn, SFT

**Kontakt:** Harald Solberg

**Bestillingsnr.:** SFT-kontr. nr. 94221

**Kort sammendrag:**

Det er utført supplerende undersøkelser av grunnforurensning ved Nitriden, Eydehavn. Kilder til forurensning er nærmere lokalisert og beskrevet.

Undersøkelsene synes sammen med tidligere utførte undersøkelser å danne et tilstrekkelig grunnlag for å gjennomføre risikovurdering og vurdere behov for tiltak eller arealbruksrestriksjoner. Det gjenstår imidlertid en endelig gjennomgang og vurdering av alle data.

**Abstract:**

**Land/Fylke:** Aust-Agder

**Kommune:** Arendal

**Sted/Lokalitet:** Nitriden, Eydehavn

**Kart 1:50.000:** 1611 I og 1611 II

**Økon. kart 1:5.000:**

**UTM-koordinater:** 32V 4933 64844

**Sted:** Ås

**Dato:** 25.01.95

**Prosjektleder:**

*Ola Nordal*  
Ola Nordal

**Ansvarlig leder:**

*Øistein Vethe*  
Øistein Vethe

# INNHold

1.....	INNLEDNING	8
2.....	PROBLEMSTILLINGER - OPPGAVER I FASE 3	9
2.1.....	Elektrodefabrikken	9
2.2.....	Nitridentomta Nord	10
2.3.....	Nitridentomta Sør	10
2.3.1.....	Ved Trafo/omformerhallen	10
2.3.2.....	Elektrodesteikeriet	10
2.4.....	Tromøysundtippen og Heggedalstippen	11
2.6.....	Gruver	11
3.....	UTFØRTE UNDERSØKELSER	12
3.1.....	Undersøkelser ved elektrodefabrikken	13
3.2.....	Undersøkelser ved Nitridentomta Nord	14
3.3.....	Undersøkelser ved Nitridentomta Sør	15
3.3.1.....	Ved Trafo/omformerhallen	15
3.3.2.....	Elektrodesteikeriet	16
3.4.....	Undersøkelser ved Tromøysundtippen	17
3.5.....	Undersøkelser ved Heggedalstippen	18
3.6.....	Undersøkelser ved Gruver	19
4.....	RESULTATER OG DISKUSJON	20
4.1.....	Elektrodefabrikken	20
4.1.1.....	Oljeforurensning i vestenden av fabrikken	21
4.1.2.....	Hydraulisk presse	24
4.1.3.....	Tidligere steikeri	25
4.1.4.....	Gammelt bekkokeri	26
4.1.5.....	Overflateforurensning	28
4.2.....	Nitridentomta Nord	31
4.2.1.....	Overflateforurensning	31
4.2.2.....	Gammelt steikeri	31
4.2.3.....	Nedgravde oljetanker	31
4.3.....	Nitridentomta Sør	32
4.3.1.....	Ved trafo/omformerhall	32
4.3.2.....	Elektrodesteikeriet	39
4.4.....	Tromøysundtippen	41
4.5.....	Heggedalstippen	49
4.3.....	Gruver	62
5.....	VURDERINGER OG KONKLUSJONER	63
6.....	REFERANSER	65

## Vedlegg:

1. Kart 2100-1
2. Metodebeskrivelser

## Tabeller

Tabell 1. Oversikt over innsamlede prøver, Elektrodefabrikken.....	14
Tabell 2. Oversikt over prøver og analyser, Nitridentomta Sør.....	15
Tabell 3. Oversikt over prøver og analyser, Elektrodesteikeriet.....	16
Tabell 4. Oversikt over innsamlede prøver, Tromøysundtippen.....	17
Tabell 5. Oversikt over innsamlede prøver, Heggedalstippen.....	19
Tabell 6. Microtox-tester på fast-stoff fra vestenden av Elektrodefabrikken.....	22
Tabell 7 Faktoriell ekstraksjon av tjære ved bekkokeri.....	26
Tabell 8 Kvantifisering av avfallsmasser.....	28
Tabell 9 Faktoriell ekstraksjon av bekgranulat.....	29
Tabell 10 Grunnvannshøyder omkring Elektrodefabrikken.....	30
Tabell 11 Microtox-tester på fast-stoff fra vestenden av Omformerhallen....	34
Tabell 12 Faktoriell ekstraksjon av blåsesand (Tungmetallinnhold i ekstrakter, mg/l og totalinnhold, mg/kg).....	36
Tabell 13 Signifikansnivå (p-verdi)for effekter av lav pH, høy ledningsevne ( $\mu$ ) og samspill mellom pH og ledningsevne på utlekking av Zn, Cu og Ni fra blåsesand fra Nitridentomta. ....	36
Tabell 14 Resultater av Faktoriell ekstraksjon, tjære fra steikeriet.....	40
Tabell 15 Microtox-tester på fast-stoff fra steikeri-området.....	41
Tabell 16. Perioder med riving og utfylling på Tromøysundtippen.....	43
Tabell 17. Innhold av tungmetaller i avfallsprøver fra Tromøysundtippen.....	44
Tabell 18. Innhold av PCB og PAH i prøver fra Tromøysundtippen. ....	44
Tabell 19. Totalkonsentrasjoner (mg/kg) og konsentrasjoner i ulike ekstraksjonsløsninger for tungmetaller i avfall fra Tromøysundtippen.....	45
Tabell 20. Totalkonsentrasjoner av PAH (total PAH mg/kg) og konsentrasjoner av PAH i ekstraksjonsløsningene (PAH mg/l). Resultater fra ANOVA-analysen (ANOVA).. ....	47
Tabell 21. Innhold av tungmetaller i jordvæsken omkring grunnvannspeilet i Tromøysundtippen.....	47
Tabell 22. Microtox-tester på fast-stoff fra Tromøysundtippen.....	48
Tabell 23. Totalkonsentrasjoner av syreløselige tungmetaller (mg/kg) og kationbyttekapasiteten (CEC).....	51
Tabell 24. Innhold av PCB og PAH i prøver fra Heggedalstippen.....	51
Tabell 25. Signifikansnivået (p-verdier) for hvordan ulike behandlinger påvirker mobiliteten av endel tungmetaller fra avfall fra Heggedalstippen. ....	52
Tabell 26. Totalkonsentrasjoner av PAH (total PAH mg/kg) og konsentrasjoner av PAH i ekstraksjonsløsningene (PAH mg/l). Resultater fra ANOVA-analysen (ANOVA).. ....	54
Tabell 27. Innhold av tungmetaller i jordvæske i Heggedalstippen (mg/l).....	55
Tabell 28. Microtox-tester på fast-stoff fra Heggedalstippen.....	56
Tabell 29. Vannanalyser, Gruver Buøy .....	62

## Figurer

Figur 4.1	Sjakt EFM 1 .....	22
Figur 4.2	Sjakt EFM 2 .....	23
Figur 4.3	Sjakt EFM 3 .....	23
Figur 4.4	Sjakt EFM 4 .....	23
Figur 4.5	Sjakt EFM 5 .....	23
Figur 4.6	Sjakt EFM 6 .....	24
Figur 4.7	Sjakt EFP 1/2 .....	24
Figur 4.8	Sjakt EFM 7 .....	25
Figur 4.9	Sjakt EFB 1 .....	28
Figur 4.10	Sjakt OM 9a .....	33
Figur 4.11	Sjakt OM 9b .....	33
Figur 4.12	Sjakt OM 9c .....	33
Figur 4.13	Sjakt OM 9d .....	34
Figur 4.14	Sjakt OM 8a .....	35
Figur 4.15	Sjakt OM 8b .....	35
Figur 4.16	Utlekkingspotensialet for Cu, Zn, Pb og Ni i blåsesand .....	37
Figur 4.17	Sjakt ST 6 .....	38
Figur 4.18	Sjakt 14 a .....	39
Figur 4.19	Sjakt 14 b .....	39
Figur 4.20	Sjakt ST 5 .....	40
Figur 4.23.	Utlekkingspotensialet for Zn, Cu og Cd i avfallsprøver fra Tromøysundtippen .....	46
Figur 4.21	Sjakt TT 1 .....	48
Figur 4.22	Sjakt TT 2 .....	48
Figur 4.24.	Utlekkingspotensialet for Cu og Zn i avfall fra Heggedalstippen .....	53
Figur 4.25	Sjakt HTPG 1 .....	57
Figur 4.26	Sjakt HTPG 2 .....	58
Figur 4.27	Sjakt HTPG 3 .....	59
Figur 4.28	Sjakt HTPG 4 .....	60
Figur 4.29	Sjakt HTPG 5 .....	61

## SAMMENDRAG

### Konklusjon

Undersøkelsene synes sammen med tidligere utførte undersøkelser å danne et tilstrekkelig grunnlag for å gjennomføre risikovurdering og vurdere behov for tiltak eller arealbruksrestriksjoner. Det gjenstår imidlertid fortsatt en endelig gjennomgang og vurdering av alle data. Dette gjelder spesielt sammenholdelse av undersøkelser på land og i sjøen, som er en av hovedstrategiene i undersøkelsen.

### Elektrodefabrikken

En gammel pumpesjakt i vestenden av fabrikkens er påvist. Den inneholder vann og slam som er forurensset av tunge oljeforbindelser. Ved sjakting i området rundt, er det ingen tegn til spredning av olje i grunnen.

Ved en tidligere hydraulisk presse er det olje og PAH i løsmasser. Det er små muligheter for spredning av forurensningen, og den bør sees i sammenheng med annen overflateforurensning i området.

Gammelt steikeri lå i vestre del av fabrikkens. Sjakting i området tyder ikke på tjæreforurensning i grunnen.

Det er påvist et område hvor det foregikk koking av bek. Innenfor et område på omlag 5\*10 meter er overflatemasser sterkt forurensset av tjære. Tjæren er vist å være biotilgjengelig ved at den tas opp i meitemark. Tjæren spres svært lite til grunnvann.

På store deler av området er massene i overflaten forurensset. Dette er kvantifisert til omlag 300 m<sup>3</sup> bekgranulat, omlag 7.5 m<sup>3</sup> masser med bek/tjære, omlag 500 m<sup>3</sup> som inneholder koksstøv, og omlag 500 m<sup>3</sup> som inneholder en blanding av betong og jern med noe koks og tjære. Meitemark i området inneholder ekstremt mye PAH. Grunnvannsundersøkelser viser lite eller ingen forurensning av miljøgifter. Vinderosjon fører til spredning av forurensede masser.

### Nitridentomta Nord

Undersøkelsene viser at det ikke er omfattende oljelekkasjer fra nedgravde oljetanker i området. Nye opplysninger har avklart at det ikke er noen gammel steikeritomt i området. Vurdering av overflateforurensning i området inngår i total risikovurdering for området.

### Nitridentomta Sør

Utenfor omformerhallen er det funnet betydelige mengder olje i én sjakt. Oljen inneholder 7 ppm PCB. I alle sjakter inn mot omformerhallen er det påvist store mengder olje og små mengder PCB i jordprøver. 50 meter fra hallen er det funnet små konsentrasjoner av PCB som kan tyde på spredning av PCB.

Overflateforurensning på Nitridentomta Sør er nå for det meste dekket av asfalt, og dermed isolert i forhold til videre spredning av miljøgifter. Undersøkelser av

blåsesand som fortsatt ligger i området, viser et lavt innhold av metaller, men sur nedbør kan forårsake utvasking av metallene.

Undersøkelsene viser at det ikke er omfattende oljelekkasjer fra nedgravde oljetanker i området. Oljelekkasje fra luftkompressor vest i området har trolig medført utslipp av omlag 750 liter olje over 5 år. Forurensning er sannsynligvis spredd i grunnen i nærområdet til utslippet.

#### Elektrodesteikeriet

Umiddelbart under elektrodesteikeriet som tidligere lå i området, er det stivnet tjære på klistret på stein og fjelloverflate. Denne tjæren er stabil, og vanninfiltrasjon vil i liten grad medføre utvasking. Flere observasjoner viser at tjære er spredd i grunnen ut mot sjøen. Denne tjæren er langt mer viskøs. Sannsynlige spredningsveier er avgrenset.

#### Tromøysundtippen

Tromøysundtippen er fylt ut i perioden 1924-1994. Utifra gamle kart og flyfotos er utfyllingen delt i 5 perioder. Tippen inneholder bl.a. produksjonsavfall fra ovnshus og steikeri, og rivingsavfall fra elektrodefabriken, ovnshusene og steikeriet. Avfallet omfatter da katodeavfall, anoderester, slagg, støv, koks- og oksidavfall fra ovnshusene, ovnsrester, koks/kullstøv, bek/tjære og asbest fra steikeriet. Rivningsavfallet omfatter trevirke, betong, jern, murstein, ovnsrester, installasjoner, råvarer, produkter, avfallsrester og ulikt skrot. Rivningsavfallet kan i varierende grad være forurenset av PAH, CN, F, tungmetaller, olje, asbest.

Eldre del av deponiet (1924-1950) utgjør anslagsvis 1000 m<sup>2</sup> overfalteareal, og ca. 5000 m<sup>3</sup> masse. Tippen fra perioden 1963-dd dekker et areal på ca. 1000 m<sup>2</sup> i overflaten. Volum på den yngste delen er anslått (NOTEBY) til ca 5000-6000 m<sup>3</sup>, hvorav ca 50 % ligger utenfor dagens strandlinje, og det aller meste ligger permanent dykket. De øverste 2-3 meter ligger over normalt sjønivå. Denne yngste delen omfatter vesentligst rivingsavfall.

Sjakingene viste at det finnes lag med rein tjæreforurensning i avfallet. Det er funnet nivåer av PAH fra 390-21000 ppm og PCB fra ikke påvist til 0.3 ppm i ulike typer ovnsavfall, og 130000 ppm PAH og 0.6 ppm PCB i sterkt forurenset tjæreavfall. Det er ikke påvist PAH og PCB i jordvæsken. For PAH ligger nivåene betydelig over tidligere undersøkelser. PCB er tidligere ikke påvist. Innhold av tungmetaller ligger betydelig over norske bakgrunnsverdier.

Utlekkingstester viser at Cd, Cu, Zn, og PAH lar seg vaske ut fra avfallet. Tungmetallene påvirkes særlig av saltvann.

Micro-tox analyser viser gjennomgående lav toksisitet for avfallet.

#### Heggedalstippen

Heggedalstippen er fylt ut i perioden 1912-1994. Utifra gamle kart og flyfotos er utfyllingen delt i 7 perioder. Tippen inneholder i hovedsak avfall fra Ovnshusene, dvs. ovnsavfall (elektroderester), slagg, støv og oksidavfall. Avfallet kan ha inneholdt PAH og andre tjærestoffer, fluorid, cyanider, karbider, nitrider og fosfider, tungmetaller og asbest. Totalt fyllingsvolum er anslått til ca 50.000 m<sup>3</sup>.

En eldre del av tippen inneholder høye konsentrasjoner av tungmetaller, mens de yngre delene ligger på nivåer noe over bakgrunnsverdier. Innhold av PAH i avfallet er jevnt og høyt, og PCB er påvist i lave konsentrasjoner.

Cu, Zn og Ni er påvist å lekke ut fra avfallet. Saltvann reduserer utlekkingen. PAH er påvist å kunne lekke ut fra avfallet. Særlig synes utlekkingspotensialet å være stort innover i deponiet. Saltvann reduserer utlekkingen.

Microtox-tester på avfallet viser at det er lite akutt toksisk.

### Gruver

Undersøkelse av overflatevann i gruver på Buøya tyder på at innhold av PAH er lavt. PCB er ikke påvist.

## 1. INNLEDNING

SFT gjennomfører kartlegging og vurdering av grunnforurensning knyttet til Nitridens industrivirksomhet. Undersøkelsen er gjennomført i flere faser:

### *Registrering*

Ved en landsomfattende kartlegging av grunnforurensning i 1990 (Brunstad 1990) ble det registrert 8 lokaliteter ved Nitriden.

### *Fase 1. Problemdefinering*

I et forprosjekt i 1991/92 ble problemstillinger og kunnskapsbehov for delområdene definert, og undersøkelsesstrategier foreslått. (Sæland 1992).

### *Fase 2. Avklarende undersøkelser*

Avklarende undersøkelser av 6 delområder og et referanseområde ble gjennomført høsten 1992. (Bruskeland, 1992, Grepstad 1993, Rødsand 1992). Undersøkelsene er oppsummert i Sæland (1993a), og Sæland (1993b).

### *Fase 3. Supplerende undersøkelser og risikovurdering*

Supplerende undersøkelser som grunnlag for endelig vurdering er gjennomført sommer/høst 1994.

Denne rapporten redegjør for foreløpige resultater av supplerende undersøkelser på land i fase 3. Supplerende undersøkelser i sjøen, og en samlet risikovurdering av forurensning fra Nitriden kommer i senere rapporter. Konklusjoner og diskusjon av resultater vil inngå i en totalvurdering når resultater fra alle delundersøkelser kan sees i sammenheng.

Arbeidet i fase 3 gjennomføres av JORDFORSK og NIVA, med bistand fra NOTEBY til prosjektstyring, og SINTEF til organiske analyser.



## 2. PROBLEMSTILLINGER - OPPGAVER I FASE 3

### MÅLSETTING

Undersøkelsene skal supplere tidligere utførte undersøkelser, slik at det kan gjennomføres en tilstandsbeskrivelse, risikovurdering og tiltaksvurdering av forurensning i området.

Supplerende undersøkelser skal:

- Gjennomgå og vurdere all innsamlet informasjon, og samle supplerende informasjon som grunnlag for risiko- og tiltaksvurdering.
- Finne evt. kilder til forurensning.
- Avklare spredningsmuligheter, og mulig bidrag til sjøen.
- Avklare risiko for uheldige effekter av forurensningene.

Tidligere arbeid har kort gjengitt følgende konklusjoner mht. forurensning og videre kunnskapsbehov:

(For detaljert beskrivelse av tidligere undersøkelser vises det til Sæland 1993a og b. I disse rapportene er konklusjoner og kunnskapsbehov angitt for hvert enkelt område.)

### 2.1 Elektrodefabrikken

#### Forurensede løsmasser nær overflaten. PAH og olje

I store deler av området er det øvre jordlaget sammenblandet med koksstøv og bekgranulat. Dette materialet inneholder både olje (alkaner) og PAH.

Bekmaterialet skal være herdet og stabilt, men kan avgi forurensning ved oppvarming, knusing el.l.. Områdene er relativt godt avgrenset, men det er behov for en nærmere kvantifisering. Det er også behov for en nærmere vurdering av hvor stabilt bekmaterialet, som dekker store områder er.

#### Oljeforurensninger i bakken

Det er tidligere observert olje i en gammel pumpesjakt og overflategrøft, og det er opplysninger om oljesøl ved tidligere hydrauliske presser. Grunnundersøkelser ga nokså klar indikasjon på oljeforurensning i området, men kildeområdene ble ikke funnet. Det er ikke påvist forurensning i grunnvannet. Det er ikke funnet drikkevannsbrønner i området.

Det er behov for å finne kildene til oljeforurensning, og for å avklare om grunnen under betongdekker er forurenset.

#### Spredning av forurensning

Området er relativt flatt, og det er mulige dreneringsveger i flere retninger. Det er behov for en nærmere avklaring av spredningsmønster.

#### Totalvurdering

Det er behov for å samle og vurdere all innsamlet informasjon i sammenheng.

## 2.2 Nitridentomta Nord

### Forurensede masser nær overflaten.

Massene i området er beskrevet i fase 2 (NOTEBY 1993). Det er behov for å etablere instruks for bruken av forurensede områder, samt å systematisere tilgjengelig informasjon om mulige spredningsveger for evt. avrenning.

### Lokalisering av gammelt steikeri

Det er behov for å lokalisere gammelt steikeri.

### Nedgravde oljetanker

Det ligger 3 nedgravde oljetanker i området. Det er behov for å avklare om disse har medført forurensning i grunnen.

## 2.3 Nitridentomta Sør

### 2.3.1 Ved Trafo/omformerhallen

#### Trafoolje/PCB

Grunnet de elektriske anleggene i trafohallen er det grunn til mistanke om at kilden til PCB i fjorden kan være i dette området. Det er behov for supplerende arbeid for å avklare om det finnes en slik kilde.

#### Nedgravde oljetanker

Det er behov for å avklare om evt. nedgravde oljetanker ved kompressorrom og ved administrasjonsbygg har medført forurensning i grunnen.

#### Blåsesand/Tungmetaller

Det er behov for å avklare kilder til tungmetallforurensning, og for å karakterisere utlekkingspotensiale fra blåsesanden.

### 2.3.2 Elektrodesteikeriet

#### Tjæreforurensning i grunnen

Det er behov for å avklare hvilket utlekkingspotensiale tjære i grunnen utgjør.

#### Nedgravde oljetanker

Det er behov for å avklare om evt. nedgravde oljetanker har medført forurensning i grunnen.

#### Oljelekkasje ved kompressorrom

Det er behov for å avklare følger av pågående lekkasjer ved kompressorrom bak hovedhall.

## **2.4 Tromøysundtippet og Heggedalstippet**

Deponiene inneholder svært blandede masser med varierende innhold av PAH, olje og tungmetaller, evt. PCB, flourid, cyanid, karbider, nitrider og fosfider, og asbest. Videre studier tar sikte på å avklare utlekking av PAH, PCB og tungmetaller ved hjelp av utsetting av blåskjell i resipienten, studier av jordvæske i umettet sone i deponiet og faktorielle forsøk på avfall fra tippet. Det gjøres også nærmere studier av gamle flybilder og kart for å plassere prøvepunkter og om mulig differensiere tippene i områder med ulike avfallskategorier.

Videre undersøkelser er begrenset til PAH og tungmetaller. Fluorid og cyanid er påvist i utførte undersøkelser. Disse vil normalt felles ut og komplekseres i sjøvann, og med de konsentrasjonsnivåer som er påvist i utførte undersøkelser har vi ikke funnet grunn til å prioritere disse stoffene i videre arbeid.

## **2.6 Gruver**

Diverse avfall, bl.a. tjæreavfall er deponert. Vann dybt i sjaktene har vist seg å inneholde betydelige konsentrasjoner av bl.a. PAH og CN, men lite tungmetaller. Videre studier tar sikte på å avklare utlekking ved hjelp av utsetting av blåskjell i resipienten, og prøvetaking av overflatevann som kan renne av fra gruvne ved nedbør.

### **3. UTFØRTE UNDERSØKELSER**

Følgende opplysninger om bygninger og drift ved fabrikkene er samlet og gjennomgått:

#### **Tidligere undersøkelser:**

- Rapport 7.0903-01/1, JORDFORSK, FORPROSJEKT, (Sæland 1992).
- Rapport 924065-1, NGI, Miljøgeologiske Undersøkelser, (Rødsand 1992).
- Rapport 43452-1, NOTEBY, Nitriden - Eydehavn. Område 2 Nitriden-tomta (Grepstad, 1993)
- Rapport 7.0903-01/2, JORDFORSK, Nitriden, Oppsummering fase 2, (Sæland 1993a)
- Gamle kart fra Nitriden.

#### **Supplerende informasjon:**

- Fotoarkiv fra Nitriden ved Eydehavn Museum.
- Flyfotos fra årene 1950, 1959, 1966, 1975, 1985, 1993.
- Det er gjennomført intervjuer med Holthe, som var driftsassistent på Elektrodefabrikken fra 1967, og tidligere driftsleder for elektrodefabrikken og steikeriet, og med Tønnesen, som var arbeider ved Elektrodefabrikken.

Basert på gjennomgangen er strategi og metoder for feltarbeid planlagt.

#### **Følgende arbeid er utført i fase 3, supplerende undersøkelser: (kap 3.1-3.6)**

(Planer for arbeidet var under kontinuerlig revisjon i felt, da det kom frem nye opplysninger fra lokalkjente folk og fra de løpende undersøkelser. Det var også nødvendig med endringer pga. høyspent-traséer i grunnen, og endringer i asfaltering og arealbruk i forhold til det som var antatt tidligere.)

### 3.1 Undersøkelser ved elektrodefabrikken

#### Sjaktning:

- Det er gravd 6 sjakter ved vestenden av fabrikken for å finne mulige kilder til oljeforurensning (EFM 1-6)
- Det er gravd én sjakt for å undersøke evt. grunnforurensning etter tidligere steikerivirksomhet på området (EFM 7).
- Det er gravd to sjakter for å undersøke evt. forurensning etter hydrauliske presser (EFP 1 og 2).
- Det er gravd én sjakt for å undersøke grunnforurensning ved gammelt bekkokeri (EFB 1).
- Det er tatt samleprøver av materiale fra området med overflateforurensning (omkring EFB 2).

Sjaktene er beskrevet i kapittel 4, Resultater. Plassering av sjaktene er vist på tegning 2100-1.

#### Brønninstallering, nivellering og logging:

- Det er installert én grunnvannsbrønn i den gamle pumpesumpen (ved EFM 1), én ved tidligere bekkokeri (EFB 1), og én ved det gamle badet (EF Br3) for å verifisere grunnvannnets strømningsretning i området. NGI-brønn 2 var ødelagt, og det er installert ny brønn på det stedet.
- Brønnhøyder og terreng i området er nivellert inn.
- Grunnvannstand i brønnene er logget.

Plassering av brønnene er vist på tegning 2100-1. Brønnhøyder er vist i kapittel 4, Resultater.

#### Prøvetaking og visuell vurdering:

- Det er gjort en visuell vurdering av løsmasser og grunnvann i sjaktene med tanke på mulig olje- og tjæreforurensning.
- Løsmasser og grunnvann i sjakter og brønner er prøvetatt for visuell vurdering og kjemisk analyse.
- Det er utført grunn sjaktning med visuell vurdering og prøvetaking av meitemark og løsmasser et antall steder omkring gammelt bekkokeri og innenfor området med bekgranulat.

Oversikt over innsamlede prøver er gitt i tabell 1.

#### Ekstraksjonstester og analyser:

- Det er utført faktoriell ekstraksjon på tjære fra gammelt bekkokeri, og utvalgte ekstraksjoner på bekgranulat fra overflateforurensning. pH og TOC (totalt organisk karbon i løsning) er variert for å simulere forholdene på stedet.
- Det er utført kjemiske analyser på utvalgte løsmasse- og grunnvannsprøver.
- Det er utført microtox-analyser på utvalgte løsmasseprøver.

Beskrivelse av metoder for faktoriell ekstraksjon og for analyser er vist i vedlegg 2, Metoder.

#### Kvantifisering av forurenset masse:

- Det er utført estimering av volumer på grunnlag av arealmålinger utifra NGI's kartlegging, og grunne sjaktninger rundt omkring i området.

Tabell 1. Oversikt over innsamlede prøver, Elektrodefabrikken

Kode	Jord/ Vann	Dybde (m)	Emb.	Dato	Analysespesifikasjon			
					Fest	GC-MS	PAH	M-tox
EFP 1-1	J	0.80	glass	1-6				
EFP 1-2	J	0.80	"	"				
EFP 1-3	J	0.80	"	"				
EFP 2-1	J	0.80	pl.bøtte	"		x		x
EFM 1-1	V	1.65	glass	"				
EFM 1-2	V	1.65	glass	1-6		x		
EFM 1-3	V		"	"				
EFM 2-1	J	1.60	"	"				x
EFM 2-2	V	1.70	glass	1-6				x
EFM 4-1	J	sml.pr.	"	"				x
EFM 4-2	V	1,7	"	"				x
EFM 5-1	J	0.70	glass	"				x
EFM 5-2	V	1.70	"	"				x
EFM 6-1	J	1-1,20	"	"				x
EFM 6-2	J	1.70	"	"				
EFB-8	Mark	0,20-0,50	glass	2-6			x	
EF Bek	J	sml.pr.	pl.bøtte	22-jun	x			
EFB-1	Mark	0,20-0,50	"	22-6			x	
EFB-2	J	0,20-0,5	pl.bøtte		x		x	x
EFB-3	J	0.20	glass	"				
EFB-4	J	0.60	"	"				
EFB-5	J	0.70	"	"			x	
EFB-6	J	0,9 -1,1	"	"			x	
EFB-7	J	1,1-1,4	"	"			x	
EFB 1	V		glass	18-8			x	

FEST = Faktoriell ekstraksjon

### 3.2 Undersøkelser ved Nitridentomta Nord

#### Brønninstallering, nivellering og logging:

- Det er installert én grunnvannsbrønn ved det gamle tankingsanlegget (Br 10), og én ved den nedgravde fyringsoljetanken (Br 12).
- Brønnhøyder og terreng i området er nivellert inn.
- Grunnvannstand i brønnene er logget (18/8 1994).

Plassering av brønnene er vist på tegning 2100-1.

Brønnhøyder er vist i kapittet 4, Resultater.

#### Prøvetaking og analyse

- Brønnene er prøvetatt 18/8 1994.
- Analyse av oljeinnhold med GC-oljescreening er utført på begge prøvene (Br 10 og Br 12).

### 3.3 Undersøkelser ved Nitridentomta Sør

#### 3.3.1 Ved Trafo/omformerhallen

##### Sjaktning:

- Det er gravd 4 sjakter for å finne mulige kilder til PCB-forurensning (OM 9a-d)
- Det er gravd 2 sjakter for å undersøke mulig spredningsvei for forurensning fra omformerhallen (OM 8a-b).
- Det er tatt samleprøver av materiale fra området med overflateforurensning i form av blåsesand. Dette punktet ble noe redusert i forhold til opprinnelig plan pga. at store deler av området er asfaltert.

Sjaktene er beskrevet i kapittel 4, Resultater. Plassering av sjaktene er vist på tegning 2100-1.

##### Brønninstallering, nivellering og logging:

- Det er installert én grunnvannsbrønn ved nedgravd oljetank (Br 13)
- Det er installert én grunnvannsbrønn ved kompressoranlegg (Br 7)
- Brønnhøyder og terreng i området er nivellert inn.

Plassering av brønnene er vist på tegning 2100-1. Brønnhøyder er vist i kapittel 4, Resultater.

##### Prøvetaking og visuell vurdering:

- Det er gjort en visuell vurdering av løsmasser og grunnvann i sjaktene med tanke på mulig oljeforurensning.
- Løsmasser og vann i sjakter og brønn er prøvetatt for visuell vurdering og kjemisk analyse.

Oversikt over innsamlede prøver er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over prøver og analyser, Nitridentomta Sør

Prøvenr	Jord/ Vann	Dybde (m)	Emb.	Dato	Analysespesifikasjon			
					Fest	GC-MS	PCB	M-tox
OM8A-1	J	3.50	glass	22-6		x	x	x
OM8A-2	J	3.50	"	"		x	x	
OM8A-3	V	3.50	"	"		x	x	x
OM8B-1	J	3.00	"	"		x	x	
OM9A-1	J	0.50	"	"		x	x	
OM9B-1	J	0.50	"	"		x	x	
OM9C-1	J	0,3 - 0,5	"	"		x	x	
OM9D-1	J	1.00	"	"		x	x	x
OM9D-2	J	1.00	"	"		x	x	x
OM9D-3	V	1.00	"	"		x	x	x
OM9D-4	V	1.00	"	"				
Br 13	V		"	18-8		x		
Bl.sand	J	Bl.prøve		22-6	x			

Ekstraksjonstester og analyser:

- Det er utført faktoriell ekstraksjon på blåsesand. pH og ionestyrke er variert for å simulere forholdene på stedet.
- Det er utført kjemiske analyser på utvalgte løsmasse- og grunnvannsprøver.
- Det er utført microtox-analyser på utvalgte løsmasseprøver.

Beskrivelse av metoder for faktoriell ekstraksjon og for analyser er vist i vedlegg 2, Metoder. Oversikt over utførte analyser og ekstraksjoner er vist i tabell 2.

**3.3.2 Elektrodesteikeriet**Sjaktning:

- Det er gravd 2 sjakter for å ta prøver av tjæreforurensningen under tidligere steikeri (ST14a-b)
- Det er gravd 2 sjakter for å undersøke mulig spredningsvei for forurensning fra kompressoranlegg og Steikeritomta (ST6 og ST5).

Sjaktene er beskrevet i kapittel 4, Resultater. Plassering av sjaktene er vist på tegning 2100-1.

Prøvetaking og visuell vurdering:

- Det er gjort en visuell vurdering av løsmasser og grunnvann i sjaktene med tanke på mulig tjæreforurensning.
- Løsmasser og vann i sjakter og brønn er prøvetatt for visuell vurdering og kjemisk analyse.

Oversikt over innsamlede prøver er gitt i tabell 3.

Ekstraksjonstester og analyser:

- Det er utført faktoriell ekstraksjon på tjæreforurenset masse. Ledningsevne og TOC (totalt organisk karbon i løsning) er variert for å simulere forholdene på stedet.
- Det er utført analyse av tjæreinnehold på utvalgte løsmasseprøver.
- Det er utført microtox-analyser på utvalgte løsmasseprøver.

Beskrivelse av metoder for faktoriell ekstraksjon og for analyser er vist i vedlegg 2, Metoder.

Oversikt over utførte ekstraksjoner og analyser er vist i tabell 3.

**Tabell 3. Oversikt over prøver og analyser, Elektrodesteikeriet**

Provenavn	Jord/ Vann	Dybde (m)	Emb.	Dato	Analysespesifikasjon			
					Fest	PAH	PCB	M-tox
ST5B-1	J	0.40	glass	22-6				x
ST6-1	J	3.00	"	"		x		x
ST 14A-1	V	2.50	"	"				
ST 14A-2	J	2.50	"	"		x		
ST 14B-1	J	1-1,2	"	"				x
ST 14B-2	J	2.00	"	"		x		x
ST 14B-3	J	1-1,2	pl. bølge	"	x			



### 3.4 Undersøkelser ved Tromøysundtippen

#### Sjaktning:

- Det er gravd 2 sjakter i tippen.

Sjaktene er beskrevet i kapittel 4, Resultater. Plassering av sjaktene er vist på tegning 2100-1.

#### Brønninstallering, nivellering og logging:

- Det er installert én grunnvannsbrønn i hver av sjaktene.
- Det er installert jordvæskesugere i ulike nivåer i sjaktene.
- Brønnhøyder og terreng i området er nivellert inn.

Plassering av brønnene er vist på tegning 2100-1.

#### Prøvetaking og visuell vurdering:

- Det er gjort en visuell vurdering av løsmasser i sjaktene.
- Løsmasser og grunnvann i sjakter og brønner er prøvetatt for visuell vurdering og kjemisk analyse.
- Porevann fra jordvæskesugerne er prøvetatt i to omganger.

Oversikt over innsamlede prøver er gitt i tabell 4.

#### Ekstraksjonstester og analyser:

- Det er utført faktoriell ekstraksjon på prøver av avfall fra sjaktene. Ledningsevne og TOC (totalt organisk karbon i løsning) er variert. Ekstraksjonene er utført både for tungmetaller og for PAH.
- Det er utført kjemiske analyser på utvalgte avfallsprøver.
- Det er utført microtox-analyser på utvalgte løsmasseprøver.

Beskrivelse av metoder for faktoriell ekstraksjon og for analyser er vist i vedlegg 2, Metoder. Metode for installering av jordvæskesugere er beskrevet i Westby (1993).

Tabell 4. Oversikt over innsamlede prøver, Tromøysundtippen.

Kode	Jord/ Vann	Dybde ( m )	Kommentar	Emb.	Dato	Analysespesifikasjon				
						Fest	PAH	T.met	M-tox	PCB
TTBr-1	V			plast	2-6				x	
TTBr-2	V			"	"				x	
TT 1-1	J	1.00	tjæreavfall	glass	21-6	x	x		x	x
TT 1-2	J	1,6-2,1	ovnsslagg	plast	"		x	x	x	x
TT 1-3	J	2.50		"	"					
TT 1-4	V	2.50	vann i grop	"	21-6				x	
TT Sam1			Ovnsslagg			x		x		
TT 2/3-1	J	0,40-0,80	byggningsavfall	plast	21-6	x	x	x		x
TT 2-2	J	1.00	ovnsslagg	"	"		x	x	x	x
TT 2-3	J	0,90 - 1,2	ovnsaske	glass	22-6		x		x	x

### 3.5 Undersøkelser ved Heggedalstippen

#### Sjaktning:

- Det er gravd 2 sjakter i ytterkanten av den yngste delen av tippen.
- Det er gravd en sjakt i ytterkanten av den eldste delen av tippen.
- Det er gravd en sjakt midt inne på tippen.
- Det er gravd en sjakt i utsrømningsområde for drenering inne fra land.

Sjaktene er beskrevet i kapittel 4, Resultater. Plassering av sjaktene er vist på tegning 2100-1.

#### Brønninstallering, nivellering og logging:

- Det er installert én grunnvannsbrønn i hver av de 4 sjaktene langs sjøen.
- Det er installert jordvæskesugere i ulike nivåer i tre av sjaktene langs sjøen.
- Brønnhøyder og terreng i området er nivellert inn.

Plassering av brønnene er vist på tegning 2100-1.

#### Prøvetaking og visuell vurdering:

- Det er gjort en visuell vurdering av løsmasser i sjaktene.
- Løsmasser og grunnvann i sjakter og brønner er prøvetatt for visuell vurdering og kjemisk analyse.
- Porevann fra jordvæskesugerne er prøvetatt i to omganger.

Oversikt over innsamlede prøver er gitt i tabell 5.

#### Ekstraksjonstester og analyser:

- Det er utført faktoriell ekstraksjon på blandprøver av avfall fra fire av sjaktene. Ledningsevne og TOC (totalt organisk karbon i løsning) er variert. Ekstraksjonene er utført både for tungmetaller og for PAH.
- Det er utført kjemiske analyser på utvalgte avfallsprøver.
- Det er utført microtox-analyser på utvalgte løsmasseprøver, jordvæskeprøver, og ekstrakter fra faktoriell ekstraksjon.

Beskrivelse av metoder for faktoriell ekstraksjon og for analyser er vist i vedlegg 2, Metoder. Metode for installering av jordvæskesugere er beskrevet i Westby (1993).

Tabell 5. Oversikt over innsamlede prøver, Heggedalstippen.

Kode	Jord/ Vann	Dybde ( m )	Kommentar	Emb.	Dato	Analyser				
						Fest	PAH	T.met	M-tox	PCB
HTPG 1-1	J	0,10-0,50	slipestøv grått slipestøv slipestøv utf. sjikt ovnsslagg	pl.pose	31-5			x	x	
HTPG 1-2	J	0,50-0,60		"	"			x	x	
HTPG 1-3	J	0,60-1,80		"	"			x	x	
HTPG 1-4	J	0.30		"	"			x	x	
HTPG 1-5	J	0.30		glass	"					
HTPG 1-6	J	0.50		"	"					
HTPG 1-7	J	1.00		pl.pose	"			x	x	
HTPG 1-8	J	1-1,20		glass	"					
HTPG Sam1				"		x	x	x		x
HTPG 2-1	J	0,20-0,70		pl.pose	"				x	
HTPG 2-2	J	0,20-0,40		glass	"					
HTPG 2-3	J	0,60-0,70		glass	"					
HTPG 2-4	J	0,70-1,20		"	"					
HTPG 2-5	J	0,70-1,80		pl.pose	"				x	
HTPG Sam2						x	x	x		x
HTPG 4-1	J	0-0,70	red.sone red.sone	"	"				x	
HTPG 4-2	J	0,80-1,0		"	"				x	
HTPG 4-3	J	1,0-1,20		"	"				x	
HTPG 4-4	J	1,0-1,20		glass	"					
HTPG Sam4						x	x	x		x
HTPG 5-1	J	0-2,5		pl.bøtte	2-6	x	x	x	x	x

### 3.6 Undersøkelser ved Gruver

#### Prøvetaking:

- Overflatevann i gruvne på Buøya er prøvetatt i to omganger.

#### Analyse:

- Prøver fra en prøveinnsamling er analysert for innhold av PAH og PCB.

## **4. RESULTATER OG DISKUSJON**

### **4.1 Elektrodefabrikken**

En gammel pumpesjakt i vestenden av fabrikkens inneholder vann og slam som er forurensset av tunge oljeforbindelser. Ved sjakting i området rundt er det ingen tegn til spredning av olje i grunnen.

Ved en tidligere hydraulisk presse er det olje og PAH i løsmasser over betongkonstruksjoner.

Gammelt steikeri lå i vestre del av fabrikkens. Sjakting i området tyder ikke på tjæreforurensning i grunnen.

Det er påvist et område hvor det foregikk koking av bek. Innenfor et område på omlag 5\*10 meter er overflatemasser sterkt forurensset av tjære. Tjæren tas opp i meitemark.

På store deler av området er massene i overflaten forurensset. Dette er kvantifisert til omlag 300 m<sup>3</sup> bekgranulat, omlag 7.5 m<sup>3</sup> masser med bek/tjære, omlag 500 m<sup>3</sup> som inneholder koksstøv, og omlag 500 m<sup>3</sup> som inneholder en blanding av betong og jern med noe koks og tjære. Meitemark i området inneholder ekstremt mye PAH. Grunnvannsundersøkelser viser lite eller ingen forurensning av miljøgifter. Vinderosjon fører til spredning av forurensede masser.

Sjaktbeskrivelser med analyseresultater er vist på figur 4.1 - 4.9. Innhentet informasjon er sammenstilt på kart nr. 2100-1. Følgende informasjon finnes på kartet:

Lokalisering av mulige kilder til forurensning:

- Overflateforurensning. (Basert på Rødsand, 1992).
- Oljeforurensning. (Basert på intervjuer, kart, sjakting og analyse.)
- Bekkokeri. (Basert på intervjuer, sjakting, visuell vurdering og analyse.)

Plassering av undersøkelsessteder:

- Utvalgte tidligere sjakter og brønner (Basert på Rødsand, 1992 og Grepstad, 1992).
- Nye sjakter og brønner.

Grunnvannets strømningsmønster:

- Kotekart basert på logging av grunnvannstand i juni 1994.

### 4.1.1 Oljeforurensning i vestenden av fabrikken

#### *Kilder*

Det ble ikke funnet tegn til noen nedgravd tank, selv om det ble utført omfattende sjakting i området (EFM 2, 3, 4, 5, 6) hvor den kan ha vært. Det ble imidlertid heller ikke funnet tegn til oljeforurensning noe sted uten i pumpesjakten ved EFM 1, noe som tyder på at det ikke er omfattende lekkasjer av olje i grunnen på stedet. Jord- og vannprøver fra alle sjakter ble visuelt vurdert på stedet, og det var ingen tegn til oljeforurensning.

Ved EFM 1 ligger den tidligere pumpesjakten (se foto nedenfor). Sjakten var tildekket med omlag 1 meter takblikk og stein. Den er avgrenset av betongvegger på alle sider, og det står vann på ca. 3,5 meters dyp, og slam fra 5,5 meters dyp til hard bunn på 7 meters dyp (se tegning nedenfor). Når steiner falt ned i sjakta piplet det opp olje.

Ca. 20 cm over vannspeilet i sjakten var det en åpen rørstuss mot vest. Denne vil kunne drenere ut forurensset vann ved nedbør.

Ved prøvetaking av vann i sjakten oppstod det en egen fri fase med svart olje på vannet (EFM1-2). (1-2 mm hinne). MS-screening av oljefasen viser at den består av tyngre oljedestillater, f.eks. en fyringsolje. Oljen piplet opp nær stein falt ned i sjakten.

#### *Spredning*

I gravde sjakter tett rundt pumpesjakten ble det ikke observert tegn til spredning av olje. Rørstussen i pumpesjakten kan være koblet til drensledninger fra området, som går vestover til Arendal Smelteverk og Bukkevika (se kart 2100-1). Feltobservasjonene tyder på at det ikke var oljefilm på vannet før stein o.l. hvirvlet olje opp fra bunnen, og spredning ved overløp i røret bør derfor være begrenset.

Kartlegging av grunnvannets strømningsmønster i området viser at kildeområdet drenerer mot sørvest, slik det er vist på tegning 2100-1. I forrige undersøkelsesfase (NGI 1992) ble det ikke påvist hverken olje eller PAH i de to brønnene nedstrøms kildeområdet for oljeforurensning. Ved nye analyser av vann fra NGI-Br1 kan det fortsatt ikke påvises oljekomponenter i grunnvannet.

Evt. spredning med avløpsrør i området vil være begrenset da rørsystemet i hovedtrekk ligger over mettet sone.

#### *Effekt*

Microtox-tester på fast-stoffprøver viser at massene er lite toksiske. Resultatene er vist i tabell 6. Det er tatt to parallelle tester på hver prøve for å få et bilde av sikkerheten (variasjonen) i resultatene. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes

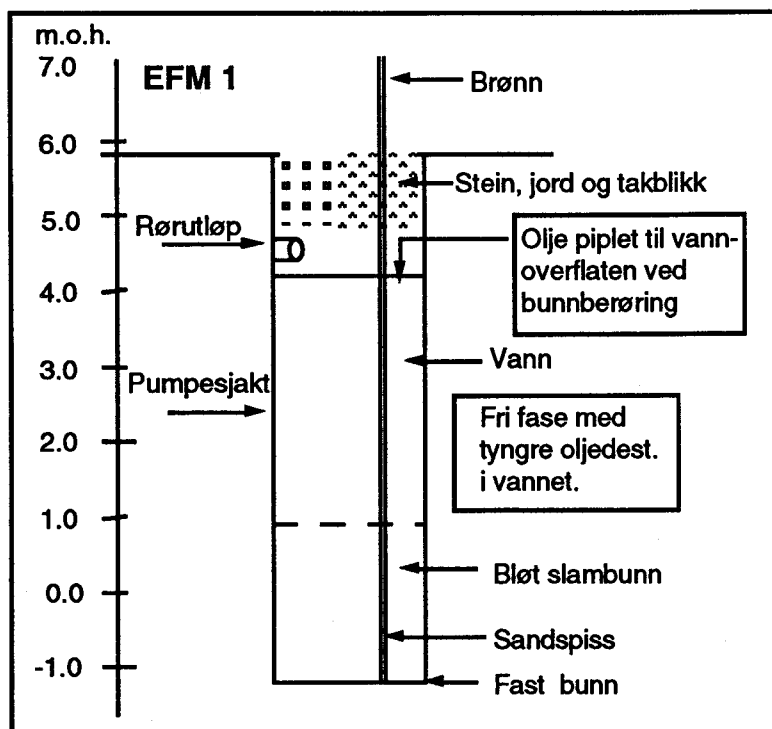
gjørne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)

Tabell 6. Microtox-tester på fast-stoff fra vestenden av Elektrodefabrikken.

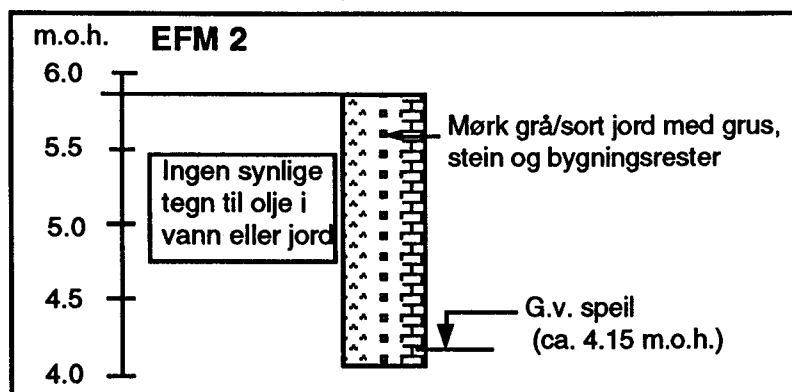
Kode	Dybde (m)	EC50 (ppm)
EFM2-1	1.6	23959
EFM2-1	1.6	18483
EFM 4-1	sml. pr	34261
EFM 4-1	sml. pr	55813
EFM 5-1	0.7	58766
EFM 5-1	0.7	69364
EFM 6-1	1 - 1,2	22413
EFM 6-1	1 - 1,2	20448

### Sjaktbeskrivelser

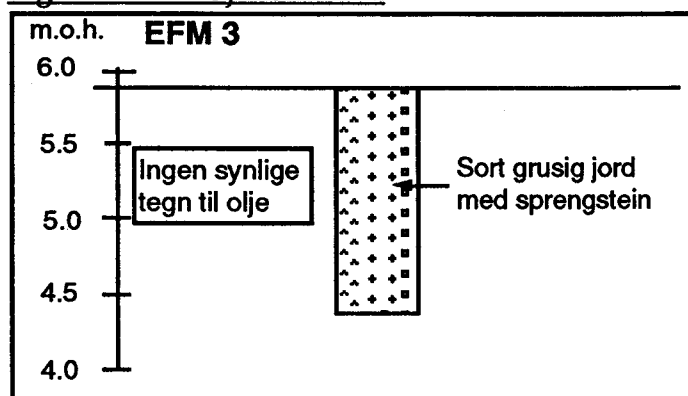
Figurene viser et snitt av jordprofilen i sjaktene. Høyde over havet, beskrivelse av løsmasser, visuelle observasjoner, brønnplassering og prøvetakingspunkt er vist.



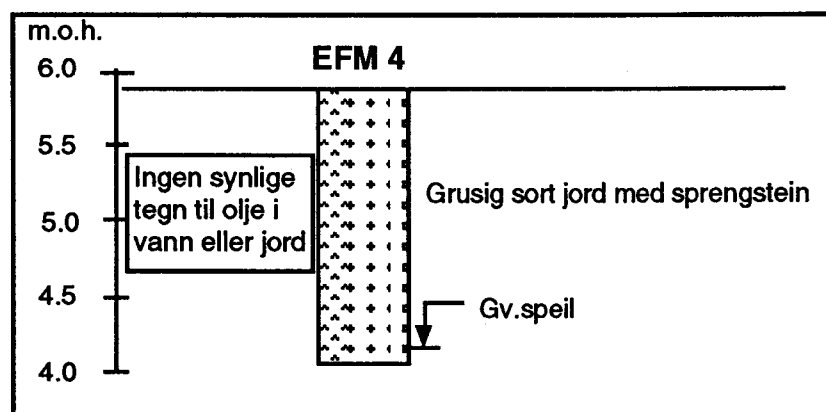
Figur 4.1 Sjakt EFM 1



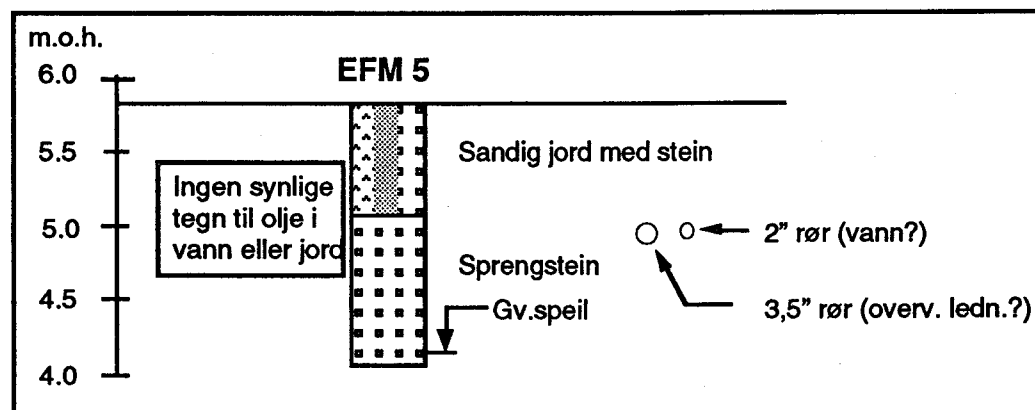
Figur 4.2 Sjakt EFM 2



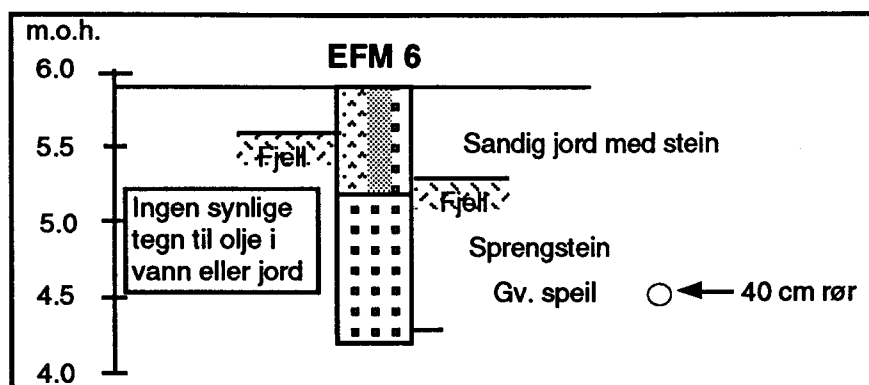
Figur 4.3 Sjakt EFM 3



Figur 4.4 Sjakt EFM 4



Figur 4.5 Sjakt EFM 5



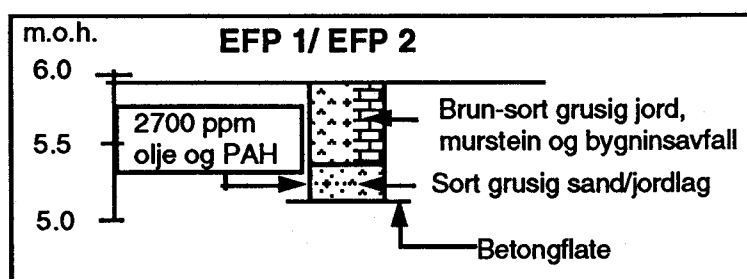
Figur 4.6 Sjakt EFM 6

#### 4.1.2 Hydraulisk presse

##### Kilde

Pressa ble brukt for å presse koks/bekblanding sammen før baking på steikeriet. Pressa bestod av et kammer med stein som ble løftet opp med vanntrykk, og så sluppet på elektrodemassen for komprimering. Det er altså ikke snakk om oljehydraulikk. Det kan ha vært søl av tjære fra massen som ble presset sammen, og evt. noe søl fra smøring av pressa.

Profilbeskrivelse for sjaktene ved pressa er vist nedenfor. Det var omlag en halv meter løsmasser over faste massive betongkonstruksjoner. Svart masse ned mot betongen ble prøvetatt og analysert med MS-screening. Resultatet viser 2700 ppm olje, som vesentlig er tyngre oljedestillater/PAH. Kvantifisering av PAH-innholdet ved hjelp av indre standard (se metodebeskrivelse i vedlegg 2) viste et innhold på 1100 ppm PAH. Det er rimelig å anta at den påviste forurensningen er et resultat av virksomheten ved pressa.



Figur 4.7 Sjakt EFP 1/2

##### Spredning

Det var ikke praktisk mulig å komme gjennom betongen på stedet for å undersøke evt. nedtrengning i underliggende masser. Dette skyldes at betongen bestod av armerte fundamenter og dekker som det ville være relativt krevende å rive. Evt. nedtrengt forurensning vil kunne sive ned på fjell, som er nærmest umiddelbart under betongen. Infiltrasjon av overflatevann gjennom betongen antas å være svært liten, og mulighetene for evt. spredning av forurensning fra området må vurderes å være svært begrenset. Evt. omfattende forurensning og



spredning burde fanges opp i brønnene til NGI. Der er det ikke påvist olje eller PAH i grunnvannet i disse.

### Effekt

Forurensningen er av samme type som annen overflateforurensning i området, og bør vurderes i sammenheng med denne. Microtox-test på blandprøven fra sjaktene viste at massen har svært lav toksisitet.

### 4.1.3 Tidligere steikeri

#### Kilde

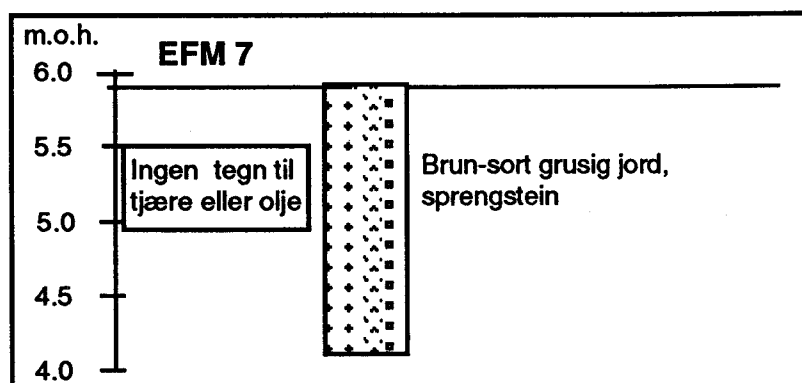
Tidligere steikeri skal ha ligget på den vestligste delen av elektrodefabrikken, hvor det senere ble lager. Det skal ha vært underfyrte ovner, med avtrekk fra undersiden til den høye pipa som stod på nordsiden av fabrikken. Driftstiden skal ha vært begrenset til "noen av de første årene". Sjakting midt i området viste tydelig oppbygging av teglstein og sandsenger slik Tønnesen på forhånd beskrev det, men det var ingen synlige tegn til forurensning av grunnen. Det var hverken lukt eller utseende av massene i sjakt EFM 7 som kunne minne om tjære. Sjakten dekket et areal på ca. 15 m<sup>2</sup> midt på tomten.

#### Spredning

Det er gjort omfattende sjaktinger nedstrøms tidligere steikeri (EFM1-6), hvor det ikke er funnet noen visuelle tegn til tjæreforurensning.

#### Effekt

Ettersom det ikke kan påvises spredning av forurensning fra området er evt. effekter knyttet til mulige framtidige gravearbeider på stedet, og muligheten for å treffe på masser som er forurenset. Undersøkelsene som er utført viser at grunnen under betongdekket sentralt i området ikke er sterkt forurenset av tjære.



Figur 4.8 Sjakt EFM 7

#### 4.1.4 Gammelt bekkokeri

##### Kilde

I forbindelse med driften de tidligste årene ble bektønner for-varmet ved underfyring av tønner nede ved trallebanen (ved EFB 1). Dette ble gjort av en svenske kalt Herman Bekkoker, og det går en rekke historier om den farlige arbeidsplassen og den fargerike svenske "rallaren". Tønnene skal en rekke ganger ha blitt overtent. Ingen kunne påvise hvor Herman stod, men vi fant noe jernskrot mellom trallesporet og fabrikken, og det ble sjaktet der (EFB 1). 10 cm under torva var det "frisk" tjære i store klumper. Under tjære var det noe tjæreforurensset sand over gammel myr. Torvlaget er omlag 20 cm. tykt, og under dette er det sand videre nedover. Torvlaget må antas å utgjøre en sperre mot spredning av forurensningen nedover i grunnen.

Det er gjort enkle undersøkelser med spade for å avgrense utsrekningen av området. Disse viser på at det ikke er tjære utenfor en radius av omlag 10 meter omkring EFB 1.

Profilbeskrivelse fra sjakten med analyseresultater fra innsamlede prøver er vist på figur 4.9.

Potensiell utlekking fra tjæren er undersøkt ved hjelp av faktorielle ekstraksjoner. Resultater fra ekstraksjonene er vist i tabell 7.

Tabellen viser:

- Totalkonsentrasjon av PAH i fast fase.
- Faktorer som er variert i de ulike ekstraktene. (0 = høy pH/lite TOC, 1 = lav pH/mye TOC)
- Sum PAH i de ulike ekstraktene etter behandling.
- Kd-forhold. (Forholdet mellom konsentrasjon i fast fase før behandling og i ekstrakt etter behandling.)
- p-verdi. (Statistisk uttrykk for om faktoren gir utslag på utvaskingen. p-verdi under 0.05 uttrykker at faktoren har signifikant effekt på utvaskingen.)
- Sammensetning av ekstraktene.

Tabell 7 Faktoriell ekstraksjon av tjære ved bekkokeri.

Total PAH (mg/kg)	Faktor		Sum PAH (mg/l)	Kd ( $\cdot 10^{-3}$ )	ANOVA		Sammensetning		
	pH	TOC			Faktor	p	Faktor	0	1
210000	0	0	0.550	382	pH	0.81	pH	8.0	3.5
	1	0	0.580	362					
	0	1	0.610	344	TOC	0.37	TOC	0	200
	0	1	0.860	244					
	1	1	0.640	328	pH*TOC	0.93			
	1	1	0.960	219					

Det undersøkte avfallet er nærmest ren tjære, med et innhold av PAH på 21%. Resultatene viser at de ulike behandlingene vasker ut mellom 0.5 og 1 mg PAH/l. Dette gir et svært høyt beregnet  $K_d$ -forhold. Avfallet er altså relativt stabilt i forhold til de høye konsentrasjonene av PAH. Allikevel kan det forventes en viss utvasking over tid. ANOVA-analysen viser at hverken lav pH (sur nedbør) eller økt konsentrasjon av humusforbindelser øker utlekkingen av PAH fra avfallet.

### *Spredning*

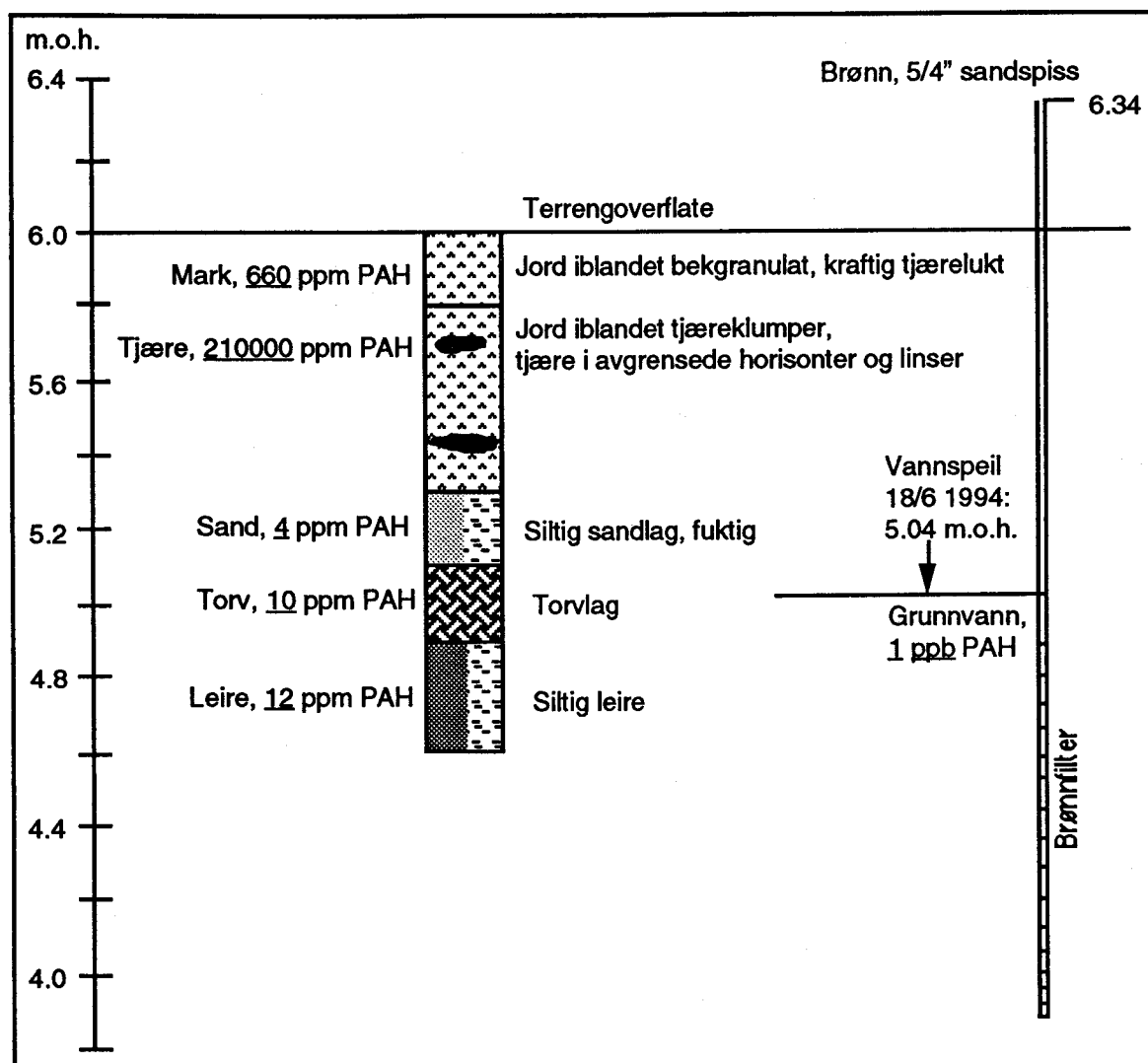
Oppbygningen av profilet bidrar sterkt til å hindre spredning av forurensning. Både torvlaget og siltlaget vil holde tilbake evt. partikler i sigevann. Det er da heller ikke påvist mer enn 1 ppm PAH i grunnvannsprøven som er tatt midt i det forurensede området. Sammen med resultatene fra faktoriell ekstraksjon gjør dette at det ikke er grunn til å tro at forurensningen i særlig grad spres med grunnvannet.

### *Effekt*

I prøver av meitemark tatt midt i området er det påvist ekstremt høyt nivå av PAH (660 ppm). Dette viser at forurensningen kan gå inn i næringskjeder via opptak i organismer som lever i jorda.

Tjæren ligger svært nær overflaten, og det er få synlige tegn til den. Ved evt. gravearbeider eller kjøring på stedet vil den kunne spres eller blandes med andre masser.

Microtox-test på tjæren viser at tjæren har en markert toksisk effekt;  $EC_{50} = 634,5$  ppm. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)



Figur 4.9 Sjakt EFB 1

#### 4.1.5 Overflateforurensning

##### Kilder

Overflateforurensningene er tidligere beskrevet i Rødsand (1992). Lokalisering av de ulike områdene er gjengitt på tegning 2100-1. I tabell 8 er anslag for areal, gjennomsnittlig dybde, og antatt volum av de ulike overflateforurensningene angitt.

Tabell 8 Kvantifisering av avfallsmasser

Avfallstype	Areal (m <sup>2</sup> )	Dybde (m)	Antatt volum (m <sup>3</sup> )
Masser med bekgranulat	1 000	0.3	300
Masser med bek/tjære	150	0.05	7.5
Masser med koksstøv	3 500	0.15	525
Avfall med betong, jern, koks og tjære	1 100	0.5	550

Potensiell utlekking fra tjæren er undersøkt ved hjelp av faktorielle ekstraksjoner. Resultater fra ekstraksjonene er vist i tabell 9.

Tabellen viser:

- Totalkonsentrasjon av PAH i fast fase.
- Faktorer som er variert i de ulike ekstraktene. (0 = høy pH/lite TOC, 1 = lav pH/mye TOC)
- Sum PAH i de ulike ekstraktene etter behandling.
- K<sub>d</sub>-forhold. (Forholdet mellom konsentrasjon i fast fase før behandling og i ekstrakt etter behandling.)
- p-verdi. (Statistisk uttrykk for om faktoren gir utslag på utvaskingen. p-verdi under 0.05 uttrykker at faktoren har signifikant effekt på utvaskingen.)
- Sammensetning av ekstraktene.

Tabell 9 Faktoriell ekstraksjon av bekgranulat

Prøve	Total PAH (mg/kg)	Faktor		Sum PAH (mg/l)	Kd (*10 <sup>-3</sup> )
		pH	TOC		
EF Bek1	15000*	0	0	0.480**	31.3
		1	0	0.230**	65.2
Bek-		0	1	1.500**	10.0
granulat		1	1	0.330**	45.5
		0	0	0.210Δ	71.4
		1	1	0.270Δ	55.6

\* Konsentrasjonen av total PAH i denne prøven er ikke bestemt. Verdien (15000 mg/kg) er hentet fra NGI-rapport ....., hvor et tilsvarende avfall fra samme område er analysert.

\*\* Knust og siktet (-2mm) avfallsprøve er benyttet i ekstraksjonene

Δ Ubehandlet avfallsprøve benyttet i ekstraksjonene.

Det ble ikke gjort parallelle ekstraksjoner og ANOVA-analysen kunne derfor ikke utføres.

Totalinnholdet av PAH i avfallet er høyt. Konsentrasjonene av PAH i ekstraksjonsløsningene er også relativt høye, slik at dette avfallet potensielt kan bidra til betydelig spredning av PAH fra det belastede området. K<sub>d</sub>-forholdet viser at bekgranulatet er det mest ustabile av undersøkte avfallstyper med hensyn på utlekking av PAH.

Selv med rent vann som ekstraksjonsmiddel på ikke knuste prøver er det en relativt høy konsentrasjon av PAH i ekstraktet (0,210 mg PAH/l).

### Spredning med grunnvann

I grunnvannsprøver rett nedstrøms kildeområdene (NGI Br 2 og EFB1) er det påvist hhv. 1ppm og ingen PAH. Disse brønnene bør være godt plassert for å kunne fange opp evt spredning med grunnvann.

Grunnvannskotekart for området nedstrøms er konstruert på basis av logger 18/6 1994 (tabell 10). Kotekartet er vist på tegning 2100-1.

Tabell 10 Grunnvannshøyder omkring Elektrodefabrikken.

Brønn	Topp rør (m.o.h.)	Vannstand 18/6 (m.o.h.)
Br 12	6.04	5.26
Br 10	6.27	4.74
EFB1	6.34	5.04
NGI Br2	5.76	4.36
EF Br 3	6.80	4.07
NGI Br 1	5.85	4.25
EFM Br	7.08	4.28

### *Spredning med vinderosjon*

Det er tydelig pågående spredning av bekgranulat/støv med vind fra området. Dette sees best av at de tyngste fraksjonene ligger igjen utover betongplattene vest for kildeområdet.

### *Effekt*

I prøver av meitemark tatt midt i området med bekgranulat er det påvist ekstremt høyt nivå av PAH (7000 ppm, EFB 8). Dette viser at forurensningen kan gå inn i næringskjeder via opptak i organismer som lever i jorda.

Massene ligger fritt eksponert og ved ferdsel på området kan både dyr og folk bli eksponert for forurensningen både via støv i lufta og ved annen direkte kontakt. Dette vil bli nærmere vurdert i senere risikovurdering av området.

## 4.2 Nitridentomta Nord

Undersøkelsene viser at det ikke er omfattende oljelekkasjer fra nedgravde oljetanker i området. Nye opplysninger har avklart at det ikke er noe gammel steikeritomt i området. Vurdering av overflateforurensning i området inngår i total risikovurdering for området.

### 4.2.1 Overflateforurensning

Det er ikke gjort supplerende kartlegging i felt i fase 3. Vurdering av forurensningen inngår derfor i total risikovurdering for området.

### 4.2.2 Gammelt steikeri

Opplysninger fra to tidligere ansatte, samt gjennomgang av eldre kart og flyfotos, tilsier at det ikke har vært noe steikeri i området Nitridentomta Nord.

### 4.2.3 Nedgravde oljetanker

Tre nedgravde oljetanker i området er markert på tegning 2100-1. Det er ikke påvist hydrokarboner i grunnvannsprøvene fra brønner få meter unna oljetankene. (Br 10 og Br 12.) Dette tilsier at det ikke finnes kilder til omfattende spredning av forurensning i grunnen ved tankene. Ved den tredje oljetanken (FK7 på tegning 2100-1) har det ikke vært praktisk mulig å gjennomføre grunnundersøkelser. Samtaler med ansatte i Nymo tilsier at det ikke har vært spesielle driftsproblemer eller lekkasjer ved anlegget. Tanken er i bruk.

### 4.3 Nitridentomta Sør

Utenfor omformerhallen er det funnet betydelige mengder olje (fri fase) i én sjakt. Oljen inneholder 7 ppm PCB. I alle sjakter inn mot omformerhallen er det påvist olje og små mengder PCB i jordprøver. 50 meter fra hallen er det funnet små konsentrasjoner av PCB som kan tyde på spredning av PCB.

Overflateforurensning på Nitridentomta Sør er for det meste dekket av asfalt, og dermed isolert i overflaten i forhold til videre spredning av miljøgifter. Undersøkelser av blåsesand som fortsatt ligger i området viser at det er lavt innhold av metaller, men at sur nedbør kan forårsake utvasking av metallene.

Undersøkelsene viser at det ikke er omfattende oljelekkasjer fra nedgravde oljetanker i området. Oljelekkasje fra luftkompressor vest i området har trolig medført utslipp av omlag 750 liter olje over 5 år. Forurensning er sannsynligvis spredd i grunnen i nærområdet til utslippet.

Umiddelbart under elektrodesteikeriet som tidligere lå i området er det stivnet tjære på stein og fjelloverflate. Denne tjæren er stabil, og vanninfiltrasjon vil i liten grad medføre utvasking. Flere observasjoner viser at tjære er spredd i grunnen ut mot sjøen. Denne tjæren er langt mer viskøs. Sannsynlige spredningsveier er avgrenset.

Sjaktbeskrivelser med analyseresultater er vist på figur 4.10 - 4.15. Innhentet informasjon er sammenstilt på kart nr. 2100-1. Følgende informasjon finnes på kartet:

Lokalisering av mulige kilder til forurensning:

- Område med mulig olje/PCB-forurensning.

Plassering av undersøkelsessteder:

- Nye sjakter og brønner i området.

Spredningsveger i grunnen:

- Mulige spredningsveger fra omformerhallen til Tromøysundet.
- Mulige spredningsveger fra steikeriet til Tromøysundet.

#### 4.3.1 Ved trafo/omformerhall

##### Trafoolje

##### *Kilder*

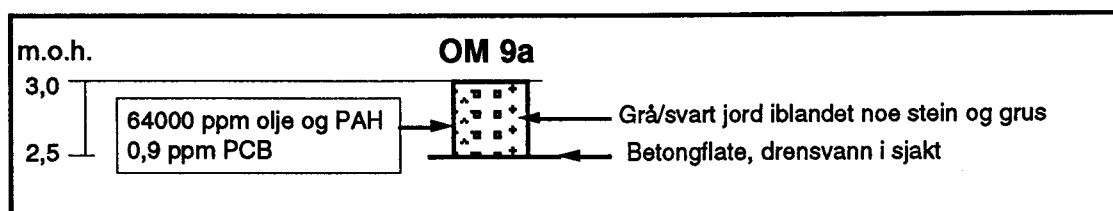
Gjennomgang av plantegninger og samtaler med tidligere medarbeidere tyder på evt. lekkasjer av trafoolje mest sannsynlig kan ha vært utenfor den vestre delen av omformerhallen. Undersøkelsene ble derfor konsentrert om denne delen av området. Utenfor denne delen var transformatorer for inntak av strømmen



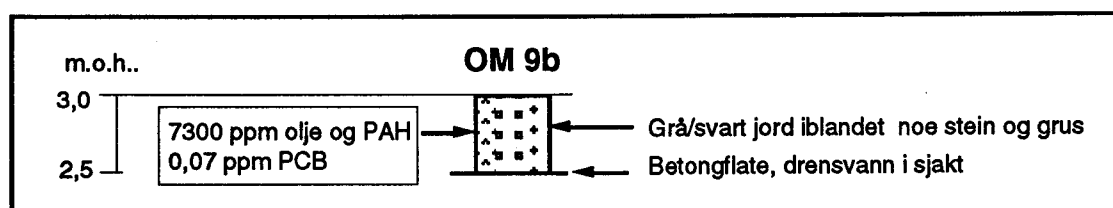
plassert etter utvidelsen av omformerhallen i ca. 1924(?). Det har imidlertid ikke kommet fram konkrete opplysninger om spesielle driftsproblemer eller lignende som kan tilsi søl av trafoolje fra transformatorene.

Sjaktene OM 9a,b og c er gravd ned til betong/trillebane 0,5 meter under dagens terreng. I prøver tatt ned mot betongen er det påvist PCB i samtlige av de tre analyserte prøvene. Innholdet er imidlertid svært lavt (høyeste måling er 0,9 ppm PCB). I tillegg er det påvist høyt innhold av PAH og tyngre oljedestillater. Konsentrasjoner er vist på figur 4.10 - 4.12.

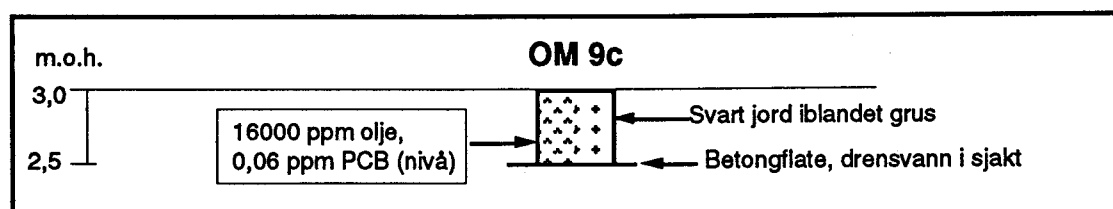
Sjakt OM 9d er gravd noe dypere (ca 1 meter ned helt inn mot vestsiden av kjølekummen). I to faststoffprøver fra sjakten (én blandprøve) kunne det ikke påvises PCB. Det var derimot et betydelig innhold av tyngre oljedestillater/PAH. Konsentrasjoner er vist på figur 5-13. I sjakten randt det inn vann som inneholdt en klar, trolig organisk fase. Innholdet av PCB i denne fasen er kvantifisert til 7 ppm. Forekomsten av olje samsvarer godt med undersøkelsene i fase 2 (Grepstad 1993).



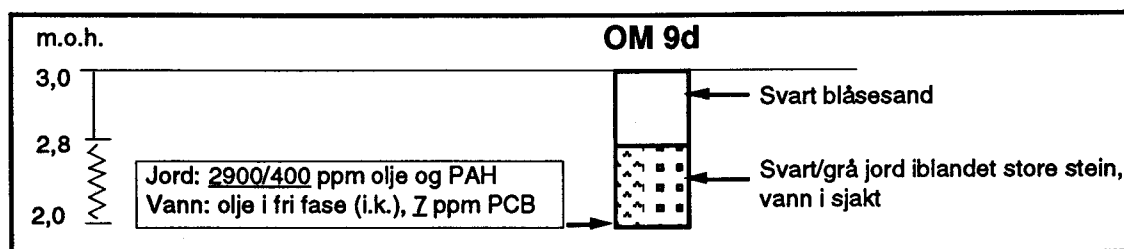
Figur 4.10 Sjakt OM 9a



Figur 4.11 Sjakt OM 9b



Figur 4.12 Sjakt OM 9c



Figur 4.13 Sjøkt OM 9d

### Spredning

PCB vil kunne spres i grunnen knyttet til partikler eller til annen olje. Tilstedeværelsen av olje i kildeområdet tilsier at en evt. mer omfattende PCB-kilde enn det som er påvist vil kunne spres.

Mulige spredningsveier er langs drenssystemer i grunnen, og langs tidligere fjelloverflate ned til grunnvann, og videre med grunnvann ut mot sjøen. Sjøkt OM 8a og b er lokalisert der fjelloverflaten synes å gå over i gammel sjøbunn i følge gamle kart. Spredningsveier dit er markert på tegning 2100-1. 3 jordprøver fra gammel terrengoverflate i sjaktene er analysert, og det er påvist 0.2 ppm PCB i én av prøvene (OM8a-2). Det er ikke påvist oljedestillater i sjakt 8a, mens det er påvist 1700 ppm tyngre oljedestillater i sjakt 8b. Vann som trengte inn i bunnen av sjakten er også analysert, men her kunne hverken olje eller PCB påvises.

Olje fra området vil kunne spres i grunnen, og ut mot sjøen. De lave konsentrasjonene av PCB som er påvist tyder ikke på at det undersøkte området utgjør noen kilde til PCB i fjorden. Tilstedeværelsen av PCB i OM8a antyder imidlertid at det kan være andre, sterkere forurensede delområder.

En nærmere vurdering av dette vil inngå i den totale risikovurderingen av området når alle data fra undersøkelsene er samlet.

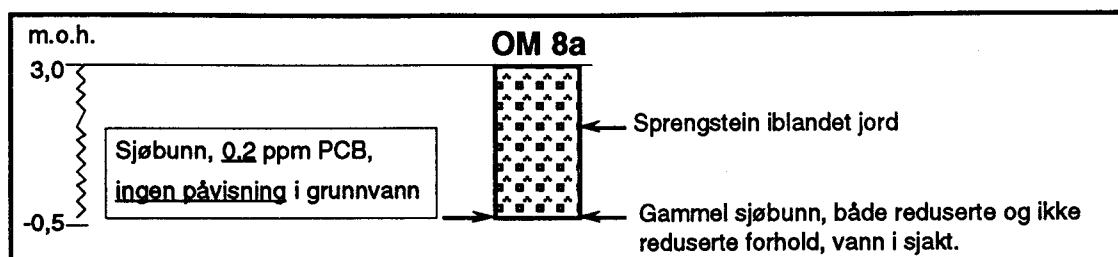
### Effekt

Det gjennomføres undersøkelser i Tromøysundet for om mulig å knytte sammenheng mellom PCB i omformerhallområdet og Tromøysundet.

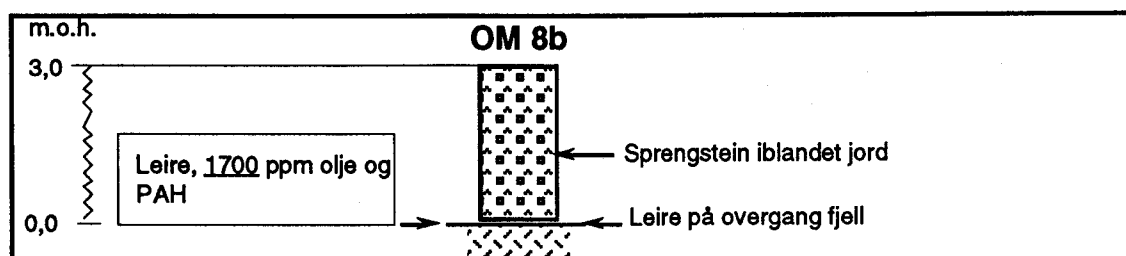
Microtox-tester på fast-stoffprøver viser at massene er lite toksiske. Resultatene er vist i tabell 11. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)

Tabell 11 Microtox-tester på fast-stoff fra vestenden av Omformerhallen.

Kode	Dybde (m)	EC50 (ppm)
OM8A-1	3.5	9129
OM8A-1	3.5	8927
OM9D-1	1	>100 000
OM9D-1	1	>100 000
OM9D-2	1	99158
OM9D-2	1	>100 000



Figur 4.14 Sjakt OM 8a



Figur 4.15 Sjakt OM 8b

### Blåsesand

#### Kilder

Over store deler av området er det deponert blåsesand. Etter fase 2 av kartleggingene er nå mesteparten av dette området asfaltert, og overflateforurensningen i disse områdene er dermed isolert mht. mulig utvasking og mht. direkte kontakt. I området rett foran omormerhallen er det imidlertid fortsatt betydelige mengder blåsesand som ligger i hauger og spredt utover.

Innholdet av tungmetaller i en blandprøve fra blåsesand i området er vist i tabell 12 (nederste linje).

Det er lave totalkonsentrasjoner av tungmetaller i blåsesanden, bortsett fra for Zn som ligger ca. 10 ganger over bakgrunnsverdier for norsk mineraljord. Verdiene er likevel lave i forhold til det som ellers kan finnes i brukt blåsesand.

Konsentrasjoner av tungmetaller i ekstraktene er også vist i tabell 12. Det er tilstrekkelige nivåer av Ni, Cu og Zn til at utlekkingssegenskapene kan vurderes.

**Tabell 12** Faktoriell ekstraksjon av blåsesand (Tungmetallinnhold i ekstrakter, mg/l og totalinnhold, mg/kg)

Faktor		Element							
pH	μ	Cu	Zn	Pb	Cd	V	Ni	Cr	Co
mg/l									
0	0	0.025	0.15	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
1	0	0.017	1.12	<0.10	<0.025	<0.06	0.058	<0.02	<0.02
1	0	0.021	1.08	<0.10	<0.025	<0.06	0.053	<0.02	<0.02
0	1	0.058	0.45	0.10	<0.025	<0.06	0.053	<0.02	<0.02
0	1	0.062	0.55	0.17	<0.025	<0.06	0.052	<0.02	<0.02
1	1	0.153	1.18	0.65	<0.025	<0.06	0.069	<0.02	<0.02
Tot.innh.		89.3	416	80.9	<1.0	54.7	47.5	44.1	17.5

Totalinnhold (tot.innh.: mg/kg) og konsentrasjoner av tungmetaller i ekstraksjonsløsningene av blåsesand fra Nitriden tomta.

Statistisk analyse av ekstraksjonsresultatene (ANOVA-analyse) viser at sjøvann er den viktigste faktoren som påvirker stabilitet og utlekking av Cu fra blåsesanden, mens lav pH gir den mest signifikante effekten for Zn. For Ni gir både lav pH og sjøvann signifikant økt utlekking. Resultatene av ANOVA-analysen er vist i tabell 13.  $p < 0.05$  viser at det er 95% sikkert at faktoren har en effekt på utlekkingen av metallet.

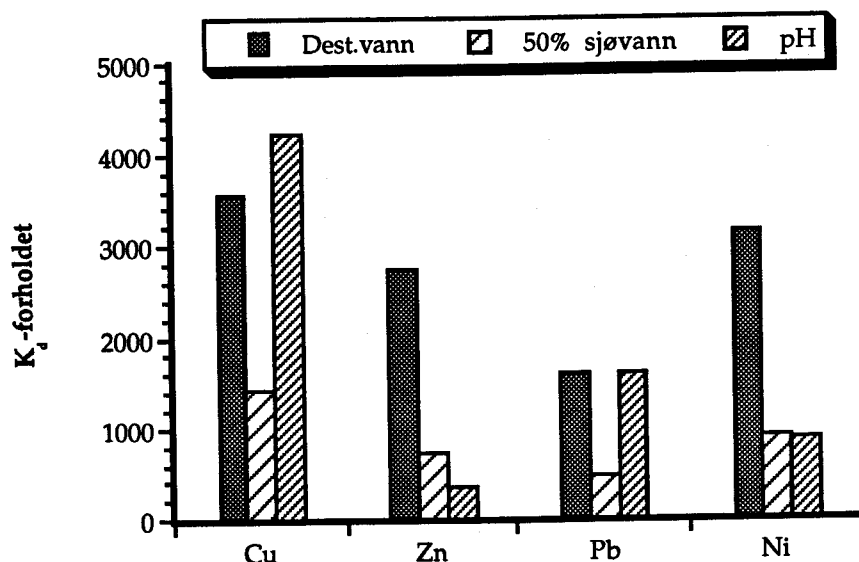
**Tabell 13** Signifikansnivå (p-verdi) for effekter av lav pH, høy ledningsevne (μ) og samspill mellom pH og ledningsevne på utlekking av Zn, Cu og Ni fra blåsesand fra Nitridentomta.

Faktor	Zn	Cu	Ni
pH	0.003	0.003	0.006
μ	0.044	0.001	0.007
pH*μ	0.101	0.002	0.032

En sammenligning av utlekkingspotensialet for ulike elementer i blåsesanden kan gjøres ved å beregne forholdet mellom konsentrasjonen av elementet i blåsesanden og konsentrasjonen i ekstraksjonsløsningen. Dette forholdet er ofte betegnet  $K_d$ -forholdet og er definert som:

$$K_d = (\text{konsentrasjon i avfall} / \text{konsentrasjon i væskefasen})$$

Et høyt  $K_d$ -forhold gjenspeiler lav utlekking.  $K_d$ -forhold for de ulike tungmetallene er vist i figur 4.16.  $K_d$ -forholdet er beregnet for oppslemming i dest.vann og i 50% sjøvann.



**Figur 4.16** Utlekkingspotensialet for Cu, Zn, Pb og Ni i blåsesand.

I 50% sjøvann er Pb det relativt sett mest ustabile av de undersøkte tungmetallene i blåsesanden, mens Cu er det mest stabile (figur 4.16). Dette innebærer at utlekkingen i sjøvann er relativt sterkest for Pb og svakest for Cu. Som figuren viser vil sjøvann øke utlekkingen fra blåsesanden 3-4 ganger i forhold til dest.vann for alle elementene. Ved påvirkning av sur nedbør (pH-faktoren) er Zn det mest ustabile elementet, mens utlekkingen av Cu og Pb ikke påvirkes av sur nedbør. Utlekkingen av Ni øker 3x ved påvirkning av 50% sjøvann og sur nedbør (pH 3.5).

### *Spredning*

Konsentrasjonene av tungmetaller i blåsesanden er lave (ca. bakgrunnsnivåer for norsk mineraljord), bortsett fra for Zn. Innholdet av Zn ligger ca. 2.5 ganger høyere enn SFT's foreløpige grenseverdi for mest følsomme arealbruk. Sur nedbør (pH 3.5) øker utlekkingen av Zn ca. 8 ganger i forhold til normal nedbør, mens sjøvann påvirker stabiliteten av Zn i blåsesanden i mindre grad. Sur nedbør påvirker ikke stabiliteten av Cu og Pb i blåsesanden, men gir økt utlekking av Ni. Sjøvann øker utlekkingen av Cu, Pb og Ni ca. 3 ganger i forhold til normalt nedbørvann.

### **Mulige oljelekkasjer**

#### *Kilder*

To av oljetankene i området er ikke nedgravd, og er derfor ikke nærmere undersøkt. Ved fyringsoljetanken ved administrasjonsbygget (Br 13) er det installert en grunnvannsbrønn. Det kan ikke påvises hydrokarboner i

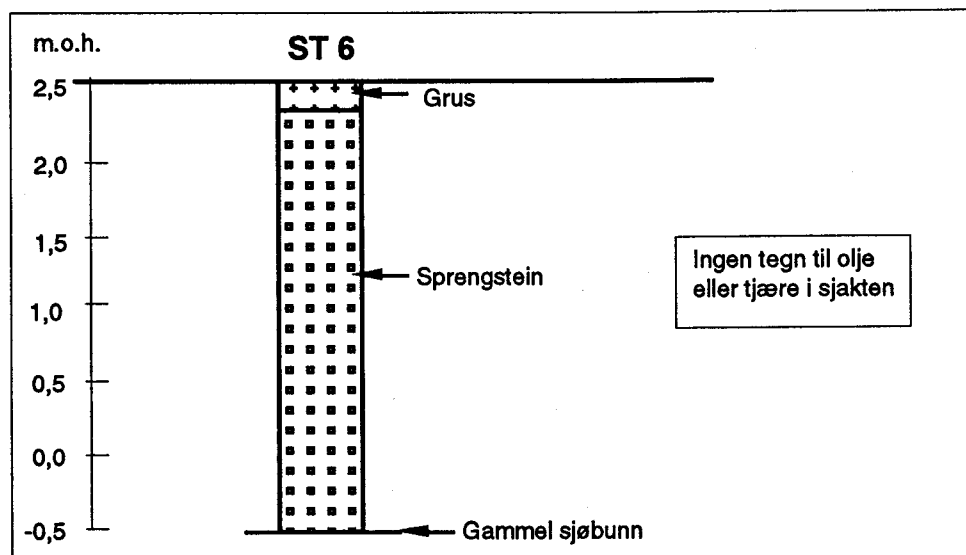
grunnvannet. Det er derfor ikke grunn til å tro at det har vært eller er omfattende oljeforurensning i området.

Ved luftkompressoren plassert bak hovedhallen (Br 7) har det vært lekkasje av motorolje (Primula 15/40) i omlag 5 år fra ca. 1989(?) til sommer 1994. Forbruk av olje var ca. 3-5 liter per uke, og av dette antas 70-80 % å ha rent ut på grunnen. Med kontinuerlig drift tilsvarer dette ca 150 liter per år, eller ca. 750 liter over en femårsperiode, dersom lekkasjene har vært like store i hele perioden. Lekkasjen er nå stoppet ved at kompressoren er skiftet ut.

#### *Spredning fra kompressoren*

Området er asfaltert, og det vesentligste av sølet antas å ha rent ned i avløp rett ved lekkasjen. Det har ikke vært mulig å skaffe kart over ledningssystem på stedet. Ved inspeksjon i sjøen utenfor kunne det ikke påvises rørutløp. Brønnen som ble forsøkt installert måtte avsluttes på ca 1 meters dyp, på fjell, og brønnen er tørr.

Evt. omfattende spredning i grunnen utenfor drenssystem ville drenere mot ST 6. Denne sjakten var 4-5 meter lang på tvers av evt. spredning fra oljelekkasjen. Det ble ikke sett tegn til olje i sjakten, hverken i grunnvann eller på løsmasser. Microtox-test på materiale fra bunnen av sjakten viste svært lav toksisitet. Sjakten er beskrevet på figur 4.17



**Figur 4.17** Sjakt ST 6

Det er ikke observert tegn til oljelekkasjer fra land utenfor kaien. Forurensningen har sannsynligvis infiltrert i grunnen mellom kompressoren og sjøen, og blitt adsorbert til partikler i jorda.

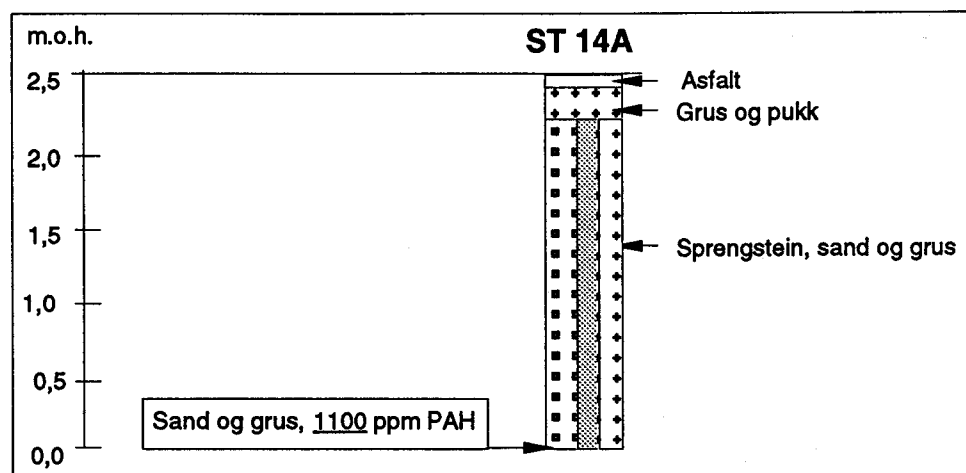
### 4.3.2 Elektrodesteikeriet

#### Kilde

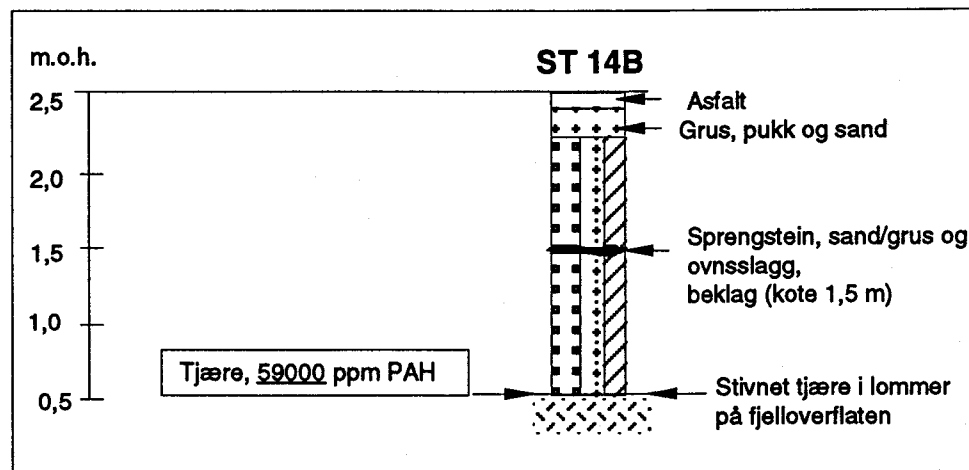
I ulike perioder av driften av Steikeriet var det betydelige problemer med driften. Dette førte til omfattende lekkasjer til grunnen. I sjakter umiddelbart under tomta til Steikeriet ligger det hard størknet PAH på steiner og fjelloverflate. Sjaktene med resultater av PAH-analyser er beskrevet i figur 4.18 og 4.19.

Det har kommet fram en rekke opplysninger om at grunnen i området ved Steikeriet skal være svært forurensset av tjære. Ved bygging av hovedhallen til Strømmen Stål (nå Nymo) skal det ha rendt tjære fram i gravesjakter. Ved bygging av betongkonstruksjoner ved kai skal det ha blitt observert "bekker" av tjære.

Ved fjellkontrollboring ved STBr 5 ble det påtruffet seig, klebrig tjære i gammel sjøbunn 4-5 meter under terreng. Ved boringer ellers i området mellom Steikeritomt og kai ble det ikke påvist tilsvarende forurensning.

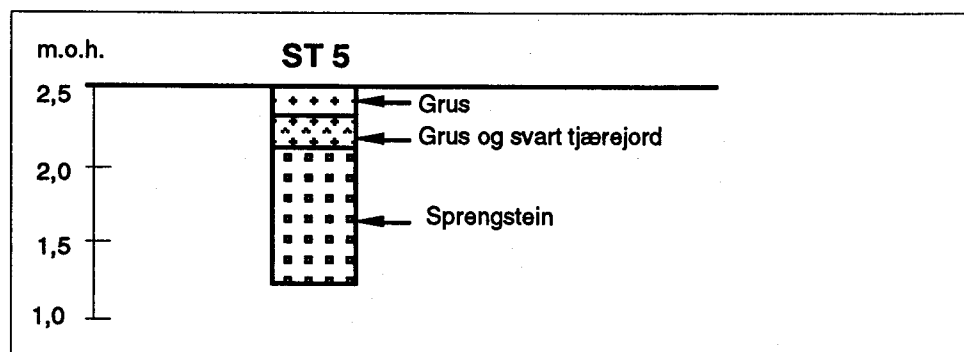


Figur 4.18 Sjakt 14 a



Figur 4.19 Sjakt 14 b

Ved sjakting i overflaten utenfor selve tomten (sjakt ST 5) ble det funnet et sjikt hvor massene var tydelig påvirket av tjære et par desimeter under asfaltdekket. Det var ikke praktisk gjennomførbart å sjakte videre ned til gammel sjøbunn på stedet. Sjakten er beskrevet i figur 4.20.



Figur 4.20 Sjakt ST 5

Potensiell utlekking fra tjæren er undersøkt ved hjelp av faktorielle ekstraksjoner. Resultater fra ekstraksjonene er vist i tabell 14.

Tabellen viser:

- Totalkonsentrasjon av PAH i fast fase.
- Faktorer som er variert i de ulike ekstraktene. (0 = høy pH/lite TOC, 1 = lav pH/mye TOC)
- Sum PAH i de ulike ekstraktene etter behandling.
- K<sub>d</sub>-forhold. (Forholdet mellom konsentrasjon i fast fase før behandling og i ekstrakt etter behandling.)
- p-verdi. (Statistisk uttrykk for om faktoren gir utslag på utvaskingen. p-verdi under 0.05 uttrykker at faktoren har signifikant effekt på utvaskingen i forhold til de andre faktorene.)
- Sammensetning av ekstraktene.

Tabell 14 Resultater av Faktoriell ekstraksjon, tjære fra steikeriet.

Total PAH (mg/kg)	Faktor		Sum PAH (mg/l)	Kd (*10 <sup>-3</sup> )	ANOVA		Sammensetning		
	μ	TOC			Faktor	p	Faktor	0	1
59000	0	0	0.020	2950	μ	0.28	μ	0	50%
	1	0	0.008	7375					sjøvann
	0	1	0.002	29500	TOC	0.60	TOC (mg/l)	0	100
	0	1	0.003	19667					
	1	1	0.007	8429	μ*TOC	0.55			
	1	1	0.003	19667					

Det undersøkte avfallet inneholder omlag 6% PAH. Resultatene viser at de ulike behandlingene vasker ut svært lite PAH (mellom 0.002 og 0.02 mg PAH/l). Dette gir et svært høyt beregnet K<sub>d</sub>-forhold. Avfallet er altså svært stabilt og i liten grad tilgjengelig for utlekking ved påvirkning av vannløsninger. ANOVA-analysen



viser at ingen av de undersøkte ekstraksjonsløsningene gir signifikant endret effekt på utlekkingen av PAH fra avfallet.

### *Spredning*

Mange av komponentene i tjæren er tyngre enn vann, og evt. spredning av tjæren vil derfor først og fremst være drevet av tyngden, slik at den renner nedover fjelloverflaten, også under kote 0. Kotekart for fjelloverflaten i området og antatt spredningsmønster er derfor tegnet inn på kart 2100-1.

### *Effekt*

Det gjennomføres undersøkelser i Tromøysundet for om mulig å knytte sammenheng mellom PAH ved Steikeriet og Tromøysundet.

Microtox-tester på fast-stoffprøver viser at massene er lite toksiske. Resultatene er vist i tabell 15. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)

Tabell 15 Microtox-tester på fast-stoff fra steikeri-området.

Kode	Dybde (m)	EC50 (ppm)
ST5B-1	0.4	45985
ST5B-1	0.4	54056
ST6-1	3	5779
ST6-1	3	6134
ST 14B-1	1 - 1,2	>100 000
ST 14B-1	1 - 1,2	>100 000
ST 14B-2	2	3019
ST 14B-2	2	2569

## 4.4 Tromøysundtippen

Tromøysundtippen er fylt ut i perioden 1924-1994. Utifra gamle kart og flyfotos er utfyllingen delt i 5 perioder. Tippen inneholder bl.a. produksjonsavfall fra ovnshus og steikeri, og rivingsavfall fra elektrodefabrikken, ovnshusene og steikeriet. Avfallet omfatter da katodeavfall, anoderester, slagg, støv, koks- og oksidavfall fra ovnshusene, ovnsrester, koks/kullstøv, bek/tjære og asbest fra steikeriet. Rivningsavfallet omfatter trevirke, betong, jern, murstein, ovnsrester, installasjoner, råvarer, produkter, avfallsrester og ulikt skrot. Rivingsavfallet kan i varierende grad være forurenset av PAH, CN, F, tungmetaller, olje, asbest.

Tippen fra perioden 1963-dd dekker et areal på ca. 1000 m<sup>2</sup> i overflaten. Eldre del av deponiet (1924-1950) utgjør anslagsvis 1000 m<sup>2</sup> overflateareal, og ca. 5000 m<sup>3</sup> masse. Volum på den yngste delen er anslått (NOTEBY) til ca 5000-6000 m<sup>3</sup>, hvorav ca 50 % ligger utenfor dagens strandlinje, og det aller meste ligger permanent dykket. De øverste 2-3 meter ligger over normalt sjønivå. Den yngste delen omfatter vesentligst rivingsavfall.

Sjakttingene viste at det finnes lag med rein tjæreforurensning i avfallet. Det er funnet nivåer av PAH fra 390-21000 ppm og PCB fra ikke påvist til 0.3 ppm i ulike typer ovnsavfall, og 130000 ppm PAH og 0.6 ppm PCB i sterkt forurenset tjæreavfall. Det er ikke påvist PAH og PCB i jordvæsken. For PAH ligger nivåene betydelig over tidligere undersøkelser. PCB er tidligere ikke påvist. Innhold av tungmetaller ligger betydelig over norske bakgrunnsverdier.

Utlekkingstester viser at Cd, Cu, Zn, og PAH lar seg vaske ut fra avfallet. Tungmetallene påvirkes særlig av saltvann.

Microtox analyser viser gjennomgående lav toksistet for avfallet.

Sjaktbeskrivelser er vist på figur 4.21 - 4.22. Utfyllingshistorie og plassering av sjakter er vist på tegning 2100-1.

### *Kilder*

#### **Utfyllingshistorie**

Areal på land som er dekket av utfylte masser i de ulike periodene er vist på tegning 2100-1. Opprinnelig sjødyp synker raskt utenfor deponiet, slik at deponerte masser er langt større enn arealene på land tilsier. Tabell 16 viser hvilke perioder det er fylt ut i, og hvilke bygninger som er revet i de samme periodene. I perioder med utfylling uten riving kan det ha vært deponert betydelige mengder produksjonsavfall.

Tomta ble fylt ut med utsprengt stein i 1912. I perioden 1925-1950 er det iflg. gamle kart fylt videre ut et område som dekker ca 1000 m<sup>2</sup>. Kartmateriale og flyfotos tyder ikke på omfattende riving eller utsprengning i perioden. Dette området kan derfor være fylt opp med avfall, bl.a. fra produksjonen. I perioden 1950 -1966 (1968 iflg. Bruskeland 1993) er det ikke foretatt utfylling på Tromøysundtippen. Ved nedleggingen av Nitriden omkring 1975 og ved påfølgende riving er det fylt ut store mengder rivningsavfall. Dette er godt synlig på flyfoto fra 1975 og 1985.

NOTEBY har beregnet areal og volum av deponiet fra perioden 1966-1993 til ca 1000 m<sup>2</sup> og ca 5-6000 m<sup>3</sup> masse, hvorav ca. 50 % ligger utenfor dagens strandlinje. Den eldre delen utgjør et tilsvarende areal, og et noe mindre volum. Det aller meste av deponiet ligger permanent dykket i sjøen, men de øverste 2-2.5 meter er deponert over middels sjøvannsnivå.

Tabell 16. Perioder med riving og utfylling på Tromøysundtippen.

Periode	Utfylling	Rivning
1912-1924	Ingen deponering	Ingen
1924-1950	Produksjonsavfall mm.	Ingen
1950-1959	Ingen deponering	Lager, Elektrodefabrikken
1959-1966	Ingen deponering	Ingen
1966-1975	Rivningsavfall fra Steikeri og Ovnshus I	Steikeri (ca 1975) Ovnshus I
1975-1985	Rivningsavfall fra Ovnshus II og evt. Elektrodefabrikken	Elektrodefabrikken (ca 1975) Ovnshus II
1985-1993	Rivningsavfall fra Ovnshus III	Ovnshus III

### Avfallstyper

Avfallstyper er beskrevet i Sæland 1992 og Bruskeland 1993. For oversiktens skyld tar vi med en kortfattet oversikt her også.

Produksjonsavfall fra ovnshusene omfatter katodeavfall, anoderester, slagg, støv, koks- og oksidavfall. Avfall fra Steikeriet omfatter ovnsrester, koks/kullstøv, bek/tjære og asbest (Sæland 1992). Rivningsavfallet omfatter trevirke, betong, jern, murstein, ovnsrester, installasjoner, råvarer, produkter, avfallsrester og ulikt skrot. Rivningsavfallet kan i varierende grad være forurensset av PAH, CN, F, tungmetaller, olje, asbest.

Sjakter for prøvetaking og installering av jordvæskesugere er plassert i overgangen mellom gammel og ny del av fyllingen. I sjakt TT 1 ble det påtruffet et skrålag med "frisk" tjære i som ellers vesentlig bestod av grus. Slike lag antas å kunne utgjøre spesielle transportveier for forurensning i denne type fyllinger. Det ble derfor tatt prøver for analyse og for FEST fra dette laget.

I sjakt TT 2 var det et markert skille mellom rivningsavfall utover mot sjøen, og ulikt ovnsavfall innover mot land. Dette antas å være grensen mellom deponi før 1950 og deponi med rivningsavfall fra omkring 1975.

### Avfallskarakterisering

Konsentrasjoner av miljøgifter i avfallet er presentert i Bruskeland (1993), og i tabell 17 og 18.

Resultater fra faktorielle ekstraksjoner (FEST) mht. tungmetaller på ovnsavfall (TTSam1) og på bygningsavfall (TT 2-1) er vist i tabell 19. Figur 4.23 viser utlekkingspotensiale for utvalgte metaller fra avfallet under påvirkning av saltvann.

Resultater fra faktorielle ekstraksjoner (FEST) mht. PAH på ovnsslagg (TTSam1), tjæreavfall (TT1-1) og aske (TT2-3) er vist i tabell 20.

Tabell 17. Innhold av tungmetaller i avfallsprøver fra Tromøysundtippen.

Prøver	Beskrivelse	Cu µg/g	Zn µg/g	Pb µg/g	Cd µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g
TT1-2	Ovnsslagg	17	273	400	17	13	18
TT2-1	Bygningsavfall	262	1996	219	3	37	42
TT2-2	Ovnsslagg	113	476	94	1	17	23
TTSam1 (TT1-2 og 2-2)	Ovnsslagg	62	363	248	9	14	20
<b>Referanseverdier</b>							
Grenseverdier SFT							
Norsk jordbruksjord*		100	150	50	1	30	100
Norsk morenejord**		19.2	63.9	23.9	0.22	21.1	27.1
Norsk morenejord**		40.9	46.9	16.3		27.6	36.7
Nivå Bedriftsområdet***		51.2	106	67	<1	21	13
Bakgrunn i området***		2.5	14.6	37.9	<1	17.4	5

\* Esser (1994)

\*\* Njåstad m.fl. (1994)

\*\*\* Bruskeland (1992)

Tabell 18. Innhold av PCB og PAH i prøver fra Tromøysundtippen.

Prøver	Beskrivelse	PAH mg/kg	PCB mg/kg
TT 1-1	tjæreavfall	130000	0.6
TT 1-2	ovnsslagg	550	0.04
TT Sam1	ovnsslagg	900	0.04
TT 2-1	byggningsavfall	390	i.p.
TT 2-2	ovnsslagg	2100	0.1
TT 2-3	ovnsaske	21000	0.3
TT J1	jordvæske	i.p.	i.p.
TT J4	jordvæske	i.p.	i.p.
<b>Referanseverdier</b>			
Grenseverdier SFT			
Bakgrunn i området***		5 0.18 (16 PAH)	0.02

i.p.=ikke påvist.

### Bygningsavfall

I byggningsavfallet ble det ikke påvist PCB, og innholdet av PAH var 390 ppm. Dette ligger betydelig over tidligere analyser fra området. Innhold av Zn og Cu ligger langt over bakgrunnsnivå i området (mer enn 100 ganger over), mens Pb, Cd og Cr og Ni ligger moderat over. Tungmetallnivåene samsvarer godt med tidligere prøver av avfallet. Sammenholdt med SFT's grenseverdier tilsier innholdet av Cu, Zn, Pb, Cd og Ni at det er behov for en egen vurdering av avfallet.

Utlekkingstester på byggningsavfallet viser at Cu og Zn kan mobiliseres fra avfallet ved påvirkning fra saltvann, men mobiliseringen er liten. Dette illustreres av det høye  $K_d$ -forholdet (forhold mellom innhold i fast fase og ekstrakt), vist for Cu og Zn i figur 4.23. Statistisk behandling (ANOVA-analyse) av resultatene fra utlekkingsstestene på byggningsavfallet viser at bare ionestyrke gir en signifikant økt utlekking av Zn fra TT 3-1. pH gir ingen effekt på utlekkningen.

### Ovnsavfall og tjære

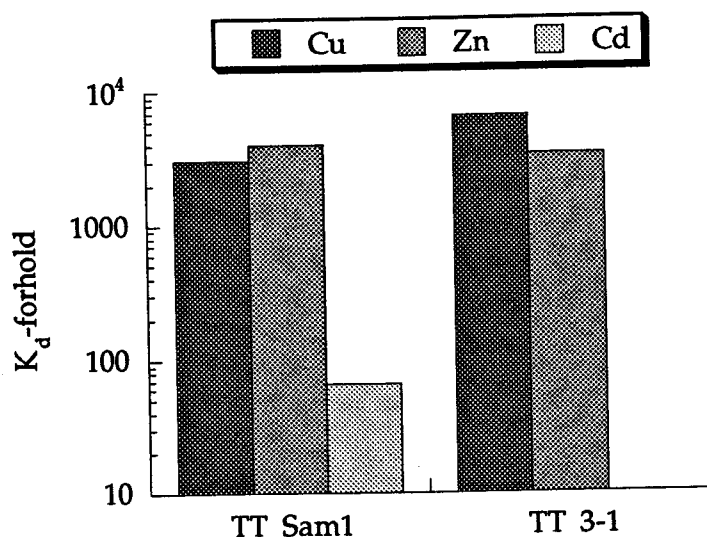
I ovnsavfall (slag) fra de to sjaktene ble det påvist PCB i alle analyserte prøver. Nivåene ligger mellom 0,04 og 0,3 ppm. Innhold av PAH i de samme prøvene ligger omkring 550-2100 ppm i slag, og på 21000 ppm i avfall karakterisert som aske. I et gruslag med mye tjære ligger totalinnhold av PAH på 130000 ppm, og PCB-innholdet i dette ligger på 0,6 ppm. PAH innholdet i avfallet ligger dermed langt over bakgrunnsverdier i området og SFT's grenseverdier som tilsier behov for nærmere undersøkelser. PCB-innholdet ligger også over SFT sin grense. Totalkonsentrasjonen av Zn, Cd og Pb i ovnsavfall ligger godt over bakgrunnsnivåer for norsk mineraljord og SFT sine grenseverdier (tabell 17). Spesielt er verdiene for Cd høye.

Utlekkingstester på ovnsavfall mht. tungmetaller viser at Cd lett lar seg mobilisere av sjøvann. Konsentrasjonene av Cd i de sjøvannspåvirkede ekstraktene av avfall TT Sam1 er høye og gir et lavt  $K_d$ -forhold (figur 4.23) for Cd i dette avfallet. Utlekkingspotensialet for Cd i dette avfallet er med andre ord stort.

$K_d$ -forholdet for Cu og Zn i avfallet er relativt høyt. Stabiliteten av Cu og Zn i de to undersøkte avfallstypene fra Tromøysundtippen er omtrent lik.

**Tabell 19.** Totalkonsentrasjoner (mg/kg) og konsentrasjoner i ulike ekstraksjonsløsninger for tungmetaller i avfall fra Tromøysundtippen.

Lokalitet	Faktor		Element							
	pH	$\mu$	Cu	Zn	Pb	Cd	V	Ni	Cr	Co
mg/l										
TTSam1 Ovnslag	0	0	<0.015	<0.02	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	0	<0.015	<0.02	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	0	<0.015	<0.02	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	0	1	0.020	0.09	<0.10	0.128	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	0	1	0.020	0.09	<0.10	0.131	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	1	0.017	0.11	<0.10	0.123	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	Tot.innh.		61.9	363	248	8.6	40.6	13.9	19.5	7.1
TT2-1 Bygnings avfall	0	0	<0.015	0.04	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	0	<0.015	0.05	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	0	<0.015	0.04	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	0	1	0.04	0.54	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	1	0.04	0.59	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	1	1	0.05	0.62	<0.10	<0.025	<0.06	<0.03	<0.02	<0.02
	Tot.innh.		262	1996	219	2.9	80.1	36.8	41.7	8.8



Figur 4.23. Utlekkingspotensialet ( $K_d$ -forholdet) for Zn, Cu og Cd i avfallsprøver fra Tromøysundtippen. Beregningene er gjort på basis av konsentrasjonene i saltvannsekstraktet.

Utlekkingstester på ovnsavfall, aske og tjære mht. PAH viser at PAH lar seg løse både i rent vann, saltvann, og vann med høyt innhold av løst organisk karbon.

Konsentrasjonene av PAH i ekstraksjonsløsningene er høyest for tjærelaget og slikt avfall kan være en kilde til spredning av PAH fra Tromøysundtippen. En sammenligning av  $K_d$ -forholdet for de tre avfallstypene viser at PAH som finnes i ovnsslagg (TTSam1) er det mest ustabile. Konsentrasjonene er imidlertid langt lavere enn i tjærelaget, men slagget synes å forefinnes i svært store mengder.

ANOVA-analysen viser at hverken sjøvann eller TOC gir noen signifikant effekt på utlekkingen av PAH fra ovnsslagg, mens kombinasjonen av høy ionestyrke og høy TOC medfører en signifikant økt utlekkingen av PAH fra tjærelaget. For asken viser utlekkingsforsøkene at ionestyrke øker utlekkingen av PAH fra avfallet. Dette er motsatt av hva vi har funnet ved tidligere utlekkingsforsøk for PAH. Økningen av PAH skyldes økt utlekking av fenantren, en treringet PAH. Tidligere utlekkingsforsøk har vist at lettere PAH-er (som fenantren) påvirkes i mindre grad av ionestyrke enn tyngre PAH-forbindelser.

**Tabell 20.** Totalkonsentrasjoner av PAH (total PAH mg/kg) og konsentrasjoner av PAH i ekstraksjonsløsningene (PAH mg/l). Resultater fra ANOVA-analysen (ANOVA).  $K_d$ -forholdet i tabellen er dividert med 1000. ( $\mu$ =ionestyrke).

Prøve	Total PAH (mg/kg)	Faktor			PAH (mg/l)	Kd *10 <sup>-3</sup>	ANOVA	
		pH	$\mu$	TOC			Faktor	p
TT Sam 1 Ovns- slag	900		0	0	0.010	90		
			0	0	0.002	450		
			1	0	0.011	82		
			1	0	0.007	129	$\mu$	0.66
			0	1	0.011	82	TOC	0.41
			1	1	0.012	75	$\mu$ *TOC	0.82
TT 1-1 Tjære	130000		0	0	0.600	217		
			0	0	0.440	295		
			1	0	0.280	464		
			1	0	0.320	406	$\mu$	0.11
			0	1	0.380	342	TOC	0.06
			1	1	1.000	130	$\mu$ *TOC	0.03
TT 2-3 Aske	21000		0	0	0.015	1400		
			0	0	0.018	1167		
			1	0	0.028	750		
			1	0	0.028	750	$\mu$	0.008
			0	1	0.019	1105	TOC	0.05
			1	1	0.037	568	$\mu$ *TOC	0.13

### Spredning

Innhold av PAH og tungmetaller i grunnvann i to brønner på området er tidligere undersøkt og beskrevet av NOTEBY. Disse viste klar påvirkning av PAH (18 og 26  $\mu$ g PAH/liter), og av Cu og Zn (hhv. 0,22 og 0,54 mg/l).

Innhold av fluor i grunnvannet ble bestemt til omkring 9 mg F/l (Bruskeland 1993).

Innhold av tungmetaller i jordvæsken omkring grunnvannspeilet i deponiet er vist i tabell 21. Resultatene viser en viss mobilisering av Zn, og ellers liten mobilisering av tungmetaller fra avfallet

**Tabell 21.** Innhold av tungmetaller i jordvæsken omkring grunnvannspeilet i Tromøysundtippen

Lokalitet	Sonde	Na	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Bunn TT 1	J1	605	<0.015	0.11	<0.10	<0.025	<0.03	<0.02
Bunn TT 2	J4	2320	0.019	0.05	<0.10	<0.025	<0.03	<0.02

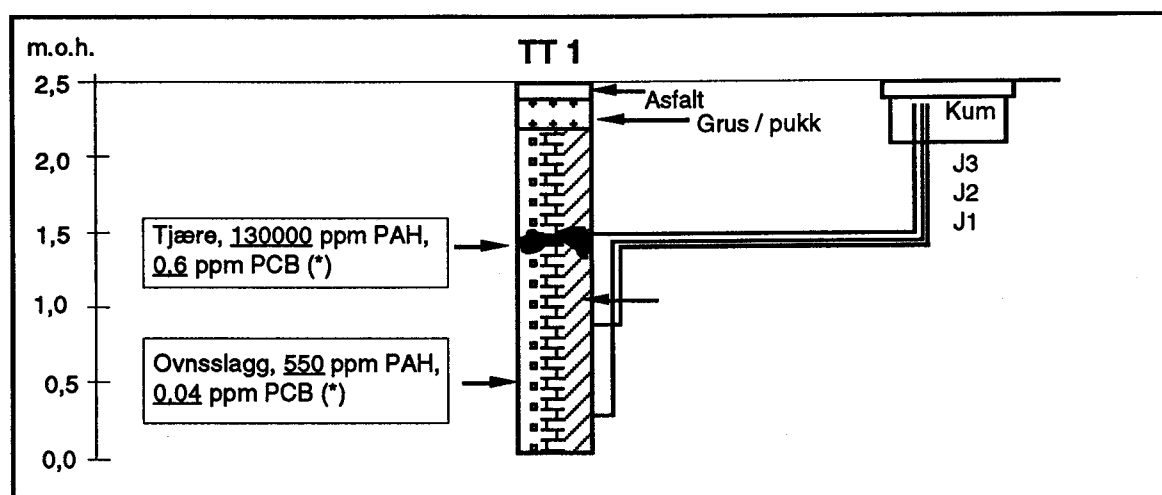
### Effekt

Det gjennomføres undersøkelser i Tromøysundet for om mulig å knytte sammenheng mellom kildeområder og påvirkning i Tromøysundet.

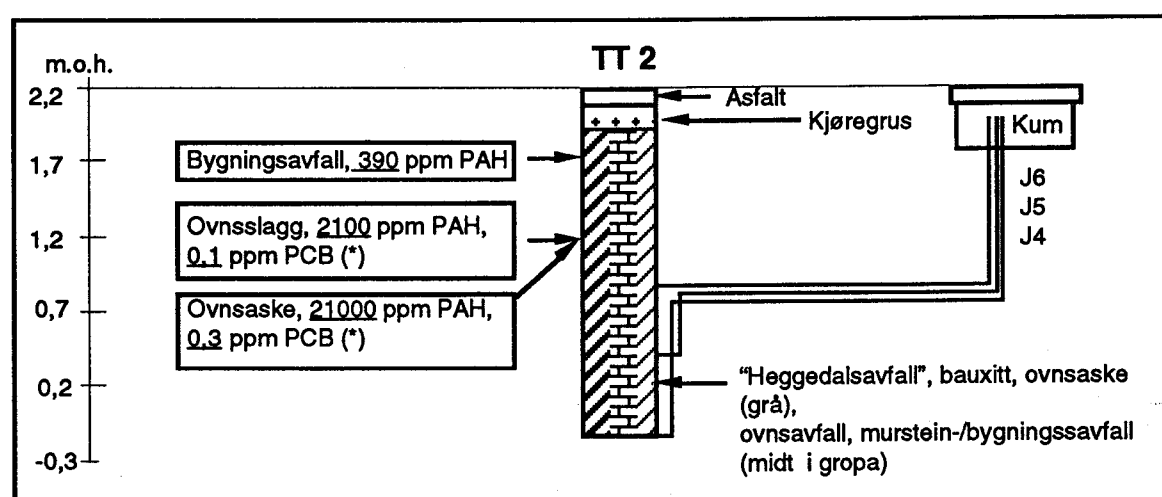
Microtox-tester på fast-stoffprøver viser at avfall fra tjære-laget (TT1-1) viser en moderat toksisk effekt, og at massene ellers er lite toksiske. Resultatene er vist i tabell 22. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)

**Tabell 22.** Microtox-tester på fast-stoff fra Tromøysundtippen

Kode	Dybde (m)	EC50 (ppm)
TT 1-1	1	4337
TT 1-1	1	6562
TT 1-2	1,6 - 2,1	24974
TT 1-2	1,6 - 2,1	26368
TT 3-2	1	46756
TT 3-2	1	60973
TT 3-3	0,9 - 1,2	20454
TT 3-3	0,9 - 1,2	22457



**Figur 4.21** Sjakt TT 1



**Figur 4.22** Sjakt TT 2



## 4.5 Heggedalstippen

Heggedalstippen er fylt ut i perioden 1912-1994. Utifra gamle kart og flyfotos er utfyllingen delt i 7 perioder. Tippen inneholder i hovedsak avfall fra Ovnshusene, dvs. ovnsavfall (elektroderester), slagg, støv og oksidavfall. Avfallet kan ha inneholdt PAH og andre tjærestoffer, fluorid, cyanider, karbider, nitrider og fosfider, tungmetaller og asbest. Totalt fyllingsvolum er anslått til ca 50.000 m<sup>3</sup>.

En eldre del av tippen inneholder høye konsentrasjoner av tungmetaller, mens de yngre delene ligger på nivåer noe over bakgrunnsverdier. Innhold av PAH i avfallet er jevnt og høyt, og PCB er påvist i lave konsentrasjoner.

Cu, Zn og Ni er påvist å lekke ut fra avfallet. Saltvann reduserer utlekkingen. PAH er påvist å kunne lekke ut fra avfallet. Særlig synes utlekkingspotensialet å være stort innover i deponiet. Saltvann reduserer utlekkingen.

Microtox-tester på avfallet viser at det er lite akutt toksisk.

Sjaktbeskrivelser er vist på figur 4.24 - 4.27. Utfyllingshistorie og plassering av sjakter er vist på tegning 2100-1.

### *Kilder*

#### **Utfyllingshistorie**

Areal på land som er dekket av utfylte masser i ulike tidsperioder er vist på tegning 2100-1. Det har vært en relativt jevn utfylling av produksjonsavfall gjennom hele driftsperioden fra 1912 til 1975 slik tegningen viser.

Det er i mye mindre grad enn på Tromøysundtippen mulig å dele inn utfyllingsperiodene i ulike avfallstyper. Sjaktingene tyder imidlertid på at avfallet var noe mer blanda i tidligere utfyllingsperioder, og at det i senere utfyllingsperioder var svært "rent" produksjonsavfall.

NGI (Rødsand 1992) oppgir maksimal fyllingsdybde til kote -5, og total fyllingsvolum til ca 50.000 m<sup>3</sup>.

#### **Avfallstyper**

Avfallstyper er beskrevet i Sæland 1992 (s.15). For oversiktens skyld tar vi med en kortfattet oversikt også her. Det har ikke kommet fram opplysninger som endrer den beskrivelsen som er gitt av avfallet tidligere.

Tippen inneholder i hovedsak avfall fra Ovnshusene, dvs. ovnsavfall (elektroderester), slagg, støv og oksidavfall. Ovnsvfall og slagg hadde form som klump/blokk og fint nedknust materiale. Sot og støv var svært finkorning og pulveraktig. Flyfotoene og sjaktingene tyder ikke på at det har vært omfattende deponering av bygningsavfall på Heggedalstippen i forbindelse med nedleggelsen i 1975. Det skal ha vært deponert store blyakkumulatorer fra omformerhallen.

Avfallet kan ha inneholdt PAH og andre tjærestoffer, fluorid, cyanider, karbider, nitrider og fosfider, tungmetaller og asbest.

Avrenning fra "Breidablikk" (gammelt deponi for Arendal Smelteverk SSV for Heggedalstippen) vil drenere ut gjennom Heggedalstippen. Undersøkelser av dette avfallet tyder ikke på at slik avrenning vil inneholde miljøgifter (Amundsen, 1994).

Sjakter for prøvetaking og installering av jordvæskesugere er plassert nær sjøen for å fange opp evt. sjøvannspåvirkning, og for å begrense nødvendig sjaktedyp. En sjakt er plassert i området som er fylt ut i perioden 1924-1950 (HTPG4), to sjakter er plassert i område som er fylt ut i perioden 1966-1975 (HTPG 1 og 2), og en sjakt er plassert nær utfyllingsfront i 1959 (HTPG5). I tillegg er en sjakt plassert ved antatt utløp fra evt. avløp/dren i bukta (HTPG3).

I sjaktene HTPG 1, 2 og 5 var det gjennomgående finkornig materiale i skrålag med helning ut mot sjøen. Skrålagene var svært tydelige og sammenehengende. Midt i sjakt HTPG1 var det et noe mer grovkornig lag med tegn til utfelling av jernoksider. Spredt i det finkornige materialet fantes ildfast stein, murstein og slagg i klumper. Det finkornige materialet var dels gråhvitt/hvitt støv (i feltrapport karakterisert som puss/slipestøv), og dels gråsvart/svart/rød aske eller knust slagg og murstein. Det var svært lite annet avfall i sjaktene.

I HTPG 4 ("gammel" del av deponiet) var det blandet avfall med metallavfall, jernskrot, stein, grus, sand, bygningsavfall i øverste meter med fylling. Lenger inn og ned var det avfall med samme utseende som i HTPG 1, 2 og 5.

### **Avfallskarakterisering**

Konsentrasjoner av miljøgifter i avfallet er presentert i Rødsand (1992), i profilbeskrivelser i figur 4.25-4.29, og i tabell 23 og 24.

Resultater av faktorielle ekstraksjoner (FEST) mht. tungmetaller på ovnsavfall fra sjaktene HTPG 1, 2, 4 og 5 er vist i tabell 25.

Resultater av faktorielle ekstraksjoner (FEST) mht. PAH på ovnsavfall fra sjaktene HTPG 2 og 5 er vist i tabell 26.

Konsentrasjonene av tungmetaller i de ulike sjiktene fra sjaktene, samt kationbyttekapasiteten til avfallet i de ulike sjiktene er vist i tabell 23. Prøvene HT Sam1, HT Sam2, HT Sam4 er samleprøver fra hhv. sjakt1, sjakt2 og sjakt4. Kationbyttekapasiteten er et mål på jordas evne til å binde kationer og angis oftest i milliekvivalenter/kg jord (mekv/kg).

Innhold av tungmetaller i avfallet varierer betydelig innen avfallet. Jevnt over er innholdet moderat, med konsentrasjoner fra antatt bakgrunnsnivå til 2-10 ganger antatt bakgrunnsnivå. I utfellingssjikt i HTPG 1 er det markert forhøyet innhold, spesielt av Cu, Zn, Cd, og Cr. Dette antyder at tungmetaller kan oppkonsentreres i slike lag i avfallet. Innholdet av tungmetaller i blandet avfall fra sjakt HTPG 4 skiller seg klart ut med høye verdier. Massene i dette øvre sjiktet er sterkt

forurensset av tungmetaller og konsentrasjonene for Cu, Zn og Pb ligger f.eks. 50-100 x over bakgrunnsnivået for norsk mineraljord.

**Tabell 23.** Totalkonsentrasjoner av syreløselige tungmetaller (mg/kg) og kationbyttekapasiteten (CEC; mekvivalenter/kg) i avfall fra Heggedalstippen.

Prøve	Beskrivelse	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Al	CEC†
HTPG1-1	Gråhvitt støv	9.3	88.1	8.8	0.43	42.8	13.7	67100	352
HTPG1-2	Utfellingssjikt ?	11.3	157	145	4.0	18.3	25.8	53500	968
HTPG1-3	Ovnsavfall	10.5	54.2	37.1	0.56	21.1	20.4	75800	1081
HTPG1-4	Gråhvitt støv	4.1	53.2	104	0.23	4.7	3.0	32800	99
HTPG1-7	Utfellingssjikt	831	110	39.0	2.0	123	112	36100	305
HT Sam1	Blandprøve	140	89.9	66.3	1.2	45.8	38.2	40000	622
HTPG2-1	Grått slagg	662	96.0	58.0	5.3	92.3	12.7	93900	584
HTPG2-5	Grått slagg	37.8	74.0	41.1	0.66	61.3	22.4	60200	828
HT Sam2	Blandprøve	338	92.5	46.4	2.7	118	17.9	84900	584
HTPG4-1	Blandet avfall	8118	3168	1020	9.4	787	162	64100	274
HTPG4-2	Ovnsavfall	612	349	113	2.6	38.5	23.4	73500	395
HTPG4-3	Utfellingssjikt	62.3	58.9	64.0	0.22	10.4	9.6	5830	79
HT Sam4	Blandprøve	2575	1367	575	4.2	65.9	62.4	45600	290
HT 5-1	Ovnsavfall	31.5	161	110	3.9	25	12.9	35000	321

#### Referanseverdier

Grenseverdier SFT	100	150	50	1	30	100
Norsk jordbruksjord*	19.2	63.9	23.9	0.22	21.1	27.1
Norsk morenejord**	40.9	46.9	16.3		27.6	36.7
Nivå Bedriftsområdet***	51.2	106	67	<1	21	13
Bakgrunn i området***	2.5	14.6	37.9	<1	17.4	5

\* Esser (1994)

\*\* Njåstad m.fl. (1994)

\*\*\* Bruskeland (1992)

†-kationbyttekapasitet.

Tall med **F**et skrift er høyere enn foreslåtte norske grenseverdier for mest følsomme arealbruk (Grenseverdier SFT).

Innhold av PAH i avfallet er jevnt og høyt. Avfall fra den eldste delen av fyllingen (HTSam4) inneholder naturlig nok noe mindre enn det andre, da dette er et mer blandet avfall. PCB er påvist i tre av fire avfallsprøver, noe som tyder på en viss bakgrunnskonsentrasjon av PCB i avfallet. Nivået er det samme som i ovnsavfall fra Tromøysundtippen. Både PCB og PAH nivået er omlag dobbelt så høyt i blandprøven fra sjakten som ligger lengst fra sjøen (HT 5-1). Dette kan tyde på at det har vært en reduksjon i innhold som følge av utvasking fra de ytre delene av deponiet.

**Tabell 24.** Innhold av PCB og PAH i prøver fra Heggedalstippen.

Prøver	Beskrivelse	PAH mg/kg	PCB mg/kg
HT Sam 1	Slagg, støv mm.	2100	i.p.
HT Sam 2	Slagg, støv mm.	2500	0.1

HT Sam 4	Slagg, støv mm.	440	0.1
HT 5-1	Slagg, støv mm.	4500	0.25
Jordvæskesugere	Jordvæske	i.p.	i.p.
<b>Referanseverdier</b>			
Grenseverdier SFT		5	0.02
Bakgrunn i området***		0.18 (16 PAH)	

i.p.=ikke påvist.

#### Utlekkingstester mht. tungmetaller

- Utlekkingspotensialet i avfall fra sjakt 1 på Heggedalstippen er høyt for Cu og Ni. Dette gjelder også under normale forhold hvor påvirkningen ikke er av episodisk karakter (dvs. sur nedbør, saltvanninntrengning etc.). Saltvann reduserer mobiliteten til Cu og Ni i dette avfallet.
- Tungmetallenes stabilitet er større i avfall fra sjakt 2 på Heggedalstippen, selv om utlekkingspotensialet for Cu også herfra er høyt sammenlignet med avfall fra sjakt 4 og 5. Saltvann reduserer mobiliteten til Cu og Ni også i dette avfallet.
- Stabiliteten av Cu i avfall fra sjakt 4 reduseres kraftig ved påvirkning fra organiske syrer.

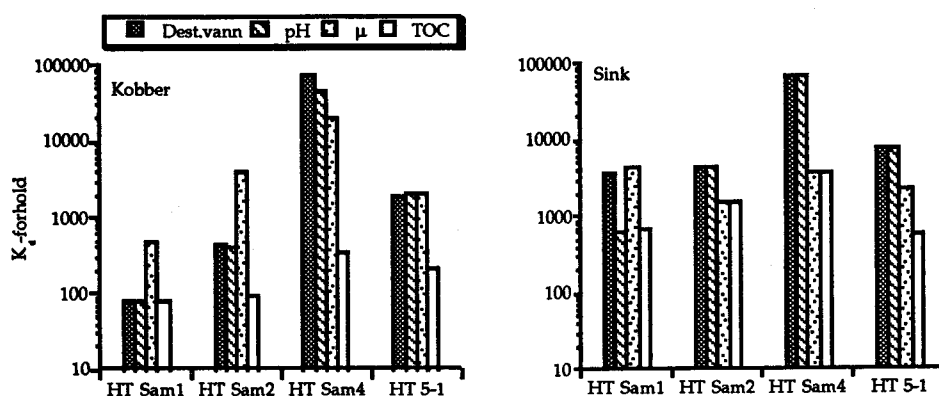
Konsentrasjonene av tungmetaller i ekstraksjonsløsningene viser at konsentrasjonene av Pb, V, Cr og Co i løsningene stort sett ligger under deteksjonsgrensen for analysemetoden som er brukt (ICP-AES). Da variansanalysen (ANOVA-analysen) krever at konsentrasjonene ligger over deteksjonsgrensen, har det bare vært mulig å undersøke effekten av faktorene på utlekkingen for de elementene som er vist i tabell 25.

**Tabell 25.** Signifikansnivået (p-verdier) for hvordan ulike behandlinger påvirker mobiliteten av endel tungmetaller fra avfall fra Heggedalstippen.  $p \leq 0.05$  viser signifikante effekter av behandlingen.

Faktor	HT Sam 1		HT Sam 2		HT Sam 4			HT 5-1	
	Cu	Ni	Cu		Cu	Zn	Cd	Cu	Zn
pH	0.005	0.001	0.074		0.044	0.858	0.044	0.354	0.908
$\mu$	0.001	0.000	0.003		0.002	0.001	0.000	0.003	0.559
TOC	0.009	0.003	0.001		0.000	0.001	0.001	0.000	0.060
pH* $\mu$	0.426	0.134	0.467		0.029	0.047	0.044	0.102	0.636
pH*TOC	0.016	0.003	0.091		0.049	0.112	0.011	0.938	0.738
$\mu$ *TOC	0.097	0.134	0.014		0.001	0.012	0.001	0.005	0.224
pH* $\mu$ *TOC	0.198	0.897	0.469		0.028	0.013	0.011	0.279	0.499

Det gjennomsnittlige totalinnholdet av Cu og Zn i sjakt 1 og 2 er ikke spesielt høyt. Utlekkingspotensialet for disse tungmetallene er imidlertid stort fra avfallet i disse sjaktene dvs. lavt  $K_d$ -forhold (figur 4.24). For Cu gir prøve HT Sam1 samme  $K_d$ -forhold for dest.vann oppslemmingen som for oppslemmingene med lav pH (3.5) og organiske syrer. Dette illustrerer at det generelle bakgrunnsnivået av Cu i jordvæska i dette avfallet er høyt, noe som medfører at utlekkingen kan

være høy også under normale forhold (dvs. utenom evt. episoder med saltvannspåvirkning).



Figur 4.24. Utlekkingspotensialet ( $K_d$ -forholdet) for Cu og Zn beregnet for ulike faktorer i avfall fra Heggedalstippen.

Ved påvirkning av en saltløsning (sjøvannsinntrengning) viser de faktorielle ekstraksjonstestene av avfallsprøvene HT Sam1 og HT Sam2 at Cu og Ni konsentrasjonen i ekstraktene reduseres. Sjøvannspåvirkning gir en helt klar negativ effekt ( $p=0.001$ ) på utlekkingen av Cu og Ni. Årsaken kan være at mye av disse metallene er bundet til kolloidale partikler. Ved tilsetning av salt vil disse partiklene felle ut og ikke bidra til økt Cu og Ni konsentrasjoner i løsningen. I ekstraksjonsløsningene som ikke inneholder salter vil disse kolloidale partiklene forbli i løsning og trolig passere filteret ( $0.45\mu\text{m}$  membranfilter) og dermed øke Cu og Ni konsentrasjonen i disse ekstraktene. Konklusjonen kan være at kolloidal transport i avfallsmassene (og dermed transport av Cu og Ni) vil reduseres ved inntrengning av sjøvann. Svært høy kationbyttekapasitet i HTPG1-2 og HTPG1-3, samt pH i HTPG2-1 og HTPG2-5 indikerer at det er mye finstoff (leire og kolloidalt materiale) i disse prøvene.

Totalinnholdet av Cu i sjakt 4 er svært høyt og selv om  $K_d$ -forholdet for avfallet i denne sjakta (samleprøve HT Sam4) er høyt (figur 4.24), er konsentrasjonene i ekstraksjonsløsningene, spesielt i løsningene som inneholder organisk materiale, svært høye. Under forhold hvor dette avfallet blir påvirket av organiske syrer (f.eks. ved kontakt med regn- og smeltevann som tar med seg organiske syrer fra torvlaget over avfallet) vil utlekkingen fra dette avfallet kunne øke. pH er den faktoren som påvirker utlekkingen av Cu, Zn og Cd fra avfallet minst, selv om også pH gir en signifikant effekt på utlekkingen. Påvirkning fra saltvann og organiske syrer er imidlertid begge viktigere for utlekkingen av disse tungmetallene fra avfallsmassene i sjakt 4.

Totalkonsentrasjonene av tungmetaller i avfall fra sjakt 5 er ikke spesielt høye, (tabell 23), og utlekkingspotensialet for Cu og Zn i dette avfallet er relativt lavt (figur 4.24). De faktorielle ekstraksjonstestene viser at pH ikke har noen

signifikant effekt på utlekkingen, mens både saltvann og innhold av organiske syrer vil kunne øke utlekkingen fra avfall i dette området.

### Utlekkingstester mht. PAH

- Utlekkingspotensialet av PAH fra HT5-1 er svært høyt og utlekking vil kunne bidra til betydelig fourensning av PAH.
- Saltvann reduserer utlekkingen av PAH fra det undersøkte avfallet fra Heggedalstippen.

**Tabell 26.** Totalkonsentrasjoner av PAH (total PAH mg/kg) og konsentrasjoner av PAH i ekstraksjonsløsningene (PAH mg/l). Resultater fra ANOVA-analysen (ANOVA).  $K_d$ -forholdet i tabellen er dividert med 1000. ( $\mu$ -ionestyrke).

Prøve	Total PAH (mg/kg)	Faktor			PAH (mg/l)	Kd *10 <sup>-3</sup>	Faktor	p
		pH	$\mu$	TOC				
HT 5-1	4500	0	0	0	0.970	5	pH	0.43
		1	0	0	1.800	3		
		1	0	0	0.910	5		
		0	1	0	0.140	32		
		0	1	0	0.120	38	$\mu$	0.01
		0	0	1	0.990	5	TOC	0.88
		1	1	0	0.096	47	pH* $\mu$	0.39
		1	0	1	1.400	3	pH*TOC	0.84
		0	1	1	0.080	56	$\mu$ *TOC	0.79
		0	1	1	0.100	45		
		1	1	1	0.090	50	pH* $\mu$ *TOC	0.91
HT Sam2	2500	0	0	0	0.069	36.2	pH	0.75
		1	0	0	0.140	17.9		
		1	0	0	0.006	417		
		0	1	0	0.150	16.7		
		0	1	0	0.075	33.3	$\mu$	0.02
		0	0	1	0.008	313	TOC	0.76
		1	1	0	0.072	34.7	pH* $\mu$	0.88
		1	0	1	0.053	47.2	pH*TOC	0.24
		0	1	1	0.008	313	$\mu$ *TOC	0.64
		0	1	1	0.017	147		
		1	1	1	0.010	250	pH* $\mu$ *TOC	0.22

\*- Alle 0-løsningene inneholder en 1000x fortykning av 50% sjøvann

Utlekkingsforsøkene viser at avfallet i sjakt HT5-1 er langt mer ustabil enn avfallet i HTSam2 (lavere  $K_d$ -forhold i HT5-1) og medfører høye konsentrasjoner av PAH i væskefasen.

ANOVA-analysen viser at sjøvann medfører signifikant lavere utlekking av PAH fra begge sjaktene. Dette er som forventet, da polariteten til vannløsningen vil øke kraftig ved tilsetning av saltvann og PAH-komponentene vil løses dårligere i vannfasen. Ingen av de andre faktorene påvirker utlekkingen av PAH fra avfallet i forhold til utlekking under påvirkning av rent vann.

### Spredning

Innhold av tungmetaller i jordvæsken viser at det finnes tungmetaller mobilisert i jordvæske, og at det dermed pågår en transport av tungmetaller i avfallet. Nivåene er imidlertid lave, og det er små variasjoner mellom sjaktene. Nivåene samsvarer rimelig godt med nivåer funnet i ekstraktene fra faktoriell ekstraksjon. I sjakt HT 1 er det en svak tendens til høyere innhold av tungmetaller nederst i sjakten, der saltvannspåvirkningen begynner å gjøre seg gjeldene (illustreres av Na-innholdet i tabell 27). I sjakt 2 er bildet stikk motsatt, med mer enn dobbelt så høyt metallinnhold i jordvæsken der avfallet ikke er påvirket av saltvann. Dette bildet samsvarer med FESTén som viste klar negativ effekt av saltvann på mobilisering. I sjakt 4 er innholdet svært jevnt mellom avfallslagene.

Tabell 27. Innhold av tungmetaller i jordvæske i Heggedalstippen (mg/l).

Lokalitet	Sonde	Na	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Topp HT 1	J 6	201	0.025	0.04	<0.10	<0.025	<0.03	0.03
Bunn HT 1	J1+J4	2960	0.039	<0.02	<0.10	<0.025	0.03	0.02
Midt HT 2	J8+J11	729	0.053	0.05	<0.10	0.062	0.06	0.06
Bunn HT 2	J7+J10	2570	0.026	0.03	<0.10	<0.025	<0.03	0.02
Topp HT 4	J15	212	0.027	<0.02	<0.10	<0.025	<0.03	0.05
Midt HT 4	J14	396	0.028	0.03	<0.10	0.029	0.04	0.05
Bunn HT 4	J13	823	0.026	0.03	<0.10	0.031	0.04	0.04

### Effekt

Det gjennomføres undersøkelser i Heggedalsbukta for om mulig å knytte sammenheng mellom kildeområder og påvirkning i Heggedalsbukta.

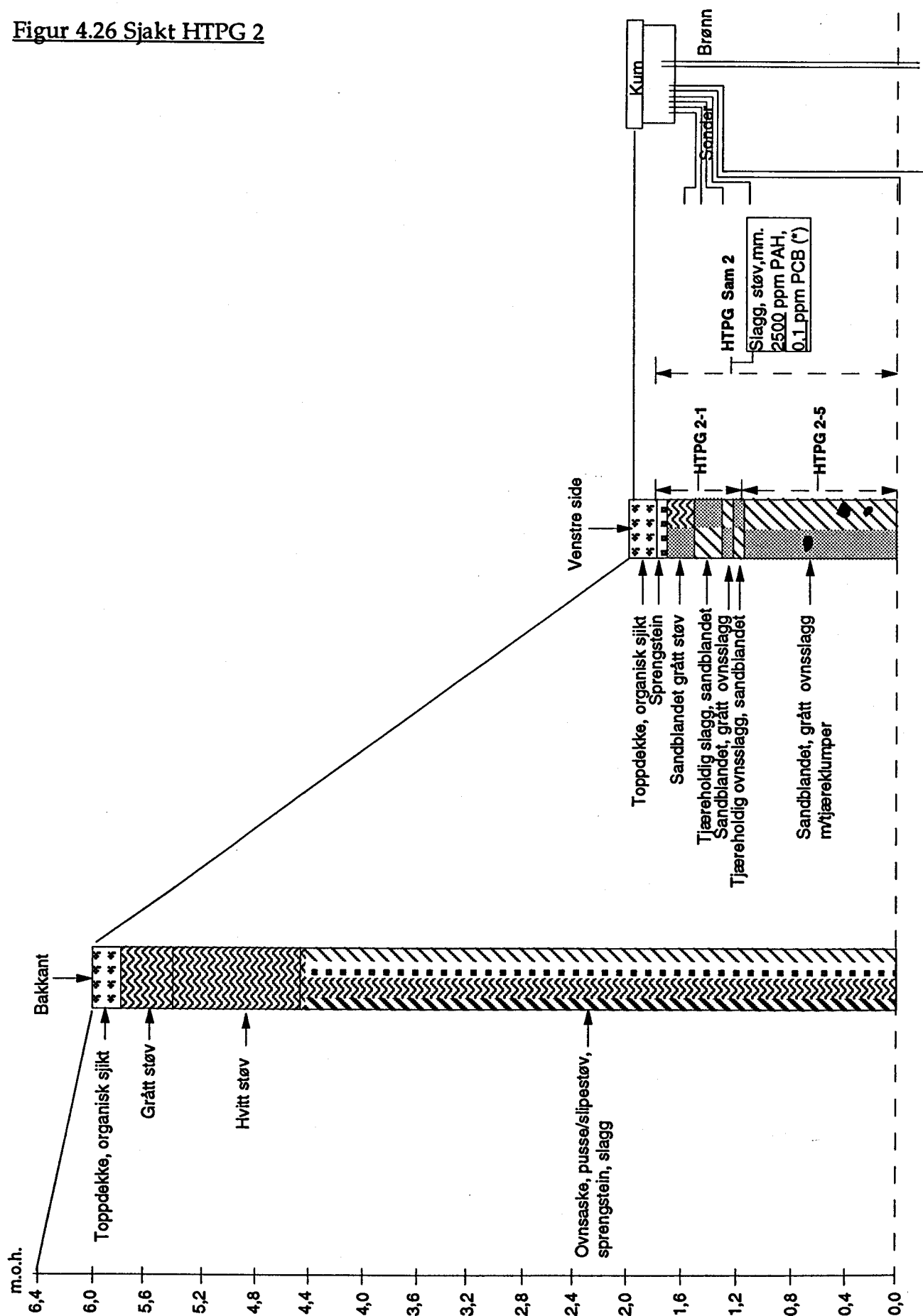
Microtox-tester på fast-stoffprøver viser at avfallet er lite toksisk. Det eneste som gir et visst utslag er avfallet fra HTPG 5. Dette avfallet ligger godt skjermet for utvasking i forhold til de andre sjaktene nær sjøkanten, og det er påvist noe høyere innhold av PAH og PCB enn i de øvrige sjaktene. Forskjellen i toksisitet kan stemme godt med at relativt vannløselige miljøgifter så langt inne i avfallet ikke er vasket ut. Resultatene er vist i tabell 28. (Nivåer lavere enn 1000 ppm regnes gjerne som markert toksisk og nivåer over 10 000 ppm som lite toksisk, mens nivåer under 100 ppm regnes som ekstremt toksisk.)

Tabell 28. Microtox-tester på fast-stoff fra Heggedalstippen

Kode	Dybde (m)	EC50 (ppm)
HTPG 1-1	0,1 - 0,5	40881
HTPG 1-2	0,5 - 0,6	16749
HTPG 1-2	0,5 - 0,6	16746
HTPG 1-2	0,5 - 0,6	7869
HTPG 1-3	0,6 - 1,8	11054
HTPG 1-3	0,6 - 1,8	10729
HTPG 1-4	0,3	90063
HTPG 1-4	0,3	>100 000
HTPG 1-7	1	57435
HTPG 1-7	1	49133
HTPG 1-7	1	50199
HTPG 2-1	0,2 - 0,7	40480
HTPG 2-1	0,2 - 0,7	40543
HTPG 2-5	0,7 - 1,8	52517
HTPG 2-5	0,7 - 1,8	40868
HTPG 4-1	0 - 0,7	49539
HTPG 4-1	0 - 0,7	30685
HTPG 4-2	0,8 - 1,0	>100 000
HTPG 4-2	0,8 - 1,0	95000
HTPG 4-3	1,0 - 1,2	10535
HTPG 4-3	1,0 - 1,2	8703
HTPG 4-3	1,0 - 1,2	11411
HTPG 5-1	0 - 2,5	5913
HTPG 5-1	0 - 2,5	8684

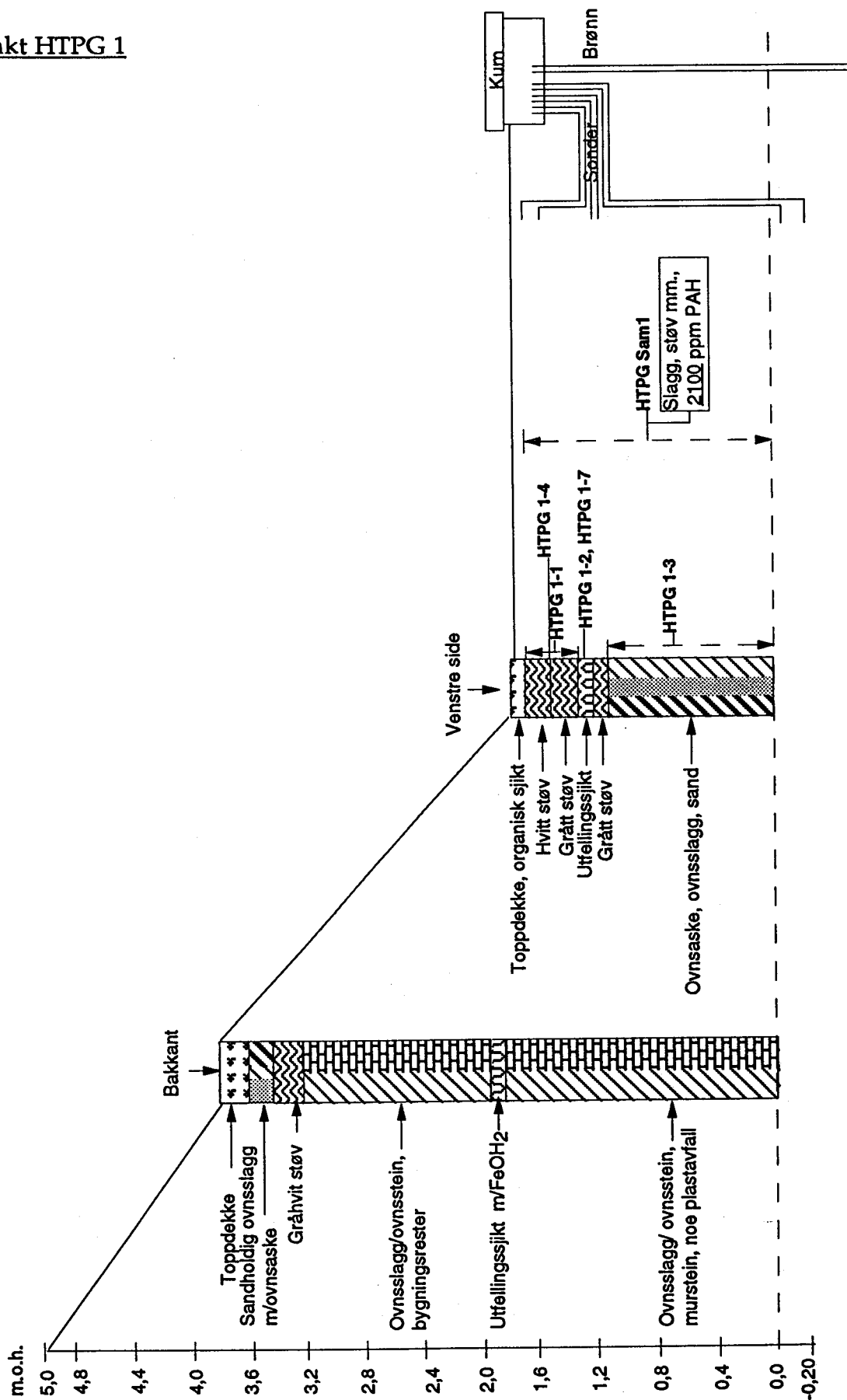


Figur 4.26 Sjakt HTPG 2



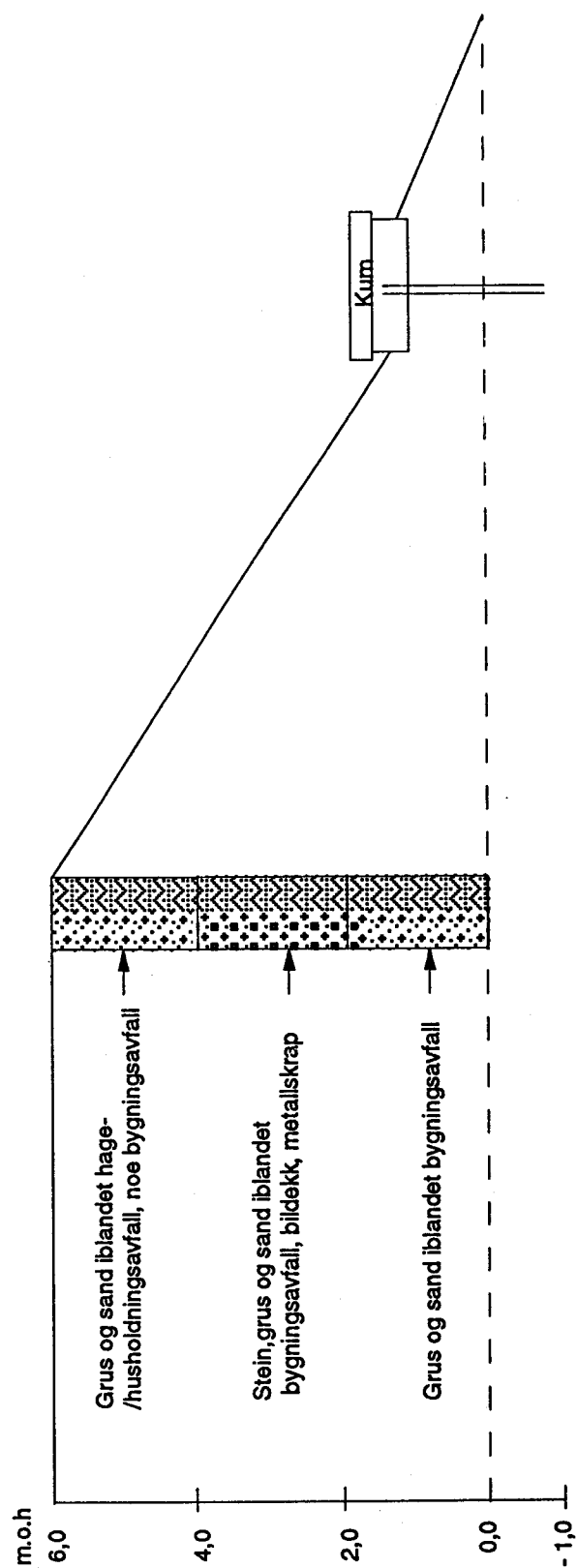
Figur 4.25 Sjakt HTPG 1

# HTPG 1



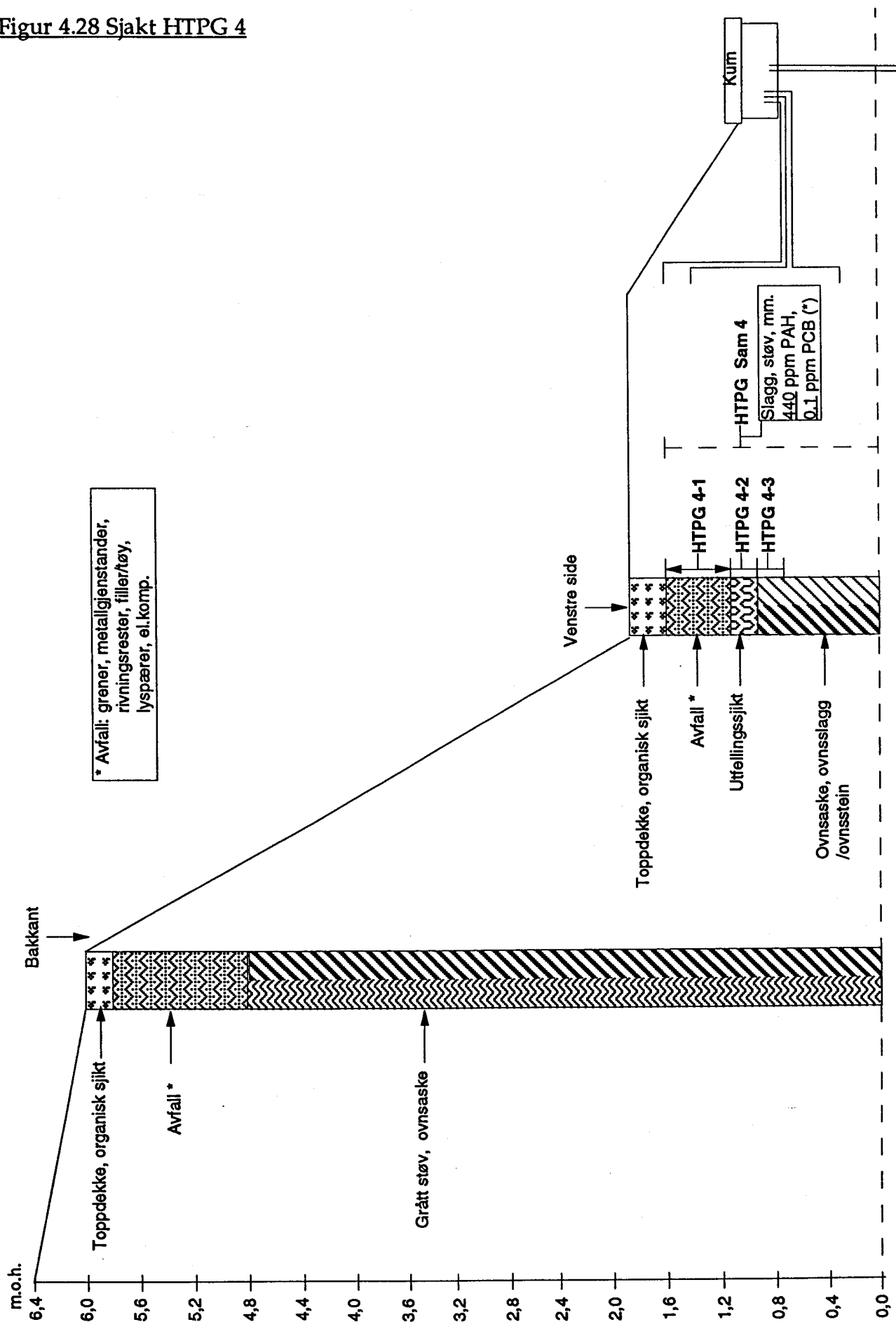
Figur 4.27 Sjakt HTPG 3

## HTPG 3

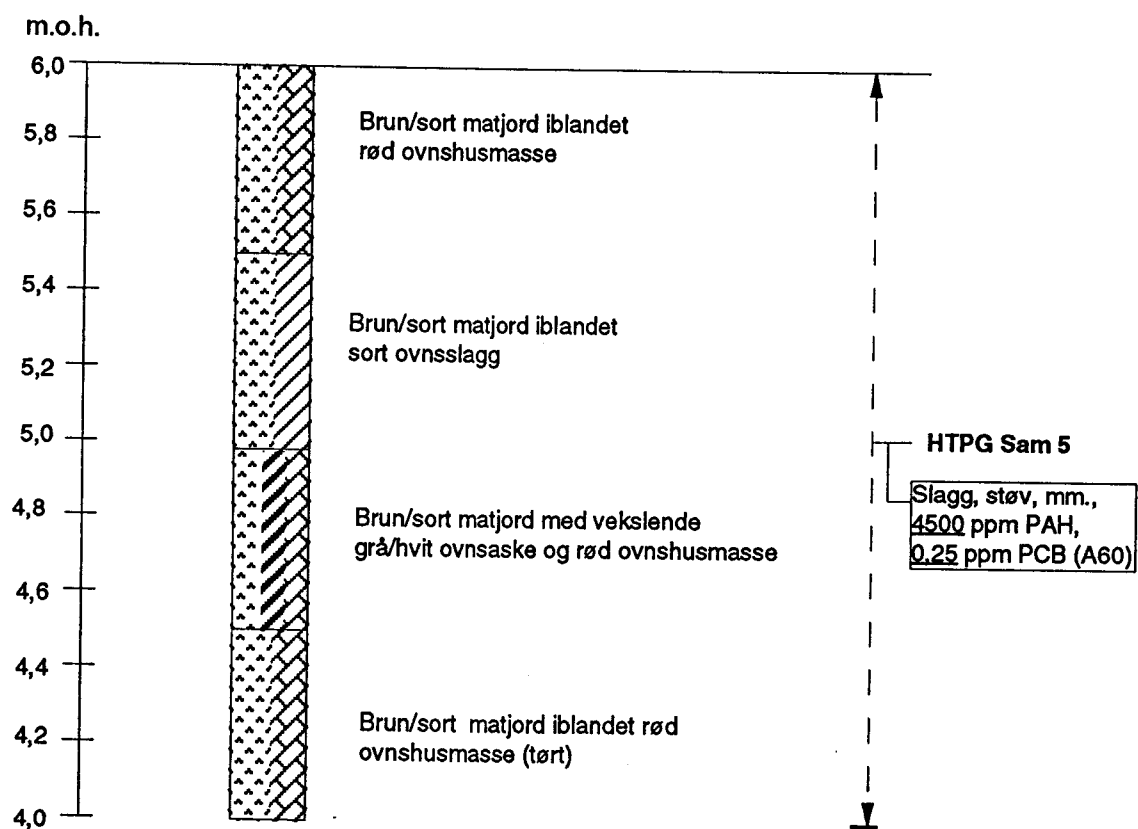


Figur 4.28 Sjakt HTPG 4

## HTPG 4



Figur 4.29 Sjakt HTPG 5



### 4.3 Gruver

Undersøkelse av overflatevann i gruver på Buøya tyder på at innhold av PAH er lavt. PCB er ikke påvist.

#### Kilder

Gruvene er beskrevet av NGI i Rødsand (1992). Bare supplerende undersøkelser er omtalt her.

Avrenning fra gruver på Pinnen er ikke undersøkt direkte da gruen ikke er tilgjengelig. Evt. omfattende avrenning antas å fanges opp av resipientundersøkelsene med blåskjell som er plassert i Heggedalsbukta.

Avrenning fra gruver på Buøya er fulgt opp med undersøkelse av overflatevann i de åpne sjaktene i juni og i september. Det er analysert på innhold av PAH og PCB. PAH er tatt med fordi det var høye konsentrasjoner av PAH i vannet dypt nede i sjakten. CN er utelatt fordi evt. avrenning raskt vil komplekseres ved evt. avrenning til sjøen, og avrenning må antas å være beskjedent. Tungmetaller er ikke videre undersøkt da analyser av vann nede i sjakten viste et lavt innhold.

Ledningsevne i sjøen utenfor gruen er målt til 33,8 mS/cm.

Tabell 29. Vannanalyser, Gruver Buøya

Parameter	Overflatevann, sept-94	Sjaktvann (8m dyp), NGI
Ledningsevne (mS/cm)	3.7	14.8
PAH	8 µg/l (38 PAH)	253 µg/l (10 PAH)
PCB	ikke påvist	ikke analysert

#### Spredning

Spredning kan evt. foregå som overflateavrenning ved nedbør. Prøven fra september representerer et tidspunkt etter rikelig nedbør. Påvisningen av PAH tyder på en viss spredning av PAH fra gruveområdet, men i forhold til Heggedalstippen vil bidraget være uten betydning.

#### Effekt

Det er plassert en mær med blåskjell rett utenfor gruen på Buøya.

## 5 VURDERINGER OG KONKLUSJONER

Undersøkelsene synes sammen med tidligere utførte undersøkelser å danne et tilstrekkelig grunnlag for å gjennomføre risikovurdering og vurdere behov for tiltak eller arealbruksrestriksjoner. Det gjenstår imidlertid fortsatt en endelig gjennomgang og vurdering av alle data. Dette gjelder spesielt sammenholdelse av undersøkelser på land og i sjøen, som er en av hovedstrategiene i undersøkelsen.

### Elektrodefabrikken

Overflateforurensning er kvantifisert, og utlekkingspotensiale i bekgranulat er bestemt.

Søk etter oljeforurensning og forurensning under betongdekke er utført. Det er kun påvist olje i en avgrenset betongsjakt. JORDFORSK vil ikke anbefale ytterligere søk etter oljeforurensning, da antatt lokalitet er gjennom søkt.

Spredningsretning er bestemt.

### Nitridentomta Nord

Grunnen ved to nedgravde oljetanker er undersøkt. Ved en tredje er det samlet opplysninger om driften av tanken som tilsier at det ikke er lekkasjer. JORDFORSK mener dette danner tilstrekkelig grunnlag for å vurdere situasjonen.

### Nitridentomta Sør

Innenfor de (trange) grenser som nedgravde installasjoner setter, er det utført kildesøk og påvist (lave) konsentrasjoner av PCB. JORDFORSK ønsker å avvente resultat fra pågående reanalyse av PCB-kongenere og sammenligning med resipientundersøkelsene før vi konkluderer vedrørende evt. behov for nærmere undersøkelser.

Grunnen ved nedgravde oljetanker er undersøkt. JORDFORSK mener dette danner tilstrekkelig grunnlag for å vurdere situasjonen.

Utlekkingspotensiale for blåsesand er bestemt. Videre karakterisering av overflateforurensning er nedprioritert da området er asfaltert.

### Elektrodesteikeriet

Utlekkingspotensiale for tjære fra området er bestemt, og spredningsmønster for tjæren er vurdert. Det kunne vært ønskelig med en nærmere prøvetaking i lokaliserte utlekkingsveier, men dette er sannsynligvis ikke avgjørende for vurderingen av området. Sammenholdelse med resultater fra resipientundersøkelsene vil avklare nærmere om det er ønskelig med supplement.

Oljелеkasje ved kompressorrom er stoppet, og totalt utslipp fra lekkasjene er estimert. JORDFORSK mener det ikke er behov for ytterligere undersøkelser av lekkasjen.

### Tromøysundtippen

Deponiet er prøvetatt, og utlekkingspotensiale er bestemt. Studier av jordvæske er begrenset i forhold til opprinnelig plan. Dette skyldes først og fremst en svært tørr umettet sone etter asfalteringen. Ettersom hele området nå er asfaltert synes ikke dette å være noe problem for vurdering av lokaliteten. Det gjenstår enda å se om det er mulig å se sammenheng mellom undersøkelsen på land og i resipienten.

### Heggedalstippen

Deponiet er prøvetatt, og utlekkingspotensiale er bestemt. Studier av jordvæske er noe redusert i forhold til opprinnelig plan. Dette skyldes mangel på klare episoder i kartleggingsperioden. Det kunne være ønskelig å supplere jordvækestudiene for å verifisere resultatene fra utlekkingstestene, men behovet avhenger av resultatet fra resipientundersøkelsen. Det gjenstår enda å se om det er mulig å se sammenheng mellom undersøkelsen på land og i resipienten.

### Gruver

Karakterisering av overflatevann i åpne sjakter er utført, og resultatet tyder ikke på at det er behov for nærmere undersøkelser. Resultater fra resipientundersøkelsen må vurderes nærmere før dette kan avgjøres endelig.



## 6 REFERANSER

- Brunstad, H. og O.Lind 1990. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Aust-Agder fylke. NGU rapport nr. 90.123. 156 s.
- Bruskeland, O. og G.K. Grepstad 1992. Nitriden. Eydehavn. Område 7 Bakgrunnsmålinger i regionen. Avklarende miljøgeologiske undersøkelser. 17 s.
- Esser, K., 1994. Reference concentrations for heavy metals in agricultural soils, oat, and *Dactylis glomerata* in Norway. Sendt til European J. Soil Sci.
- Grepstad, G.K. og O. Bruskeland 1993. Nitriden - Eydehavn. Område 2 Nitriden-tomta. Avklarende miljøgeologiske undersøkelser.
- Njåstad, O., Steinnes, E., Bølviken, B. og Ødegård, M. 1994. Landsomfattende kartlegging av elementsammensetning i naturlig jord: Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri. NGU-rapport 94.027, 114s.
- Rødsand, T., G. Vik, H. Jonassen og A. Hauge 1992. Nitriden - Eydehavn, miljøgeologiske undersøkelser. Undersøkelse av områdene Elektrodefabrikken, Tippen og gruvene på Pinnen og Buøya. NGI-rapport nr. 924065-1. 55 s.
- Sæland, S. 1992. Nitriden. Oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall. Forprosjekt. JORDFORSK-rapport nr. 7.0903-01/1. 33 s.
- Sæland, S. 1993a. Nitriden, Eydehavn. Avklarende undersøkelser (fase 2). Oppsummering og evaluering av utførte undersøkelser. Anbefalinger. JORDFORSK-rapport nr. 7.0903-01/2. 32 s.
- Sæland, S. 1993b. Forurensning ved tidligere "Nitriden" i Eydehavn. SFT-notat 29/9 1993. 16s.

VEDLEGG

## VEDLEGG 2.1

### Metode for sjakting, sjaktbeskrivelse, brønninstallering og prøvetaking i sjakter.

#### Sjakting og sjaktbeskrivelse

Sjakting er utført med gravemaskin. Sjaktveggene er fotografert, og det er tatt ut faststoffprøver av tydelige lag og sjikt, samt blandprøver fra sjakten.

Lagdeling, sammensetning av masser, evt. drenerende lag, evt. utfellingssjikt er vurdert.

Ved evt. vanninnsig er det gjort en visuell vurdering av mulig oljefilm.

Etter prøvetaking og evt. brønninstallering er oppgravde masser tilbakefylt. På grasdekte områder er området dekket med ren matjord. På industriområdene er området klargjort for asfaltering.

#### Brønninstallering i sjakt

Brønn med 1 meters filter i bunn monteres ferdig og plasseres i kanten av sjakten. Oppgravde masser tilbakefylles omkring brønnrøret.

#### Installering av jordvæskesugere

Jordvæskesugere er plassert i to til tre nivåer i sjakt, med nederste sonde(r) på nivå med grunnvannspeilet, og øverste nivå tett opp mot overflaten. Nærmere beskrivelse av metoden er gitt av Westby (1993).

#### Prøvetaking av faststoff

Faststoff er prøvetatt som blandprøver fra 4-5 steder innen det lag, avfallstype eller sjakt som skal beskrives. Prøvene er tatt ut med stålspade. Prøver for organisk analyse er samlet på glass, prøver for tungmetallanalyse er samlet i plastposer, og prøver for faktoriell ekstraksjon er samlet i bøtter.

#### Prøvetaking av grunnvann

Grunnvann er prøvetatt med peristaltpumpe (handdrevet sugepumpe). Før prøvetaking er det pumpet opp et volum tilsvarende 2-3 ganger brønnens vannvolum. Flasker er kondisjonert med 2-3 skyllinger med brønnvann før oppfylling av prøve. Alle slanger er skiftet mellom hver brønn, slik at vannet ikke har vært i kontakt med kontaminert utstyr. Vannprøver for organisk analyse er tatt på 1 liters brune glassflasker. Vannprøver for tungmetallanalyser er tatt på klare plastflasker.

**Prøvetaking av jordvæskesugere**

Jordvæskesugerne er påført et sug tilsvarende 0.75 atm. Prøvene er samlet på 1 liters brune glassflasker. Etter 24 timer er suget tatt av, og prøver for organisk analyse er overført til brune glassflasker, mens prøver for uorganisk analyse er overført til klare plastflasker.

**Prøvebehandling**

Prøvene er transportert til Ås i løpet av 1-3 dager, og deretter oppbevart mørkt og ved 4°C før transport til laboratorium.

**Oppslutning og analyse av tungmetaller i jord/avfall**

2 gram avfall ble tilsatt 20 ml kongevann (konsentrert saltsyre + konsentrert salpetersyre i forholdet 3:1). Prøven ble deretter varmet i ca. 18 timer ved 50°C, dampet inn til tørrhet og løst i 5% salpetersyre. Ekstraktet ble analysert med induktivt koplet plasma emisjonsspektroskopi (ICP-ES) ved Landbrukets Analysesenter.

**Oppslutning og analyse av PAH i jord/avfall**

Prøvene ble ekstrahert med diklormetan/metanol (1:1) i ultralydbad og på ristebord. Ekstraksjonen ble gjentatt og ekstraktene slått sammen. Metanolen fjernes og diklormetan byttes til sykloheksan. Etter rensing, vasking og tørking, ble ekstraktet analysert på en gasskromatograf med masseselektiv detektor (GC/MS). Bestemmelsen av PAH i avfallet ble utført ved SINTEF/SI.

## VEDLEGG 2.2

### Microtox - Metodebeskrivelse.

#### Microtox - vannprøver

Microtox er en biologisk test som brukes for å måle toksisk effekt av miljøgifter i jord- og vannprøver. Lysutsendende bakterier (*Vibrio fischeri*) blir eksponert ovenfor prøven, og lystapet i forhold til en ren referanse måles. Denne lysreduksjonen (en indikasjon på hemning av stoffskifte i organismen) indikerer hvor giftig prøven er.

Frysetørrede bakterier ble rekonstituert i en 2% saltløsning. 3 ml vannprøve ble tilsatt 60 mg natriumklorid i en kuvette på microtox-panelet, og den hadde dermed en konsentrasjon på 99% av opprinnelig prøvekonsentrasjon. Det ble laget 2 fortynninger av denne prøven med konsentrasjoner på 66% og 44%. To kontroller (fortynningvæske; 2% NaCl løsning) ble brukt. 10µL bakterieløsning ble tilsatt fortynningene og kontrollene, og lysemmissjonen ble deretter avlest etter 5 og 15 minutter.

#### Microtox - jord

I 1992 lanserte Microbics Corporation en prosedyre for en eksponering av bakteriene overfor en fast fase, som jord og sediment. Det hadde lenge vært ansett at ekstraksjoner av fast fase, vandig eller organisk, ikke ga det rette bildet på toksisitet i prøven. Ulike ekstraksjonsteknikker vil gi et ulikt bilde av det som er biotilgjengelig. Fast fase metoden gjør det mulig å eksponere bakteriene i standardløsningen direkte overfor partikkelbundete komponenter. Dette foregår i kuvetter hvor en blander bakterier og prøver som inkuberes ved gitt temperatur og tid. Ned i røret trykkes så et filter som har en porestørrelse som slipper bakteriene gjennom sammen med væsken. Væskefasen pippeteres ut og analyseres på vanlig måte.

#### Tolking av resultater

Giftigheten av en prøve blir som regel angitt som en EC<sub>50</sub>-verdi, det vil si den konsentrasjonen av det giftige stoffet som reduserer lysutsendelsen med 50%. En EC<sub>50</sub>-verdi på over 100% viser at prøven er lite toksisk, dvs. at ufortynnet prøve som tilsettes ikke hemmer over 50 % av bakteriene. Dette var tilfellet for alle prøvene fra Nitriden. Da giftigheten av prøvene var ganske lav, ble prosent lysreduksjon ved den gitte konsentrasjon oppgitt. Resultatene er derfor mer et mål på forandring i giftighet over tid, og må tas som en indikasjon på mulig biologisk effekt.

## VEDLEGG 2.3 Beskrivelse av faktorielle ekstraksjonstester

### 1. Tungmetaller

#### 1.1 Faktorielle utlekkingsforsøk

50 gram homogenisert avfallsmateriale ble innveid i 1000ml polyetylenflasker og tilsatt 200ml ekstraksjonsvæske. Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene er som beskrevet nedenfor. Flaskene ble satt til risting i 45 timer.

Ekstraksjonsløsningene ble deretter filtrert gjennom 0.45µm membranfilter (type: Whatman GF/A) og analysert med hensyn på Cu, Zn, Pb, Cr, Cd, Ni og V ved bruk av ICP-AES.

De faktorielle utlekkingsforsøkene for å studere utlekking og stabilitet av tungmetaller (TM) i forurenset grunn, ble utført ved bruk av to eller tre faktorer. Nedenfor er gitt en beskrivelse av hvilke faktorer som er brukt i de ulike tilfellene og hvordan sammensetningen av ekstraksjonsløsningene har vært.

##### 1.1.1 Faktorielle utlekkingsforsøk:

- Blåsesand fra Nitridentomta Sør
- Ovnsslagg (TT Sam1) og bygningsavfall (TT2-1) fra Tromøysundtippen

Tabell 1: Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene. Sammensetningen av 0 og 1-løsningene er vist i tabell 2.

Ekstraksjonsløsning nr.	1	2	3	4
pH	0	1	0	1
Ionestyrke	0	0	1	1

Det ble laget to løsninger, en med høy verdi (1) og en med lav verdi (0), for pH og ionestyrke (tabell 2). Løsningenes pH ble justert til pH 3.5 og pH 8.2 med 0.15M H<sup>+</sup> (1:1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>) eller med 0.01M NaOH.

Tabell 2: Sammensetningen av løsningene benyttet i det faktorielle forsøket

Løsning	0	1
pH	8.2	3.5
	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	
		Sjøvann:
		<u>Element</u> <u>(g/kg)</u>
Ionestyrke	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	Na 4.92
		Mg 0.99
		Ca 0.21
		K 0.20
		Cl 10.0
		SO <sub>4</sub> 1.35

### 1.2.2 Faktorielle ekstraksjonstester:

- Prøver fra sjakt 1 (HTSam1), sjakt 2 (HTSam2), sjakt 4 (HTSam4) og sjakt 5 (HT 5-1) fra Heggedalstippen

Tabell 3: Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene i det faktorielle forsøket. Sammensetningen av 0 og 1-løsningene er vist i tabell 4.

	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	0	1	0	0	1	1	0	1
μ	0	0	1	0	1	0	1	1
TOC	0	0	0	1	0	1	1	1

Tabell 4: Sammensetningen av løsningene benyttet i det faktorielle forsøket

Løsning	0	1
pH	8.2	3.5
	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	
		Sjøvann:
		<u>Element</u> <u>(g/kg)</u>
Ionestyrke	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	Na 4.92
		Mg 0.99
		Ca 0.21
		K 0.20
		Cl 10.0
		SO <sub>4</sub> 1.35
TOC	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	100 mg orgC/l Blanding av epletsyre, salisylsyre og sitronsyre

**pH** i sur nedbør kan bli 3.5 (og lavere) i såkalte episoder, mens pH i sjøvann vil ligge omkring 8.2. pH 3.5 og 8.2 er derfor valgt brukt i ekstraksjonsforsøkene fordi disse representerer ytterpunktene i den pH-skalaen som vanligvis opptrer i i deponisammenheng.

**Ionestyrken** ( $\mu$ ) i sjøvann er høy og vi har valgt å lage en kunstig løsning med en ionestyrke som er 50% av det som finnes i rent sjøvann. Forholdet mellom ionene er likt det som finnes i sjøvann.

**Totalt organisk karbon** (TOC) i ekstraksjonsløsningene (løsning 4, 6, 7 og 8 i tabell 3) ligger i overkant av hva som kan forventes i avfallsmassene, men gjenspeiler situasjoner som kan opptre ved produksjon og mobilisering av organiske syrer i jordlaget over avfallsmassene. Mobilisering kan opptre ved sterke nedbør- og smeltevannsepisoder. Salisylsyre, eplesyre og sitronsyre er alle naturlige nedbrytningprodukter av organisk materiale. Disse inneholder hhv. en, to eller tre syregrupper (-COOH) som effektivt kompleksbinder metaller og på denne måten øke utlekkingen av metaller.

## 2. PAH

### 2.1 Faktorielle ekstraksjonstester

50 gram prøve ble veid inn i 1000 ml glassflasker og tilsatt 200 ml ekstraksjonsløsning som vist i tabell 1. Flaskene ble ristet (120rpm) i 45 timer ved 20°C. Ekstraktet ble deretter filtrert fra (filter: Whatman GF/A membranfilter, porestørrelse 1.6 $\mu$ m). Ekstraktene ble oppbevart mørkt ved 4°C før analyse. Bestemmelsen av PAH i avfallet og ekstraksjonsløsningene ble utført ved SINTEF/SI.

De faktorielle utlekkingsforsøkene for å studere utlekking og stabilitet av PAH i forurenset grunn, ble utført ved bruk av flere ulike ekstraksjonsoppsett. Nedenfor er gitt en beskrivelse av de ulike oppsettene som er brukt.

#### 2.1.1 Faktorielle ekstraksjonstester:

- Tjære fra bekkokeri (EFB-1)

Tabell 5: Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene. Sammensetningen av 0 og 1-løsningene er vist i tabell 6.

Ekstraksjonsløsning nr.	1	2	3	4
pH	0	1	0	1
TOC	0	0	1	1



Det ble laget to løsninger, en med høy verdi (1) og en med lav verdi (0), for pH og ionestyrke (tabell 2). Løsningenes pH ble justert til pH 3.5 og pH 8.2 med 0.15M H<sup>+</sup> (1:1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HNO<sub>3</sub>) eller med 0.01M NaOH.

Tabell 6: Sammensetningen av løsningene benyttet i det faktorielle forsøket

Løsning	0	1
pH	8.0 + 1000x fortynning av sjøvannsløsningen	3.5
TOC	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	200 HA/l

### 2.1.2 Faktorielle ekstraksjonstester:

- Tjære fra steikeriet
- Ovnsslagg (TT Sam1), tjære (TT 1-1) og aske (TT2-3) fra Trømøysundtippen
- 

Tabell 7: Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene. Sammensetningen av 0 og 1-løsningene er vist i tabell 8.

Ekstraksjonsløsning nr.	1	2	3	4
Ionestyrke	0	1	0	1
TOC	0	0	1	1

Tabell 8: Sammensetningen av løsningene benyttet i det faktorielle forsøket

Løsning	0	1
Ionestyrke	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	Sjøvann: Element (g/kg)
		Na 4.92
		Mg 0.99
		Ca 0.21
		K 0.20
		Cl 10.0
		SO <sub>4</sub> 1.35
TOC	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	100 mg HA/l

### 2.1.3 Faktorielle ekstraksjonstester:

- Prøver fra sjakt 2 (HTSam 2) og sjakt 5 (HT 5-1) fra Heggedalstippen
- Bekgranulat (EF Bek1) (bare pH og TOC undersøkt)

Tabell 9: Sammensetningen av ekstraksjonsløsningene i det faktorielle forsøket. Sammensetningen av 0 og 1-løsningene er vist i tabell 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	0	1	0	0	1	1	0	1
$\mu$	0	0	1	0	1	0	1	1
TOC	0	0	0	1	0	1	1	1

Tabell 10: Sammensetningen av løsningene (0 og 1) benyttet i det faktorielle forsøket

Løsning	0	1														
pH	8.2	3.5														
Ionestyrke	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	<div>Sjøvann: <table><tr><th>Element</th><th>(g/kg)</th></tr><tr><td>Na</td><td>4.92</td></tr><tr><td>Mg</td><td>0.99</td></tr><tr><td>Ca</td><td>0.21</td></tr><tr><td>K</td><td>0.20</td></tr><tr><td>Cl</td><td>10.0</td></tr><tr><td>SO<sub>4</sub></td><td>1.35</td></tr></table></div>	Element	(g/kg)	Na	4.92	Mg	0.99	Ca	0.21	K	0.20	Cl	10.0	SO <sub>4</sub>	1.35
Element	(g/kg)															
Na	4.92															
Mg	0.99															
Ca	0.21															
K	0.20															
Cl	10.0															
SO <sub>4</sub>	1.35															
TOC	1000x fortynning av sjøvannsløsningen	25 mg HA/l														

Faktorene **pH** og **ionestyrke** er valgt på samme grunnlag som for bestemmelse av stabilitet og utlekking av tungmetaller med faktorielle ekstraksjonstester (beskrevet over).

**HA** er brukt som betegnelse for humussyrene som er benyttet i de faktorielle ekstraksjonstestene. Løsningene er laget ved innveiling av frysetørrede naturlige humussyrer. Disse er brukt istedet for mindre organiske forbindelser som eplesyre, salisylsyre og sitronsyre, fordi en ved bruk av humussyrene inkluderer hvordan organisk materiale påvirker stabiliteten av PAH rent fysisk (f.eks. ved "innkapsling" (okklusjon) av PAH-molekyler), i tillegg til de kjemiske bindingene som påvirker stabiliteten.