

O-88068

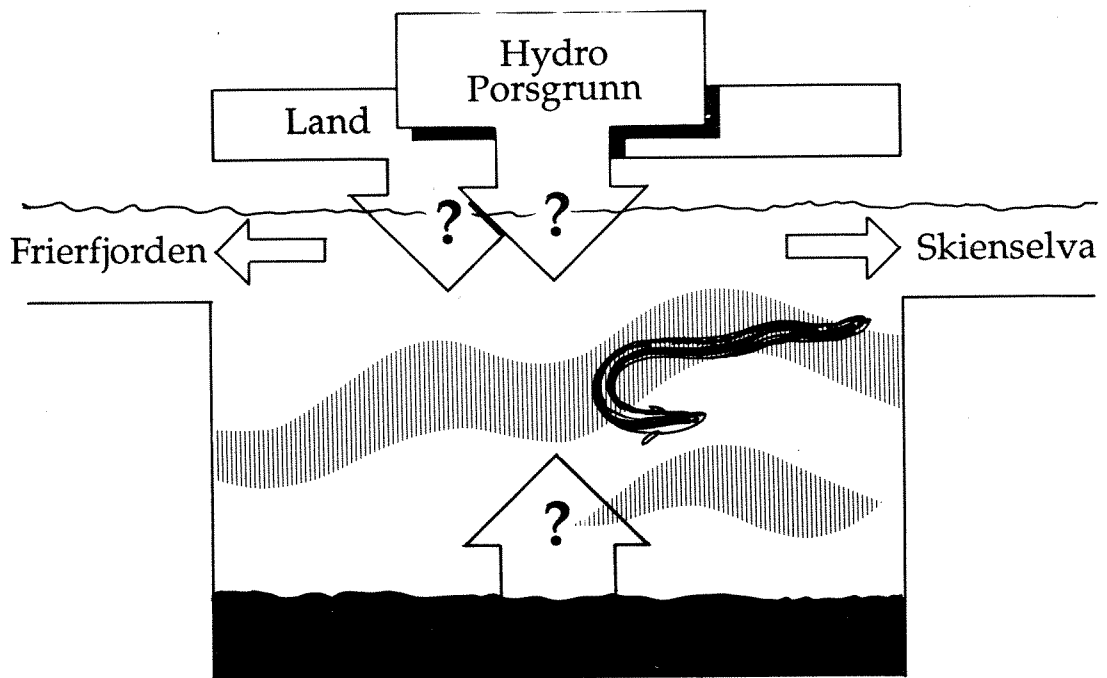
0e-2198

NIVA'S  
siste exemplar  
UTLAN

# Miljøgifter

## i Gunnekleivfjorden

OPPSUMMERING



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:	0-88068
Undernummer:	
Løpenummer:	2198
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Oppsummering	31.1.1989
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Jens Skei	0-88068
	Faggruppe:
	MARØK
	Geografisk område:
	Telemark
	Antall sider (inkl. bilag):
	35

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
Hydro Porsgrunn	

Ekstrakt:
Dette dokumentet oppsummerer de mest sentrale konklusjonene fra fire delprosjekter om miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Sedimentene i Gunnekleiv er den viktigste kilden for kvikksølvtransporten ut av Gunnekleivfjorden. Utslippene fra magnesiumfabrikken er den viktigste kilden for transport av klororganiske forbindelser ut av Gunnekleiv.

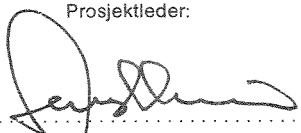
4 emneord, norske:

1. Norsk Hydro
2. Miljøgifter
3. Kilder
4. Oppsummering

4 emneord, engelske:

1. Norsk Hydro
2. Pollutants
3. Sources
4. Summary

Prosjektleder:

  
Jens Skei

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN - 82-577-1488-7

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0 - 8 8 0 6 8

MILJØGIFTER I GUNNEKLEIVFJORDEN

OPPSUMMERING

Oslo, 31. januar 1989

Prosjektleder og forfatter: Jens Skei

## INNLEDNING

Dette dokumentet oppsummerer konklusjonene fra fire delprosjekter knyttet til undersøkelsene av miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Disse delprosjektene er:

- (I) Kartlegging av miljøgifter i sedimentene i Gunnekleivfjorden. (Konsentrasjon og mengde).
- (II) Kartlegging av miljøgifter i vannmassene i Gunnekleivfjorden og transport ut av kanalene.
- (III) Opptak av miljøgifter i fisk i Gunnekleivfjorden.
- (IV) Utlekkingsforsøk med sedimenter fra Gunnekleivfjorden. Eksperimentelt arbeid ved NIVAs marine forskningsstasjon - Solbergstrand.

Oppsummeringen legger vekt på kvantifiseringen av transport av miljøgifter til Gunnekleivfjorden og ut av Gunnekleivfjorden. Dette vil gi en oversikt over kildene, den relative betydningen av disse og totalbelastningen som Gunnekleivfjorden øver på Frierfjorden. På den måten vil forurensningsmyndighetene kunne ta stilling til spørsmålet om tiltak er nødvendig og eventuelt hvor tiltaket bør settes inn for å oppnå maksimal effekt.

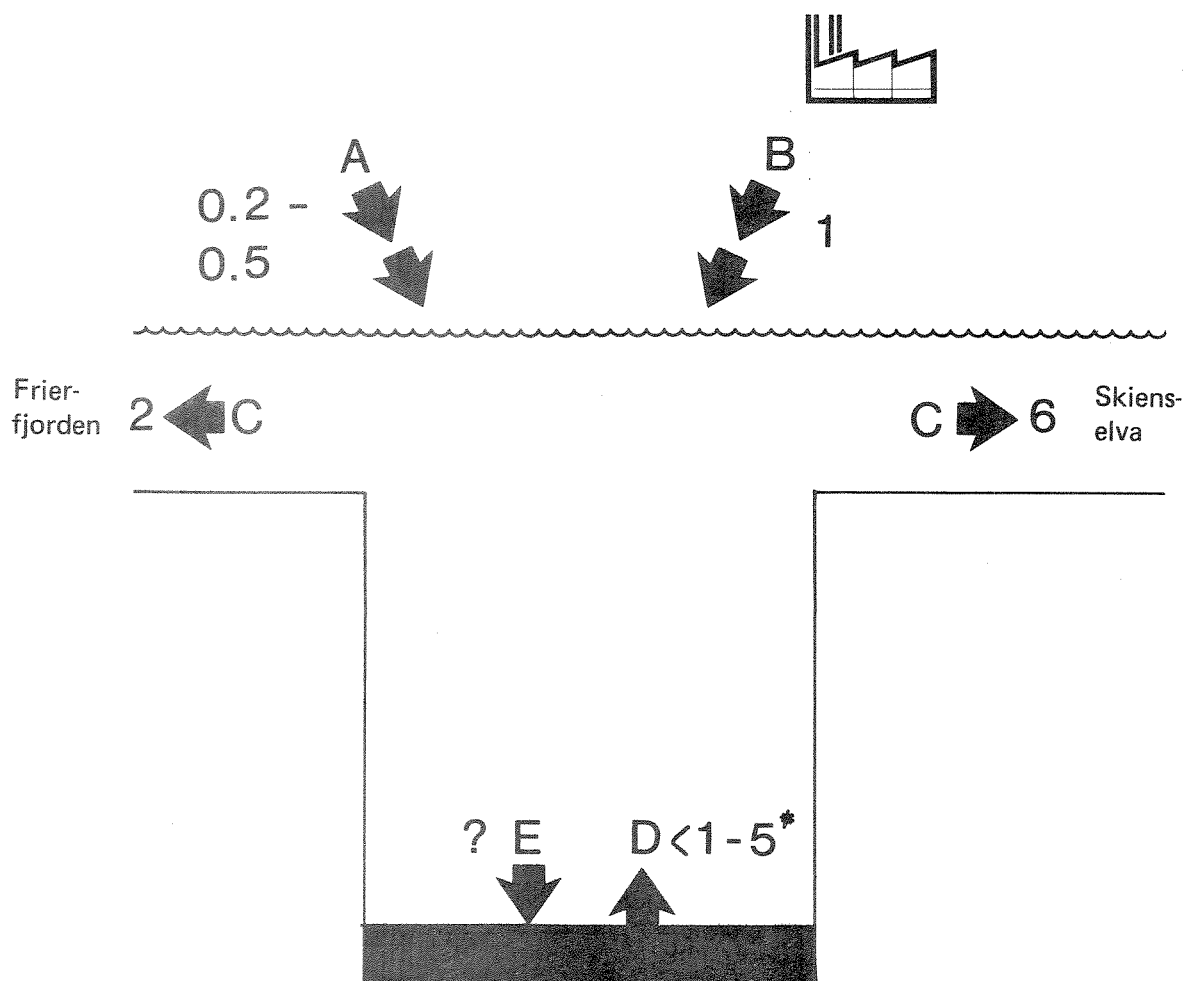
Foruten oppsummeringen av prosjektet, som i stor grad er illustrert ved to figurer, befinner konklusjonen og sammendrag seg fra de fire delrapportene som vedlegg til dette dokumentet.

## OPPSUMMERING

### Kvikksølv

- Det er totalt sluppet ut ca. 80 tonn kvikksølv til Gunnekleivfjorden i perioden 1947-1988 i henhold til Hydro Porsgrunns egne beregninger.
- I bunnsedimentene (0-50 cm) er det påvist ca. 25 tonn kvikksølv (31 % av det som er sluppet ut). I tillegg er det et ukjent antall tonn kvikksølv som er begravet ved utfylling av fjorden.
- Fordelingen av kvikksølv vertikalt i sedimentene, viste at kvikksølvbelastningen har avtatt de senere årene. Dette er i overenstemmelse med utslippstallene fra Hydro Porsgrunn.
- Målinger av kvikksølv i ål fra Gunnekleivfjorden, viste verdier som overskrider normer for akseptabelt daglig inntak. Utsetting av ål i bur viste opptak av kvikksølv via vannet.
- Åle-forsøk på NIVAs marine forskningsstasjon, Solbergstrand, viste liten forskjell i opptak via kvikksølvforurenset vann, før og forurenset Gunnekleivsediment. Det er sannsynligvis tilgang på metylkvikksølv som er avgjørende.
- Forsøk med utlekking av kvikksølv fra Gunnekleivsedimenter viste at sedimentene (0.74 km<sup>2</sup> areal) bidrar med < 1 kg løst kvikksølv, hvis det ikke skjer noen fysisk forstyrrelse av sedimentene som fører til oppvirvling.
- Ved oppvirvling av sedimentene under eksperimentene på Solbergstrand økte frigivelsen av løst kvikksølv kraftig. Ved en økning av partikkeltransporten i vannmassen med en faktor på 3, økte kvikksølvlekkasjen (løst) med en faktor på 33. I tillegg kommer den økte transporten av finpartikulært materiale med ekstremt høyt kvikksølvinnehold (ca 1000 mg/kg).
- Det kvikksølvet som frigis fra sedimentene ved oppvirvling er tilgjengelig for blåskjell.
- Målingen av transporten av kvikksølv ut av Gunnekleivfjorden i perioder uten ekstraordinære værforhold, gav følgende resultat:
  - Til Frierfjorden (Herøyakanalen): ~ 2 kg/år
  - Til Skienselva (Kulltangen) : ~ 6 kg/år.
- Transportbudsjettet er vist i fig. 1.

Fig. 1. Transportbudsjett for kvikksølv (kg/år).



$$C = A + B + D - E$$

- A = sig fra landdeponier (beregnet av Norges Geotekniske Institutt).  
 B = utslipp fra Hydro Porsgrunn (beregnet av Hydro Porsgrunn)  
 C = transport ut av Gunnekleivfjorden til Frierfjorden og Skienselva (målt av NIVA).  
 D = frigivelse fra sedimentene (beregnet fra eksperimenter på Solbergstrand)  
 E = sedimentasjon

\* 5 kg kommer fram som resultat av følgende beregning, basert på eksperimenter på Solbergstrand:

- (i) Oppvirvling av sedimentene slik at partikkelmengden i vannet øker fra 0,6 til 3,2 mg/l og måling av fluks av løst kvikksølv.
- (ii) Beregning av bidrag fra sedimenter som potensielt kan oppvirvles i Gunnekleivfjordens grunnområde (vanndyp < 3,5 m, areal = 0,2 km<sup>2</sup>)

Kvikksølvtransporten viser at det er bunnsedimentene som sannsynligvis er den største bidragsyteren. Denne kilden vil være svært variabel på grunn av tilfeldig oppvirvling av sedimenter på grunt vann. Som eksempel kan nevnes at ved forsøkene på Solbergstrand ble sedimentene virvlet opp slik at mengden partikulært materiale over sedimentet økte fra ~ 0.6 mg/L til 3.2 mg/L. Hvis vi tar med både løst og partikulært kvikksølv og antar at oppvirvling skjedde i Gunnekleivfjordens grunnområde (<3,5 m, 0,2 km<sup>2</sup>) ville sedimentene bidra med ca. 80 g total kvikksølv pr. dag. Dette innebærer at hvis 8-10 episoder med oppvirvling skjedde pr. år, ville dette bidraget være like stort som bidraget av løst kvikksølv fra sedimentene over et helt år uten oppvirvling! Dette tilsier at bunnsedimentene i Gunnekleivfjorden er en potensiell forurensningskilde og at differansen mellom transportmengde ut av Gunnekleivfjorden (C) og tilførsler via sig fra land (A) og direkte utslipp (B) meget lett kan forklares med bidrag fra sedimentene (D).

Ved ekstraordinære forhold, som f.eks. storm, må vi anta at transporten gjennom kanalene kan overskride de 8 kg som ble beregnet som årstransport. Med utgangspunkt i verdier for A, B og C på fig. 1 beregnet for 1988, skulle bidraget fra sedimentene (D) utgjøre 6,5 kg kvikksølv (partikulært og løst).

### Klororganiske forbindelser

- Det er sluppet ut ca. 7 tonn av heksaklorbenzen og oktaklorstyren tilsammen til Gunnekleivfjorden i perioden 1951- 1988 i henhold til Hydro Porsgrunns egne beregninger.
- I bunnsedimentene (0-50 cm) er det påvist ca. 2.5 tonn heksaklorbenzen og oktaklorstyren (36 % av det som er sluppet ut). I tillegg kommer en ukjent mengde av disse forbindelsene som er begravet ved utfylling av fjorden.
- Det ble påvist betydelige konsentrasjoner av HCB villfisk (ål, abbor, skrubbe og gjedde) og ål satt ut i bur i Gunnekleivfjorden.
- Forsøkene med ål på Solbergstrand viste at ål tar opp store mengder HCB ved fysisk kontakt med forurenset Gunnekleivsediment.
- Utlekkingsforsøkene på Solbergstrand viste liten lekkasje av disse forbindelsene når sedimentene ikke ble forstyrret:

HCB : <0.5 KG PR. ÅR  
 5CB : ~ 0.1 --- " ---  
 OCS : ~ 0.1 --- " ---  
 10CB : < 0.1 --- " ---

Tallene er basert på en sedimentflate på 0.74 km<sup>2</sup>.

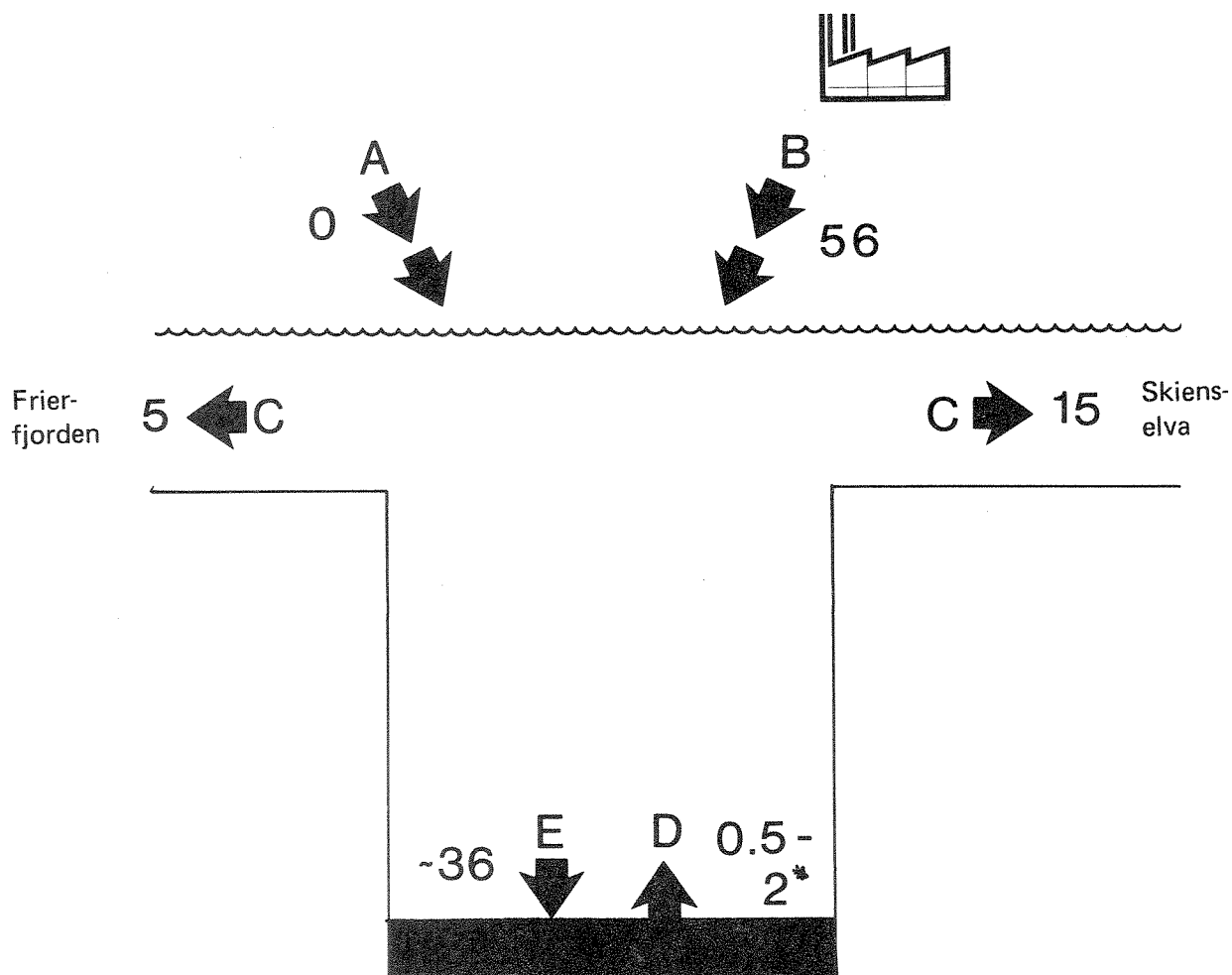
- I likhet med kvikksølv økte frigivelsesraten av klororganiske forbindelser ved oppvirvling av sedimentet. Ved å øke partikkeltransporten med en faktor på 3, økte lekkasjen av løst HCB med en faktor på 3. I tillegg kommer transporten av partikulært bundet HCB (ikke målt).
- De klororganiske forbindelsene som sedimentene avgir ved oppvirvling, er tilgjengelig både for ål og blåskjell.
- Målinger av transporten av klororganiske forbindelser ut av Gunnekleivfjorden gav følgende resultat:

Til Frierfjorden (Herøyakanalen) : ~ 5 kg/år  
 Til Skienselva (Kulltangen) : ~ 15 kg/år

- Transportbudsjettet er vist på fig. 2



Figur 2. Transportbudsjett for klorororganiske forbindelser (HCB og OCS) (kg/år).



$$C = A + B + D - E$$

- A = sig fra landdeponier (beregnet av Norges Geotekniske Institutt).
- B = utslipp fra Hydro Porsgrunn (beregnet av Hydro Porsgrunn)
- C = transport ut av Gunnekleivfjorden til Frierfjorden og Skienselva (målt av NIVA).
- D = frigivelse fra sedimentene (beregnet fra eksperimenter på Solbergstrand)
- E = sedimentasjon (beregnet som differanse mellom tilførsel og transport gjennom kanalene).

\* Tallet 2 kg er framkommet på samme måte som maksimumsanslaget for løst kvikksølv (Fig. 1).

Transportfiguren (fig. 2) for klororganiske forbindelser, viser klart at den største kilden er dagens utslipp fra magnesiumfabrikken. Det er denne som bestemmer transporten gjennom kanalene. Ettersom transporten ut av Gunnekleivfjorden er betydelig lavere (obs! få måleserier) enn utslippet fra magnesiumfabrikken, er det sannsynlig at en betydelig fraksjon av disse forbindelsene sedimenterer i Gunnekleivfjorden (beregnet til ~ 65 %). Når sedimentene oppvirvles, øker lekkasjen av løste forbindelser. I tillegg kommer klororganiske forbindelser knyttet til partikler. Denne transporten er ikke målt, men er meget sannsynlig betydelig større enn transporten av løste forbindelser fra sedimentene til vannmassen. Dette underbygges av en betydelig økning i opptak av HCB i blåskjell etter at sedimentene virvles opp ved forsøkene på Solbergstrand.

Det bør påpekes at ukeutslippene av klorete forbindelser fra magnesiumfabrikken varierte sterkt i 1988 og at det kan være vanskelig å anslå et transportbudsjett som er representativt for hele året.

**V E D L E G G****Konklusjoner og sammendrag fra fire delrapporter**

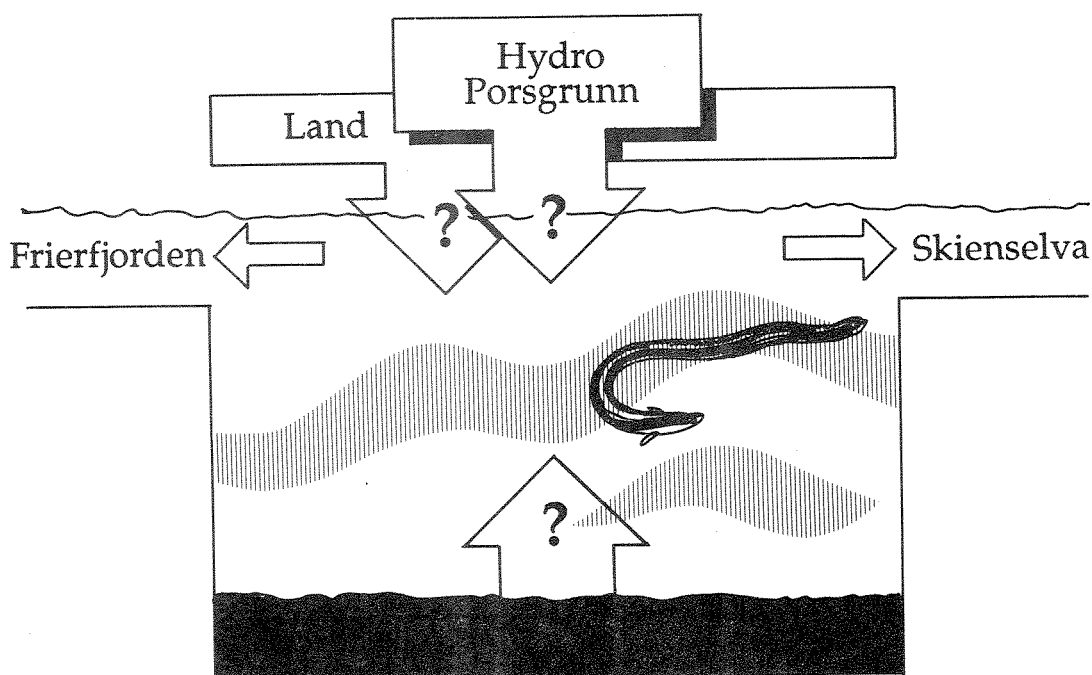
d

O-88068

# Miljøgifter i Gunnekleivfjorden

Delrapport 1:

Konsentrasjon og mengde av miljøgifter i sedimentene



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:	O-8806801
Undernummer:	
Løpenummer:	2192
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
Miljøgifter i Gunnekleivfjorden.	25.01.89
Delrapport 1 : Konsentrasjon og mengde av miljøgifter i sedimentene.	Prosjektnummer:
	O-8806801
Forfatter (e):	Faggruppe:
Kristoffer Næs	Mar.øk.
	Geografisk område:
	Telemark
	Antall sider (inkl. bilag):
	76

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Hydro Porsgrunn.	

**Ekstrakt:** Det er tatt prøver fra 31 lokaliteter i fjorden. De øvre lag av fjordbunnen er sterkt preget av industriavfall. Utfra en gjennomsnittsverdi for hele datamaterialet var konsentrasjonene av kvikksølv, pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og dekaklorbifenyl henholdsvis 1000, 3000, 13000, 5000 og 7000 ganger høyere enn "normalt". Totalt er det lagret ca. 25 tonn kvikksølv, ca. 500 kg pentaklorbenzen, ca. 1900 kg heksaklorbenzen, ca. 600 kg oktaklorstyren og ca. 900 kg dekaklorbifenyl i sedimentene. Det ble påvist metylkvikksølv i alle prøvene hvor dette ble analysert. Dioksinkonsentrasjonene var i samme område til 3 ganger det som er påvist for Frierfjorden regnet som 2,3,7,8 TCDD ekv.

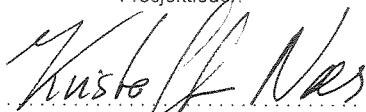
4 emneord, norske:

1. Gunnekleivfjorden
2. Sedimenter
3. Kvikksølv
4. Klororganiske forbindelser

4 emneord, engelske:

1. Gunnekleivfjord
2. Sediments
3. Mercury
4. Organochlorines

Prosjektleder:

  
Kristoffer Næs

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN - 82-577-1482-8

## 1. FORMÅL OG KONKLUSJONER

### 1.1. Formål.

Denne rapporten om bunnsedimentene i Gunnekleivfjorden er en delrapport som inngår i en kartlegging av miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Undersøkelsen av bunnsedimentene har hatt som formål:

Å beskrive forurensningsgraden av utvalgte miljøgifter i fjordsedimentene. Videre var hensikten å beregne mengden av kvikksølv, pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og dekalorlobifenyl som er lagret i bunnsedimentene.

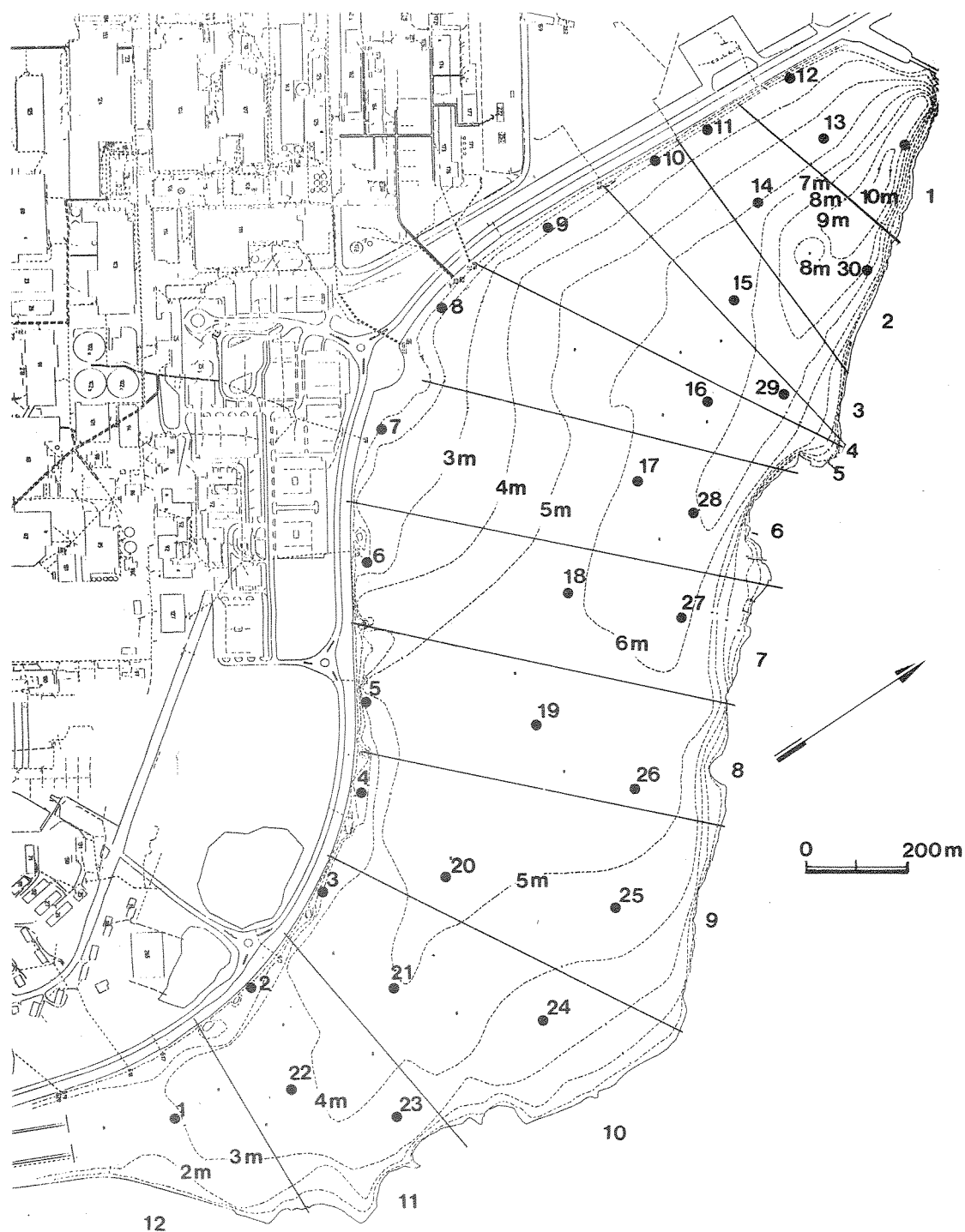
### 1.2. Konklusjoner.

Konklusjonene fra undersøkelsen er:

- Naturlige bunnsedimenter ble ikke funnet på noen av prøvetakingsstedene (31 stk.). Hele fjorden er sterkt preget av industriavfall. Tykkelsen av det forurensede laget varierer fra 30-40 cm i søndre del av fjorden, 50-60 cm i sentrale og nordre deler til anslagsvis 1-2 meter nær utslippet.
- Konsentrasjonene av kvikksølv, pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og dekalorlobifenyl var svært høye. Ut fra en gjennomsnittsverdi for hele datamaterialet er konsentrasjonene henholdsvis ca. 1000, 3000, 13000, 5000 og 7000 ganger høyere enn normalt for uforurensede sedimenter. Konsentrasjonene av kvikksølv har klart avtatt i de seinere årene. Konsentrasjonene av de klororganiske forbindelsene var imidlertid høyest i de øvre 5 cm av sedimentet. Det skyldes at sedimentasjonen i fjorden de siste 10 årene har vært såpass liten i forhold til tidsoppløsningen i prøvetakingen, at reduksjonen i klororganiske utslipp ikke er registrert i sedimentene i denne undersøkelsen.
- Det ble påvist metylkvikksølv i alle prøvene hvor dette ble analysert (de øvre 5 cm av sedimentet). Konsentrasjonene var

relativt høye, opp til 90 ng/g. Dette er biologisk metylert kvikksølv og ikke fra selve prosessen.

- Det var høye konsentrasjoner av dioksin i overflatesedimentet. Konsentrasjonene varierte fra samme nivå som er funnet i Frierfjorden til ca. 3 ganger dette regnet som 2,3,7,8 TCDD-ekvivalenter. Det var store forskjeller i isomermønsteret mellom stasjonene. Prøvetakingen var orienterende og ikke tilstrekkelig til å tilfredsstillende beskrive dioksinfordelingen.
- Konsentrasjonene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) var 50-100 ganger høyere enn normalt. Påvirkningen kan også delvis skyldes Elkem PEA.
- Det var relativt lave konsentrasjoner av kadmium i overflatesedimentene, opptil ca.15 ganger normalt.
- Analysene av totalt organisk bundet klor viser at kun ca. 1 % av klormengden i sedimentene utgjøres av pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og dekaklorbifenyl tilsammen. Klorering av naturlig organisk materiale fra et tidligere hypoklorittutslipp (stoppet i 1981) kan forklare noe av denne store differansen.
- Beregninger viser at det anslagsvis er lagret 20-30 tonn kvikksølv, ca. 500 kg pentaklorbenzen, ca. 1900 kg heksaklorbenzen, ca. 600 kg oktaklorstyren og ca. 900 kg dekaklorbifenyl i sedimentene i Gunnekleivfjorden.
- I dagens Gunnekleiv finner vi igjen 30-40 % av de totale utslippene til fjorden. Tas det i betraktning at deler av dagens Herøya var tidligere fjordbunn, antas det at 50-70 % av tilførselene til fjorden finnes igjen i området.



Figur . Oversikt over inndelingen av fjorden i soner for å beregne mengder av kvikksølv og klororganiske forbindelser som er lagret i sedimentene.



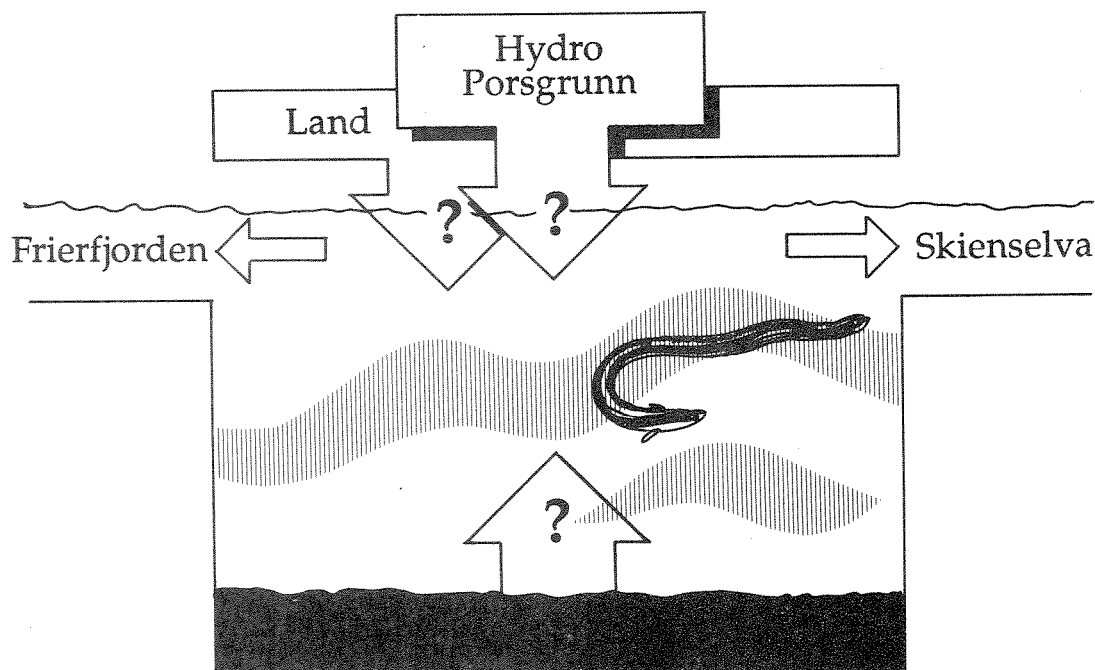
O-88068

# Miljøgifter i Gunnekleivfjorden

Delrapport 2:

Miljøgifter i vannmassene.

Transport av miljøgifter til Skienselva og Frierfjorden



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	<b>Sørlandsavdelingen</b> Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	--	--	--

<b>Rapportnummer:</b> 88068
<b>Undernummer:</b>
<b>Løpenummer:</b> 2195
<b>Begrenset distribusjon:</b>

<b>Rapportens tittel:</b> <i>Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Delrapport 2: Miljøgifter i vannmassene. Transport av miljøgifter gjennom kanalene.</i>	<b>Dato:</b> 31.1.89
	<b>Prosjektnummer:</b> 8806802
<b>Forfatter(e):</b>  <i>Jarle Molvær</i>	<b>Faggruppe:</b> <i>Marinøkologi</i>
	<b>Geografisk område:</b> <i>Telemark</i>
	<b>Antall sider:</b> 68

<b>Oppdragsgiver:</b> <i>Hydro Porsgrunn, Porsgrunn</i>	<b>Oppdragsg.ref.:</b>
--	------------------------

<b>Ekstrakt:</b> Konsentrasjonen av kvikksølv, kadmiem og organiske miljøgifter i Gunnekleivfjorden og kanalene mot Frierfjorden og Skienselva, samt transport gjennom kanalene er målt gjentatte ganger i tidsrommet mai-desember 1988. Kadmiemnivået var moderat: <2 x bakgrunnsnivå. Kvikksølv viste store variasjoner, men var oftest 25-35 ng/l, dvs. 5-7 x høyt bakgrunnsnivå. Konsentrasjonen av klororganiske miljøgifter var høyt (typiske 20-30 x nivået i Skienselva), men viste også store variasjoner. Årlig transporteres 6-9 kg kvikksølv og 15-20 kg av klororganiske forbindelser til Frierfjorden (25-30%) og Skienselva (70-75%). For klororganiske forbindelser utgjør dette ca. 30% av årsutslippet; resten sedimenterer i Gunnekleivfjorden.
---

<b>4 emneord, norske:</b>
1. Norsk Hydro 2. Gunnekleivfjorden 3. Miljøgifter 4. Vannutskiftning

<b>4 emneord, engelske:</b>
1. Norsk Hydro 2. Gunnekleivfjorden 3. Pollutants 4. Water exchange

Prosjektleder:

*Jarle Molvær*

For administrasjonen:

*Tor Bokn*

Tor Bokn

ISBN - 82-577-1485-2

## 1. HOVEDKONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Hovedkonklusjonene fra prosjektet er:

### 1. Konsentrasjoner av miljøgifter i Gunnekleivfjorden:

- \* Kadmium finnes i moderat forhøyede konsentrasjoner i Gunnekleivfjorden: opptil to ganger et normalnivå på ca. 20 ng/l.
- \* Kvikksølvkonsentrasjonene i selve Gunnekleivfjorden lå i intervallet 20-60 ng/l som totalt kvikksølv. Typiske konsentrasjoner var 25-35 ng/l, dvs. 5-7 ganger over et høyt bakgrunnsnivå på 5 ng/l. Andelen av løst kvikksølv vil oftest være 40-60%.
- \* Av klororganiske forbindelser utgjør heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) de største andelene, som de gjør i Hydro Porsgrunn's utslipp. Variasjonene med tiden var store, og kan se ut til å følge tilsvarende variasjoner i utslippsmengdene. Målte intervall i selve Gunnekleivfjorden:

Heksaklorbenzen:	6-170 ng/l
Oktaklorstyren :	5-87 ng/l
Pentaklorbenzen:	<5-58 ng/l
Dekaklorbifenyyl:	1-18 ng/l

I kanalene ble det i desember målt høyere verdier.

Til sammenligning inneholdt vann i Skienselva mindre enn 8 ng/l av heksaklorbenzen og av oktaklorstyren.

### 2. Transport av miljøgifter til Skienselva og Frierfjorden:

- \* Gunnekleivfjorden tilfører områdene utenfor 6-9 kg kvikksølv pr. år, mest sannsynlig omkring 8 kg/år. Av dette går 25-30% gjennom Herøyakanalen direkte til Frierfjorden, og resten til Skienselva gjennom Kulltangen.
- \* Av klororganiske forbindelser transporteres ca. 30% av nåværende utslipp gjennom kanalene til områdene utenfor. Det utgjør 15-20 kg/år. Fordelingen mellom Herøyakanalen og Kulltangen vil i hovedsak være som for kvikksølv.
- \* I tilfeller med betydelig lekkasje fra bunnsedimentene, kan sannsynligvis transportene i kortere perioder bli vesentlig større enn de som foran er beregnet pr. tidevannsperiode. På årsbasis vil imidlertid slike situasjoner sannsynligvis ikke gjøre vesentlig utslag.

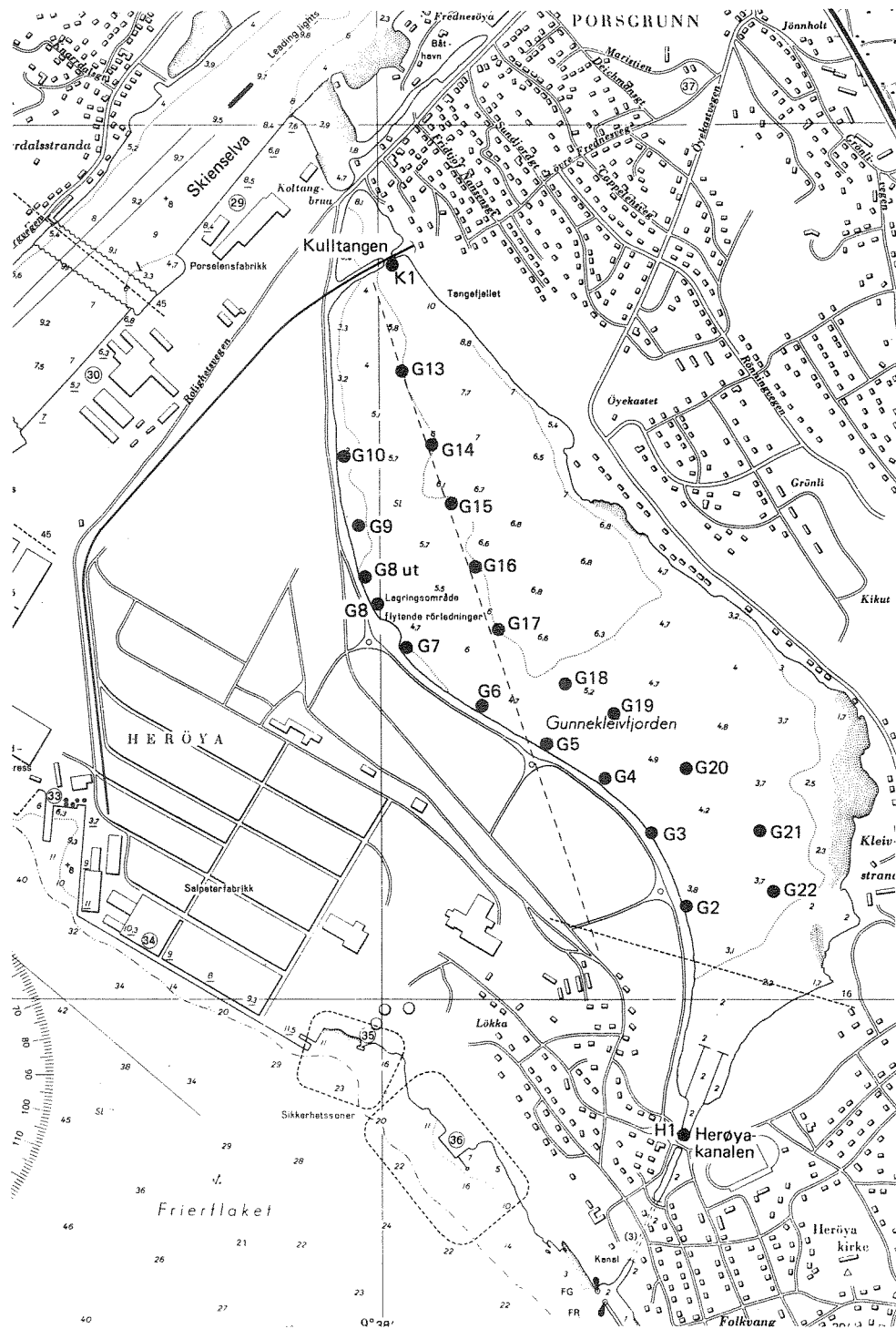
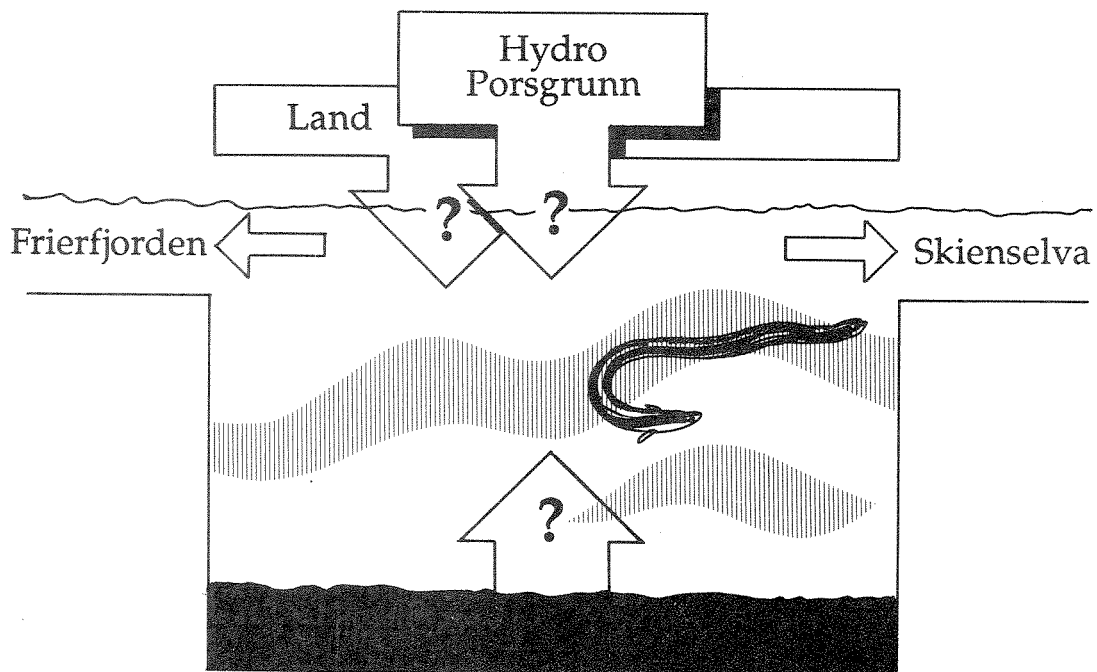


Fig. Gunnekleivfjorden med vannkjemistasjoner og stasjoner for strømmålinger.

# Miljøgifter i Gunnekleivfjorden

Delrapport 3:  
Opptak av miljøgifter i fisk



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3  
 Telefon (02) 23 52 80  
 Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen Grooseveien 36 4890 Grimstad  
 Telefon (041) 43 033  
 Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad  
 Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken  
 Telefon (05) 95 17 00  
 Telefax (05) 25 78 90

<b>Rapportnummer:</b> 8806803
<b>Undernummer:</b>
<b>Løpenummer:</b> 2197
<b>Begrenset distribusjon:</b>

<b>Rapportens tittel:</b> Miljøgifter i Gunnekleivfjorden Delrapport 3: Opptak av miljøgifter i fisk	<b>Dato:</b> 29/1-89
	<b>Prosjektnummer:</b> 0-8806803
<b>Forfatter(e):</b>  John Arthur Berge Jon Knutzen	<b>Faggruppe:</b> Marinøkologisk
	<b>Geografisk område:</b> Telemark
	<b>Antall sider:</b> 56

<b>Oppdragsgiver:</b> Hydro Porsgrunn	<b>Oppdragsg.ref.:</b>
--	------------------------

**Ekstrakt:**

Muskelvev av villfisk (ål, abbor, skrubbe og gjedde) fra Gunnekleivfjorden ble analysert for kvikksølv og klororganiske forbindelser, og bør på grunn av sitt høye innhold av disse ikke benyttes til menneskeføde. Gjennomsnittskonsentrasjonen av Hg i filet av villfisk lå i området 0.55-1.34 µg/g (våtvekt). Konsentrasjonen av heksaklorbenzen (HCB) og oktaklorstyren (OCS) i filet av ål var henholdsvis 21 og 19 µg/g. For annen villfisk var konsentrasjonen lavere og lå i området 0.7-0.9 µg/g for HCB og 1.2-5.2 µg/g for OCS. Ved transplantering av ål inn i bur i Gunnekleivfjorden økte konsentrasjonen av HCB og OCS etter 2-3 måneder 47-104 ganger (dvs. til 0.1- 0.44 µg/g) mens for Hg økte konsentrasjonen med en faktor på ca. 6 (dvs. til 0.13-0.15 µg/g). Innfanget ål ble også analysert for polyklorerte dibenzodioksiner og polyklorerte dibenzofuraner. Konsentrasjonen av disse i muskelvev tilsvarte 46.2 ng/g 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter.

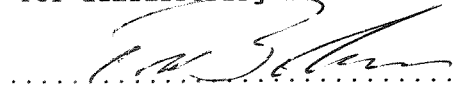
<b>4 emneord, norske:</b>
1. Industriutslipp 2. Fisk 3. Klororganiske forbindelser 4. Kvikksølv

<b>4 emneord, engelske:</b>
1. Industrial effluents 2. Fish 3. Organochlorines 4. Mercury

Prosjektleder:

  
 John Arthur Berge

For administrasjonen:

  
 Tor Bokn

ISBN - 82-577-1487-9

## 2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- Fisk fanget i Gunnekleivfjorden bør på grunn av sitt høye innhold av miljøgifter (kvikksølv og klororganiske forbindelser) ikke benyttes til menneskeføde.

### Kvikksølv.

- Muskellev fra ål, abbor, skrubbe og gjedde fanget i Gunnekleivfjorden inneholdt henholdsvis 0.92, 1.34, 0.55, 1.26 µg/g (våtvekt) kvikksølv (Hg) i gjennomsnitt. Dette er for alle artene en høyere konsentrasjon enn det som er anbefalt for fiskefilet til konsum (0.5 µg/g). Konsentrasjonen funnet i ål var høyere enn det som tidligere (1985) er funnet i Frierfjorden (0.6 µg/g).
- En antar at en vesentlig del av kvikksølvinnholdet i fisk fra Gunnekleivfjorden er i form av metylkvikksølv.
- Transplantert ål vil etter 2-3 måneder i Gunnekleivfjorden øke konsentrasjonen av kvikksølv til nær det seksdobbelte (0.14 µg/g våtvekt) av utgangskonsentrasjonen på 0.0246 µg/g. Denne relativt lave konsentrasjonen i den transplanterte ålen i forhold til konsentrasjonen i villål (0.9 µg/g) tyder på at opptak via vannet betydelig, men sannsynligvis ikke hovedmekanismen for opptak av kvikksølv. En må anta at opptak via føde og ved frigivelse fra sedimentet er hovedmekanismen for opptak av kvikksølv.
- Forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv i fisk i Gunnekleivfjorden må påregnes i lang tid så lenge sedimentene representerer en tilgjengelig kilde.

### Klororganiske forbindelser.

- Innholdet av heksaklorbenzen (HCB) i muskellev fra ål, abbor, skrubbe og gjedde fanget i Gunnekleivfjorden var henholdsvis 21, 0.9, 0.8, 0.7 µg/g (våtvekt). Tilsvarende var konsentrasjonen av oktaklorstyren (OCS) 19, 5.2, 1.2 og 1.8 µg/g og for dekalorbifenyl 2.4, 0.5, 0.1 og 0.1.
- Konsentrasjone av HCB og OCS økte 47-104 ganger i den transplanterte ålen (dvs til 0.1-0.44 µg/g). Denne økningen tyder på et betydelig opptak via vannet. Konsentrtrasjonen i den transplanterte ålen lå imidlertid betydelig under det som ble funnet av klororganiske forbindelser i villål fra Gunnekleivfjorden og antyder at føde og direkte kontakt med sediment også har

betydning.

- Ved sammenligning av opptaket av Hg og opptaket av HCB og OCS i transplantert ål ser det ut til at vannet betyr mer for opptak av de klororganiske forbindelsene (økning med en faktor i området 47-104) enn for Hg (økning med en faktor på 6).
  
- Norske helsemyndigheter opererer ikke med grenseverdier for klororganiske forbindelser i spiselige akvatiske organismer. I Sverige opererer en med grenseverdier for HCB på 0.05 µg/g v.v. Med utgangspunkt i denne grenseverdi ligger den transplanterte ålen på eller noe i overkant av hva som er akseptabelt i spiselige akvatiske organismer, mens villfisken fra Gunnekleivfjorden ligger hele 105 ganger høyere. Med utgangspunkt i at OCS konsentrasjonene i transplantert ål og i ål fanget i Gunnekleivfjorden ligger i samme nivå som HCB kan en slå fast at ålen fra Gunnekleivfjorden både på grunn HCB og OCS innhold ikke bør brukes som menneskeføde.
  
- Konsentrasjonen av dioksiner (polyklorete dibenzodioksiner og polyklorete dibenzofuraner) i ål fra Gunnekleivfjorden tilsvarte 46,2 ng/g 2,3,7,8-TCDD-ekvivalenter. Denne konsentrasjonen er meget høy i relasjon til en øvre grense for ukentlig -livslangt- inntak på 35 pg/kg kroppsvekt. For å fylle opp ukekvoten - uten annen eksponering - er det tilstrekkelig å spise ca 55 g av ål fra Gunnekleivfjorden.



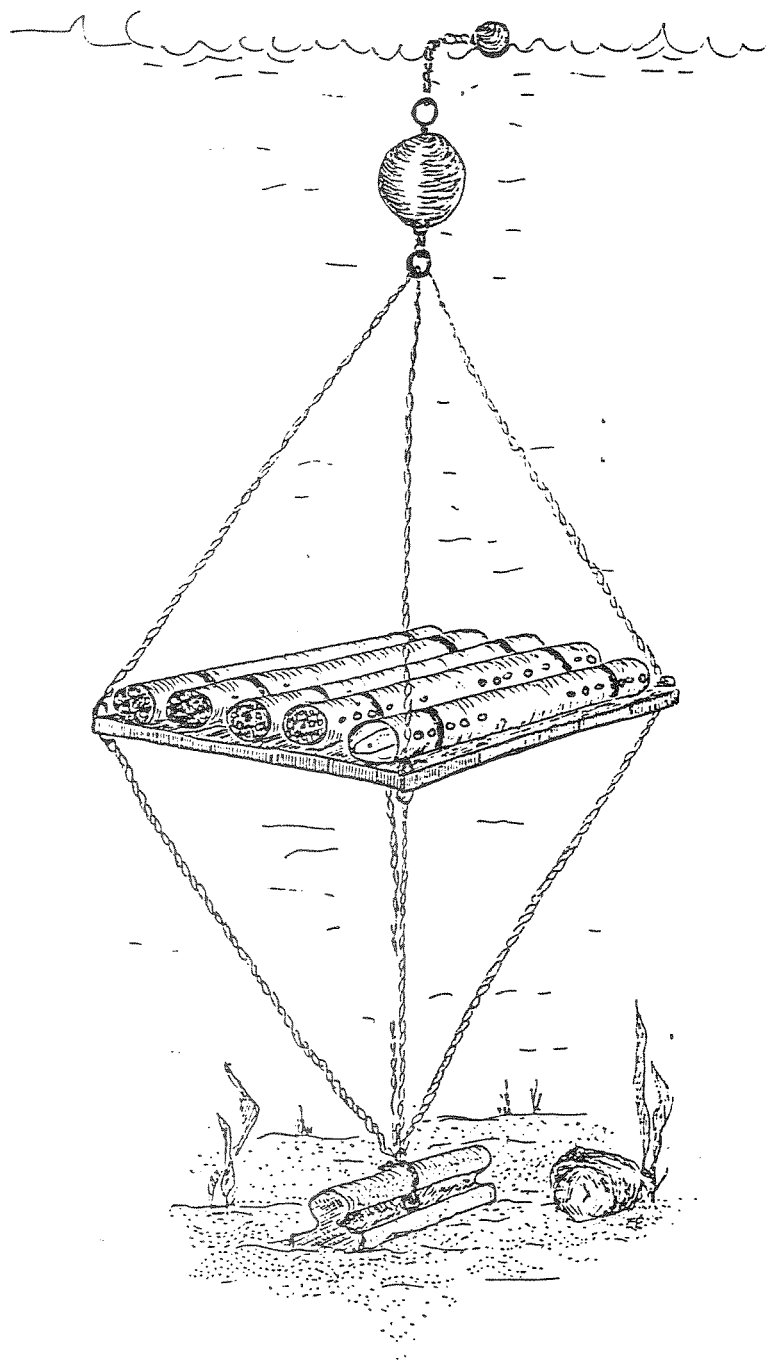


Fig. Ålebur brukt i Gunnekleivfjorden. I ett rør på figuren er endeplaten tatt av og hodet på en ål antydes. Merk at figuren ikke er tegnet i målestokk. Figuren er tegnet av Elisabeth Rydin.

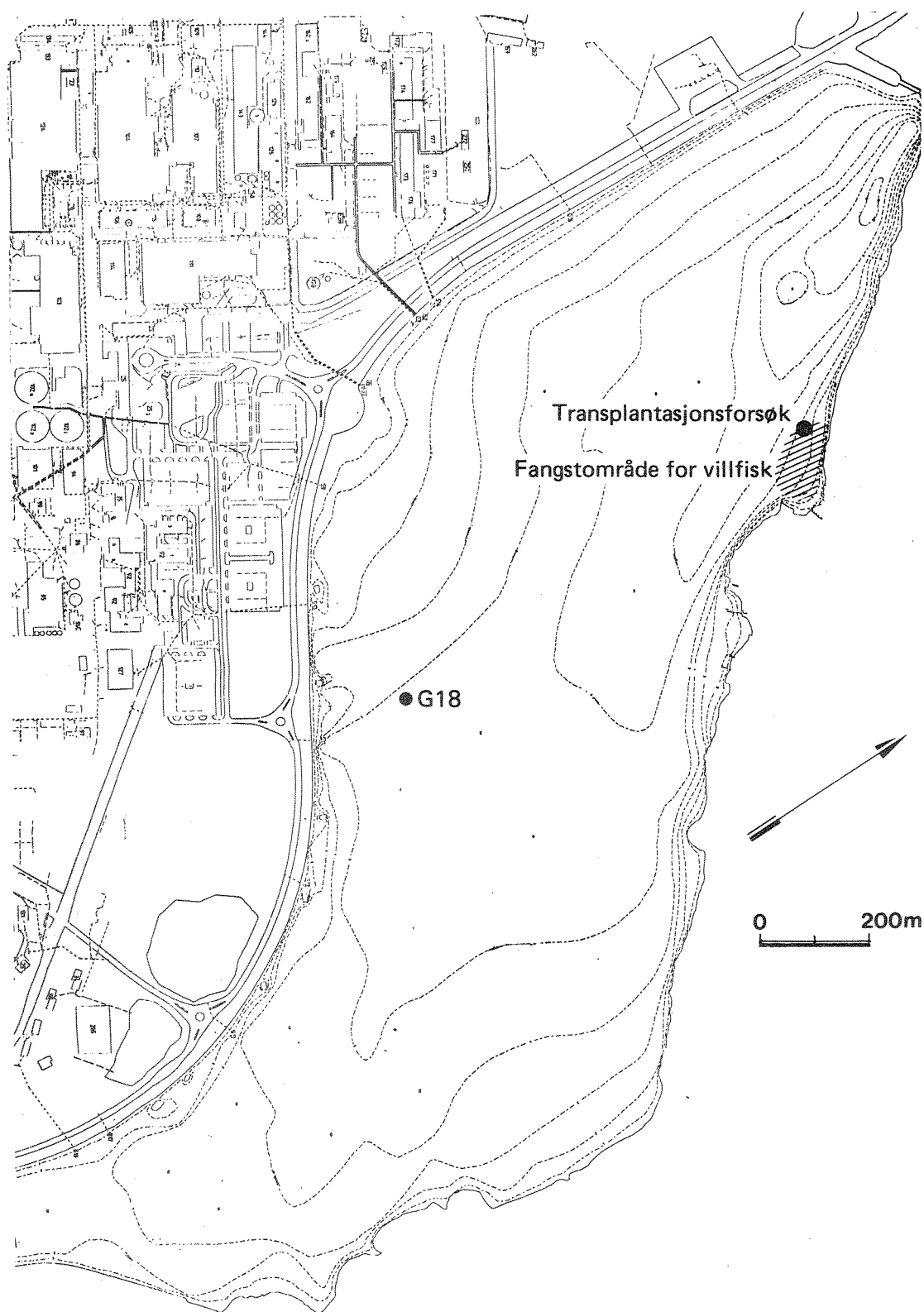
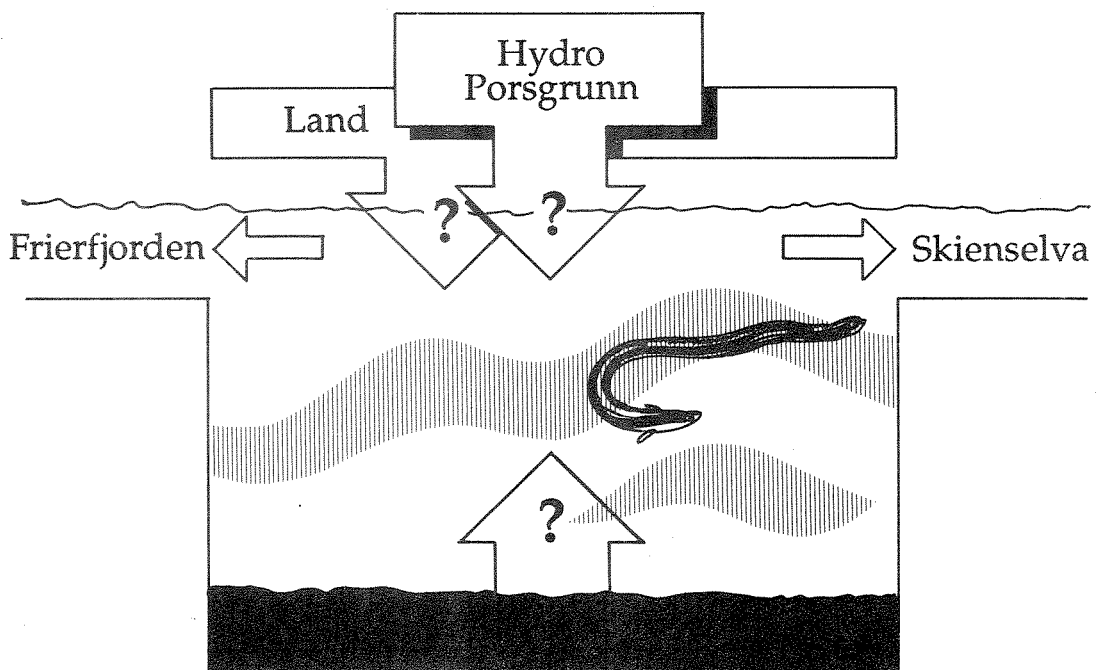


Fig. Kart over Gunnekleivfjorden som viser plassering av ålebur og fangstområde for villfisken.

# Miljøgifter i Gunnekleivfjorden

Delrapport 4:

Utlekking av kvikksølv og klororganiske forbindelser fra  
sedimentene, bioturbasjon og biotilgjengelighet  
(Eksperimentelt arbeid på Solbergstrand)



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

<b>Rapportnummer:</b> 8806804
<b>Undernummer:</b>
<b>Løpenummer:</b> 2196
<b>Begrenset distribusjon:</b>

<b>Rapportens tittel:</b> <i>Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Delrapport 4: Utlekking av kvikksølv og klororganiske forbindelser fra sedimentene, bioturbasjon og biotilgjengelighet (Eksperimentelt arbeid på Solbergstrand).</i>	<b>Dato:</b> 31.01.89
	<b>Prosjektnummer:</b> 8806804
<b>Forfatter(e):</b>  <i>Jens Skei Are Pedersen Torgeir Bakke John Arthur Berge</i>	<b>Faggruppe:</b> <i>Marinøkologisk</i>
	<b>Geografisk område:</b> <i>Telemark</i>
	<b>Antall sider:</b> 114

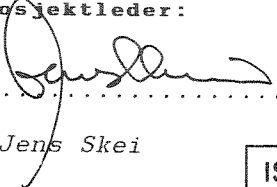
<b>Oppdragsgiver:</b> <i>Hydro Porsgrunn</i>	<b>Oppdragsg.ref.:</b>
---	------------------------

<b>Ekstrakt:</b> <i>Eksperimentelt arbeid med forurensede sedimenter fra Gunnekleivfjorden (Herøya), utført ved NIVA's marine forskningsstasjon, Solbergstrand, har vist at:</i>
<p>i) <i>Sedimentene avgir ubetydelige mengder kvikksølv og klororganiske forbindelser med mindre de virvles opp.</i></p> <p>ii) <i>Blåskjell tok opp kvikksølv først når sedimentene ble oppvirvlet, mens heksaklorbenzen ble tatt opp både før og etter oppvirvling.</i></p> <p>iii) <i>Opptaket av kvikksølv i ål reguleres hovedsaklig ved tilgang på metylkvikksølv. Størst opptak av klororganiske forbindelser skjer når ålen er i fysisk kontakt med forurenset sediment.</i></p>


<b>4 emneord, norske:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Norsk Hydro</i></li> <li>2. <i>Miljøgifter</i></li> <li>3. <i>Deponier</i></li> <li>4. <i>Eksperimentelt arbeid</i></li> </ol>

<b>4 emneord, engelske:</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Norsk Hydro</i></li> <li>2. <i>Pollutants</i></li> <li>3. <i>Deposits</i></li> <li>4. <i>Experimental work</i></li> </ol>

Prosjektleder:

  
.....  
Jens Skei

For administrasjonen:

  
.....  
Tor Bokn

ISBN - 82-577-1486-0

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.

Eksperimentelt arbeid utført på NIVAS marine forskningsstasjon - Solbergstrand i perioden 1 juni - 1 november 1988 med bunnsedimenter fra Gunnekleivfjorden ved Herøya har gitt følgende resultater:

1. Det eksperimentelle opplegget ser ut til å ha gitt svar på de spørsmål som ble stilt ved programmeringen av prosjektet. Det må likevel presiseres at alt eksperimentelt arbeid i redusert skala har sine tolkningsmessige begrensninger.
2. Når sedimentene ikke oppvirvles ved fysiske forstyrrelser og frigivelsen av løse miljøgifter kun skyldes diffusjon av porevann og desorpsjon i mikrosjiktet mellom vann og sediment fås følgende lekkasjerater:

Kvikksølv	:	0.675 kg pr. år
Heksaklorbenzen	:	0.360 " " "
Pentaklorbenzen	:	0.130 " " "
Oktaklorstyren	:	0.108 " " "
Dekaklorbifenyl	:	0.070 " " "

Disse tallene er basert på at miljøgiftene lekker med samme hastighet over et sedimentareal på 0.74 km<sup>2</sup> og at hastigheten er konstant over året.

3. Ved å virvle opp sedimentene under eksperimentene slik at partikkeltransporten økte med en faktor på 3 økte lekkasjen av løst kvikksølv og heksaklorbenzen henholdsvis med en faktor på 25 og 3. I tillegg kommer transporten av miljøgifter knyttet til partikler, som er avhengig av grad av oppvirvling og som langt overskrider lekkasjen av løste miljøgifter under oppvirvling.
4. Forsøkene viser at sedimentenes bidrag av kvikksølv og klororoganiske forbindelser til vannmassene i Gunnekleivfjorden forventes å være små, med unntak av perioder hvor sedimentene forstyrres (f.eks. storm, båttrafikk, bunnfisk etc). Vi må vente at problemet med oppvirvling er størst med hensyn til uvær og båttrafikk på vandyp mindre enn 2 - 3m.
5. Utlekking av miljøgifter fra Gunnekleivsedimenter virker

negativt på grønnalger. Opptak av miljøgifter i blåskjell var høyt både for kvikksølv og klororganiske forbindelser når sedimentene ble forstyrret. Konsentrasjonen av miljøgifter i blåskjell lå over grenseverdier for konsum. Ål tok opp betydelige mengder klororganiske forbindelser hovedsakelig som en følge av direkte kontakt med Gunnekleivsedimentet. Verdiene lå langt over grenseverdier for konsum.

Det eksperimentelle arbeidet på Solbergstrand kan oppsummeres på følgende måte:

- (i) Sedimentprøver (50 x 50cm overflate) fra Gunnekleivfjorden forurensset av kvikksølv (ca. 88mg/kg) og klororganiske forbindelser (ca. 9 mg/kg HCB), ble brukt i eksperimenter for å kvantifisere utlekking og biotilgjengelighet av miljøgifter og hvilke faktorer som påvirker disse prosessene.
- (ii) Utlekkingsforsøkene ble gjennomført ved å lede 50% sjøvann og 50% ferskvann ( $\sim 17\text{‰}$  salt) fra en blandetank i en laminær strøm over sedimentflatene (totalt  $1.5\text{m}^2$ ). Strømhastigheten var ca. 0.5cm/min. og det skjedde ingen oppvirvling av sedimentene. Oppholdstiden av vannet over sedimentflaten ble beregnet til ca. 100 min. ved en normal flow på 24 ml/min pr. sedimentkasse ( $0.25\text{m}^2$ ).
- (iii) Tross liten vannbevegelse og lang oppholdstid ble det ikke registrert netto oksygenforbruk i testvannet.
- (iv) Testsedimentene var oksiske i overflaten (0-1cm) og reduserende ved større dyp.
- (v) Mengden av partikler i testvannet var gjennomsnittlig 0,3mg/l. Det ble ikke registrert noen økning i partikkelmengden etter at vannet hadde passert sedimentflatene (dvs. ingen oppvirvling).
- (vi) Det ble registrert en transport av total nitrogen på  $1\text{mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$  ut av sedimentene, mens lekkasjen av fosfor var ubetydelig. Ved oppvirvling av sedimentene (tilsats av kreps og krabber til sedimentene) økte frigivelsen av både nitrogen og fosfor med 6 - 7 ganger.
- (vii) Når Gunnekleivsedimentene ikke virvles opp, avgir de mindre enn 1 kg løst kvikksølv pr. år (basert på  $0.74\text{km}^2$

sedimentflate). Frigivelsesraten øker med vanntemperaturen.

- (viii) Ved oppvirvling av sedimentene slik at partikkelinnholdet i vannet 10-dobles øker lekkasjen av løst kvikksølv til 17kg pr. år. I tillegg kommer transporten av små partikler med meget meget høyt kvikksølvinnhold (beregnet under eksperimentet til ca. 1000 mg/kg). Størrelsen av denne transporten vil avhenge av grad av oppvirvling, men vil under alle omstendigheter overskride transporten av løst kvikksølv.
- (ix) Frigivelsen av klororganiske forbindelser fra sedimentene er styrt av enkeltkomponenters vannløslighet og konsentrasjon i sedimentet. Lekkasjen av heksaklorbenzen (HCB) ble beregnet til mindre enn 0.5kg pr. år når sedimentene ikke oppvirvles. Lekkasjen av de andre komponentene som ble målt (5CB, OCS, 10-CB) var betydelig lavere enn for HCB.
- (X) Ved oppvirvling av sedimentene økte frigivelsen av løst HCB til ca. 1kg pr. år for Gunnekleivfjordens sedimentflate. I tillegg kommer klororganiske forbindelser i det partikulære materiale (ikke målt).
- (xi) Det ble registrert en meget liten biologisk aktivitet (bioturbasjon) i sedimentene i Gunnekleivfjorden. Forsøk viste at omblending av sedimentet som følge av dyrs aktivitet kan registreres ned til 1.5cm fra overflaten. Ved tilsats av muddersnegl økte blandingsdypet til 3cm.
- (x) Grønnalgen - sjøsalat dyrket i vann som hadde passert Gunnekleivsedimenter, fikk fremskyndet sporedannelsen. Sporedannelse er en naturlig reaksjon på næringsmangel eller stress/giftvirkninger. Utlekking av nitrogen og fosfor fra sedimentene eliminerte næringsmangel som årsak. Ergo må det konkluderes med at det lekker ut miljøgifter fra Gunnekleivsedimenter som virker ugunstig på levevilkårene for sjøsalat.
- (xi) Kvikksølv var lite tilgjengelig for blåskjell når sedimentene forble uforstyrret. Opptak øker til over akseptabelt konsumnivå etter 14dager ved oppvirvling av sedimentene. Opptak skjer også gjennom føden. Klororganiske forbindelser som HCB taes opp selv fra uforstyrrede sedimenter. Under oppvirvling økte opptaket i blåskjell. HCB, 5-CB og OCS viste forhøyete konsentrasjoner. Opptaket via oppvirvlet sediment er langt høyere enn via

forurenset mikroalger og vann. Konsentrasjonen av HCB ligger langt over grenseverdier satt for konsum bl.a i Finland.

- (xii) Kvikksølv taes passivt opp i ål som metyl-kvikksølv. Det er derfor ingen signifikant forskjell i opptak via mat, vann eller via direkte kontakt med Gunnekleivsedimentet. Nivået ligger omtrent på grenseverdien for konsum. Fysisk kontakt med sedimentet hadde størst betydning for opptak av klororganiske forbindelser. Opptak gjennom fôr er viktigere enn via vann. Innholdet av HCB lå langt over det som ansees som høyeste akseptable nivå for konsum.
- (xiii) For å studere hvor HCB fordeler seg i ål ved opptak ble ål sondeforet med radioaktivt merket HCB. HCB ble hovedsakelig gjenfunnet i bukfettet, men spor av HCB ble også påvist i sentralnervesystemet.



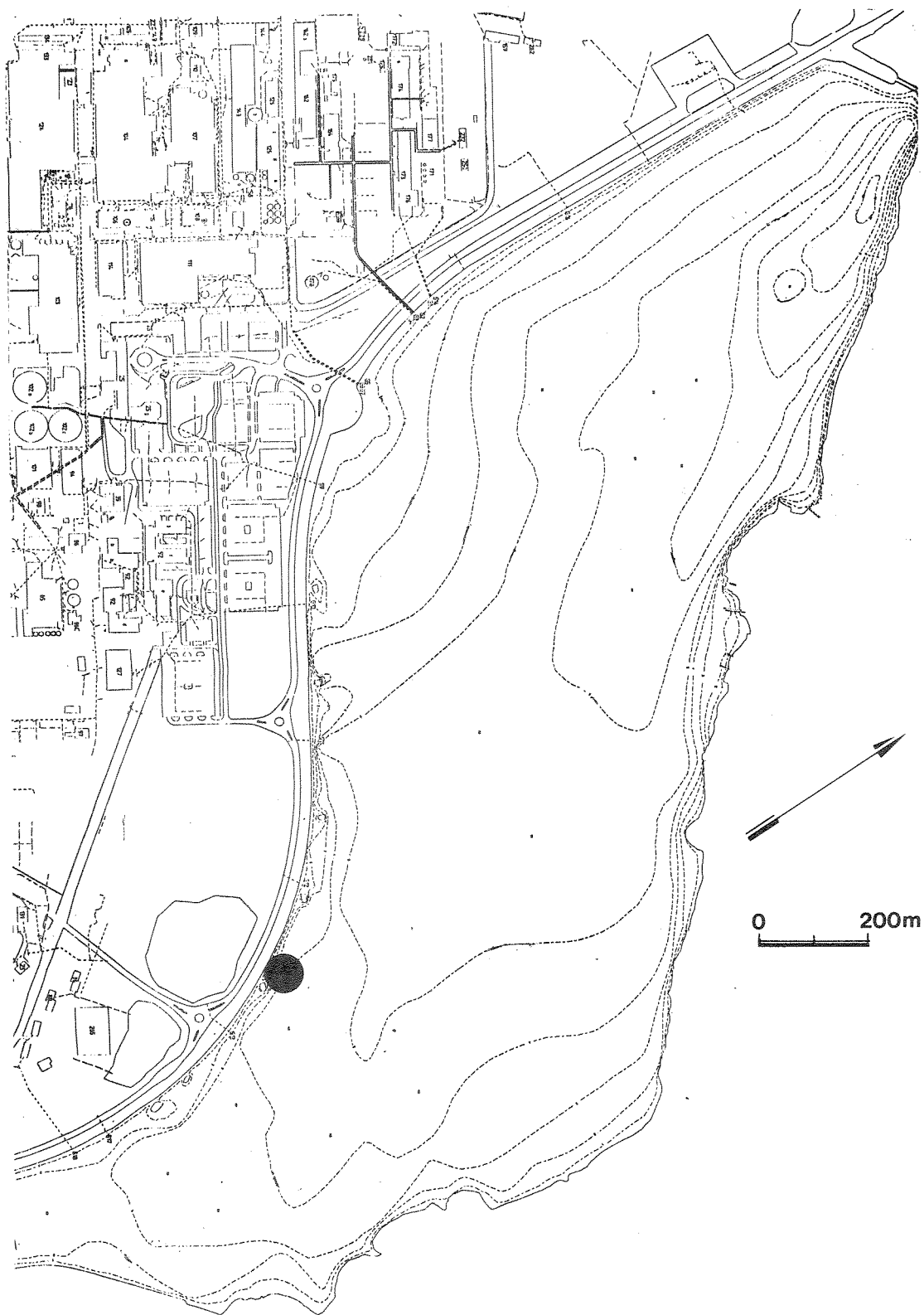


Fig. . Lokalisering av sted for sedimentprøvetaking 25. mai 1988.

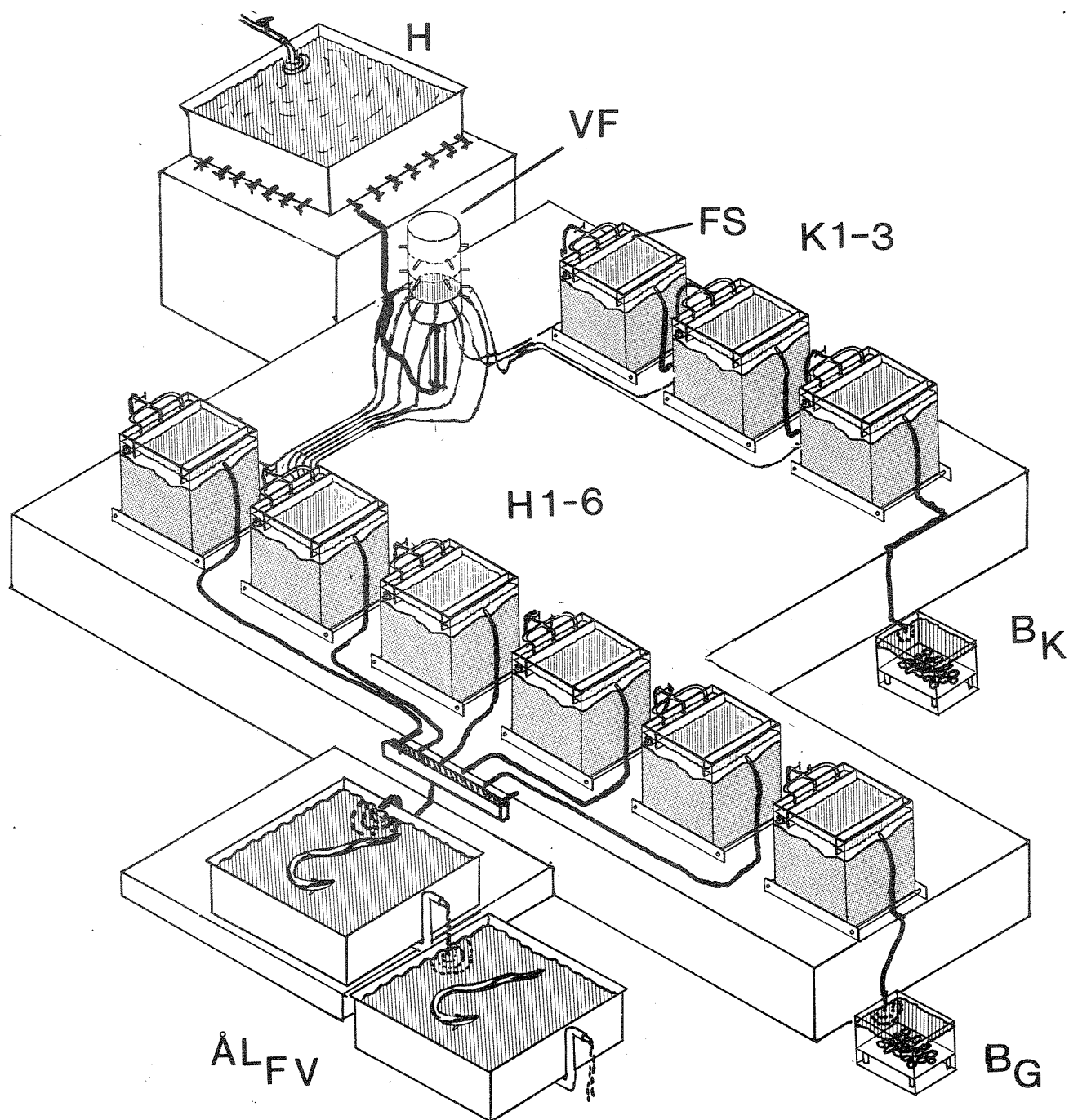


Fig. Eksperimentelt opplegg på Solbergstrand. (H = headertank, 50% sjøvann og 50% ferskvann. FS = Fysisk sperre som tvinger vann i en spalte like over sedimentet. VF = Vannfordeler. K1-K3 = Kontrollprøver fra Oslofjorden. H1-H6 = Sedimenter fra Gunnekleivfjorden. BK = Blåskjell/Kontroll. BG = Blåskjell Gunnekleivfj. ÅLFV = Ål eksponert for forurenset vann.

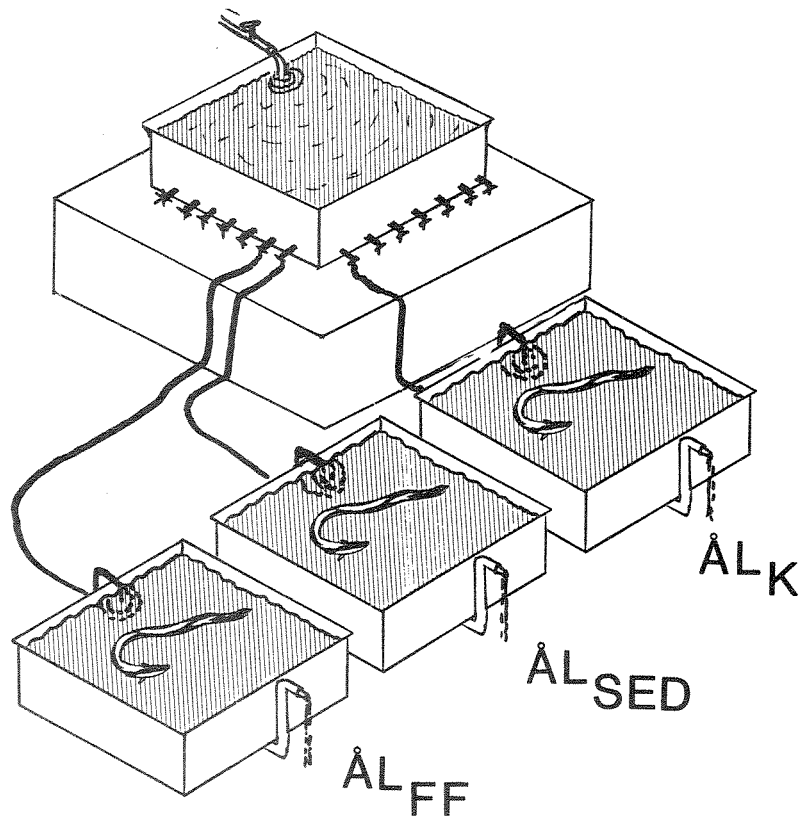


Fig. Eksperimentelt opplegg for åleforsk. ( $\underline{\text{ÅL}}_K$  = Ål/kontroll.  
 $\underline{\text{ÅL}}_{\text{SED}}$  = Ål i fysisk kontakt med Gunnekleivsediment.  
 $\underline{\text{ÅL}}_{\text{FF}}$  = Ål føret med blåskjell fra Frierfjorden/Croftholmen

## FOTOBESKRIVELSE

Øverste figur.

Undervannsbilde av bunnsedimentene på stedet hvor bokscorene ble tatt i Gunnekleivfjorden.

Midtre figur.

Oversiktsbilde fra eksperimenthallen på Solbergstrand. De tre sedimentkassene lengst til høyre er kontrollsedimentene fra Oslofjorden. De seks kassene i midten er fra Gunnekleivfjorden og de lengst til høyre er fra Sørfjordprosjektet. Headertanken sees i bakgrunnen (midt i bildet).

Nedre figur.

Bildet viser Rhodamin-forsøk. Fargestoffet beveger seg i laminær strøm langs bunnen under plexiglass-sperren som sees til høyre og venstre på bildet.

