



0-92219

Nitriden-industriområde i Arendal

Prosjektområde 6:
Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92219	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2846	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 95 21 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta.	5.2.93	NIVA 1993
	Faggruppe:	
	Marinøkologisk	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Aud Helland	Aust-Agder	
	Antall sider:	Opplag:
	73	50

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
Statens forurensningstilsyn (SFT kontrakt nr. 92/429B)	

Ekstrakt: Foreliggende undersøkelse er en del av et større undersøkelsesprogram i regi av SFT i forbindelse med oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall. Undersøkelsen viste at bunnsedimentene utenfor Nitriden-industriområde i Tromøysund og Heggedalsbukta var sterkt forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB). Sedimentene var moderat til markert forurenset av kvikksølv, kadmium, bly og kobber. Steikeritomta antas å være den største kilden til PAH-forurensningen, og Tippen i Heggedalsbukta den største kilden til PCB-forurensningen. Mektigheten av de sterkt forurensete lagene utenfor industriområdet bør kartlegges. Videre bør dumpingsområdet utenfor Buøyskjæra kartlegges med tanke på forurensning i dypere lag av sedimentene. Sedimentkjerner bør aldersdateres for å avgjøre hvor stor den årlige tilførselen av miljøgifter er til sedimentene. Utsetting av blåskjell eller fisk i bur i sjøen utenfor industriområdet anbefales for å klarlegge eventuelle opptak av miljøgifter i spiselige organismer. Disse forholdene bør avklares før vurdering av evt. tiltak.

4 emneord, norske

1. Deponier
2. Sedimenter
3. Organiske miljøgifter
4. Metaller

4 emneord, engelske

1. Waste deposits
2. Sediments
3. Organic micropollutants
4. Metals

Prosjektleder

Aud Helland

Før administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2245-6

Forord

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) ble i brev av 25.8.92 invitert til å gi tilbud på undersøkelser i tilknytning til Nitriden, Eydehavn. Henvendelsen kom fra Senter for jordfaglig forskning (JORDFORSK) som har fungert som prosjektkoordinator (v/ Steinar Sæland) på oppdrag for Statens forurensningstilsyn (SFT, v/ Harald Solberg).

NIVA utarbeidet forslag til undersøkelsesprogram (4.9.92) av prosjektområde 6: Sediment og bunnfauna i Heggedalsbukta og Tromøysund.

I det endelige undersøkelsesprogrammet ble bunnfauna utelatt fordi denne var undersøkt tilstrekkelig ved tidligere undersøkelser i Tromøysund, og pga. manglende bunnfauna i Heggedalsbukta, som har anoksiske bunnforhold. Undersøkelsesprogrammet omfattes av SFT kontakt nr. 92/429B (jf vedlegg).

Dykkere ved Amundsen Diving A/S takkes for godt samarbeid under prøveinnsamling av sedimentkjerner i Tromøysund. Prøvetakingen i Heggedalsbukta ble utført av Kristoffer Næs og Aud Helland.

Ved NIVAs laboratorium har Unni Efraimsen stått for bestemmelse av finfraksjon av sedimentene. Bestemmelse av totalt organisk karbon og nitrogen ble utført av Roy Beba. Øvrige organiske analyser ble utført av Lasse Berglind, Einar Magne Brevik, Tom Tellefsen og Grete Lied Sigernes. Marit Villø har stått ansvarlig for metallanalysene som ble utført ved NIVA.

Alf Reidar Selmer -Olsen ved Landbrukets analysesenter har stått ansvarlig for metallanalyser utført ved senteret.

Oslo, 5 februar 1993.

*Aud Helland
prosjektleder*

INNHOOLD

	Side
FORORD.....	2
INNHOOLD.....	3
SAMMENDRAG.....	4
1. BAKGRUNN.....	7
2. MÅLSETTING.....	9
3. FELTARBEID OG METODE.....	10
3.1. Analyser utført ved NIVA.....	11
3.2. Analyser utført ved Landbrukets Analysesenter.....	13
3.3. Sammenligning av oppslutningsmetoder og analyseresultater.....	13
3.4. Klassifikasjon av forurensningsgrad.....	16
4. RESULTATER OG DISKUSJON.....	17
4.1. Sedimentbeskrivelse.....	17
4.2. Organisk karbon og nitrogen.....	20
4.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).....	22
4.4. Polyklorerte bifenyler (PCB).....	28
4.5. Kvikksølv (Hg).....	32
4.6. Kadmium (Cd).....	34
4.7. Bly (Pb).....	36
4.8. Kobber (Cu).....	38
4.9. Sammenfattende vurdering av metalledataene.....	40
5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	41
6. REFERANSER.....	44
VEDLEGG.....	46
Vedlegg til SFT kontrakt nr. 92/429.....	47
Stasjonsposisjoner.....	50
Metallanalyser utført av Landbrukets Analysesenter.....	52
Kvalitetsikring av metallanalyser utført ved NIVA.....	55
Analyser av andel silt og leire, total organisk karbon og nitrogen.....	57
Organiske analyser PAH.....	59
Organiske analyser PCB.....	67

SAMMENDRAG

Sedimentene utenfor Nitriden industriområde i Tromøysund og Heggedalsbukta er sterkt forurenset av PAH og PCB. Steikeritomta synes å være den største kilden til PAH, mens Tippen i Heggedalsbukta den største PCB kilden. Sedimentene i Heggedalsbukta var markert forurenset av kvikksølv og kadmium, mens stasjonene i Tromøysund var lite påvirket. De aller fleste stasjonene var moderat forurenset av kobber og bly. I Heggedalsbukta har miljøgiftinnholdet avtatt med årene, dette var ikke tilfelle i Tromøysund. Dette antas å skyldes de forskjellige hydrografiske forholdene i disse to områdene. Mektigheten av de sterkt forurensete sedimentene bør bestemmes. Det bør avklares hvor stor tilførselen er av miljøgifter til sedimentene i Tromøysund. Videre bør det avklares hvorvidt organismer i nærområdet påvirkes. Disse forholdene er nødvendig å avklare før det kan avgjøres om det er behov for å utføre tiltak.

1. Sedimentene i Tromøysund bestod for det meste av sand. De mest grovkornede sedimentene ble registrert utenfor Steikeritomta som var det mest eksponerte (dvs. mest utstatt for strøm og bølger) av de undersøkte områdene. Heggedalsbukta hadde anoksiske finkornede sedimenter.
2. Sedimentene i Tromøysund hadde normalt innhold av organisk karbon (ikke høyere enn 5 %), med unntak av en stasjon utenfor Nitriden-tomta og en ved utløpet av Heggedalsbukta (ca. 15 %). Verdiene i Heggedalsbukta lå fra 8 - 17 %.

Forholdet mellom organisk karbon og nitrogen viste at det organiske materiale utenfor industritomta mot Tromøysund i alt vesentlig kom fra land, i motsetning til Heggedalsbukta hvor det organiske materiale hadde marin opprinnelse.

3. Sedimentene i det undersøkte området var generelt sterkt forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Sterkest forurenset var området utenfor Steikeritomta som inneholdt 770 ppm PAH i sedimentene. Dette er 2500 ganger høyere enn det som regnes som normalt for marine sedimenter. Steikeritomta regnes derfor som den største kilden til PAH i området. Det var klare avstandsgradienter med avtagende verdier fra deponiene mot Tromøysund og Heggedalsbukta til sentrale deler av Tromøysund. Hovedtransportretningen av PAH fra Heggedalsbukta synes å være ut Buesund. PAH profilen fulgte samme mønster i sedimentene fra de tre hovedområdene Nitriden-tomta, Steikeritomta og Heggedalsbukta. Den eksponerte området utenfor Steikeritomta manglet imidlertid de letteste PAH-forbindelsene.

4. Sjøbunnen utenfor alle de tre hovedområdene Nitriden-tomta, Steikeritomta og Tippen i Heggedalsbukta hadde sedimenter som var sterkt forurenset av polyklorerte bifenyler (PCB). Den høyeste verdien ble registrert i Heggedalsbukta, 230 µg tot. PCB/kg tørt sediment. Dette er 46 X høyere enn hva en kan regne med å registrere i lite eller ubetydlig forurensete områder. Sedimentene i Heggedalsbukta hadde høyere innhold av lavklorerte PCBer enn sedimentene i Tromøysund. Som for PAH antas det at de lettere mer vannløslige PCB-forbindelsene vaskes ut av de mer eksponerte sedimentene i Tromøysund. De registrerte verdiene må anses som like alvorlige som de ekstremt høye PAH verdiene pga. PCBs giftighet.
5. Sedimentene i Heggedalsbukta var markert forurenset av kvikksølv og kadmium, mens stasjonene i Tromøysund var lite påvirket. De aller fleste stasjonene var moderat forurenset av kobber og bly, fire stasjoner viste markert påvirkning. Det påpekes imidlertid at hvis sedimentanalysene hadde blitt utført etter totaloppslutning med fluss-syre ville antakelig flere stasjoner blitt klassifisert som markert forurenset av kobber og bly.
6. Analyser av miljøgiftene i sedimentkjerner fra de tre omtalte hovedområdene viste at tilførselen til Heggedalsbukta har avtatt med årene mens dette synes ikke å være tilfelle i Tromøysund. Heggedalsbukta er et sedimentasjonsområde hvor det skjer en tilvekst av sedimenter som med tiden overdekker de mer forurensete bunnlagene. I Tromøysund er det derimot liten eller ingen sediment-tilvekst. Forskjellige hydrografiske forhold i de to områdene antas å være årsaken til de nevnte obeservasjoner.
7. Undersøkelsene har vist at Nitriden industriområde er hovedkilden til organiske miljøgifter i Tromøysund. Basert på erfaringer fra eksperimenter med PAH-forurensete fjordsedimenter ansees de sterkt forurensete sedimentene utenfor deponiene å være en relativt mye mindre kilde til videre forurensning enn selve industriområdet. Det forutsettes da at sedimentene i Heggedalsbukta får ligge i ro. Skal bukta utnyttes som småbåthavn vil sedimentene lett virvles opp og fare for frigivelse av miljøgifter øke. Generelt øker frigivelsen av miljøgifter fra forurensete sedimenter når de forstyrres og virvles opp, dette gjelder også sedimentene i Tromøysund. Foreliggende undersøkelser har ikke kunne fastslå mektigheten av de sterkt forurensete lagene i Tromøysund. Alt avhengig av mektigheten på disse vil følgelig erosjon av bunnen føre til frigivelse av miljøgifter i lang tid framover.

8. Mektigheten av de sterkt forurensede lagene utenfor industriområdet bør kartlegges. Dette kan gjøres ved å ta lange sedimentkjerner som når ned til uforurenset sediment. Bunnsedimentene i det påståtte dumpeområdet for avfallstønner fra Nitriden i Tromøysund bør også kartlegges. Dette for å avklare om tønnene eventuelt kan ha rustet opp og hvor dypt avfallet eventuelt ligger i sedimentene i dag. Samtidig bør utvalgte sedimentkjerner dateres for å fastslå hvor stor den årlige fluksen av forurensningskomponenter er til sedimentene i sundet.
9. Det bør avklares hvorvidt organismer i nærområdet / kontaktområdet til industritomta påvirkes, eksempelvis ved utsetting av blåskjell eller fisk i bur. Analyser bør utføres på plane PCBer da disse er mest giftig. Analyser av vannprøver over en tidevannsperiode kan gi et bilde på transporten av miljøgifter ut i sjøen. Denne transporten er avhengig av ulike ytre miljøfaktorer som tidevann, bølger, nedbør, temperatur og springflo. Undersøkelsen reiser et behov for generell større kunnskap om strandkantdeponier.
10. En arbeidsgruppe bestående av representanter fra Jordforsk, Geomap A/S, Noteby A/S, NGI og NIVA bør etableres for å gi en helhetlig vurdering av hvilke svar alle delprosjektene har gitt overfor de spørsmål lokalsamfunnet / forvaltningen stiller til bruk av området.

1. BAKGRUNN

I 1990 utførte Statens forurensningstilsyn (SFT) kartlegging av lokaliteter med spesialavfall ved Nitriden (Det Norske Nitridaktieselskap's, DNN) industriområde i Eydehavn (Brunstad og Tveiten, 1990). Det ble registrert 8 lokaliteter i tilknytning til Nitriden. I et forprosjekt " Nitriden, oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall" utført av JORDFORSK (Sæland, 92) ble det definert 7 problemområder:

- Område 1. Elektrodefabrikken
- Område 2. Nitriden-tomta
- Område 3. Tippen
- Område 4. Gruver på Pinnen og Buøya
- Område 5. Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra
- Område 6. Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta
- Område 7. Bakgrunnsmålinger i regionen

Forprosjektet (Fase 1) definerte problemstillinger og kunnskapsbehov i tilknytning til hver lokalitet. Forprosjektet foreslo videre at undersøkelser av områdene ble utført i faser. Fase 2 ble definert som en avklarende fase, mens fase 3 skal omfatte detaljundersøkelser knyttet til kilde og omfang av spredning. I tillegg skal eksisterende miljøgifter og framtidig mobilisering og utlekking av disse vurderes og kvantifiseres, dette for å bedre det totale beslutningsgrunnlaget for vurdering av eventuelle tiltak.

NIVA ble av SFT engasjert til å utføre undersøkelser knyttet til område 6 i fase 2. Denne rapporten omhandler resultatene av de utførte undersøkelsene. Øvrige deltagere i fase 2 har vært Norsk Teknisk Byggkontroll A/S (NOTEBY) som har utført undersøkelsene knyttet til problemområdene 2 og 7, Norges Geotekniske Institutt (NGI), område 1 og 3 og Geomap A/S, område 4. JORDFORSK har vært prosjektkoordinator for SFT på delopdragene.

Det Norske Nitridselskap produserte aluminium fra 1912 til 1975. Verket drev også produksjon av prebakte elektroder for eget bruk og for DNN i Tyssedal. Under denne produksjonen ble det dannet et bek- og tjæreavfall. Avfallet ble lagret på tønner som ble dumpet øst for Buøyskjæra og i gamle gruvesjakter, bl.a. på Buøya. Tønner kan også i mindre omfang ha havnet i sjøen utenfor kaia ved Nitriden, men slik dumping skal ikke ha vært systematisk. Ved det såkalte Elektrodesteikeriet var det også endel lekkasjer av tjære og bek til grunnen. Ved transport i grunnen kan disse stoffene ha infisert sjøbunnen utenfor bedriftsområdet. På to lokaliteter av bedriftsområdet er det deponert avfall, mye ovnsavfall og annet produksjonsavfall. Etter driftstans i 1975 ble rivningsavfall tippet på de samme områdene. Det er i den forbindelsen også mistanke om at transformatorer, blyakkumulatorer og annet materiell har havnet på de to deponiene. Deponiene er såkalte strandkantdeponier, dvs. de ligger delvis ut i sjøen, slik at deler av avfallet har kontakt med sjøvann.

En rekke undersøkelser er tidligere utført i Tromøysund. I 1950 foretok konservator Knaben innsamling med skrape på flere lokaliteter i sundet. Materialet er oppbevart (Zoologisk Museum, Oslo) og deler av det er bearbeidet. Flødevigen utførte hydrografiske/hydrokjemiske undersøkelser i perioden 1975-79 (Dahl og Danielsen 1986).

I nordøstre del av sundet (ved Flosta) undersøkte NIVA bløtbunnsfaunaen på to lokaliteter i forbindelse med egnethet for akvakultur (Wikander 1986). I 1988 prøvetok NIVA en bløtbunnstasjon ved Trollenes for å undersøke virkninger av Chrysochromulina-oppblomstringen. Det ble samtidig foretatt registreringer av hardbunnsamfunn på Buøya og nordøst på Tromøy (Pedersen et al. 1989). Deler av undersøkelsen ble gjentatt i 1989 og har fortsatt i et kystovervåkingsprogram.

NIVA utførte en orienterende undersøkelse i 1989 av bunnsedimentene knyttet til Nitriden-avfall. Videre ble det utført en resipientundersøkelse i Tromøysund i 1990. Undersøkelsen omfattet bunnsedimenter, bløtbunnsfauna, organismer på hardbunn og miljøgifter i organismer (Næs et al. 1991). Fra og med 1992 utfører NIVA overvåking i Tromøysund for Arendal Kommune som omfatter hydrografi / hydrokjemiske strandsonundersøkelser og undersøkelser av bløtbunnsfauna fra Utnes til Flosta. Miljøgifter inngår ikke i overvåkingen.

Undersøkelsene i 1989/90 viste at bunnsedimentene i Tromøysund og Heggedalsbukta har til dels høye overkonsentrasjoner av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorete bifenyler (PCB) samt forhøyede verdier av metaller, særlig kvikksølv (Hg) og bly (Pb) (Næs, et al., 1991). De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter ble registrert midt i sundet utenfor Nitriden med avtagende konsentrasjoner sørvestover i sundet. Miljøgiftinnholdet i spiselige organismer var lave eller moderate. Blåskjell fra Tromøysund hadde imidlertid høyere innhold av PAH enn skjell fra referansestasjonen utenfor Tromlingene. Det ble ikke påvist effekter på fauna eller flora som kunne tilskrives Nitriden alene. Undersøkelsene viste imidlertid at hovedkilden til PAH forurensningen i sundet har vært Nitriden.

2. MÅLSETTING

Undersøkelsene av sedimentene i Heggedalsbukta og Tromøysund har hatt følgende målsetting (se vedlegg til standard SFT-kontrakt).

1. Klarlegge i hvilken grad utslipp fra Nitriden har påvirket og fortsatt påvirker bunnsedimentene i nærområdet til industritomta og ut til de sentrale deler av sundet.
2. Vurdere sansynlige spredningsretninger av forurensningskomponentene i resipienten.
3. Beskrive evt. funn av dumpet avfall som f.eks. tjære og sedimentene rundt dette, i området Buøyskjæra og utenfor Nitriden-området.
4. Foreslå opplegg for overvåking av resipienten som grunnlag for effektvurderinger av evt. senere tiltak.

Punkt 4 i målsettingen skulle gjennomføres i tilknytning til Geomap A/S arbeider med kartlegging av deponerte tønner ved Buøyskjæra og utenfor kaiområdet ved Nitriden. Det ble imidlertid ikke funnet tønner ved Buøyskjæra og området ble derfor ikke prøvetatt. Prøvetakingen utenfor kaiområdet ble dekket av programmet for undersøkelsene av bunnsedimentene i Tromøysund og Heggedalsbukta (jf undersøkelser av område 4: "Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra).

Opprinnelig omfattet prosjektområde 6 undersøkelser av bunnfauna i tillegg til sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. Dette ble utelatt fordi bunnfaunaen ble undersøkt ved resipientundersøkelsen i 1990. I tillegg har store deler av Heggedalsbukta anoksiske bunnforhold hvilket betyr at bunnfauna ikke er tilstede i dette området.

3. FELTARBEID OG METODE

Prøvetaking av bunnsedimentene ble utført 14 - 16 oktober 1992. Det ble tatt kjernepøver fra ialt 20 stasjoner (fig. 1, for stasjonsposisjoner se vedlegg). Alle kjerner ble beskrevet før de øvre 0-2 cm ble snittet og overført til prøveglass. På to stasjoner (stasjon 3 og 7 i Tromøysund) ble kjernene snittet i 0-2, 2-5, 5-10 og 10-15 cm. En kerne (stasjon 4 i Heggedalsbukta) ble snittet i tilsvarende intervall ned til 15-20 cm. I Tromøysund ble det tatt en kerne per stasjon.

Prøvetakingen i Heggedalsbukta ble utført vha. en "Limnios" sedimentprøvetaker spesielt beregnet for sedimenter med stort vanninnhold (f.eks. anoksiske sedimenter). Prøvetakeren har en indre diameter på 10 cm. Det ble tatt 4 paralleller (kjerner) på hver stasjon for å få nok materiale til alle analyser. Alle organiske analyser på materiale fra Heggedalsbukta ble utført på blandprøver fra 2 av parallellene, en parallell gikk til metallanalyser og en til bestemmelse av andel silt og leire.

Prøvetakingen i Tromøysund ble utført av dykkere fra Amundsen Diving A/S under ledelse av Geomap A/S. Utvelgelse av stasjonsplassering ble foretatt av NIVA. Prøvetakingen foregikk med håndholdt utstyr, plexiglassylindere med indre diameter 5 cm, som ble presset ned i sedimentene og deretter korket igjen i begge ender. Det ble tatt 3 paralleller (kjerner) på hver stasjon. En parallell gikk til organiske analyser, en til metaller og en til bestemmelse av andel silt og leire.

Alle prøver ble frosset ned før de ble sendt til analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorete bifenyler (PCB), kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), lithium (Li), total organisk karbon (TOC) og nitrogen (N) samt andel av silt og leire (sediment med kornstørrelse finere enn 63µm).

Etter ønske fra oppdragsgiver ble det bestemt at Landbrukets analysesenter (LA) skulle utført alle metallanalyser. I tillegg analyserte NIVA metaller i 5 av de samme prøvene.

Alle organiske analyser samt bestemmelse av finfraksjon ble utført ved NIVAs laboratorium.

Alle prøver ble analysert på ikke-fraksjonerte prøver. Alle organiske analyser utført ved NIVA ble utført på frysetørret materiale. Instituttet benytter frysetørring da denne metoden gir absolutt tørt materiale hver gang, dvs. metoden er reproducerbar. Sedimentet blir svært porøst og til forskjell fra tørking i varmeskap blir sedimentkornene løst bundet til hverandre slik at prøven lett lar seg homogenisere. Metaller og bestemmelse av finfraksjon ble utført på materiale tørket i varmeskap ved 80°C. Dette ble gjort fordi prøvene til metallanalyser først ble sendt til LA hvor frysetørring ikke er standard metode ved opparbeiding av prøvemateriale. Metallanalysene ved LA ble

utført på materiale tørket i varmeskap ved 40°C. Prøvene hadde først tørket ved romtemperatur noen dager. Deretter ble en delprøve tatt ut for ytterligere tørking i varmeskap før analyse. Restmaterialet returnert til NIVA for videre analyse var derfor fortsatt vått.

3.1. Analyser utført ved NIVA

Ved analyse av PCB og PAH ble sedimentet tilsatt indre standarder før ekstrahering med henholdsvis aceton/cykloheksan (20:15 v/v) og cykloheksan.

Innholdet av PCB ble bestemt ved gasskromatografi (Hewlett - Packard 5890 Serie II med elektroninnfangingsdetektor (ECD)). De enkelte forbindelsene ble identifisert utfra deres spesifikke retensjonstider. Retensjonstidene ble funnet ved analyse av kjente standarder / standardblandinger og det ble kun benyttet enkeltkongenerer av PCB-komponentene. Kvantifiseringen ble utført ved bruk av 8-punkts standardkurve og konsentrasjonsnivået til alle parametere ble justert til å ligge innenfor standardkurvens lineære område.

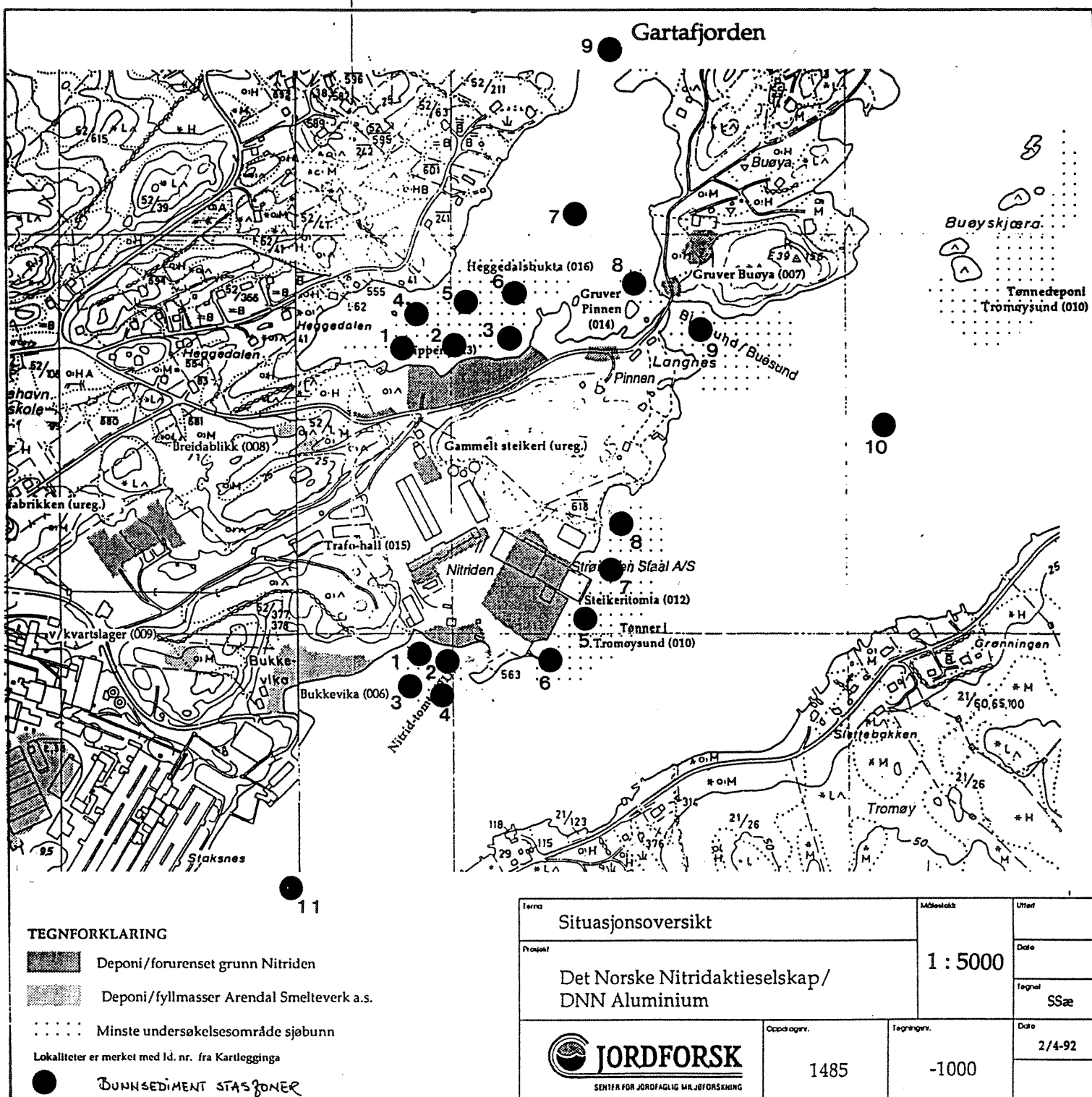
Innholdet av PAH ble bestemt ved gasskromatografi -GC/MSD (Hewlett - Packard 5890 Serie II m/HP autoinjektor 7673, tilkoblet en HP 3365 (Chemstation) Identifikasjon og kvantifiseringen av PAH gjøres ut fra både signifikante ioner, retensjonstid og de relative retensjonstidene sammenlignet med de indre standardene.

For detaljert metodebeskrivelse for bestemmelse av PAH og PCB vises det til Brevik (1978) og Skaare et al. (1988).

Innholdet av Cd, Pb, Cu og Li ble bestemt ved atomabsorpsjonspektrometri i grafittovn (Cd og Pb) og i flamme (Cu og Li) etter total oppslutning med flussyre/kongevann (Loring og Rantala, 1991). Innholdet av Hg ble bestemt ved kalddamp atomabsorpsjonspektrometri etter oppslutning med 1:1 salpetersyre (Norsk standard 4768). Som kvalitetsikring er standard sertifisert referansemateriale BCSS-1, PACS-1 og MESS-1 benyttet (se vedlegg). Lithium benyttes som normaliseringsparameter for metaller, her bly og kobber (Loring, 1991).

Innholdet av total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) ble bestemt ved en Carlo Erba Elementanalysator modell 1106. Prøvene til TOC ble syrebehandlet før analyse for å fjerne uorganisk karbon. Prøvene forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800°C. Ved hjelp av katalysator blir forbrenningen fullstendig. Overskuddet av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650°C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N₂-gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene detekteres i en varmetrådsdetektor.

Andel av silt og leire ble bestemt ved våtsikting gjennom en 63µm sikt, type Endecote.



Figur 1. Sedimentstasjoner i Tromøysund og Heggedalsbukta 1992 (Nøyaktige posisjoner gitt i vedlegg). (For sammenligning av stasjonsplassering med resipientundersøkelsen i Tromøysund i 1989/90 vises til Næs et al., 1991.)

3.2. Analyser utført ved Landbrukets Analysesenter

Prøver til analyser av metallene kadmium, bly, kobber og lithium ble oppsluttet med kongevann. Innholdet av bly, kobber og lithium ble bestemt ved bruk av ICP/-AES. Innholdet av kadmium ble bestemt ved atomabsorbsjonspektrometri i grafittovn.

Innholdet av kvikksølv ble bestemt ved kalddamp atomabsorbsjonspektrometri etter oppslutning med 1:1 salpetersyre (Norsk standard 4768).

Kvalitetsikringen ble gjort ved analyser av analysesenterets K-jord (se vedlegg).

3.3. Sammenligning av oppslutningsmetoder og analyseresultater

Metallanalysene ved NIVA er som nevnt over gjennomført ved oppslutning i fluss-syre/kongevann etter retningslinjer fra Det internasjonale råd for havforskning (ICES). Kvalitetsikringen er gjort ved analyse av standard sertifisert referansemateriale (BCSS-1, MESS-1, PACS-1) (se vedlegg). Standardene er marine sedimenter fra forskjellige avsetningsområder dvs. havne-, estuarie- og kystsediment. Standardene representerer derfor sedimenter med vidt forskjellige egenskaper dvs. både høye og lave metallkonsentrasjoner og varierende innhold av organisk materiale og også forskjellig kornstørrelse fra leire til sand.

Metallanalysene ved LA er gjennomført etter oppslutning med kongevann og er utført med en annen type referansemateriale (K-jord), dvs. jordprøve (se vedlegg).

Jord er terrestrisk og sedimenter er marine eller lakustrine dvs. avsatt i saltvann eller ferskvann. Jord har et høyere organisk innhold enn marine sedimenter og det organiske materiale har forskjellig sammensetning i de to miljøer. Sedimenter består alt vesentlig av minerogent materiale. Prosessene som fører til avsetning av jord og sediment er forskjellige og stoffomsetningen etter avsetning er også forskjellig. Jord og sedimenter representerer således to forskjellige miljøer og kan ikke sammenlignes. Det er derfor ICES anbefaler at det benyttes et referansemateriale som er så nært opp til det materiale man ønsker å analysere på.

Tabell 1 viser resultatene fra sedimentanalysene utført ved de ulike metodene. Analysene er utført på samme sediment dvs. på samme prøve fra 5 utvalgte stasjoner.

Tabell 1. Resultat av sedimentanalyser utført etter forskjellig oppslutningsmetoder.

Stasjoner	Hg+	Hg+	Cd*	Cd***	Pb**	Pb***	Cu**	Cu****	Li**	Li****
T2, 0-2cm	0,11	0,10	0,13	0,10	181	490	48,5	132	7,3	13
T8, 0-2cm	0,044	0,04	0,097	0,06	22,8	40	15,2	24	5,4	10
T10, 0-2cm	0,13	0,02	0,10	0,08	24,1	51	14,3	22	11,2	21
H1, 0-2cm	0,47	0,28	0,92	0,86	86,1	61	73,5	68	37,4	36
H5, 0-2cm	0,32	0,32	2,8	1,8	101	69	97,4	114	32,2	38

(Alle verdier i ppm = mg/kg, tørrvekt)

- + Oppsluttet med 1:1 salpetersyre Norsk Standard 4768, analysert ved atomabs.
- * Oppsluttet m. kongevann og analysert ved atomabs. i grafittovn
- ** Oppsluttet m. kongevann og analysert med ICP / -AES
- *** Oppsluttet med fluss-syre og kongevann og analysert ved atomabs. i grafittovn.
- **** Oppsluttet med fluss-syre og kongevann og analysert ved atomabs. i flamme.

Tabell 1 viser at ved analyse av kvikksølv ble det oppnådd like høye verdier på T2, T8 og H5. Analysene fra NIVA lå lavere på T10 og H1. For analyse av kvikksølv ble det benyttet samme metode.

Ved analyse av kadmium ble det oppnådd relativt like verdier på T2, T10 og H1. Analysene etter oppslutning med flussyre og kongevann lå lavere på T8 og H5 enn ved analyse etter oppslutning med kongevann.

Ved analyse av bly ble det oppnådd høyere verdier etter oppslutning med flussyre og kongevann på T2, T8, T10 men lavere på H1 og H5 sammenlignet med analysene etter oppslutning med kongevann.

Analysene av kobber viste det samme som bly med unntak av stasjon H5 hvor flussyre og kongevann ga høyere verdier enn etter oppslutning med bare kongevann.

Analysene av lithium viste det samme som kobber og bly på alle "T" (Tromøysund) stasjonene. På stasjonene i Heggedalsbukta ("H" stasjonene) ga de to metodene tilnærmet samme resultat.

Tabell 1 viser at det ikke var systematiske forskjeller i resultatene etter de to oppslutningsmetodene. Hadde kobberverdiene fulgt samme mønster som blyverdiene, kunne uoverenstemmelsene skyldes de store forskjellene i sedimenttype (anoksiske finpartikulære / oksiske grovkornede).

Det antas at forskjellene i hovedsak skyldes analysemetodene. Det er tidligere vist at avhengig av sediment-typen vil alle andre metoder enn totaloppslutning gi varierende innhold av metaller. Dette fordi metallene sitter mer eller mindre bundet til de ulike partiklene som sedimentet består av. Forskjeller i opparbeidelse av prøvene kan også spille inn. Prøven ble ikke knust og homogenisert før uttak av delprøve, men forsøkt homogensiert før tørking som beskrevet tidligere (i romtemperatur og varmeskap ved 40°C).

Hensikten med å analysere for lithium var å bruke denne som en normaliserings-parameter for bly- og kobberverdiene. Dette har imidlertid liten hensikt når avvikene mellom analysemetodene er såpass store som tabell 1 viser. Erfaring viser at kvikksølv og kadmium har affinitet til organisk karbon, denne benyttes derfor fortrinnsvis som normaliseringsparameter for disse to metallene.

Tolkningen av metalldataene blir derfor usikker når det knytter seg så stor usikkerhet til analyseresultatene (spesielt bly, kobber og lithium). De vil trolig grovt representere forurensningsgraden. I det følgende blir derfor resultatene presentert, men uten grundig diskusjon.

3.4 Klassifikasjon av forurensningsgrad

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon slik tabell 2 viser. Klasseinndelingen er etter Knutzen og Skei, 1990. Denne klassifiseringen er utarbeidet på oppdrag for SFT, og per i dag finnes ikke andre forslag tilpasset norske forhold. En klasseinndeling vil alltid være gjenstand for diskusjon. Det vil imidlertid være for omfattende å føre en slik diskusjon i denne rapporten. Målet med rapporten er å vurdere dataene ut fra det bakgrunns materialet som foreligger per dags dato.

Metallverdiene i klassifiseringen er basert på total opplutning av ikke-fraksjonert finkornete sedimenter. Unntatt er kvikksølv som er basert på salpetersyreopplutning. PAH-verdiene er total PAH. PCB-verdiene er total PCB, sum av 209 kongenerer.

Tabell 2. Klassifikasjon av forurensningsgrad, alle verdier er i mg/kg = ppm, tørrvekt (etter Knutzen og Skei, 1990).

Stoff	Kl. 1	Kl. 2	Kl. 3	Kl. 4
Kvikksølv	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	>3
Kadmium	<0,25	0,25-1	1-5	>5
Bly	<30	30-120	120-600	>600
Kobber	<35	35-150	150-700	>700
PAH	<0,3	0,3-1	1-6	>6
PCB	<0,005?	0,005-0,025	0,025-0,1	>0,1

- Kl. 1 Lite eller ubetydelig forurenset
- Kl. 2 Moderat forurenset
- Kl. 3 Markert forurenset
- Kl. 4 Sterkt forurenset

4. RESULTATER OG DISKUSJON

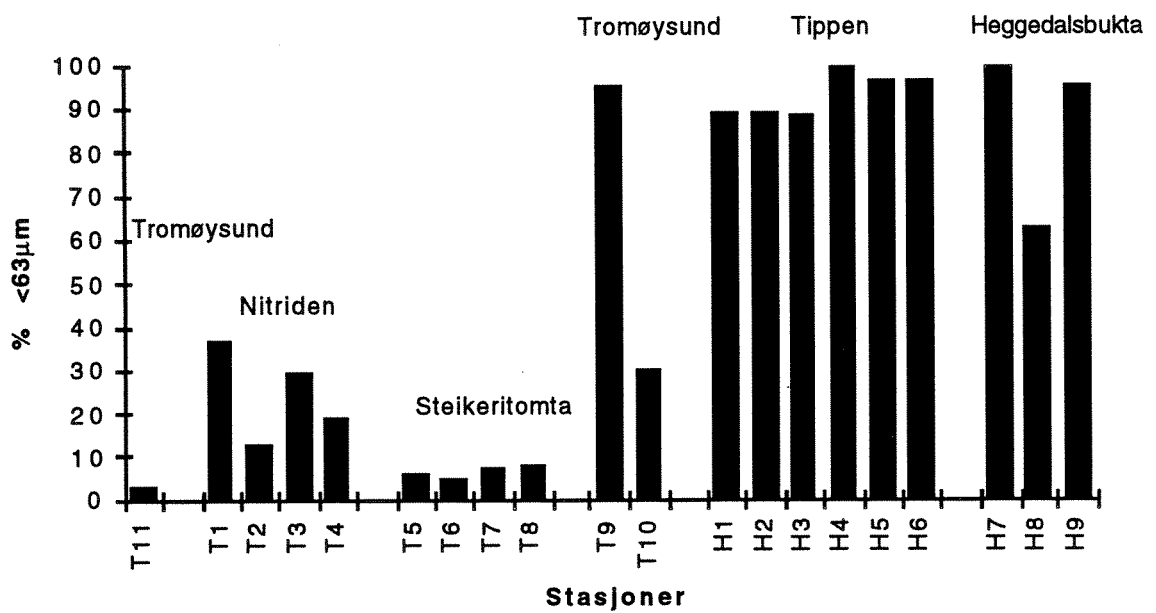
4.1. Sedimentbeskrivelse

En kort stasjon- og sedimentbeskrivelse er gitt i tabell 3, andelen av finpartikulært materiale i sedimentene er gitt i vedlegg.

Vannutskiftingen i Tromøysund er generelt god (Næs, et al., 1991). Hovedvannstrømmen i sundet er relativt sterk og går fra øst mot vest, dvs. følger kyststrømmen. Den sterke strømmen sammen med den varierte topografien gjør at det kan være korte avstander mellom erosjonsbunn og sedimentasjonsbunn (jf undersøkelsene av prosjektområde 4, Geomap A/S). Forholdene i Heggedalsbukta er imidlertid preget av dårlig vannutskifting og anoksiske bunnsedimenter. I motsetning til Tromøysund er Heggedalsbukta et typisk sedimentasjonsområde. Hvor stor sedimenttilveksten er i de to områdene er ikke kjent. Vanlig sedimenttilveksten i marine områder kan være fra over 1 cm / år til bare noen få mm. I Glomma estuariet er det eksempelvis registrert en sedimenttilvekst på 1,2 cm / år (Hektoen et al., 1992). I Skagerak varierer tilveksten fra 2 til 15 mm / år (Pederstad, 1982). Tilveksten i Tromøysund er sansynligvis ikke mer enn et par mm / år. I Heggedalsbukta vil den være høyere, et sansynlig forslag kan være to til tre ganger høyere enn i Tromøysund.

I det undersøkte området var dypområdene i Tromøysund (st. T10) og mer skjermede områder (st. T9 og T1-4) karakterisert av mer finpartikulært sediment (kornstørrelse $<63\mu\text{m}$) enn grunnere og mer eksponerte områder (st. T11 og T5-8) (figur 2). Andelen silt og leire lå under 40 % på de fleste undersøkte stasjonene i sundet. Stasjonene utenfor kaiområdet som er mer eksponert enn bukta utenfor Nitriden, bestod i hovedsak av sand eller grovere sedimenter (90 % $>63\mu\text{m}$). Ved prøvetaking av stasjon T7 ble det observert tjære på bunnen, under et tynt lag (noen få mm) med sediment (jf pkt. 4.3). Sedimentene på stasjon T9 bestod av 95 % finpartikulært materiale. Stasjonen ligger skjermet av Buøya og er påvirket av de stagnerende forholdene inne i Heggedalsbukta.

Stasjon H1-7 i Heggedalsbukta bestod av anoksiske svart mudder med typisk ca. 90 % finpartikulært materiale. Mektigheten på muddermassene anslås til generelt $>1\text{m}$, dvs. større enn lengden på prøvetakeren. På noen av stasjonene ble det observert en geleaktig hvit-grønn masse et stykke ned i sedimentene (under 30cm) (jf tab. 3). En prøve av dette materiale ble sendt til analyse (jf pkt. 4.4).



Figur 2. Andel av sediment som er finere enn sand (<63µm) fra stasjoner i Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

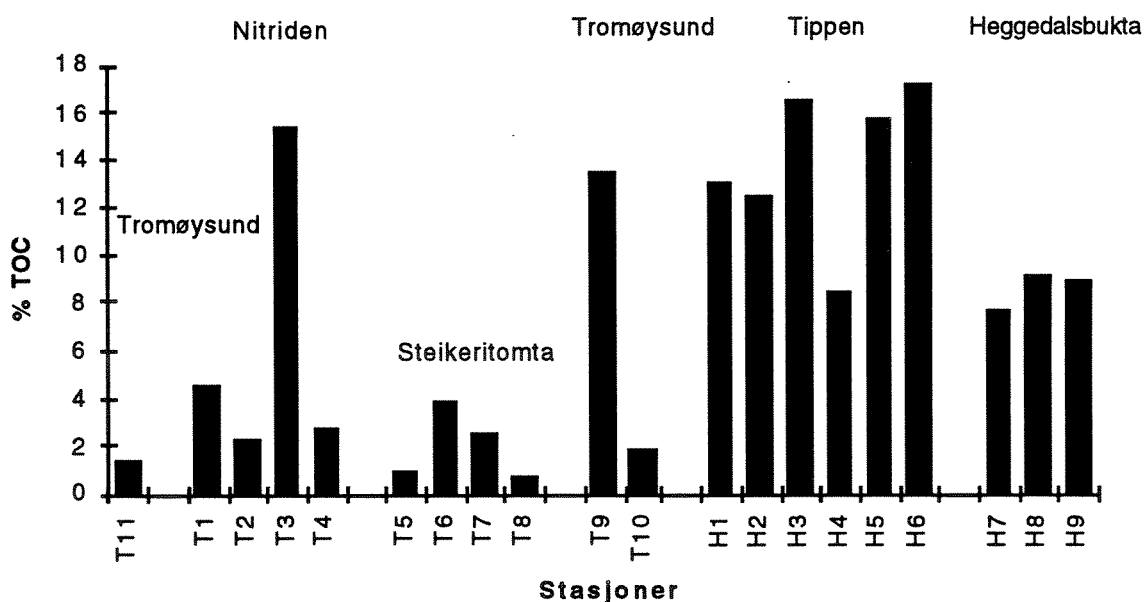
Tabell 3. Stasjon og sedimentbeskrivelse. "T" er stasjoner i Tromøysund, "H" er stasjoner i Heggedalsbukta

Stasjon	Vann- dyp (m)	Kjerne- lengde (cm)	Snitt for analyse	Beskrivelse
T1	15	15	0-2 cm	Mellomgrå sand med noe skjellrester
T2	16	15	0-2 cm	Som T1, men med noe mer finstoff innblandet
T3	23	15	0-2, 2-5 5-10, 10-15 cm	Mørk grå sandig silt. Innslag av svarte glinsende partikler (støv).
T4	24	15	0-2 cm	Mørk grå sandig silt
T5	14	15	0-2 cm	Mellomgrå sand med noe skjellrester.
T6	17	15	0-2 cm	Som T5.
T7.1	22	15	0-2, 2-5 5-10, 10-15 cm	Lyst brunt topplag 1-2cm, mørk sand, skjellrester, svak H ₂ S lukt.
T7.2*	16	15	0-2, 2-5 5-10, 10-15 cm	Lys brunt topplag 1cm, sand og kullstøv, skjellrester.
T7.3*	15	15	0-2, 2-5 5-10, 10-15 cm	Lys brunt topplag 1cm, sandig silt ned til 10cm, så et lag med hvit-grønn "geleaktig" masse, resten svart oljeaktig, ikke direkte kullstøv.
T8	15	15	0-2 cm	Gråsvart sand med noe skjellrester
T9	18	19	0-2 cm	Svart finpartikulært slam/mudder. Anoksisk. H ₂ S lukt.
T10	41	18	0-2 cm	Grå silt
T11	33	15	0-2 cm	Mellomgrå sand med noe skjellrester
H1	5	30	0-2 cm	Brun overflate ellers svart anoksisk slam/mudder. Rødbrune utfellinger (Fe-oks?) Dødningehånd, rød og grønnalger
H2	3	30	0-2 cm	Som stasjon H1
H3	5	30	0-2 cm	Som stasjon H1, utpreget hvit-grønn "geleaktig" masse fra 10 - 30 cm.
H4	8	50	0-2, 2-5 5-10, 10- 15, 15-20 cm	Svart anoksisk slam/mudder, uten sjiktninger
H5	7	40	0-2 cm	Som H4
H6	5	15	0-2 cm	Som H4, men ikke så stort vanninnhold
H7	9	50	0-2 cm	Som H4
H8	7	20	0-2 cm	Gråbrun sand med noe skjellrester
H9	15	10	0-2 cm	Brun overflate, gråbrun siltig leire

* Kjerner som er prøvetatt men ikke analysert

4.2. Organisk karbon og nitrogen.

Normalt inneholder marine sedimenter fra 1 - 5 % organisk karbon. Overflatesedimentene (0-2 cm) på alle stasjoner i Tromøysund lå innenfor denne normalen med unntak av stasjon T3 og T9 med henholdsvis 15,3 og 13,5 %. Innholdet av karbon i overflatesedimentene i Heggedalsbukta varierte mellom 7,7 - 17,1 % (figur 2). De høye verdiene på stasjon T9 og i deler av Heggedalsbukta skyldes sedimnetasjonsforholdene og det anoksiske miljøet hvor nedbrytning av organisk materiale foregår mye langsommere enn i oksiske miljø. Den høye verdien på stasjon T3 skyldes antagligvis tilførsler fra deponiet / industriområdet i form av f.eks. kullstøv.

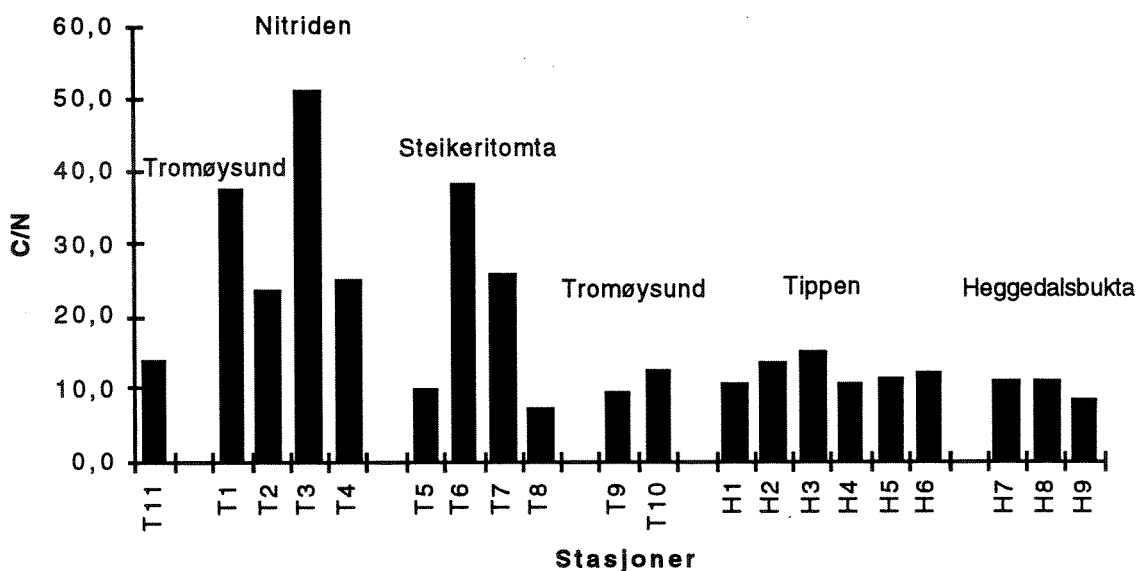


Figur 2 Innhold av organisk karbon i overflatesedimenter fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

For å kunne avgjøre hvor stor mengde av det organiske karbonet som skyldes tilførsler fra land ble forholdet mellom organisk karbon og total nitrogen beregnet. I normale marine sedimenter ligger C/N-forholdet mellom 6 og 10. Ved økt tilførsel fra land vil forholdstallet stige fordi terrestrisk organisk materiale er fattigere på nitrogen sammenlignet med marint organisk materiale.

På endel av stasjonene i Tromøysund lå innholdet av nitrogen under deteksjonsnivå dvs. <0,1 %. I beregningen av forholdstallene er disse verdiene satt =0,1 %. C/N forholdet varierte fra 7 på stasjon T8 til 51 på stasjon T3. Generelt hadde stasjonene utenfor Nitriden og Steikeritomta de høyeste forholdstallene. Forholdstallene i Heggedalsbukta var relativt like og lå på ca. 10 (figur 3).

Det organiske materiale som var tilstede i sedimentene utenfor industriområdet Nitriden og Steikeritomta kommer alt vesentlig fra land, sannsynligvis i form av sot/kullstøv dvs. karbonrike partikler. På stasjon T3 som hadde det høyeste forholdstallet ble det visuelt observert svarte glinsende sot lignende partikler, jf tabell 3. Tilsvarende er observert i fjorder med smelteverkindustri, f. eks. Årdalsfjorden (Næs og Rygg, 1991). I Heggedalsbukta har det organiske materiale i stor grad opphav i den biologiske produksjonen i vannmassene.



Figur 3. Forholdet mellom organisk karbon (C) og nitrogen (N) i overflatesedimenter (0-2cm) i Tromøysund og Heggedalsbukta.

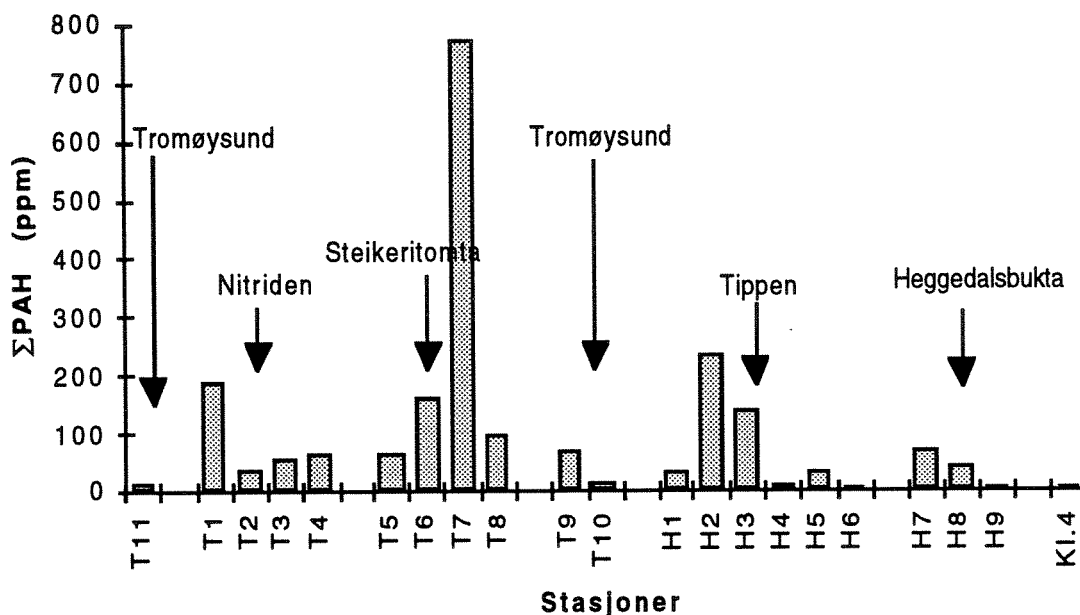
4.3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale, og er således en forbindelse som kan dannes i naturen uten menneskelig påvirkning. Dette i motsetning til PCB som er et rent menneskeskapt produkt. Det naturlige innholdet av PAH i marine sedimenter er imidlertid lavt, og regnes å være <0,3 ppm i områder med diffus belastning uten konkrete punktkilder (Knutzen og Skei, 1990). Analysene utført ved NIVA (se vedlegg) er en sum av 26 komponenter, som er et utvalg av totalen (ca. 40 komponenter). Av de 26 komponentene er det inkludert 7 potensielt kreftfremkallene. Utvalget representerer de forbindelsene som er mest fremtredene i marine sedimenter.

På stasjonene i Tromøysund ble det registrert en maksimumsverdi av Σ PAH på 770 ppm utenfor Steikeritomta (st. T7 = T7.1.), dvs. 2500 x over antatt bakgrunnsnivå. Dette er svært høyt og klassifiseres som sterkt forurenset (Kl. 4) (figur 4). Under prøvetaking av stasjon T7 ble det registrert et tomt oljefat på bunnen. På stasjon T7.3. (ikke analysert) ble det visuelt registrert olje / tjære påvirkning av sedimentet (se tabell 3). Ved sammenligning av PAH-profilene synes det imidlertid ikke som om Σ PAH på stasjon T7 hadde noen vesentlig annen sammensetning enn på øvrige stasjoner. Den høye PAH verdien på stasjon T7 antas derfor å ha samme kilde som de øvrige stasjonene. Et mulig bidrag av tjære / olje fra det tomme oljefatet antas derfor ikke å være årsaken til den høye verdien.

De laveste Σ PAH-verdiene ble registrert på stasjonene midt i Tromøysund (T10=10 ppm og T11= 15 ppm) samt på en stasjon utenfor Nitriden-tomta (T3 = 11 ppm). Dette er samme konsentrasjoner som ble registrert ved resipientundersøkelsen i Tromøysund i 1989/90 (Næs et al., 1991) (jf fig. 1). Verdiene er lave sammenlignet med konsentrasjonene utenfor Steikeritomta, men likevel høye sammenlignet med naturlige sedimenter og vil derfor også klassifiseres som sterkt forurenset (Kl. 4).

Figur 4 viser at det er store konsentrasjonsforskjeller av PAH over korte avstander i det undersøkte området. Generelt viser det seg at jo nærmere man er en punktkilde desto hyppigere registreres flekkvis opptreden av forurensningskomponentene (Skei, 1992). I Tromøysund ble det analysert på en prøve på hver stasjon, mens det i Heggedalsbukta ble analysert på en blandprøve av to prøver på hver stasjon (jf pkt. 3). De registrerte verdiene kan derfor regnes å være representative for et relativt begrenset område. Det bør imidlertid påpekes at det er kort avstand mellom de forskjellige prøvestasjonene i Tromøysund, hvilket bør gi et relativt godt bilde av variasjonen og nivåene innen området. På stasjon T7 ble det tatt 3 parallelle prøver hvor bare en ble analysert. Ut fra den visuelle beskrivelsen av disse tre kjernene synes den høye PAH-verdien å være representativ for stasjonsområdet T7.

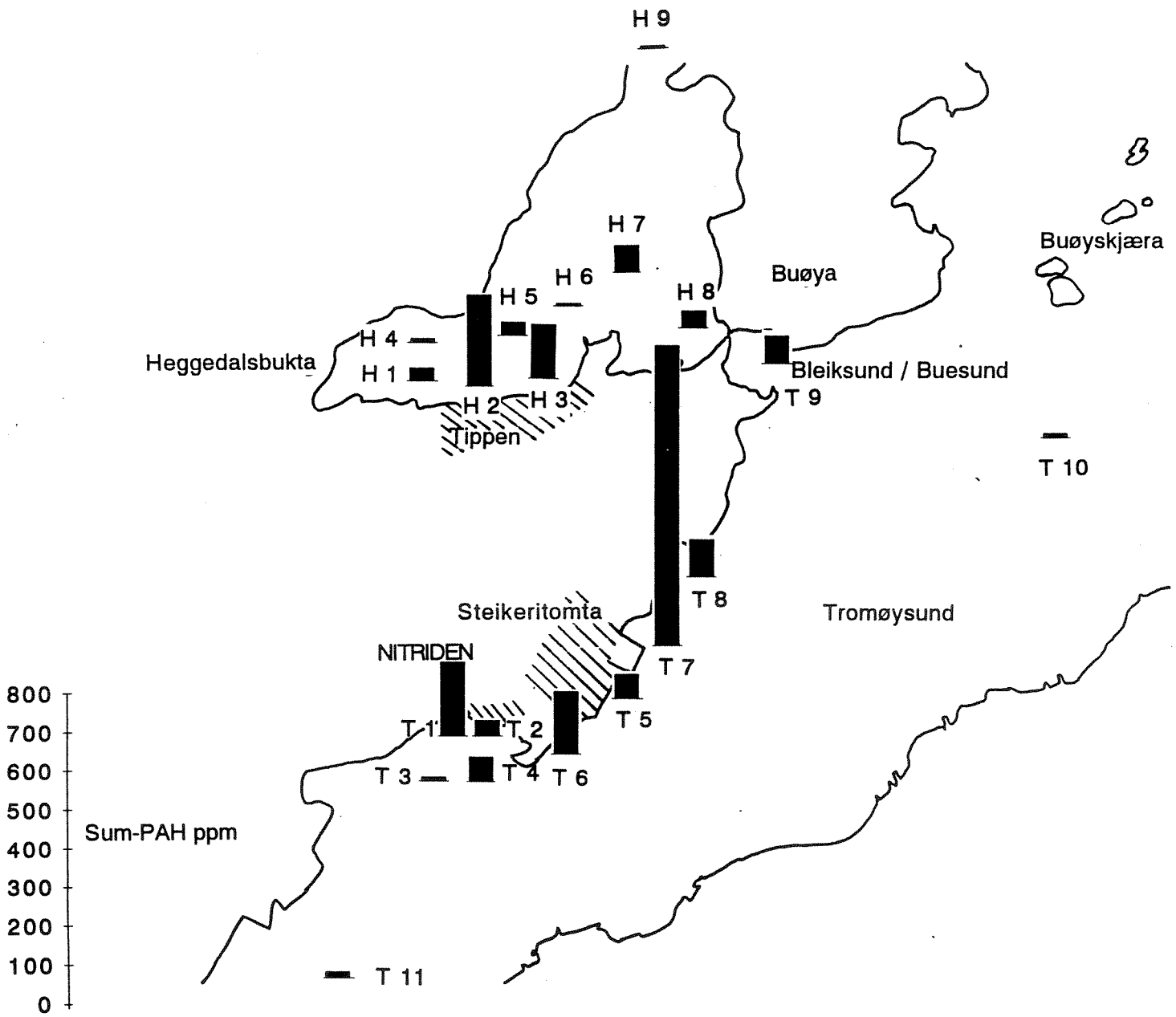


Figur 4. ΣPAH (ppm) i overflatesedimenter (0-2 cm) i Tromøysund og Heggedalsbukta i 1992. (Klasse 4 sedimenter er markert forurenset (>6ppm) er oppgitt på stasjonsaksen.)

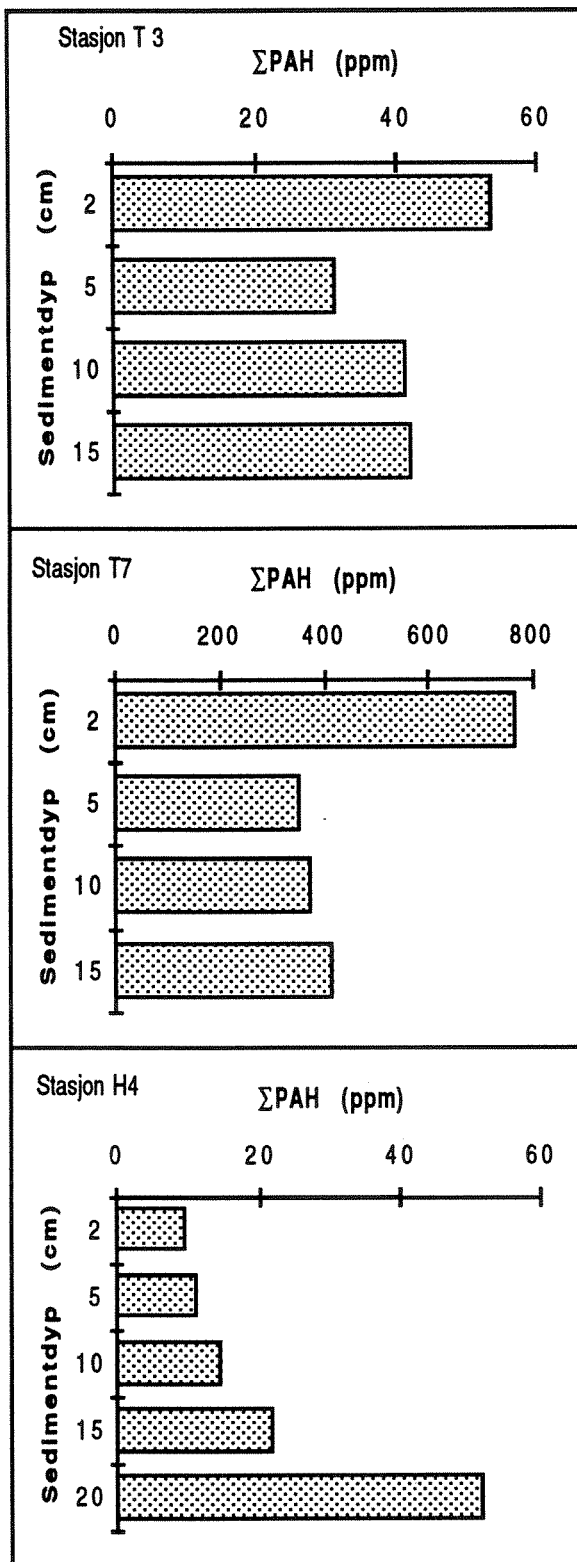
I Heggedalsbukta ble den høyeste verdiene registrert utenfor Tippen (H2 = 231 ppm). Verdiene avtok i økende avstand fra deponiet med lavest konsentrasjon på stasjon H9 i munningen til Gartafjorden med i underkant av 6 mg PAH /kg sediment. Ut i fra den relativt høye konsentrasjonen på stasjonen utenfor Buesund synes det som spredningen fra Heggedalsbukta til Tromøysund i hovedsak skjer via Buesund (figur 5). Registreringene er i overensstemmelse med undersøkelsene i 1989/90, hvor det ble registrert 9 mg PAH /kg sediment på en stasjon med beliggenhet mellom H7 og H9 (Næs et al., 1990).

Innholdet av ΣPAH nedover i sedimentet var noe forskjellig i Tromøysund og Heggedalsbukta (figur 6). Vertikal profilen på stasjon H4 utenfor Tippen viste en klar avtagende konsentrasjon mot dagens nivå (overflaten). Dette viser at tilførselen til sedimentene har avtatt med tiden, hvilket er i overensstemmelse med det faktum at deponeringen mot Heggedalsbukta opphørte i 1975. Antas en sedimentasjonstilvekst på ca. 6 mm /år representerer prøven fra 20 cm dyp et sediment avsatt rundt 1960, dvs. mens det enda var drift ved Nitriden. Profilene på stasjon T3 og T7 viste ikke den samme reduksjonen mot overflaten som på H4. Verdiene var tilnærmet like i alle prøver fra overflaten ned til 15 cm sedimentdyp, med unntak av overflateprøven som viste markert høyere konsentrasjon enn de øvrige prøvene (særlig på st. T7). Også deponeringen mot Tromøysund og tilførsler av tjærestoffer til grunnen

Gartafjorden



<p>— Grense for Kl. 4 sediment (> 6 ppm)</p> <p>▨ Deponi / forurenset grunn</p>	<p>Målestokk 1 : 5000</p>	<p>Figur 5. ΣPAH i overflatesedimenter (0-2cm) i Tromøysund og Heggedalsbukta.</p>
--	---------------------------	---



Figur 6. ΣPAH i sedimentprofiler fra Nitriden (T3), Steikeritomta (T7) og Tippen (H4).

opphørte da fabrikken ble nedlagt i 1975. Når man ikke ser den samme avtagende gradienten mot overflaten på disse stasjonene, kan det reflektere de forskjellige sedimentasjonsforholdene som er rådene i henholdsvis Heggedalsbukta og Tromøysund (jf pkt. 4.1). I Heggedalsbukta er det stabile sedimentasjonsforhold som gir jevn tilvekst av uforurensede/mindre forurensede sedimenter.

Ut fra de observerte verdiene er det klart at det skjer en transport av PAH fra industriområdet ut i Tromøysund, at påvirkningen på sedimentene er størst utenfor Steikeritomta og at dette derfor antagelig er den største kilden. Volumet av fyllingen mot Heggedalsbukta er anslått til å være større enn fyllingen mot Tromøysund, henholdsvis 65.000m^3 og 20.000m^3 (Sæland, 1992). Steikeritomta består av forurenset grunn og ikke fylling mot sjøen. Hvor mye som transporteres av miljøgifter ut i sjøen er avhengig av mange faktorer, i hovedsak mengden av de forurensede massene og hvor lett transporterbare forurensningene er.

Det er uvist hvor viktig PAH fra land i Nitridenområdet er for forurensningen av Tromøysund. Selv om denne eventuelle kilden elimineres ligger det fortsatt PAH i bunnsedimentene som kan frigi PAH til vannmassene i Tromøysund. I foreliggende undersøkelse ble det prøvetatt og analysert ned til 15 cm sedimentdyp i Tromøysund og ned til 20 cm i Heggedalsbukta. Som vist i figur 6 nådde man ikke ned til uforurensede lag, man vet altså ikke mektigheten av de forurensede lag og ut fra det hvor stort lager av PAH som ligger i sjøen.

Eksperimenter utført med PAH-forurensede sedimenter fra fjorder med smelteverksindustri har vist at PAH meget lett frigis fra sedimentene. Frigivelsen er avhengig av konsentrasjon og grad av forstyrrelse sedimentene utsettes for (Næs, 1991). De samme forsøkene viste at frigitt PAH i stor grad foreligger i kolloidal form og knyttes til partikler mindre enn $1\ \mu\text{m}$. Beregninger har vist at fra en 1km^2 fjordbunn med $500\ \text{mg PAH/kg}$ i sedimentene (meget sterk forurensning), vil det frigis i størrelsesorden $100\ \text{kg PAH}$ årlig, forutsatt moderat forstyrrelse av sedimentene. Arealet av indre del av Heggedalsbukta (innenfor st. H7 og H8) er anslagsvis 35.000m^2 . Dette skulle gi et bidrag av PAH fra sedimentene til vannmassene på $3,5\text{kg}/\text{år}$ med en forurensning på $500\ \text{mg PAH}/\text{kg}$ sediment. Det er ikke registrert så høye PAH-verdier i Heggedalsbukta, men antar man at frigivelsen fra sedimentene likevel er av denne størrelsesordenen er dette et lite bidrag. Som nevnt forutsetter denne beregningen en moderat forstyrrelse av sedimentene. Ved kraftig oppvirvling vil frigivelsen øke. Disse forholdene er svært viktig og bør tas i betraktning ved eventuell utnyttelse av bukta som småbåthavn. I Tromøysund hvor det skjer en stadig oppvirvling og stedvis erosjon vil PAH som frigis fra bunnsedimenten lett transporteres over store deler av sundet.

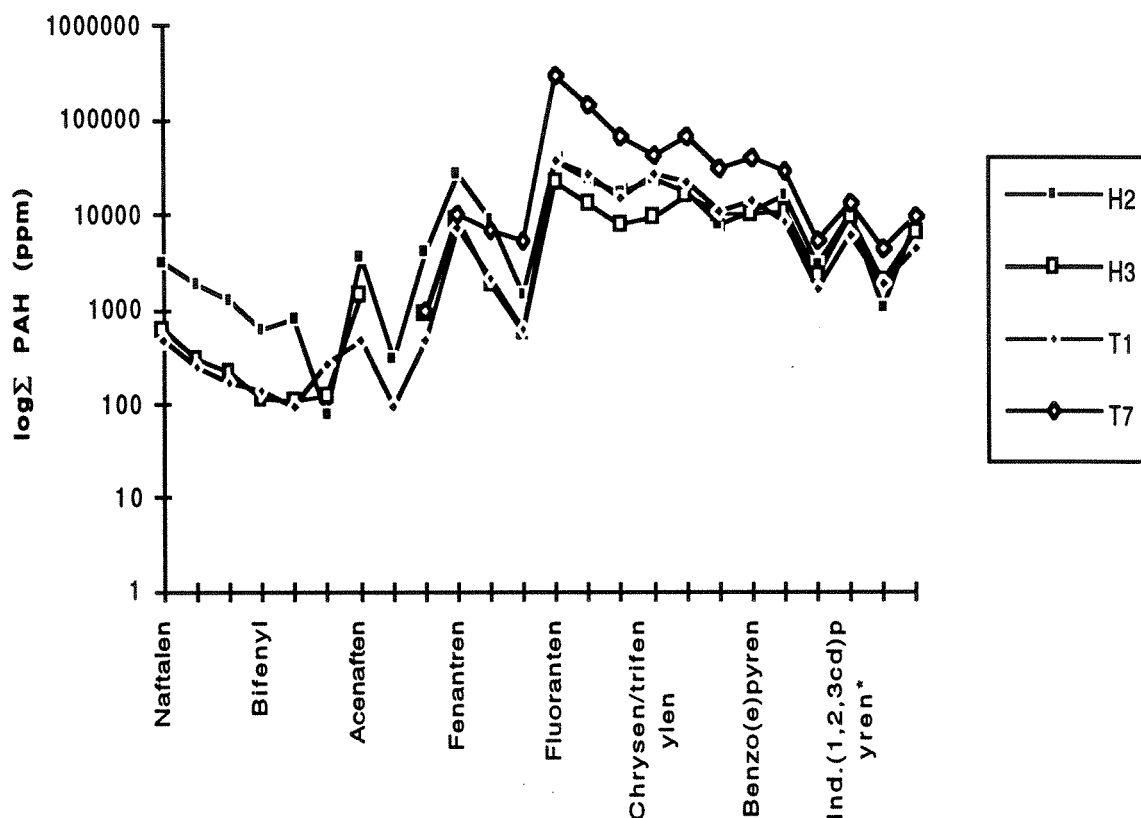
Konsentrasjonene av ΣPAH utenfor industriområdet i Tromøysund og Heggedalsbukta kan sammenlignes med nivåer registrert i fjorder med smelteverksindustri. Eksempelvis er det i Årdalfjorden og Sunndalsfjorden

registrert maksimumsverdier på ca. 800 ppm PAH i sedimentene (Næs og Rygg, 1988; Næs og Rygg, 1990).

Sedimentene i Tromøysund og Heggedalsbukta hadde overvekt av tyngre PAH-forbindelser som fluorantener og pyrener. Sammensetningen var tilnærmet lik på alle lokaliteter. Figur 7 viser en sammenligning av PAH profilen på stasjoner med høyest konsentrasjoner fra de ulike områdene. En forskjell i profilen ble observert på stasjon T7, denne manglet de lettere disykliske og hetroykliske forbindelsene som naftalen, bifenyl og acenaften. På de øvrige stasjonene var det disse forbindelsene som varierte mest. Disse forbindelsene er mindre stabile og lar seg lettere løse i vann. Det er mulig at det kan forklare at det mest eksponerte område (Steikeritomta) delvis manglet disse forbindelsene.

Dominansen av tunge forbindelser er typisk for fjordsedimenter påvirket av smelteverksindustri. Endel av de tyngre forbindelsene er potensielt kreftfremkallende (KPAH) (se vedlegg). Sedimentene i Tromøysund og Heggedalsbukta inneholdt typisk 30 - 40 % KPAH. Vanlig for smelteverkspåvirkede sedimenter er 30 - 50 % KPAH (Næs et al., 1991).

Det har ved tidligere undersøkelser vært vist at PAH i sedimenter har en sammenheng med innhold av total organisk karbon (Næs og Rygg, 1990). Regresjonsanalyse av PAH mot TOC i sedimentene fra Tromøysund og Heggedalsbukta viste at det ikke var noen signifikant lineær sammenheng mellom disse to parameterene ($r=0,2$, $p=0,3989$). Hadde det vært en sammenheng mellom disse to kunne TOC vært benyttet som en normaliseringsfaktor for PAH, for på den måten å fjerne variasjoner som ikke skyldes forskjeller i belastning. På grunn av den store forskjellen i organisk innhold i Heggedalsbukta og Tromøysund ble det foretatt en tilsvarende regresjonsanalyse som nevnt over på bare prøver fra Heggedalsbukta. Analysen viste imidlertid samme dårlige korrelasjon som for alle prøver. Dette viser at PAH som transporteres ut fra fyllingene til Tromøysund / Heggedalsbukta ikke knytter seg til organisk materiale i sjøvann / sedimenter, men følger det organiske materiale det evt. transporteres ut sammen med.



Figur 7. PAH-profil i sediment fra stasjon H2, H3, T1 og T7 i henholdsvis Heggedalsbukta og Tromøysund. Merk T7 som mangler de lettere PAH-forbindelsene. (Detaljert beskrivelse av alle PAH komponentene er gitt i vedlegg.)

4.4. Polyklorete bifenyl (PCB)

PCB er syntetiske organiske forbindelser som har vært brukt som tilsetningstoff i ulike typer oljer, hydraulikkoljer, kompressoroljer, transformatoroljer mm.. Det er mistanke om at det kan ha vært sølt med slike oljer på land, og at rester kan ha blitt dumpet på de to deponiene. PCB kan derfor ha blitt transportert ut til resipienten og påvirket sedimentene i det undersøkte området. Innholdet av PCB i lite eller ubetydelig forurensede sedimenter er estimert til <5 µg/kg, dette er total PCB (Knutzen og Skei, 1990).

PCB kan forekomme i alt 209 kongenerer (forskjellige forbindelser). Sedimentene fra Tromøysund og Heggedalsbukta er analysert for totalt 10 kongenerer (CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 som ofte benevnes "The seven Dutch", i tillegg CB 105, 156 og 209). Det er vanlig å analysere på de syv nevnte kongenerer da det er disse som er mest fremtredende i marine sedimenter. Det kan være vanskelig å sammenligne innholdet av PCB i ulike undersøkelser fordi det er analysert på ulike kongenerer. Erfaring har vist at summen av "The seven Dutch" utgjør ca 50 % av total PCB.

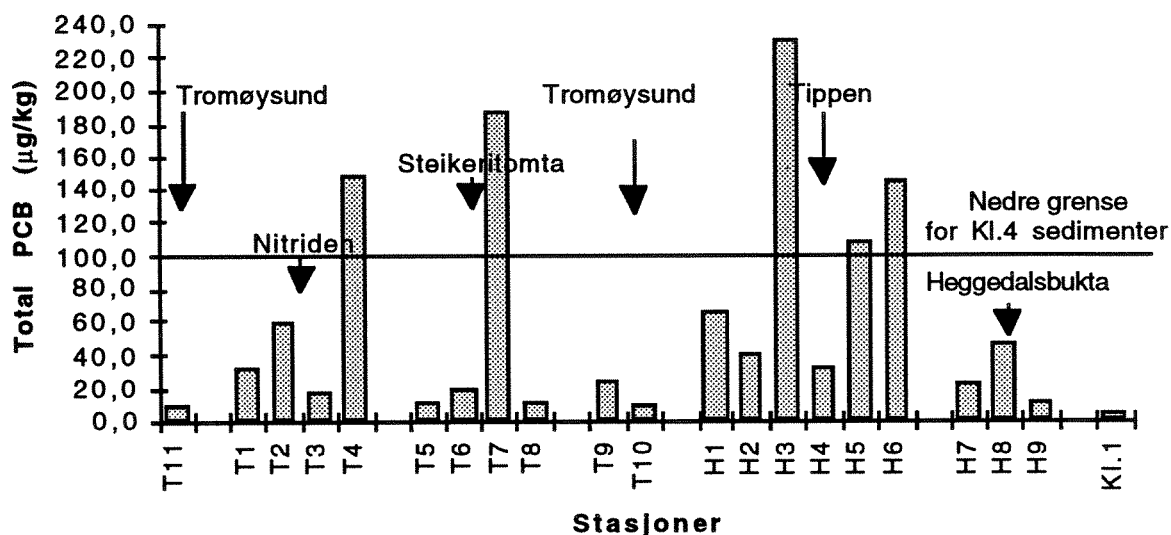
Tidligere undersøkelser i Tromøysund har vist PCB konsentrasjoner (total PCB) på 90 µg/kg. De høyeste konsentrasjonene ble registrert utenfor Nitriden og i Heggedalsbukta (Næs et al., 1991). Til sammenligning kan nevnes nye undersøkelser av sedimentene i Oslofjorden som avdekket ekstremkonsentrasjoner opp mot 4000 µg total PCB /kg overflatesedimenter i Oslo havneområde (Konieczny, 1992). PCB innholdet (24 kongenerer) i sedimenter fra Nordsjøen har vist seg å ligge mellom 0,3 og 4,4 µg/kg (Knickmeyer og Steinhart, 1988).

På endel av prøvene fra foreliggende undersøkelse i Tromøysund og Heggedalsbukta lå noen av kongenerene under deteksjonsnivå dvs. <1µg/kg. Når kongenerene er summert er disse verdiene satt =0,5µg/kg.

Det ble registrert høye konsentrasjoner av ΣPCB_{10} (Σ av 10 kongenerer) både utenfor Nitriden-tomta (st. T4 = 79,5 µg/kg) og Steikeritomta (T7 = 96,5 µg/kg). Av de analyserte kongenerene var det "The seven Dutch" som generelt hadde de høyeste konsentrasjonene. Stasjonene i Heggedalsbukta hadde imidlertid et høyt innhold av CB-105 (st. H3, CB-105 = 14 µg/kg). På øvrige stasjoner i Tromøysund lå innholdet av CB-105, -156 og -209 for det meste under deteksjonsnivå (se vedlegg og fig. 9).

Heggedalsbukta hadde generelt de høyeste verdiene, med maksimum på 230 µg tot. PCB/kg på stasjon H3. På noen av stasjonene i Heggedalsbukta ble det registrert en geleaktig hvitgrønn masse i sedimentene. Det ble registrert størst mengder av denne massen på stasjon H3 fra 30 cm sedimentdyp og nedover i sedimentet (jf kap. 4.1 og tab. 3), dvs. den samme stasjonen med høy PCB-verdi. En prøve fra 30 cm sedimentdyp ble derfor analysert for å avklare om det var noen sammenheng mellom denne masse og den høye PCB-verdien. Det var det imidlertid ikke, da alle de analyserte PCB-kongenerer lå under deteksjonsnivå dvs. <1µg/kg (se vedlegg).

Svært høye konsentrasjoner (>100 µgPCB/kg) ble også registrert på en av stasjonene utenfor Nitriden-tomta og på en stasjon utenfor Steiekritomta. Nedre grense for klasse 4 sedimenter (sterkt forurenset) er 100 µgPCB/kg (figur 8).

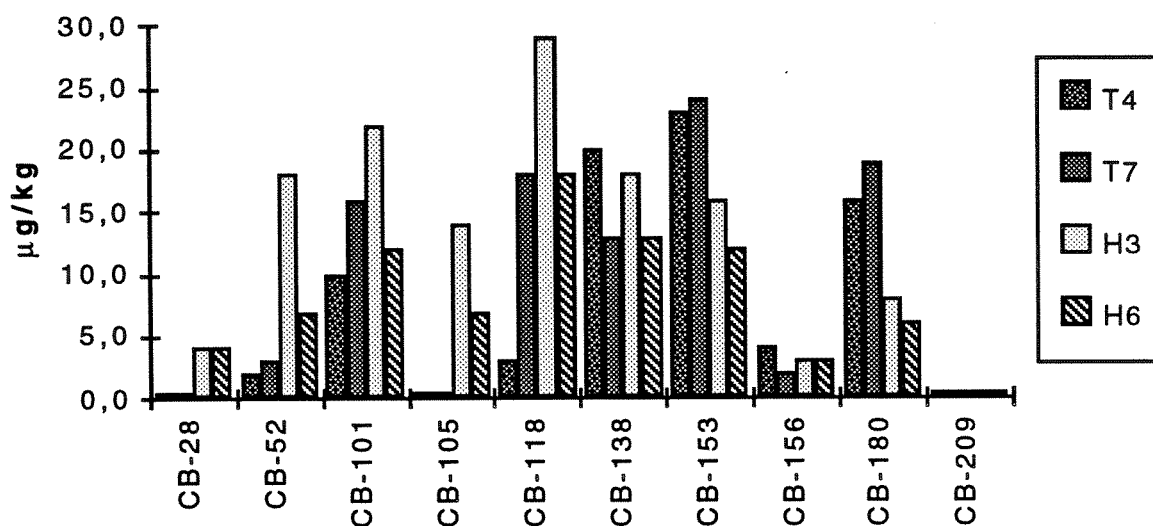


Figur 8. Innholdet av total PCB i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Tromøysund og Heggedalsbukta. (Klasse 4 sedimenter er sterkt forurenset, merk Kl. 1 oppgitt på stasjonsaksen)

De laveste PCB verdiene ble registrert midt i Tromøysund (T11 og T10, 9 µg tot. PCB/kg). Dette er lavere enn ved resipientundersøkelsene i 1989/90 (jf tekst ovenfor, merk! prøvene i 1989/90 ble tatt midt i sundet) (Næs et al., 1991). Forskjellene skyldes trolig stor variasjon i sedimentasjonsforholdene over korte avstander i Tromøysund.

Det ble ikke påvist PCB på Tippen eller på bedriftsområdet ved undersøkelsen av de andre prosjektområdene (jf NGI-rap. 924065 og NOTEBY rap. 43452/1). Hvis transformatoroljer og lignende ble deponert i tønner eller i form av rester i trafo-deler eller andre elektriske komponenter vil disse ha et langt mindre påvirkningsområde i fyllingen sammenlignet med bek og tjære som ble påvist som klumper og masser spredt utover store deler av industriområdet og i fyllingene. Når oljene når resipienten vil de imidlertid ha større mulighet for spredning. En annen årsak kan være selve analysen. NOTEBY og NGI opererer med en deteksjonsgrense for PCB på 50 µg/kg mot NIVA's 1 µg/kg.

Sammenligner man de ulike PCB-kongenerene på et utvalg av stasjoner med høy konsentrasjon viser figur 9 at stasjonene i Heggedalsbukta generelt hadde høyere konsentrasjoner av de lette kongenerene dvs. de med lavt nummer (mindre enn CB-138). Stasjonene i Tromøysund hadde tendens til høyere konsentrasjoner av de tyngre kongenerene.



Figur 9. Konsentrasjon av enkeltkongenerer av PCB i overflatesedimenter (0-2 cm) fra 4 stasjoner i Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

Strømrike forhold og lite eller ingen sedimentasjon i Tromøysund er antageligvis årsaken til denne forskjellen. De lettere mindre klorerte forbindelsene er mer vannløslige og vaskes lettere ut av sedimentene. Tilsvarende er tidligere vist i sedimentprofiler utenfor Vera fabrikk i Sandefjord, hvor hyppigheten av lette forbindelser økte med økende sedimentdyp (Jenssen et al., 1992).

Σ PCB₁₀ i sedimentprofiler fra Tromøysund og Heggedalsbukta viste henholdsvis økende konsentrasjoner mot overflaten i Tromøysund og avtagende konsentrasjon mot overflaten i Heggedalsbukta. Som for PAH betyr dette at tilførselen av PCB til Heggedalsbukta har avtatt med tiden. De økende verdiene på Tromøysundstasjonene kan forklares av lite eller ingen sedimentasjon i dette området (se vedlegg og jf pkt. 4.4.).

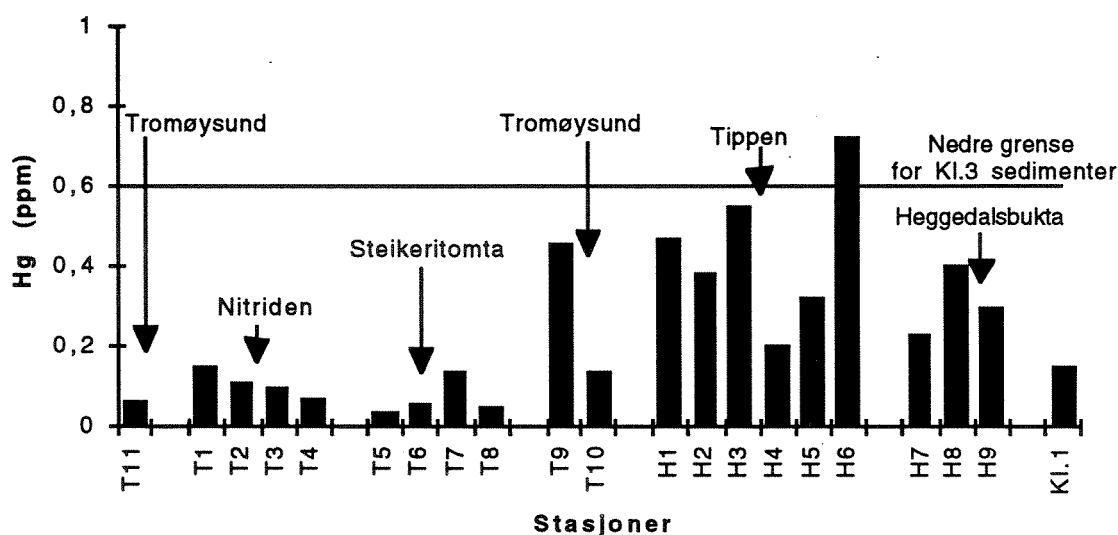
Giftigheten av PCB for organismer er større enn PAH fordi PCB er persistent og mer bioakkumulerbart. Dette gjelder særlig de plane PCBer (CB-77, -126 og -169) som ansees å være mest giftig (Ahlborg et al., 1992). Ved videre undersøkelser knyttet til Nitriden bør disse PCBer analyseres.

Selv i fjorder med store overkonsentrasjoner av PAH i sedimentene har man ikke kunne påvise sammenheng mellom konsentrasjon alene og effekter på bunnfauna (Næs og Rygg, 1990). Tatt i betraktning giftigheten av PCB må de registrerte verdiene utenfor industriområdet betraktes som like alvorlige for bunndyrsamfunn som de ekstremt høye PAH-verdiene.

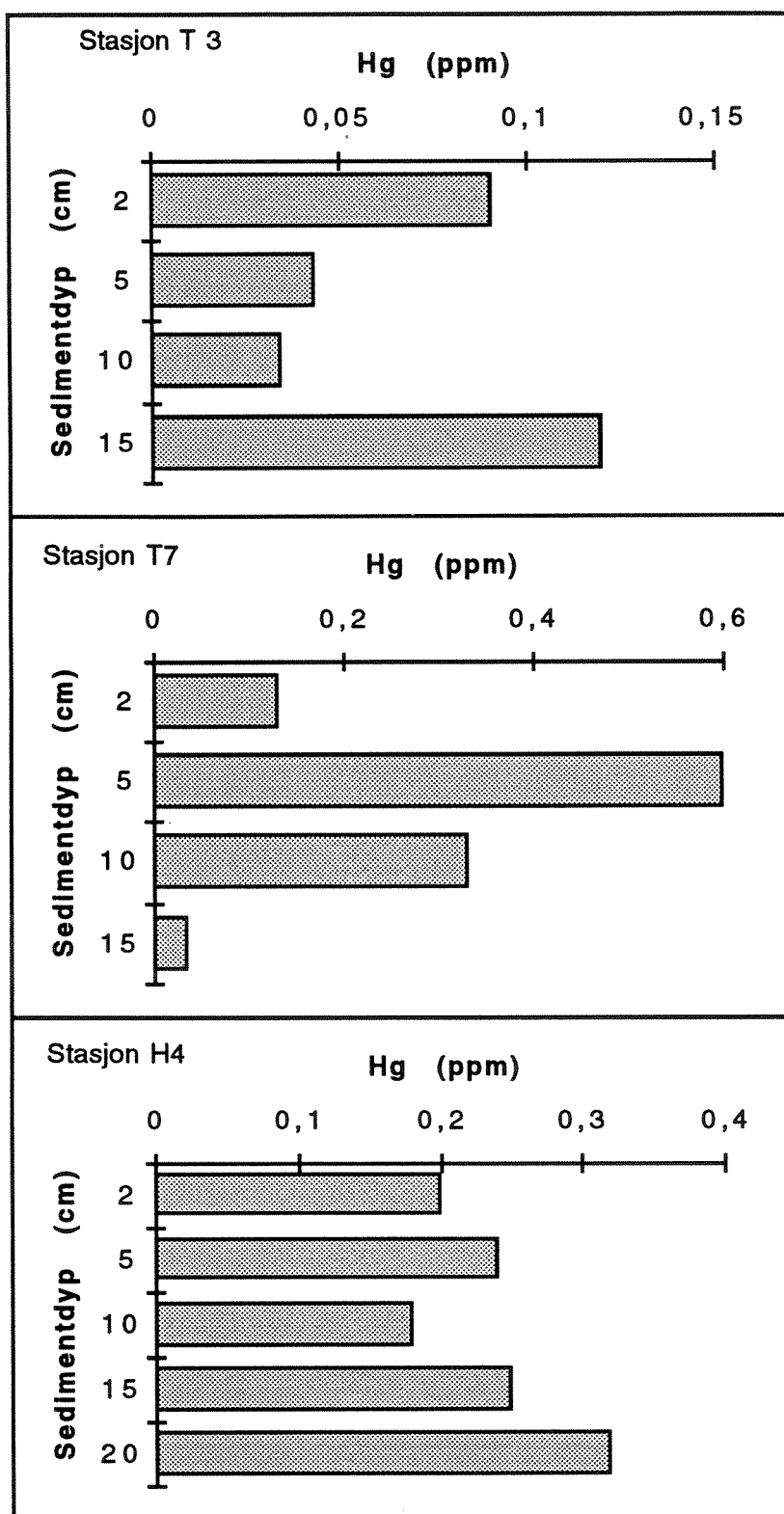
4.5. Kvikksølv

Innholdet av kvikksølv i overflatesedimentene (0-2 cm) varierte fra minimum 0,037ppm på stasjon T5 utenfor Steikeritomta til maksimum 0,72 ppm på stasjon H6 i Heggedalsbukta (LAs resultater, se vedlegg). Bakgrunnsnivået for kvikksølv i uforurensede fjordsedimenter regnes å være <0,15 ppm. Generelt hadde sedimentene i Heggedalsbukta høyere innhold av kvikksølv enn sedimentene i Tromøysund (figur 10).

Analyser av kvikksølv i et sedimentprofil fra stasjon H4 viste en avtagende konsentrasjon mot overflaten av sedimentet. Det samme ble registrert på stasjon T3 og T7 i Tromøysund, om ikke så klar økende gradient som på H4 (figur 11).



Figur 10. Innholdet av kvikksølv i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992 (LA resultater). (Klasse 3 sedimenter er markert forurenset, merk Kl. 1 oppgitt på stasjonsaksen.)

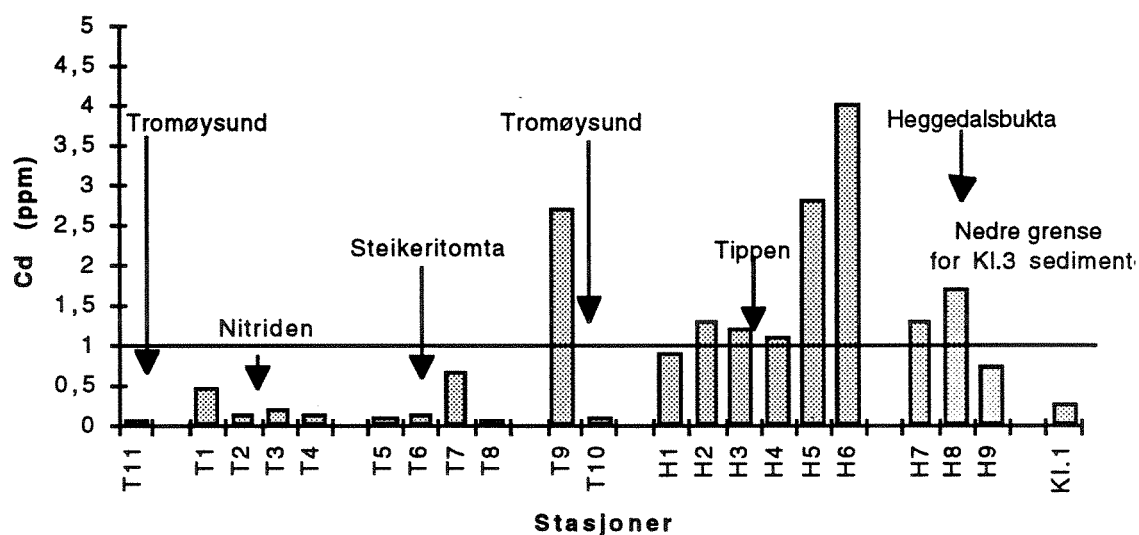


Figur 11. Vertikalfordeling av kvikksølv i sedimentkjerner fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

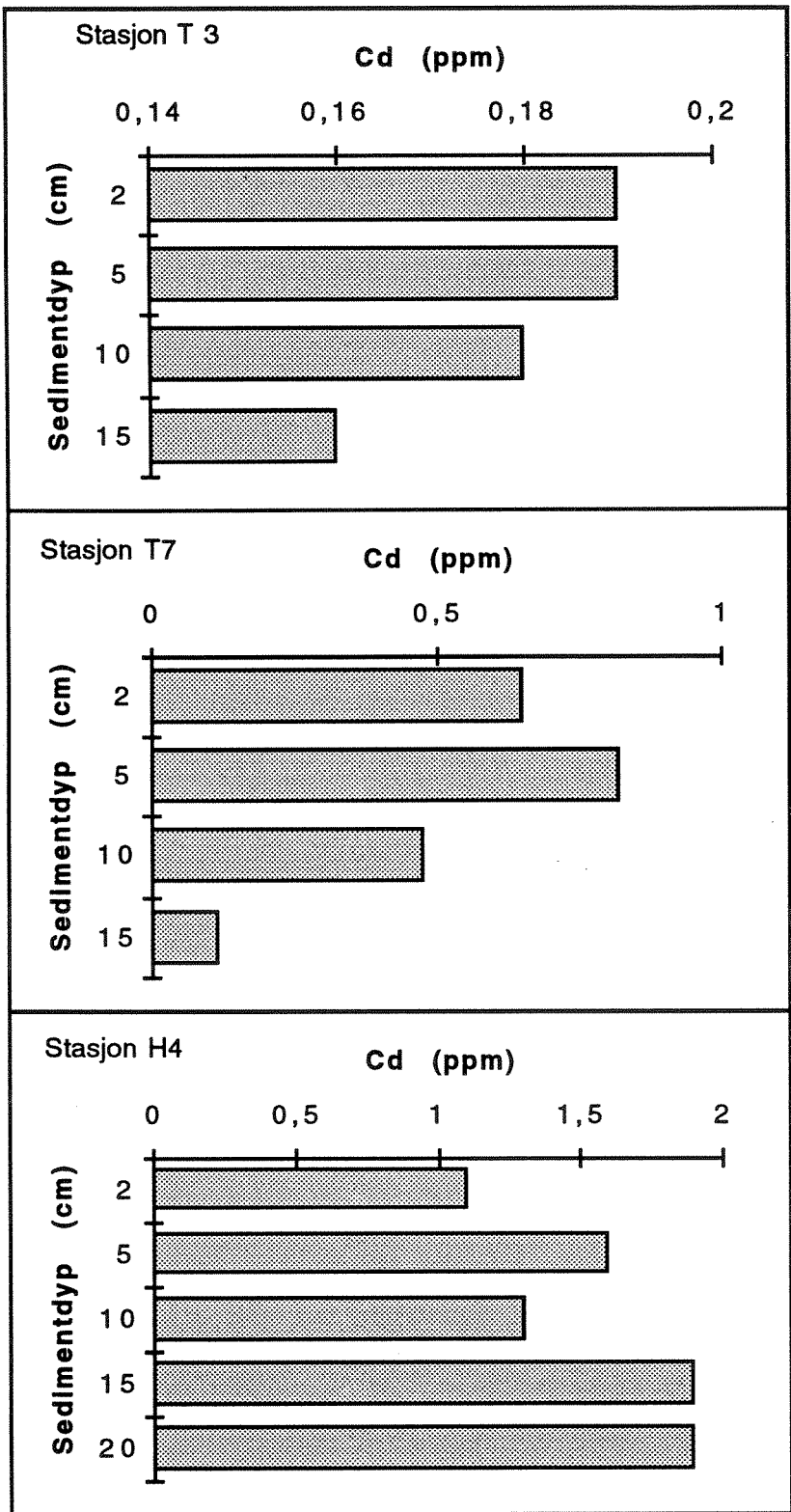
4.6. Kadmium

Innholdet av kadmium i overflatesedimentene (0-2 cm) varierte fra minimum 0,091 ppm på stasjon T11 midt i Tromøysund til maksimum 4,0 ppm på stasjon H6 i Heggedalsbukta. Bakgrunnsnivået for kadmium i fjordsedimenter regnes å være <0,25 ppm. Generelt hadde sedimentene i Heggedalsbukta høyere innhold av kadmium enn sedimentene i Tromøysund (figur 12).

Analyser av kadmium i et sedimentprofil fra stasjon H4 viste en avtagende konsentrasjon mot overflaten (dvs. dagens nivå). Det motsatte ble imidlertid registrert på stasjon T3 og T7 i Tromøysund, hvor verdien økte mot overflaten av sedimentet (figur 13).



Figur 12. Innhold av kadmium i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Heggedalsbukta og Tromøysund 1992 (LA resultater). (Klasse 3 sedimenter er markert forurenset, merk Kl. 1 oppgitt på stasjonsaksen.)

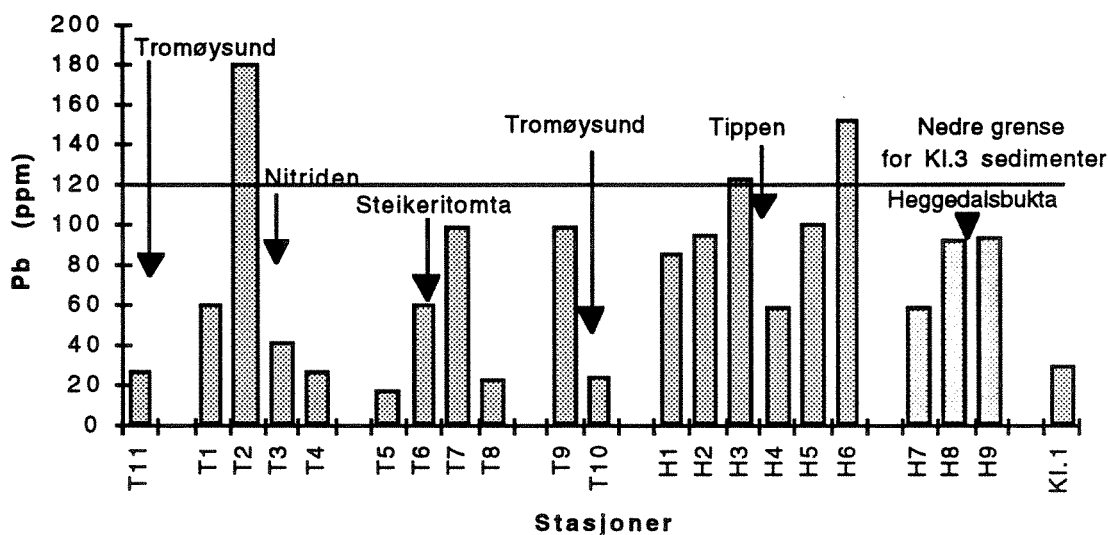


Figur 13. Vertikalfordeling av kadmium i sedimentkjerner fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

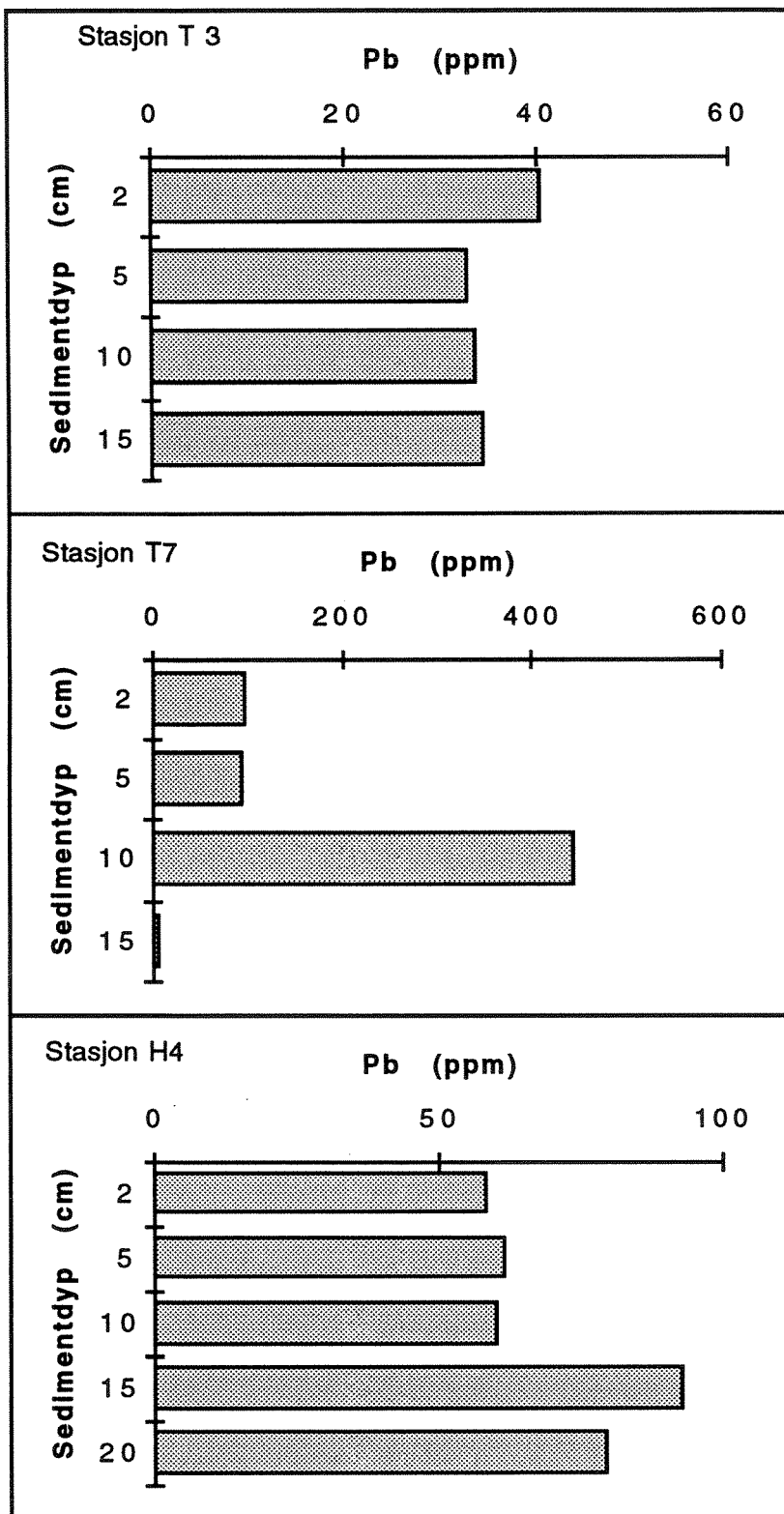
4.7. Bly

Innholdet av bly i overflatesedimentene (0-2 cm) varierte fra minimum 17,3 ppm på stasjon T5 utenfor Steikeritomta til maksimum 181 ppm på stasjon T2 utenfor Nitriden-tomta. Bakgrunnsnivået for bly i fjordsedimenter regnes å være <30 ppm. Generelt ble det registrert flere høye verdier av bly i sedimentene i Heggedalsbukta enn i sedimentene i Tromøysund (figur 14). Forskjellene var imidlertid ikke så store som for kvikksølv og kadmium.

Analyser av bly i et sedimentprofil fra stasjon H4 viste en avtagende konsentrasjon mot overflaten (dvs. dagens nivå). På stasjon T3 i Tromøysund var verdiene tilnærmet like i hele profilet. På stasjon T7 var forholdet noe mer variert, på 10 cm sedimentdyp ble den høyeste verdien for hele området registrert med 447 ppm bly (figur 15).



Figur 14. Innhold av bly i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992 (LA resultater). (Klasse 3 sedimenter er markert forurenset, merk Kl. 1 oppgitt på stasjonsaksen.)

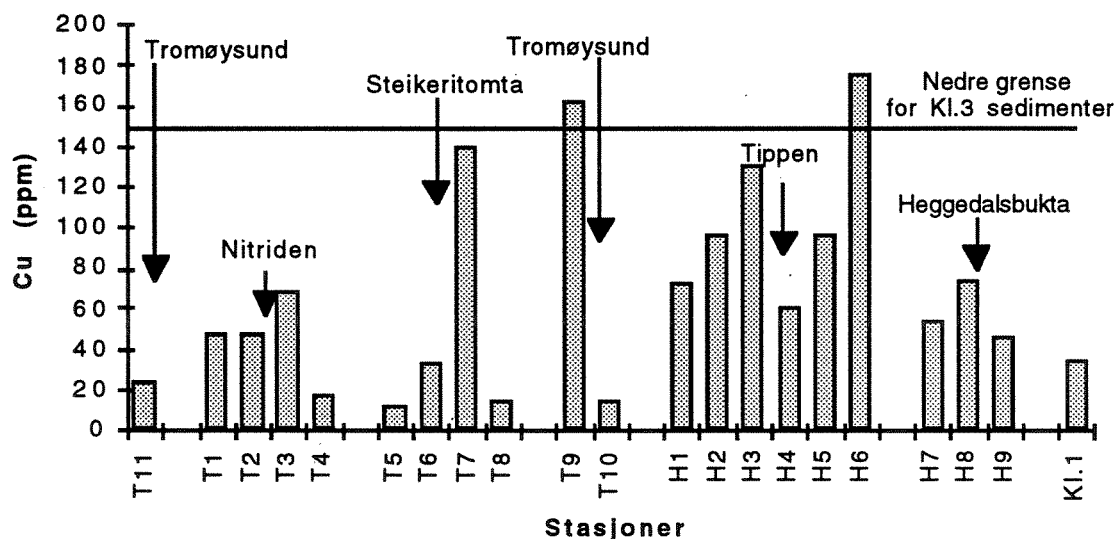


Figur 15. Vertikalfordeling av bly i sedimentkjerner fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

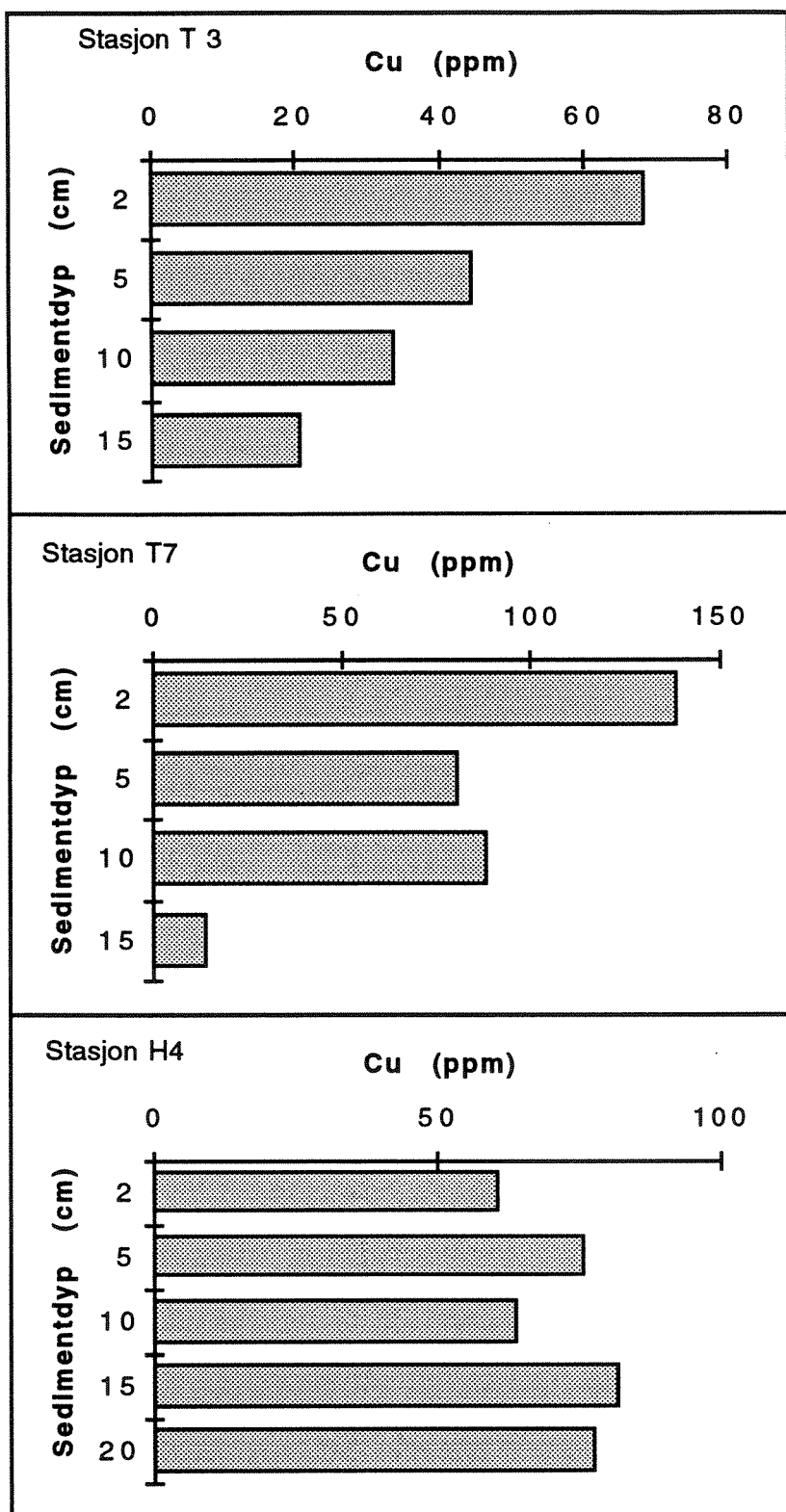
4.8. Kobber

Innholdet av kobber i overflatesedimentene (0-2 cm) varierte fra minimum 12,4 ppm på stasjon T5 utenfor Steikeritomta til maksimum 175 ppm på stasjon H6 i Heggedalsbukta. Bakgrunnsnivået for kobber i fjordsedimenter regnes å være <35 ppm. Generelt hadde sedimentene i Heggedalsbukta høyere innhold av kobber enn sedimentene i Tromøysund (figur 16).

Analyser av kobber i et sedimentprofil fra stasjon H4 viste en avtagende konsentrasjon mot overflaten (dvs. dagens nivå). Det motsatte ble imidlertid registrert på stasjon T3 og T7 i Tromøysund, hvor verdien økte mot overflaten av sedimentet (figur 17).



Figur 16. Innhold av kobber i overflatesedimenter (0-2 cm) i Tromøysund og Heggedalsbukta 1992 (LA resultater). (Klasse 3 sedimenter er markert forurenset, merk Kl. 1 oppgitt på stasjonsaksen.)



Figur 17. Vertikalfordeling av kobber i sedimentkjerner fra Tromøysund og Heggedalsbukta 1992.

4.9. Sammenfattende vurdering av metalledataene

Ut fra en sammenfattende vurdering av metalledataene er sedimentene i Heggedalsbukta moderat til markert forurenset av kvikksølv. Øvrige stasjoner var lite eller ubetydelig forurenset av kvikksølv. Det samme var tilfelle for kadmium hvor Heggedalsbukta var markert forurenset mens øvrige stasjoner var lite forurenset. Generelt har metaller en evne til å adsorberes til finpartikulært materiale. Kadmium og kvikksølv har særlig affinitet til organiske partikler. Sedimentene i Heggedalsbukta hadde et høyt organisk innhold sammenlignet med sedimentene i Tromøysund. Denne forskjellen kan derfor være en årsak til de generelt lavere verdiene av kadmium og kvikksølv i Tromøysund sammenlignet med Heggedalsbukta. Forurensningsgraden av kadmium og kvikksølv må oppfattes som et maksimum da analyser fra Landbrukets analysesenter viste høyere eller like høye verdier som analyser fra NIVA (jf kap. 3.3).

For bly og kobber var forholdet anderledes. Heggedalsbukta pekte seg ikke ut med klart høyere verdier slik som for kvikksølv og kadmium. I Tromøysund viste enkelte stasjoner like høye verdier av bly og kobber som i Heggedalsbukta. Med unntak av noen få stasjoner (T2, T9, H3 og H6) var alle stasjoner moderat forurenset av bly og kobber. De tildels store forskjellene i analyseresultatene ved de to forskjellige oppslutningsmetodene gir grunn til å anta at flere stasjoner enn de fire nevnte var markert, forurenset av bly og kobber.

Innholdet av alle metaller viste en reduksjon mot sedimentoverflaten på stasjonene i Heggedalsbukta, mens stasjonene ut mot Tromøysund viste like høye eller økende verdier mot sedimentoverflaten. Dette er i overensstemmelse med observasjonene av PAH og PCB og skyldes sannsynligvis forskjeller i sedimentasjonsforhold (jf pkt. 4.3 og 4.4).

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Sedimentundersøkelsene i Tromøysund og Heggedalsbukta viste store overkonsentrasjoner av PAH. Alle de undersøkte stasjonene var sterkt forurenset av PAH. Det var imidlertid klart lavere verdier midt i Tromøysund enn tett opp mot fyllingene. Området utenfor Steikeritomta viste en ekstremkonsentrasjon på oppimot 800ppm PAH. Steikeritomta antas å være den største kilden til PAH-forurensningen.

Undersøkelsene viste også store overkonsentrasjoner av total PCB. Utenfor alle de tre hovedområdene Nitriden-tomta, Steikeritomta og Tippen var sedimentene sterkt forurenset av PCB. Sedimentene i Heggedalsbukta hadde de høyeste konsentrasjonene. Her ble det målt en maksimumkonsentrasjon på 230 µg tot.PCB/kg sediment. Tippen i Heggedalsbukta antas å være den største kilden til PCB-forurensningen. Som for PAH var det avtagende verdier fra industriområdet og ut i Tromøysund.

Heggedalsbukta var markert forurenset av kvikksølv og kadmium, mens stasjonene ut mot Tromøysund var mindre belastet. De aller fleste stasjonene var moderat forurenset av kobber og bly, mens fire stasjoner var markert forurenset. Det påpekes imidlertid at hvis sedimentanalysene hadde blitt utført etter totaloppslutning ville det kunne medføre at flere stasjoner var blitt klassifisert som markert forurenset av bly og kobber.

Det antas at hovedtransporten av forurensningskomponenter fra Heggedalsbukta til Tromøysund skjer via Buesund og ikke via Gartafjorden som er den andre hovedforbindelsen mellom Heggedalsbukta og Tromøysund. Antagelsene er basert på registreringen av relativt høyere konsentrasjoner av miljøgifter i Buesund enn på stasjonen ved munningen til Gartafjorden (H9) (jf fig. 5).

Analyser nedover i sedimentkjerner viste at tilførselen av forurensningskomponenter til sedimentene har avtatt med tiden i Heggedalsbukta. Det motsatte var tilfelle på stasjonene utenfor Nitriden- og Steikeritomta ut mot Tromøysund. Her ble det registrert større forurensninger i overflatelagene enn i dypere deler av sedimentene. Heggedalsbukta er et sedimentasjonsområde hvor det skjer en tilvekst av sedimenter som med tiden overdekker de mer forurensede bunnlagene. I Tromøysund er det derimot liten eller ingen sediment-tilvekst. De forskjellige sedimentasjonsforholdene i de to områdene antas å være årsaken til de nevnte obeservasjoner.

Det er påstått at det tidligere er dumpet flere tusen tønner med avfall fra Nitriden i Tromøysund. Ved undersøkelsene av prosjektområde 4: Tønnedeponi Kai og Buøyskjæra ble disse ikke gjenfunnet. En av årsakene til dette kan være at tønnene er rustet opp og innholdet er overdekket ved naturlig sedimentasjon. Ved tidligere undersøkelser i sentrale deler av Tromøysund er det registrert økende PAH-konsentrasjoner med økende

sedimentdyp, som følge av at tilførselen av PAH til sedimentene har avtatt med tiden (Næs et al., 1991). Ved å ta flere dype sedimentkjerner i det aktuelle dumpingsområdet vil en kunne fastslå om det ligger sterkt PAH-forurensede horisonter et stykke ned i sedimentene.

Verdiene i overflatesedimentene er fortsatt høye sammenlignet med uforurensede sedimenter. Det er derfor viktig å få en oversikt over hvor stor den årlige tilførselen til sedimentene er. Dette kan oppnås ved å datere sedimentkjerner fra sedimentasjonsområder i sundet.

De forurensede bunnsedimentene, fortrinnsvis de nær industriområdet, er en potensiell kilde til videre forurensning av resipienten. Heggedalsbukta har liten vanddybde og anoksiske bunnforhold, her skal det lite bevegelse til i vannet for å virvle opp bunnsedimentene og øke muligheten for frigivelse av forurensninger. Disse forholdene er svært viktig å ta i betraktning med tanke på eventuell utnyttelse av Heggedalsbukta til småbåthavn.

I Tromøysund er det sterk strøm og lite eller ingen sedimentasjon, dvs. her vil ikke gamle forurensninger bli overdekket på samme måte som i Heggedalsbukta. Erfaringer fra tidligere eksperimenter utført med PAH-forurensede fjordsedimenter tilsier at ved et så lite areal det her er snakk om med sterkt forurenset sediment (umiddelbart utenfor industriområdet i Heggedalsbukta og Tromøysund) vil det frigis relativt små mengder forurensninger (Næs, 1991). Disse antagelsene er imidlertid basert på at sedimentene bare utsettes for moderat forstyrrelse. Ved kraftig oppvirvling vil frigivelsen øke. Det antas at deponiene og avrenning fra industriområdet utgjør den største kilden til forurensning, men bidraget fra sedimentene må også tas i betraktning når eventuelle tiltak / utnyttelse av området skal vurderes. Eksempelvis kan nevnes Sørfjorden hvor det selv etter fjerning av direkte utslipp fra industri fortsatt ble registrert høye konsentrasjoner av metaller i sjøvann i store deler av fjorden. Dette på grunn av frigivelse fra deponier i sjøkanten og forurenset sjøbunn i Eiterheimsvågen (Skei, 1992). Det er derfor viktig å kartlegge mektigheten av de forurensede lag fortrinnsvis nær industritomta i Tromøysund og Heggedalsbukta for å beregne lagre av PAH og PCB. Dette kan gjøres ved å ta flere dype kjerner i det aktuelle området.

Det er tidligere vist at spiselige organismer i Tromøysund og Heggedalsbukta ikke hadde overkonsentrasjoner av de aktuelle miljøgiftene. Det bør likevel avklares hvorvidt organismer i nærområdet / kontaktområdet til industritomta påvirkes, eksempelvis ved utsetting av blåskjell og fisk, evt. analyser av tang. Hvis det ved disse analysene påvises konkrete forurensningsveier ut fra området, kan det være aktuelt å analysere vannprøver over en tidevannsperiode umiddelbart utenfor disse områdene.

Det er per i dag begrenset kunnskap om strandkantdeponier og hvordan ulike faktorer styrer transporten / utlekkingen av miljøgifter fra disse. Deponiene i foreliggende undersøkelse ligger i to svært forskjellige miljøer, Heggedalsbukta med dårlig vannutskifting og anoksiske miljø og Tromøysund

med sterk strøm og erosive forhold. Undersøkelsen har vist at det skjer en transport av miljøgifter fra deponiene ut i begge resipienter. Det er imidlertid flere ubesvarte spørsmål vedrørende virkningen av tidevann, bølger, strøm, springflo, nedbør, temperatur, oksygenforhold etc. og hvilken betydning disse har for utlekkingen av miljøgifter til resipienten. Det er generelt et behov for mer grunnleggende kunnskap om strandkantdeponier. NIVA har vært initiativtaker for utarbeidelse av et forslag som er forelagt SFT, som omfatter etablering av strandkantdeponier i modelløkosystem ved NIVAs Marine forskningsstasjon Solbergstrand. Prosjektet søker å finne sammenhengen mellom ulike ytre påvirkningsfaktorer og utlekkingen av miljøgifter til resipienten samt hvilke effekter dette kan gi. Ved å forstå denne sammenhengen vil en kunne utarbeide en undersøkelsesmetodikk som vil avklare forurensnings-potensialet til et deponi. Dette er av avgjørende betydning når det skal vurderes om tiltak er nødvendig.

Det foreslås avslutningsvis at det nedsettes en arbeidsgruppe ledet av prosjektkoordinator (Jordforsk) med representanter fra Geomap A/S, Noteby A/S, NGI og NIVA hvor man foretar en helhetlig vurdering av hvilke svar alle delprosjektene har gitt overfor de spørsmål lokalsamfunnet / forvaltningen stiller til bruk av området.

6. REFERANSER

- Ahlborg, U.G., Hanberg, A. og Kenne, K., 1992. Risk Assessment og Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Institute og Environmental Medicine Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden. Nord 1992:26, 99s.
- Brevik, E., M., 1978. Gas chromatographic method for the determination of organochlorine pesticides in human milk. Bull. Environ. Cont. Toxicol 19: 281-286.
- Brunstad, H. og Tveiten, V., 1990. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Aust-Agder fylke. NGU-rapport nr. 90.123, 156 s.
- Dahl, F.E og D.S. Danielsen, 1986. Resipientundersøkelser i Arendalsområdet i perioden 1975-1979. Flødevigen meldinger nr. 5-1986. 67 s.
- Jenssen, P.D., Andersen, S. og Sæland, S. (Jordforsk) og Schaanning, M. (NIVA), 1992. Kartlegging av utlekking fra deponi ved Vera Fabrikker A/S, Sandefjord. Jordforsk rap. P.nr. 1019, 58 s.
- Hektoen, H., Helland, A., Næs, K. og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp. nr. 496/92. NIVA-rap. O-90043-2/-3/-7/-9. L.nr. 2791. 95 s.
- Knickmeyer, R. og Steinhart, 1988. The distribution og cyclic organochlorines in the North Sea sediments. Dt.hydrogr. Z., 41: 1-21.
- Knutzen, J. og Skei, J.M., 1990, Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rap. O-862602. L.nr. 2540, 139 s.
- Konieczny, R.M., 1992. Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i området Bjørvika - Bispevika, Oslo havn. NIVA-rap. O-92024. L.nr. 2808. 87 s.
- Loring, D.H., 1991. Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. ICES J.mar.Sci, 48: 101-115.
- Loring, D.H. og Rantala, R.T.T., 1991. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth- Science Reveiws, 32: 233-283.
- Næs, K., 1991. Frigivelse av PAH fra forurenset sjøbunn. NIVA-rap. O-894801. L.nr. 2667, 74 s.

Næs, K., Oug, E., Knutzen, J. og Moy, F., 1991. Resipientundersøkelser av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA-rap. O-89170. L.nr. 2645, 104 s.

Næs, K. og Rygg, B., 1988. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna 1986. Rapport 306/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rap. O-8000360/O-8000362. L.nr. 2093. 54 s.

Næs, K. og Rygg, B., 1990. Overvåking i Årdalsfjorden i 1989. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-RAP. O-8909502 / O-8909503. L.NR. 2385. 51 s.

Pedersen, A., Wikander, P.B., Oug, E. og Green, N. 1989. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Virkninger på organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i november 1988. Stat. prog. forurensningsovervåking. 355/89. SFT/NIVA. 182 s.

Pederstad, K., 1982. Sedimentologiske, mineralogiske og geokjemiske undersøkelser av sedimenter fra Oslofjorden og Skagerrak. Upubl. Dr.scient oppgave i geologi ved Universitetet i Oslo. 149 s.

Skei, J.M., 1992 (a). A review of assessment and remediation on strategies for hot spot sediments. *Hydrobiologia*, 235/236, 629-638.

Skei, J.M., 1992 (b). Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. NIVA-rap. O-800309. L.nr. 2804.

Skaare, J. U., Tuveng J.M. og Sande H.A., 1988. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in maternal adipose tissue, blood, milk and cord blood from mothers and their infants living in Norway. *Arch. Environ. Cont. Toxicol* 17: 55-63.

Sæland, S., 1992. Nitriden, oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall. Jordforsk rapport nr. 7.0903-01/1, 33s.

Wikander. P.B. 1986. Egnethetsundersøkelse for havbruk i Aust - Agder fylke. NIVA rapport nr. 1898. 159 s.

VEDLEGG

VEDLEGG TIL SFT KONTRAKT nr. 92/429B.

PROSJEKTOPPDRAK

Vedlegg til standardkontrakt SFT

Oppdragstaker: NIVA	Prosj.nr. 92/429B Innsatsomr. 104
Tittel: Oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall i tilknytning til tidligere virksomhet ved Det Norske Nitridaktieselskap (Nitriden). Undersøkelser av sedimenter og avfall. Prosjektområde 6 "Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta".	
Mål: <ul style="list-style-type: none">- Kartlegge tidligere og eksisterende effekter av utslipp fra Nitriden på sedimentene.- Sannsynliggjøre hvordan påvirkningen på resipienten skjer med utgangspunkt i de definerte lokalitetene (deponier og forurenset grunn) som kilde til forurensning. Vurdere forurensningsbelastningen på sedimenter i mest sannsynlige spredningsretninger.- Gi en beskrivelse av forurensningsbelastningen i evt. tjære utenfor Nitriden-området og i dumpet avfall ved Buøyskjæra, samt sedimenter rundt avfallet.- Foreslå opplegg for overvåking av resipienten som grunnlag for effektvurderinger av evt. senere tiltak..	
Gevinst: Undersøkelsene vil fastslå hvilken betydning utslipp fra Nitriden har og har hatt som kilde til forurensning av bunnsedimentene. De vil avklare hvilken virkning deponiene, industriområdet og dumpet avfall har på resipienten i dag, sett i forhold til tidligere drift, og i forhold til andre lokale kilder til forurensning. Undersøkelsene vil bidra til å etablere deler av et totalt beslutningsgrunnlag for gjennomføring av kost-effektive tiltak på lokaliteter registrert i tilknytning til Nitriden. De er en forutsetning for evt. senere vurdering av sedimentene som potensiell kilde for videre forurensning og spredning av miljøgifter i resipienten.	
Oppdragsbeskrivelse: Oppdraget er beskrevet i følgende dokumenter: a) JORDFORSK-rapport 7.0903-01/1 "Nitriden. Oppfølging av kartlagte lokaliteter med spesialavfall. Forprosjekt." (SFT-kontrakt nr. 646/91), b) Brev fra JORDFORSK av 25.8.92. "Forespørsel om tilbud på undersøkelser", c) Tilbud J.nr. 2992 fra NIVA. av 4.9.92 "Forslag til undersøkelser av område 6: Sedimenter og bunnfauna i Heggedalsbukta og Tromøysund", d) Avklarte momenter fra telefonsamtaler og møte avholdt mellom NIVA og JORDFORSK 25.9.92, e) Revidert tilbud fra NIVA av 29.9.92 "Nitriden - Sedimentundersøkelser i Tromøysund og Heggedalsbukta" og f) Brev fra NIVA av 27.10.92 "Forslag til SFT-kontrakt nr. 92/429B". Beskrivelsene gjelder etter denne kontrakten i rekkefølgen f), e), d), c), b), a). Bunnfaunaundersøkelser i følge a), b) og c) utgår fra oppdraget. Undersøkelsene kan beskrives som følger (jf. rapport 7.0903-01/1): <ol style="list-style-type: none">1. Prøvetaking av bunnsedimentene i Heggedalsbukta ved hjelp av overflathåndtert utstyr; utenfor "Tippen," utenfor Buøya gruver/i Bleksund, i bukta og ved buktas utløpspunkter i Gartafjorden og Bleksund. Feltarbeidet skal i størst mulig grad utføres med egen båt, eget utstyr og NIVA-personell. Samarbeid med GEOMAP a.s kan være aktuelt dersom det er behov for dykker.2. Deltakelse på ROV-tøkt med GEOMAP a.s i den grad det vurderes som relevant for undersøkelser innen prosjektområde 6. Faglig bistand ved prøveuttak av avfall og sedimenter i området Buøyskjæra og ved prøveuttak av avfall/tjære utenfor kaiområdet.3. Prøvetaking av bunnsedimenter i Tromøysund ved hjelp av dykker eller overflathåndtert utstyr; utenfor kaiområdet og utenfor deponiet "Nitrid-tomta (011)", samt på to lokaliteter øst og vest i sundet. Feltarbeidet skal utføres samtidig og i samarbeid med GEOMAP a.s. sitt arbeid i Tromøysund. Amundsen Diving A/S (underleverandør GEOMAP a.s) utfører dykking. NIVA benytter eget overflathåndtert utstyr eller sylinderprøvetaker og gravitasjonsprøvetaker tilgjengelig fra GEOMAP a.s.4. Analyse ved NIVA og Landbrukets analysesenter, Ås, av alle uttatte prøver under prosjektområde 5 og 6. Bearbeiding/rapportering av egne data for prosjektområde 6 og kjemiske data for prosjektområde 5. Rapporten skal, i tillegg til å presentere resultatene av kartleggingen, foreslå opplegg for overvåking av resipienten som grunnlag for effektvurderinger av evt. senere tiltak..	

forts.:

Oppdragsbeskrivelse forts.:

Undersøkelsene skal gjennomføres etter følgende framdriftsplan:

- Prøvetaking; uke 42
- Analyser; uke 43-45
- Databearbeiding; uke 44 til 46
- Rapportering; uke 47 til 50

Oppdragsstart: 21.9.92	Oppdragsslutt: 15.12.92	
---------------------------	----------------------------	--

Produkt:

Rapport som beskriver alle metoder som er benyttet. Dataene vil gis en visuell presentasjon i form av f.eks. grafer og kart. Resultatene vil bli vurdert, og danne grunnlag for tilrådinger om opplegg for overvåkning og evt. videre undersøkelser. Alle analyseresultater blir vedlagt i tabellform sammen med kart, posisjoner for prøvelokaliteter og annet grunnlagsmateriale som er blitt benyttet.

Prosjektansvarlig: Per Sander Døvle	Prosjektleder: Harald Solberg
-------------------------------------	-------------------------------

Godkjenning:	Dato	Signatur
Prosjektansv.		
NIVA		

STASJONSPOSISJONER

Stasjonsbetegnesle	Posisjon øst	Posisjon nord
T1	5828946	0855461
T2	5828985	0855435
T3	5828907	0855415
T4	5828972	0855378
T5	5829131	0855485
T6	5829078	0855431
T7.1	5829198	0855569
T7.2	5829180	0855574
T7.3	5829179	0855580
T8	5829226	0855630
T9	5829384	0855865
T10	5829607	0855707
T11	5828878	0855247
H1	5830,12	0853,13
H2	5830,12	0853,05
H3	5830,11	0853,00
H4	5830,15	0853,09
H5	5830,17	0853,10
H6	5830,11	0852,96
H7	5830,21	0853,17
H8	5830,17	0853,25
H9	5830,48	0853,32

Posisjoner gitt på "T" stasjoner er utført av GEOMAP A.S. og alle "H" stasjoner av NIVA ved bruk av GPS

METALLANALYSER UTFØRT AV LANDBRUKETS ANALYSESENTER

Aud Helland
NIVA
Boks 69 Korsvoll
0808 OSLO

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING	
J.nr.:	3977/92
Sak nr.:	92219
Mottatt:	30.11
Date:	

Deres ref:

Vår ref:

23.11.1992.

Resultatene fra prøver fra Tromøysund-Nitriden.


Prøvene er oppsluttet med kongevann og analysert med ICP/-AES.
Alle resultatene er angitt som mg/kg TS.

Kvalitetssikringen har foregått mot vår K-jord som vi analyserer jevnlig. Ønsket om å bruke MESS 1, BCSS 1 har ikke latt seg gjennomføre. Vi har bestilt disse, men det er ca. 3 ukers leveringstid. Videre har vi spurt NIVA om å få overta noe av deres standardprøver, men det var så lite igjen, derfor har ikke dette vært mulig.

Videre vil jeg gjøre oppmerksom på at de sertifiserte verdiene på disse to standardene gjelder total (HF- oppslutning), derfor har sertifiserte verdier null verdi som kvalitetssikringsresultater når man bruker en annen oppslutningsmetode.

Håper dette er OK.

Vennlig hilsen
Landbrukets analysesenter



A. R. Selmer-Olsen
lab.sjef

	Merket	Hg	Cd	Pb	Cu	Li
13609	1 Trom	0,15	0,48	60,6	48,2	9,0
10	2 Trom	0,11	0,13	181	48,5	7,3
11	3 0-2 Trom	0,091	0,19	40,7	68,8	7,0
12	3 2-5 Trom	0,044	0,19	33,1	44,8	4,1
13	3 5-10 Trom	0,035	0,18	34,0	33,9	5,9
14	3 10-14 Trom	0,12	0,16	34,6	21,1	8,1
15	4 Trom	0,071	0,15	27,5	18,3	7,0
16	5 Trom	0,037	0,12	17,3	12,4	3,9
17	6 Trom	0,055	0,13	60,9	33,3	6,6
18	7 0-2 Trom	0,13	0,65	97,7	139	32,5
19	7 2-5 Trom	0,60	0,82	96,2	81,4	21,3
20	7 5-10 Trom	0,33	0,48	447	88,6	36,7
21	7 10-15 Trom	0,036	0,12	9,1	14,4	5,1
22	8 Trom	0,044	0,097	22,8	15,2	5,4
23	9 Trom	0,45	2,7	98,9	162	18,7
24	10 Trom	0,13	0,10	24,1	14,3	11,2
25	11 Trom	0,065	0,091	26,4	24,1	8,5
26	1 0-2 Hegg	0,47	0,92	86,1	73,5	37,4
27	2 Hegg	0,38	1,3	94,9	96,5	47,3
28	3 Hegg	0,55	1,2	123	130	46,9
29	4 0-2 Hegg	0,20	1,1	58,7	60,9	14,7
30	4 2-5 Hegg	0,24	1,6	62,1	76,3	16,8
31	4 5-10 Hegg	0,18	1,3	60,7	64,4	12,6
32	4 10-15 Hegg	0,25	1,9	93,4	82,0	13,1
33	4 15-20 Hegg	0,32	1,9	80,0	78,2	13,6
34	5 0-2 Hegg	0,32	2,8	101	97,4	32,2
35	6 0-2 Hegg	0,72	4,0	152	175	55,6
36	7 0-2 Hegg	0,23	1,3	59,7	54,7	11,2
37	8 0-2	0,40	1,7	92,9	73,7	19,8
13638	GART A 0-2	0,29	0,74	93,1	46,8	29,9
K		0,090	0,21	42,6	18,9	34,5

Kvalitetssikringen har foregått mot vår K-jord.

X	0,087	0,217	40,2	18,9	-
S	0,010	0,028	3,0	0,97	-

J. M. Schmitt

KVALITETSIKRING AV METALLANLYSER UTFØRT VED NIVA

NIVA- verdi	Cd ppm	Cu ppm	Pb ppm	Li ppm	Hg ppm
PACS-1	2,3	-	400	34,5	4,52
BCSS-1	0,23	20,5	24,0	47,0	-
MESS-1	-	-	-	-	0,20
Sann verdi					
PACS-1	2,38 +/-0,20	-	404 +/-20	33	4,57 +/-0,16
BCSS-1	0,25 +/-0,04	18,5 +/-2,7	22,7 +/-3,4	44	-
MESS-1					0,171 +/-0,014

Alle verdier i mg/kg (ppm) tørrvekt.

**ANDEL SILT OG LEIRE, TOTAL ORGANISK KARBON OG NITROGEN
I SEDIMENTER**

Stasjon	%<63 μ m	TOC μ g/mg	TN μ g/mg
Trom-1 0-2	36,73	44,8	1,2
Trom-2 0-2	12,29	23,6	<1
Trom-3 0-2	29,27	153	3
Trom-3 2-5	21,45	116	2
Trom-3 5-10	10,76	56,3	1,5
Trom-3 10-14	23,91	17,3	<1
Trom-4 0-2	18,93	27,5	1,1
Trom-5 0-2	5,95	9,8	<1
Trom-6 0-2	4,90	38,3	<1
Trom-7 0-2	6,87	25,4	<1
Trom-7 2-5	4,85	20,4	<1
Trom-7 5-10	7,05	12,5	<1
Trom-7 10-15	6,70	6,1	<1
Trom-8 0-2	7,41	7,1	<1
Trom-9 0-2	94,78	135	14,5
Trom-10 0-2	30,06	18,8	1,5
Trom-11 0-2	3,19	14	<1
Hegg-1 0-2	88,72	131	12,4
Hegg-2 0-2	89,21	125	9,4
Hegg-3 0-2	88,23	165	11,1
Hegg-4 0-2	99,28	84,7	8,1
Hegg-4 2-5	95,67	108	8,6
Hegg-4 5-10	97,22	119	9,7
Hegg-4 10-15	95,20	131	9,8
Hegg-4 15-20	97,28	93	6,6
Hegg-5 0-2	96,18	157	13,8
Hegg-6 0-2	96,22	171	14,3
Hegg-7 0-2	99,14	76,7	6,9
Hegg-8 0-2	62,36	91	8,1
Hegg-9 0-2	95,09	87,9	10,4

Alle verdier er basert på tørt materiale

**ORGANISKE ANALYSER
PAH**

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

- 1: TDL 1 TROM1 0-2 CM.
 2: TDL 2 TROM2 0-2 CM.
 3: TDL 3 TROM3 0-2 CM.
 4: TDL 4 TROM3 2-5 CM.
 5: TDL 5 TROM3 5-10 CM.
 6: TDL 6 TROM3 10-12 CM.

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	487	290	521	2024	1066	1041
2-M-Naf.	251	159	284	472	430	471
1-M-Naf.	168	103	184	275	298	375
Bifenyl	143	87	140	143	140	222
2,6-Dimetylnaftalen	93	92	113	136	118	
Acenaftalen	270	88	101	61	70	
Acenaften	467	301	474	249	464	481
2,3,5-Trimetylnaftalen	95			71	78	
Fluoren	471	265	432	269	292	470
Fenantren	7566	2522	4345	2634	3223	3713
Antracen	2148	713	1141	579	816	1114
1-Metylfenantren	615	220	394	220	265	252
Fluoranten	37060	5862	7238	4231	6049	5759
Pyren	26830	3693	4857	2770	4031	4229
Benz(a)antracen*	14640	2643	3667	2350	3215	2400
Chrysen/trifenylen	27210	3890	5607	3282	4263	3081
Benzo(b)fluoranten*	22250	4659	5574	3055	4944	4248
Benzo(j,k)fluoranten*	10870	2616	3125	1345	2251	3004
Benzo(e)pyren	13830	3228	4369	2595	3061	3073
Benzo(a)pyren*	8608	2603	4009	2146	2873	3099
Perylen	1612	536	794	343	516	670
Ind. (1,2,3cd)pyren*	5993	2042	3009	1009	1504	2456
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	1938	638	1045		272	345
Benzo(ghi)perylen	4480	1523	2367	1193	1379	1673
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	188095	38773	53790	31452	41618	42176
Derav KPAH(*)	64299	15201	20429	9905	15059	15552
%KPAH	34.1843	39.205	37.979	31.492	36.184	36.874
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

- 1: TDL 7 TROM4 0-2 CM.
 2: TDL 8 TROM5 0-2 CM.
 3: TDL 9 TROM6 0-2 CM.
 4: TDL 10 TROM7 0-2 CM.
 5: TDL 11 TROM7 2-5 CM.
 6: TDL 12 TROM7 5-10 CM.

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	1039	1462	3350			
2-M-Naf.	469	500	1260			
1-M-Naf.	383	367	964			
Bifenyl	254	172	459		271	
2,6-Dimetylnaftalen	235	138	351		190	
Acenaftylen		117			147	
Acenaften	858	1134	2852		1482	
2,3,5-Trimetylnaftalen		90	256		278	
Fluoren	779	809	2310	986	652	587
Fenantren	6465	7404	19890	10190	9714	5026
Antracen	1850	1908	6073	7102	8358	3200
1-Metylfenantren	431	437	1185	5239	3647	959
Fluoranten	10300	10760	25830	292000	45740	129800
Pyren	6673	6857	17170	145444	31470	73130
Benz(a)antracen*	3772	4604	10130	65310	49630	35510
Chrysen/trifenylen	4051	4031	8937	42270	35590	24880
Benzo(b)fluoranten*	5098	4457	8814	68400	41220	35090
Benzo(j,k)fluoranten*	4086	2624	8727	31790	26800	17620
Benzo(e)pyren	3724	2945	8075	40590	27790	21100
Benzo(a)pyren*	4699	4910	11930	28700	35770	15480
Perylen	1078	998	2829	5247	6676	2713
Ind. (1,2,3cd)pyren*	3701	2638	9991	13180	16370	6583
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	831	333	1949	4490	1402	2187
Benzo(ghi)perylen	2547	2247	6204	9496	14020	4864
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	63323	61942	159536	770434	357217	378729
Derav KPAH(*)	22187	19566	51541	211870	171192	112470
%KPAH	35.0378	31.588	32.307	27.5	47.924	29.697
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

1: TDL 10
 2: TDL 11
 3: TDL 12
 4: TDL 13 TROM7 10-15 CM.
 5: TDL 14 TROM8 0-2 CM.
 6: TDL 15 TROM 9 0-2 CM.

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen				3947		
2-M-Naf.				1325		
1-M-Naf.				1057		
Bifenyl				439		442
2,6-Dimetylnaftalen				333		306
Acenaftylen				86		208
Acenaften				3096	83	2525
2,3,5-Trimetylnaftalen				278		372
Fluoren				2634	997	630
Fenantren				22340	10600	6975
Antracen				8571	3122	1806
1-Metylfenantren				2370	650	516
Fluoranten				129500	19410	11480
Pyren				73210	11980	7545
Benz(a)antracen*				31640	5977	5410
Chrysen/trifenylen				22210	6044	5046
Benzo(b)fluoranten*				32020	7322	5876
Benzo(j,k)fluoranten*				19040	5563	2826
Benzo(e)pyren				19730	4888	3716
Benzo(a)pyren*				19800	7076	5881
Perylen				3877	1649	1118
Ind. (1,2,3cd)pyren*				11090	5052	3669
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)				2593	794	430
Benzo(ghi)perylene				7230	3505	3016
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM				418416	94712	69793
Derav KPAH(*)				116183	31784	24092
%KPAH				27.767	33.559	34.519
%Tørrstoff						

94712

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

- 1: TDL 16 TROM10 0-2 CM.
 2: TDL 17 TROM11 0-2 CM.
 3: TDL 18 GARTA 0-2 CM. = 419 0-2 cm
 4: TDL 19 HEGG1 0-2 CM.
 5: TDL 20 HEGG2 0-2 CM.
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	1300	1118	443	742	3255	
2-M-Naf.	488	426	216	305	1871	
1-M-Naf.	408	356	183	258	1281	
Bifenyl	217	205	148	187	617	
2,6-Dimetylnaftalen	109		66		814	
Acenaftylen	88		39		76	
Acenaften	141		47	276	3552	
2,3,5-Trimetylnaftalen	100		69		295	
Fluoren	208	265	109	265	3994	
Fenantren	731	1434	237	2014	26880	
Antracen	250	483	87	533	8815	
1-Metylfenantren	86	130	64	162	1481	
Fluoranten	1481	2504	637	4627	37390	
Pyren	949	1536	407	2863	24190	
Benz(a)antracen*	489	725	144	1599	17570	
Chrysen/trifenylen	770	1016	293	3011	23630	
Benzo(b)fluoranten*	1399	1560	1096	3734	17460	
Benzo(j,k)fluoranten*				2788	8062	
Benzo(e)pyren	720	801	420	2728	10970	
Benzo(a)pyren*	678	948	327	2265	16100	
Perylen	153	232	80	536	2909	
Ind. (1,2,3cd)pyren*	585	778	538	2274	10260	
Dibenz. (a, c/a, h) ant.* 1	188	207		429	1051	
Benzo(ghi)perylen	459	588	327	1735	8247	
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	11997	15312	5977	33331	230770	
Derav KPAH(*)	3339	4218	2105	10301	62441	
%KPAH	27.832	27.547	35.218	30.905	27.058	
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

- 1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 91452
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 27.11.92
 Analytiker : Brg

1: Hegg 3 0-2 cm.
 2: " 3 0-2 cm.
 3: " 3 0-2 cm.
 4:
 5: Middelvei 1-3
 6: St.avvik
 7: % St.avvik

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6	7
Naftalen	660	604	602		622	27	4.3
2-M-Naf.	320	306	310		312	6	1.9
1-M-Naf.	236	218	224		226	7	3.3
Bifenyl	122	104	112		113	7	6.5
2,6-Dimetylnaftalen	114	108	108		110	3	2.6
Acenaftylene	170	94	100		121	34	28.4
Acenaften	1500	1460	1400		1453	41	2.8
2,3,5-Trimetylnaftalen							
Fluoren	876	920	898		898	18	2.0
Fenantren	9590	8970	8884		9148	315	3.4
Antracen	1994	1876	1868		1913	58	3.0
1-Metylfenantren	618	574	580		591	19	3.3
Fluoranten	23160	21820	21580		22187	695	3.1
Pyren	13694	12954	12792		13147	393	3.0
Benz(a)antracen*	8414	8036	7888		8113	221	2.7
Chrysen/trifenylene	9774	9272	9134		9393	275	2.9
Benzo(b)fluoranten*	16478	15334	15804		15872	470	3.0
Benzo(j,k)fluoranten*	10566	9950	9822		10113	325	3.2
Benzo(e)pyren	10952	10244	10364		10520	309	2.9
Benzo(a)pyren*	11652	10854	10962		11156	353	3.2
Perylene	2468	2270	2294		2344	88	3.8
Ind. (1,2,3cd)pyren*	9942	9424	9274		9547	286	3.0
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	2100	2044	2010		2051	37	1.8
Benzo(ghi)perylene	6880	6472	6396		6583	213	3.2
Coronen							
Dibenzopyrener*							
SUM	142280	133908	133406		136531		
Derav KPAH(*)	59152	55642	55760		56851		
%KPAH	41.5744	41.552	41.797				
%Tørrstoff							

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

- 1: TDL 22 HEGG4 0-2 CM.
 2: TDL 23 HEGG4 2-5 CM.
 3: TDL 24 HEGG4 5-10 CM.
 4: TDL 25 HEGG4 10-15 CM.
 5: TDL 26 HEGG4 15-20 CM.
 6: TDL 27 HEGG5 0-2 CM.

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	561	639		785		2919
2-M-Naf.	249	256		319		1060
1-M-Naf.	211	169		225		832
Bifenyl	181	101	178	132	369	213
2,6-Dimetylnaftalen		69	106	89	373	134
Acenaftylen		42	70	50		81
Acenaften		107	201	210	940	440
2,3,5-Trimetylnaftalen		70	117	79		186
Fluoren	145	109	121	168	1395	261
Fenantren	519	777	944	1446	5456	1949
Antracen	183	180	219	328	1382	601
1-Metylfenantren		80	98	128	336	235
Fluoranten	1372	1576	2128	2808	6705	4873
Pyren	922	1068	1443	2175	5252	3147
Benz(a)antracen*	410	666	887	1335	2904	1726
Chrysen/trifenylen	831	959	1449	1964	4156	2216
Benzo(b)fluoranten*	1545	1296	1874	2847	6493	3319
Benzo(j,k)fluoranten*						
Benzo(e)pyren	817	835	1180	1783	4295	2146
Benzo(a)pyren*	695	846	1169	1791	3793	2284
Perylen	155	170	263	360	870	481
Ind. (1,2,3cd)pyren*	748	771	1160	1573	3696	1873
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)			182	142	797	
Benzo(ghi)perylene	517	686	1054	1372	2621	1685
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	10061	11472	14843	22109	51833	32661
Derav KPAH(*)	3398	3579	5272	7688	17683	9202
%KPAH	33.774	31.198	35.518	34.773	34.115	28.174
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL
 Jobb nr. : 92/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ug/kg tørket materiale
 Dato : 9.12.92
 Analytiker : Brg

1: TDL 28 HEGG6 0-2 CM.
 2: TDL 29 HEGG7 0-2 CM.
 3: TDL 30 HEGG8 0-2 CM.
 4:
 5:
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen			3359			
2-M-Naf.			1195			
1-M-Naf.			893			
Bifenyl	208	335	163			
2,6-Dimetylnaftalen	139	246	114			
Acenaftylen	113	186	96			
Acenaften	119	1415	310			
2,3,5-Trimetylnaftalen	148	216	118			
Fluoren	88	624	178			
Fenantren	426	5311	2363			
Antracen	125	919	657			
1-Metylfenantren	56	351	257			
Fluoranten	899	10320	5413			
Pyren	619	6583	4116			
Benz(a)antracen*	304	4954	2970			
Chrysen/trifenylen	525	5603	3460			
Benzo(b)fluoranten*	670	7912	3835			
Benzo(j,k)fluoranten*		3283	2125			
Benzo(e)pyren	445	4758	2433			
Benzo(a)pyren*	453	6013	3099			
Perylen	108	1172	625			
Ind. (1,2,3cd)pyren*	459	4285	2245			
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	97	449	693			
Benzo(ghi)perylen	456	3671	1749			
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	6457	68606	42466			
Derav KPAH(*)	1983	26896	14967			
%KPAH	30.7109	39.204	35.245			
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

**ORGANISKE ANALYSER
PCB**

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL25-30
 Jobb.nr. : 92/175
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 8.12.92
 Analytiker : EMB

1: HEGG 4,10-15cm,TDL25
 2: HEGG 4,15-20cm,TDL26
 3: HEGG 5, 0- 2cm,TDL27

4: HEGG 6,0-2cm,TDL28
 5: HEGG 7,0-2cm,TDL29
 6: HEGG 8,0-2cm,TDL30

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
a-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	2	7	2	4	<1	1
PCB 52	9	14	6	7	1	2
OCS	1	3	1	1	<1	<1
PCB 101	12	9	9	12	2	2
p,p-DDE	3	3	2	2	1	<1
PCB 118	14	11	14	18	3	4
p,p-DDD	11	16	3	2	1	1
PCB 153	9	7	9	12	2	5
PCB 105	7	5	5	7	1	1
PCB 138	11	7	10	13	2	6
PCB 156	1	1	2	3	1	5
PCB 180	4	3	4	6	1	4
PCB 209	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	6.2	6.6	9.4	12.3	5.5	26.6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL19-24
 Jobb.nr. : 92/175
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 8.12.92
 Analytiker : EMB

1: HEGG 1,0-2cm,TDL19
 2: HEGG 2,0-2cm,TDL20
 3: HEGG 3,0-2cm,TDL21

4: HEGG 4,0- 2cm,TDL22
 5: HEGG 4,2- 5cm,TDL23
 6: HEGG 4,5-10cm,TDL24

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
a-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	1	1	4	1	1	1
PCB 52	6	2	18	3	2	5
OCS	<1	1	3	<1	<1	<1
PCB 101	7	3	22	3	2	11
p,p-DDE	2	1	2	1	1	2
PCB 118	7	5	29	3	5	14
p,p-DDD	1	2	3	2	1	6
PCB 153	4	4	16	2	2	10
PCB 105	3	2	14	2	1	6
PCB 138	6	4	18	3	3	13
PCB 156	1	<1	3	<1	<1	4
PCB 180	2	1	8	1	1	5
PCB 209	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	8.4	11.8	15.3	6.1	6.5	6.0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL13-18
 Jobb.nr. : 92/175
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 8.12.92
 Analytiker : EMB

1: TROM 7, 10-15cm, TDL13
 2: TROM 8, 0- 2cm, TDL14
 3: TROM 9, 0- 2cm, TDL15
 4: TROM 10, 0-2cm, TDL16
 5: TROM 11, 0-2cm, TDL17
 6: GARTA, 0-2cm, TDL18 (= +19)

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
a-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	<1	<1	1	<1	<1	<1
PCB 52	<1	<1	1	<1	<1	<1
OCS	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 101	<1	<1	2	<1	<1	<1
p,p-DDE	<1	<1	1	<1	<1	<1
PCB 118	<1	<1	2	<1	<1	1
p,p-DDD	<1	<1	2	<1	<1	<1
PCB 153	<1	1	2	1	1	1
PCB 105	<1	<1	1	<1	<1	<1
PCB 138	<1	1	3	1	1	1
PCB 156	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 180	<1	1	1	<1	<1	<1
PCB 209	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	52.7	69.5	13.0	53.3	71.4	10.0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL7-12
 Jobb.nr. : 92/175
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 8.12.92
 Analytiker : EMB

1: TROM 4,0-2cm,TDL7
 2: TROM 5,0-2cm,TDL8
 3: TROM 6,0-2cm,TDL9

4: TROM 7,0-2cm,TDL10
 5: TROM 7,2-5cm,TDL11
 6: TROM 7,5-10cm,TDL12

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
a-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 52	2	<1	1	3	1	1
OCS	1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 101	10	1	2	16	2	1
p,p-DDE	<1	<1	<1	1	2	1
PCB 118	3	<1	1	18	3	<1
p,p-DDD	2	<1	1	4	5	<1
PCB 153	23	1	2	24	5	1
PCB 105	<1	<1	1	<1	<1	<1
PCB 138	20	1	2	13	3	1
PCB 156	4	<1	<1	2	<1	<1
PCB 180	16	<1	1	19	6	1
PCB 209	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	63.0	74.1	70.3	62.5	72.6	78.9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 22.10.92
 Lab.kode : TDL1-6
 Jobb.nr. : 92/175
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 8.12.92
 Analytiker : EMB

1: TROM 1,0-2cm,TDL1
 2: TROM 2,0-2cm,TDL2
 3: TROM 3,0-2cm,TDL3

4: TROM 3,2- 5cm,TDL4
 5: TROM 3,5-10cm,TDL5
 6: TROM 3,10-12cm,TDL6

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
a-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
HCB	<1	<1	<1	<1	<1	<1
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 52	1	1	<1	<1	<1	1
OCS	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 101	3	4	1	1	1	1
p,p-DDE	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 118	2	3	1	<1	<1	<1
p,p-DDD	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 153	3	8	2	1	1	1
PCB 105	1	1	<1	<1	<1	<1
PCB 138	5	8	2	1	1	1
PCB 156	<1	1	1	<1	<1	<1
PCB 180	2	5	2	<1	<1	<1
PCB 209	<1	<1	<1	<1	<1	<1
SUM						
SUM PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	54.4	70.6	52.2	64.6	67.9	72.8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : NITRIDEN
 Oppdragsnr. : 92219
 Prøver mottatt : 14.01.93
 Lab.kode : VBA1
 Jobb.nr. : 93/11
 Prøvetype : Sediment
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 27.01.93
 Analytiker : EMB

1: HEGG 3, 10-30cm 4:
 2: 5:
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<1					
a-HCH	<1					
HCB	<1					
g-HCH	<1					
PCB 28	<1					
PCB 52	<1					
OCS	<1					
PCB 101	<1					
p,p-DDE	<1					
PCB 118	<1					
p,p-DDD	<1					
PCB 153	<1					
PCB 105	<1					
PCB 138	<1					
PCB 156	<1					
PCB 180	<1					
PCB 209	<1					
SUM						
SUM PCB						
SUM SEVEN DUTCH PCB						
%Fett						
%Tørrstoff	10.5					

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2245-6