

RAPPORT LNR 3367-95

**Resipientgransking**  
i Lurefjorden

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-95040	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3367	

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

<b>Rapportens tittel:</b> Resipientgransking i Lurefjorden.	<b>Dato:</b> november <b>Trykket:</b> NIVA 1995
	<b>Faggruppe:</b> Miljøgifter sjøvann
<b>Forfatter(e):</b> Evy Rigmor Lømsland Tone Jacobsen Jarle Molvær Eivind Oug	<b>Geografisk område:</b> Hordaland
	<b>Antall sider:</b> 60 <b>Opplag:</b>

<b>Oppdragsgiver:</b> Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsselskap I/S	<b>Oppdragsg. ref.:</b> Harald Johansen
--	--

Ekstrakt: I samband med utslepp av sigevatn frå Kjevikdalen avfallsplass er det gjort ei resipientgransking med stasjonar i Lurefjorden, Kråkeosen og Kjevika. Granskinga omfattar gransking av botnsediment, organismar i strandsona og modell-berekningar av utsleppet frå sigevassleidningen. Målsetjinga var å gje ein status for miljøforholda i 1995 og sjå på endringar sidan siste gransking i 1989. Forholda i sedimentet var spesielt dårlege ved munningen av Kjevika der sigevatnet blir sloppe ut, med ei klar forverring på dei seks siste åra. Ei viss forverring kunne også sporast i Kråkeosen. Der var ingen klare teikn på forandring i Lurefjorden eller inst i Kjevika. Blåskjel frå munningen av Kjevika inneheldt akkumulerte oljehydrokarbonar. Berekningar viste at sigevatnet for det meste vil bli innlagra utan å nå til overflata. Influensområdet for sigevatt-utsleppet vil oftast liggje innanfor ein avstand på 500-1000 m frå utsleppspunktet.

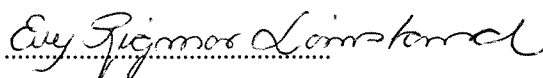
4 emneord, norske

1. Avfallsplass
2. Sigevatn
3. Resipientgransking
4. Marint miljø

4 emneord, engelske

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Evy Rigmor Lømsland

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2897-7

**O-95040**

# **Resipientgransking i Lurefjorden**

**Bergen 13.12.95**

## **Forord**

*Rapporten er utarbeidd av NIVA på oppdrag av Nordhordland og Gulen interkommunale renovasjonsverk (NGIR). Rapporten inneheld ei vurdering av miljøforholda av området nær utsleppspunkta for sigevatn og overflatevatn frå Kjevikdalen avfalls plass.*

*Harald Johansen har vore kontaktperson hos NGIR.*

*Hos NIVA har følgjande personar vore involvert: Evy R. Lømsland har vore prosjektleiar, har samanfatta rapporten og vore ansvarleg for vurdering og rapportering av dei kjemiske analysane. Jarle Molvær har vore ansvarleg for modellberekningar av sigevatnets innlagringsdjup og fortynning og rapportering av dette. Botnfaunadelen er rapportert av Eivind Oug. Tone Jacobsen har vore ansvarleg for utføring og rapportering av fjæregranskinga. Torbjørn M. Johnsen har utført feltarbeidet med unntak av fjæregranskinga. Sortering og bearbeiding av botnfaunaprøvene er utført av Brage Rygg. Pirkko Rygg har artsbestemt polychaetene. Einar Nygaard assisterte under fjæreundersøkinga og Inger Midttun er ansvarleg for redigering av rapporten. Roger Konieczny har kome med verdfulle kommentarar og innspel til miljøgiftdelen.*

# Innholdsliste

<b>SAMANDRAG</b> .....	6
<b>1. BAKGRUNN</b> .....	8
<b>2. MÅL FOR GRANSKINGA</b> .....	8
<b>3. FORUREININGSTILFØRSLER</b> .....	8
<b>4. FELTARBEID, STASJONAR OG HYDROGRAFI</b> .....	9
<b>5. BEREKNING AV SIGEVATNETS INNLAGRING OG FORTYNNING</b> .....	12
5.1. METODIKK .....	12
5.2. DATA .....	13
5.3. RESULTAT .....	14
<b>6. KJEMISKE ANALYSAR</b> .....	17
6.1. MATERIALE OG METODAR .....	17
6.2. RESULTAT, VURDERINGAR OG KARAKTERISERING AV TILSTAND.....	17
6.2.1. <i>Organisk karbon og nitrogen</i> .....	17
6.2.2. <i>Metall</i> .....	19
6.2.2.1. <i>Metall i sediment</i> .....	19
6.2.2.1.1. <i>Metallforekomstar</i> .....	19
6.2.2.1.2. <i>Oppsummering metall i sediment</i> .....	22
6.2.2.2. <i>Metall i organismar</i> .....	23
6.2.3. <i>THC</i> .....	23
6.2.4. <i>PAH-polysykliske aromatiske hydrokarbon</i> .....	24
6.2.5. <i>PCB-polyklorerte biphenyler</i> .....	26
<b>7. BLØTBUNNSFAUNA</b> .....	27
7.1. METODIKK .....	27
7.1.1. <i>Prøvetaking</i> .....	27
7.1.2. <i>Analysemetodar</i> .....	27
7.1.3. <i>Talbehandling</i> .....	27
7.2. RESULTAT .....	28
7.2.1. <i>Prøvetaking</i> .....	28
7.2.2. <i>Botnsediment</i> .....	28
7.2.3. <i>Botnfauna</i> .....	30
7.3. VURDERING AV RESULTATA.....	34
<b>8. FJÆREGRANSKINGA</b> .....	35
8.1. KORT OM TYPEN GRANSKINGAR.....	35
8.2. STASJONSVAL .....	35
8.3. PRØVETAKING OG TALLBEHANDLING .....	35
8.4. RESULTAT .....	36
<i>Stasjonsomtale</i> .....	36
<i>Artstal</i> .....	37
<i>Prosentvis forhold mellom raud-, brun- og grønalgar</i> .....	37
<i>Diversitet og dominans</i> .....	37
8.5. VURDERINGAR.....	39

<b>9. SAMANFATTANDE OPPSUMMERING .....</b>	<b>44</b>
<b>10. LITTERATUR.....</b>	<b>46</b>
<b>APPENDIKS.....</b>	<b>47</b>
APPENDIKSTABELL 5.1 RESULTAT AV INNLAGRINSBEREKNINGANE FOR UTSLEPP. ....	48
APPENDIKSTABELL 6.1. KOPI AV SFT-VEILEDNING NR. 93:02.....	49
APPENDIKSTABELL 6.2. METALLVERDIAR I SEDIMENT FOR KVAR ENKELT PRØVE.....	53
APPENDIKSTABELL 6.3. METALLVERDIAR I BLÅSKJEL OG SAGTANG. ....	54
APPENDIKSTABELL 7.1. LUREFJORD 1995. FULLSTENDIGE ARTSLISTER FOR BLØTBUNNFAUNA .....	55
APPENDIKSTABELL 8.1. FULLSTENDIG ARTSLISTE OVER REGISTRERTE ALGER OG FJÆREDYR I LUREFJORDEN 9.6.95.....	58

## Samandrag

Målsetjinga med granskinga var å gje ein status for miljøforholda i 1995 ut frå fastlagde stasjonar, sjå om miljøet hadde endra seg sidan den siste granskinga i 1989 og gje eit referansemateriale for framtidige granskningar. Det blei tatt prøver i Kjevika, Kråkeosen og Lurefjorden. I tillegg blei det gjort modellberekningar på utsleppet frå sigevassleidningen frå Kjevikdalen avfallsplass med omsyn til innlagringsdjup, fortynning og spreining.

Modellberekningane synte at innlagringsdjupet for sigevatnet med dei vassmengdene som oftast går i sigevassleidningen, generelt vil liggje mellom 15 og 25 meter, oftast kring 20 meter, og ikkje trenge høgare opp enn til 10-15 meters djup. Generelt tyder dette at berre kjemiske stoff som er uløselege i og lettare enn vatn, for eksempel olje, vil kunne stige opp til overflata og påverke organismane i strandsonen. Influensområdet for utsleppet vil oftast liggje innafør ein avstand på 500-1000 m frå utsleppspunktet.

Forholda på stasjonane i fjæra inst i Kjevika må ein gå ut i frå gjenspeglar moglege effekter av forureininga av overflatevatnet frå avfallsplassen. Sedimentanalysane syner låge konsentrasjonar av tungmetall i indre del av Kjevika og forholda kan betraktast som "gode" med omsyn til tungmetallbelastning. THC-verdiar over bakgrunn blei registrert på ein av dei tre stasjonane, noko som indikerer ei viss påverking av forureiningsrelaterte hydrokarbon.

Fjæregranskinga i Kjevika synte unormale artsførekomstar av algar. Forholda er verst inst i botn av Kjevika og betrar seg utover mot Kjeviktangen, men artsførekomstane synte også her ein påverknad. Relativt lite tang og overvekt av trådforma brun- og grønalgar kan tyde på rike næringsforhold, ferskvasstilførsel og svak vassrørsle.

Ytst i Kjevika, der sigevatnet vert sloppe ut, synte analysane av blåskjel/sagtang frå strandsona på begge sider av munningen liten/ingen akkumulering av tungmetall. Dette er i samsvar med modellberekningane som synte at sigevatnet ikkje stig opp til overflata, noko som gjer at organismane i strandsona ikkje kan bli påverka av vassløselege komponentar i sigevatnet. Resultata syner elles at ein eventuell påverknad frå overflateutsleppet inst i Kjevika er svært liten. Mengda totale hydrokarbon (THC) i blåskjela ligg derimot over det som kan betraktast som bakgrunnsverdiar, og PAH-analysen syner i tillegg ei opphoping av oljehydrokarbon i skjela.

Dei to sedimentstasjonane ytst i Kjevika på kvar side av utløpet av sigevassleidningen var klart påverka av utsleppet, og forholda er blitt forverra i løpet av dei siste seks åra. Spesielt var forholda dårlege på austsida kor det finst emmen lukt og boss frå fyllplassen i prøvene. Sedimentet på stasjonane bestod av sand/skjelsand med høgt til svært høgt organisk innhald. Faunaen på stasjonane var artsrik, men var tydeleg påverka av tilførslene. Tungmetallverdiane synte konsentrasjonsauke på opp til 3-7 gonger sett i forhold til førekomstane for seks år sidan og konsentrasjonane for fleire av metalla plasserer sedimentet på austsida i tilstandsklassen "nokså dårlig". Konsentrasjonane av totale hydrokarbon var desidert høgast ytst i Kjevika, respektive 6-9 gonger høgare enn i Kråkeosen. Verdiane tyder på "moderat påvirkning" med forureiningsrelaterte hydrokarbon.

Også i Kråkeosen bar faunaen preg av ei viss organisk anriking. Tungmetallanalysane i sediment synte for fleire av metalla ein auke i førekomstane. Verdiane låg generelt på eit nivå som gir sedimentet karakteristikken "mindre godt". Sedimentet frå Kråkeosen blei også analysert med omsyn til PAH og PCB. Førekomstane av PCB var relativt låg, men kvalifiserer likevel til karakteristikken "mindre god". THC-førekomstane synte at stasjonen var påverka av oljerelaterte hydrokarbon.

$\Sigma$ PAH låg på eit nivå som ut frå SFT sine kriterie gir sedimentet i Kråkeosen karakteristikken "mindre godt", og verdiane for dei enkelte stoffa syner at komponentar som er karakteristisk for ufullstendig forbrenning av fossilt brensel utgjer 85 %. Førekomsten av benzo(a)pyren som er eit modellstoff for dei kreftframkallande komponentane, var på eit nivå som ligg på grensa mellom tilstandsklassene "mindre god/nokså dårlig".

Stasjonen i Lurefjorden blei ved siste gransking berre sett på med omsyn til botnfauna og organisk materiale. For desse parameterane synte granskinga ingen endring av forholda, men det organiske innhaldet i sedimentet er høgt. Analysane av tungmetall syner førekomstar som stort sett gir sedimentet tilstandsklasse "mindre god", mens førekomsten av bly var høgare og ligg innafor området til tilstandsklasse "nokså dårlig". Sett i høve til ei relativt lita sigevassmengde, fortynning og avstand til munningen av sigevassleidningen er det vanskeleg å kunne relatere førekomstane på denne stasjonen til sigevassutsleppet frå avfallsplassen direkte.

Undersøkinga viser ein klart uønska trend som bør følgjast opp med ei ny undersøking om 3-4 år med eit utvida stasjonsnett. Dette bør gjærast for betre å få kartlagt influensområdet. Stasjonane nær munningen av avlaupsleidningen bør analyserast med hensyn på PAH og PCB.



# 1. Bakgrunn

Bakgrunn for granskinga var ein førespurnad frå Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsselskap I/S (NGIR) om ei resipientgransking i indre del av Lurefjorden, Kråkeosen og Kjevika for kontroll av miljøforholda i nærområdet til sigevassutsleppet frå Kjevikdalen avfallsplass. Avfallsplassen har eksistert sidan årsskiftet 1982/1983. Granskinga blei gjennomført etter eit pålegg frå Miljøvernavdelinga ved Fylkesmannen i Hordaland.

Resipientgranskinga omfattar kjemiske analysar av sedimentet og registrering av bløtbunnsfaunaen. I tillegg er det gjort ei fjæregransking for å vurdere eventuelle effektar av sigevatn og overflatevatn frå Kjevikdalen avfallsplass på gruntvassområde. Granskingar av fastsitjande planter og dyr i fjæra gir som regel eit godt grunnlag for å gjere greie for tilstanden i overflatevatnet, ettersom dei må vere tilpassa forholda på staden. Det er vidare gjort modellberekningar av sigevatnets innlagringsdjup og fortynning.

Val av parametrar er gjort i henhald til krav frå Miljøvernavdelinga.

Resipienten blei sist granska i 1989 (Johannessen et al.1990)

## 2. Mål for granskinga

- Granskinga skal :
- 1) Gi status for miljøforholda i 1995.
  - 2) Sjå om miljøet har endra seg sidan dei siste granskingane.
  - 3) Gi eit referansemateriale for framtidige granskingar.

## 3. Forureiningstilførsler

Sigevatn frå Kjevikdalen avfallsplass blir tilført resipienten på to ulike måtar. Vatn frå botnen av fyllinga går gjennom eit betongrør (200 mm MUVA-mufferør) ned til ein sigevassdam med kum nedafor fyllinga. Kummen ligg i skråninga inst i Kjevika, og sigevatnet blir herfrå leidd gjennom ein ca. 450 m lang utsleppsleidning (280 mm PEH-rør) ut gjennom Kjevika til Kjeviktangen og sleppt ut på 30 meters djup (jfr. kart fig 3.1). I tillegg blir overflatevatn frå fyllinga ført ned til Kjevika og sloppe ut i ein bekk der. Det førekjem såleis to slags utslepp, eit overflateutslepp inst i Kjevika og eit utslepp på 30 meters djup ved munningen av Kjevika.

Avløpsmengda varierer med nedbøren. Månadsgjennomsnitt for avløpsleidningen ligg hovudsakleg under 10 l/s (data frå NGIR). Enkeltregisteringar syner at vassmengda berre sporadisk overstig 50 l/s og da berre i korte periodar (timar).

Mengda overflatevatn som vert sleppt ut, ligg noko høgare, men månadsgjennomsnittet ligg under 20 l/s. Enkeltregisteringar syner at verdiar på 360 l/s kan finst heilt sporadisk innafor eit særskilt tidsintervall.

Dei kjemiske analysane (data frå NGIR) syner overkonsentrasjonar av både næringssalt og tungmetall, noko som er vanleg i avløpsvatn frå avfallsplassar. Ut frå dei tilgjengelege data er verdiane med få unntak betydeleg høgare i avløpsvatnet i sigevassleidningen enn i overflatevatnet i bekken. Dataene syner at særleg tungmetallkonsentrasjonane varierer sterkt med store forskjellar mellom maksimums- og minimumsverdiane.

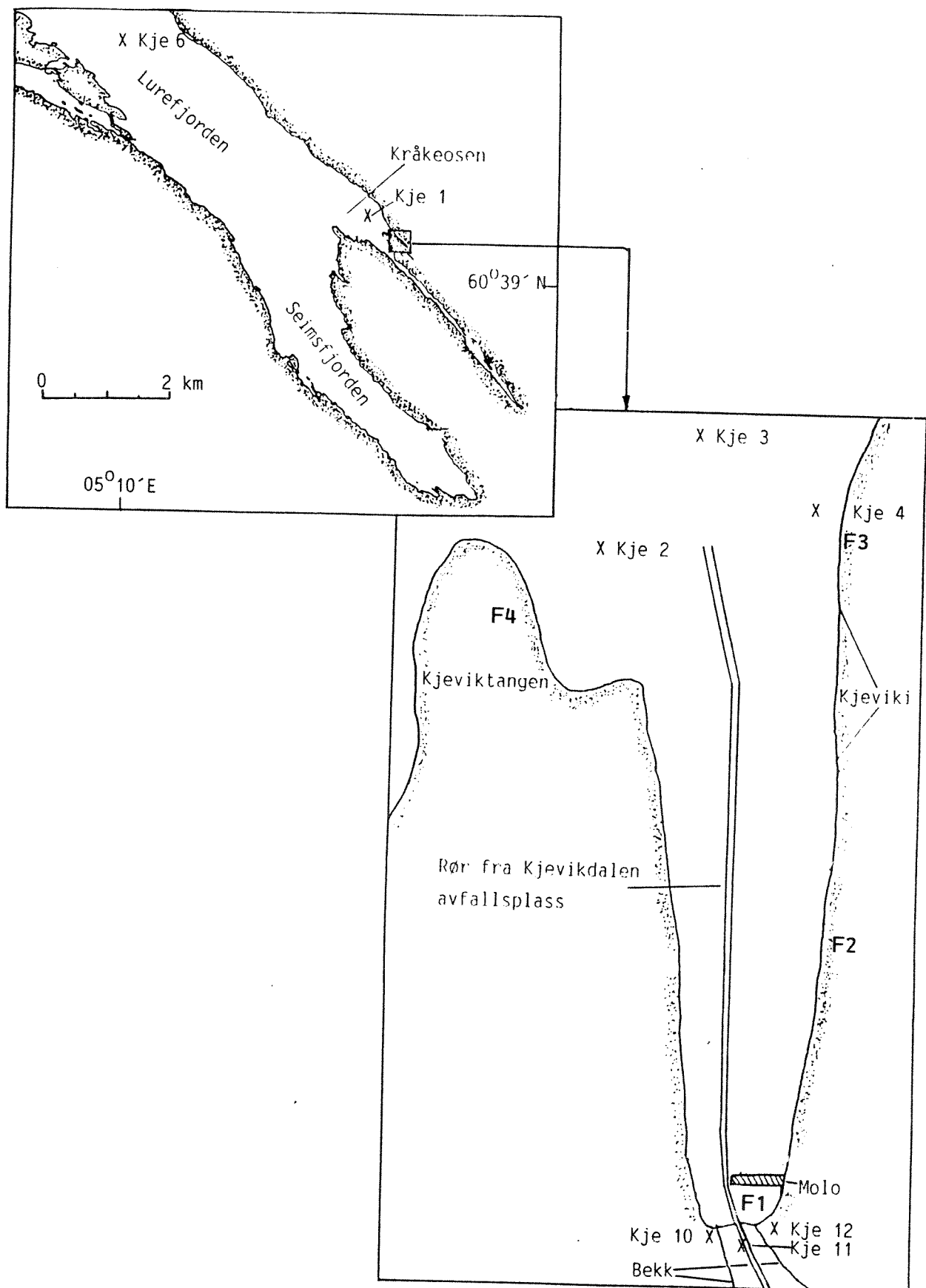
## 4. Feltarbeid, stasjonar og hydrografi

Hovudinnsamlinga blei gjort 29-30.03.95 ved bruk av M/S "Solvik" med Leon Pedersen som skipper. Driftssjef Harald Johansen frå NGIR var med under feltarbeidet. Fjæregranskinga måtte på grunn av algane sin sesongmessige førekomst utstå til sommarsesongen og blei gjennomført 09.06.95.

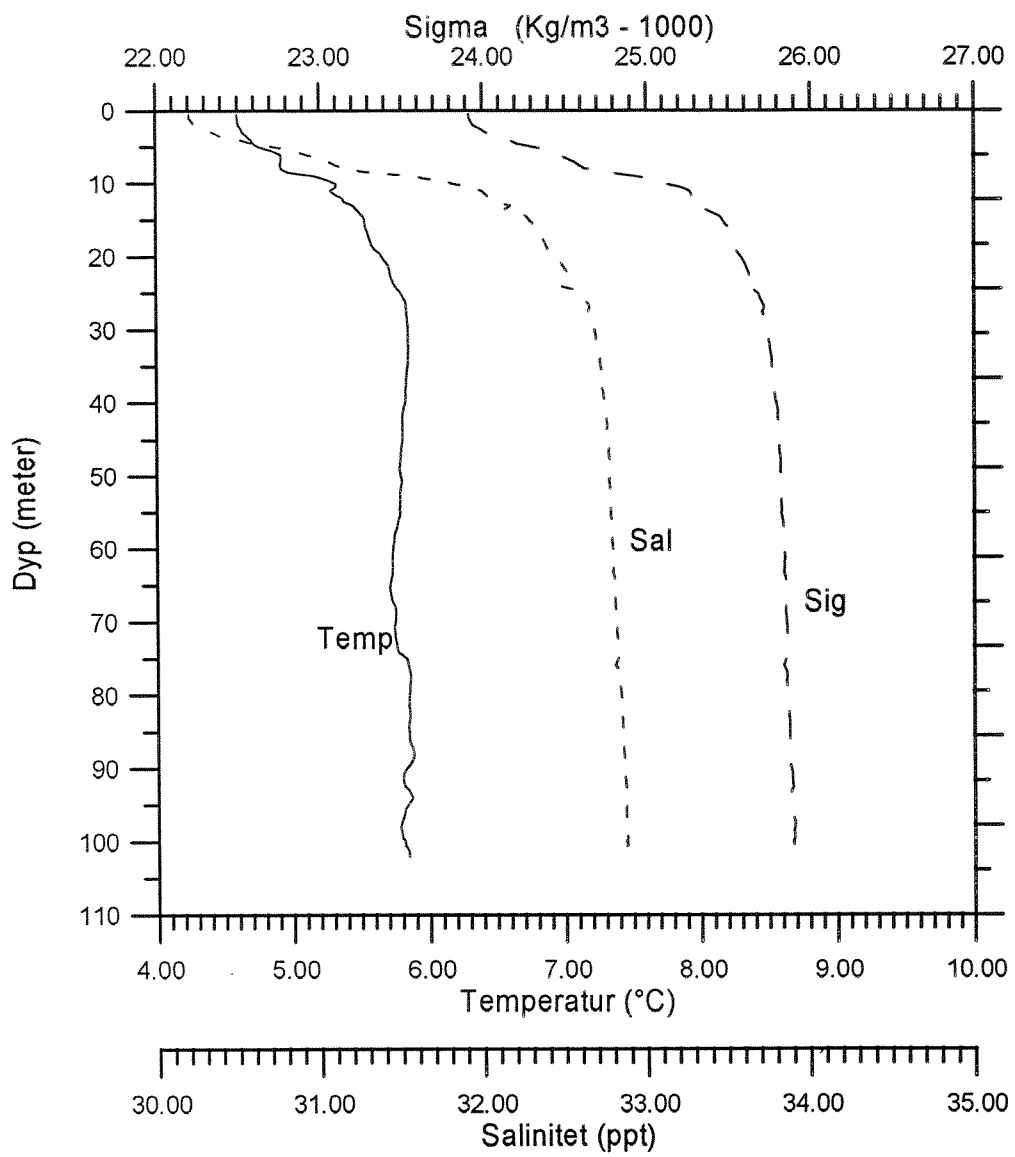
Stasjonane er dei same som i den tidlegare granskinga i Lurefjorden (Johannessen et al. 1990). Fig. 3.1 syner ei oversikt over stasjonane.

Metodikk er omtalt under dei ulike hovudkapitla.

Det blei kjørt ein vertikalprofil 29.03.95 med ein sjølvregistrerande sonde som registrerer salinitet og temperatur som funksjon av djup på st. KJE1 (Kråkeosen). Resultata er synt i fig. 4.1 og syner eit noko ferskvasspåvirka vatn i dei øvste 10 metrane med salinitet i overflata rundt 30 ‰. Under sprangsjiktet var vatnet relativt homogent.



**Figur 3.1.** Kart over området (frå Johannessen et al. 1990). Stasjonane KJE1, KJE2, KJE4, KJE6, KJE10, KJE11, KJE12 blei prøvetatt både i 1989 og i denne granskinga. Stasjonane F1, F2, F3, F4 er vårt stasjonsnett for fjæregranskinga.

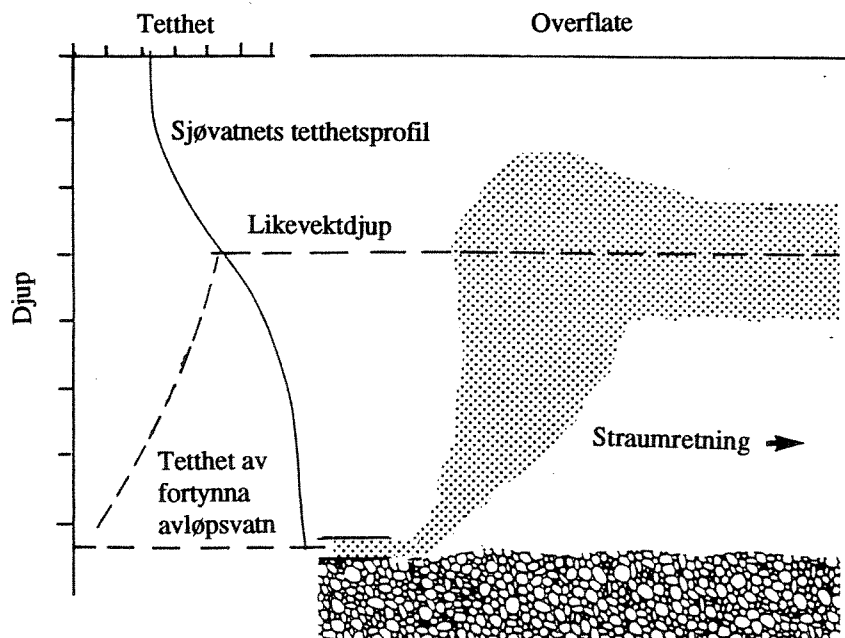


**Figur 4.1.** Hydrografiske forhold på KJE1 under feltarbeidet 29.03.95.

## 5. Bereking av sigevatnets innlagring og fortynning.

### 5.1. Metodikk

Sigevatn har i praksis same eigenvekt som ferskvatn, og er dermed lettare enn sjøvatn. Ved utslepp på djupt vatn i ein fjord vil derfor sigevatnet straks stige opp mot overflata mens det blandar seg med det omkringliggjande sjøvatnet. Dermed aukar både volum og eigenvekt av denne "blandingsvassmassen" mens den raskt rører seg oppover i vassøyla. Dersom fjordvatnet er lagdelt, dvs. det er lettare vatn over tyngre vatn, vil sigevatnet oftast ikkje nå opp til overflata. Grunnen er at eigenvekta til blandingsvassmassen (sigevatn + sjøvatn) etterkvart blir lik eigenvekta til det omgjevande sjøvatnet. Då stoppar den vertikale oppstiginga og skya av fortynna sigevatn spreier seg horisontalt utover, mens den fortynnast vidare. Vi seier at sigevatnet vert **innlagra**. Dette er illustrert i fig. 5.1.



**Figur 5.1.** Illustrasjon av korleis sigevatn vert innlagra i ei lagdelt vannmasse.

Fastsetjing av innlagring og primærfortynning er utført med eit EDB-program, JETMIX utarbeidd av Bjerkeng og Lesjø (1973). Programmet reknar fortynning og innlagringsdjup for ein enkel stråle sigevatn i ein sjikta resipient, på basis av hydrografiske profilar i resipienten og data om strålen i utløpet. Programmet gir det nivået der sigevatnets eigenvekt er den same som omgjevnaden si eigenvekt. Sigevatnets vertikale rørsle-energi medfører at det stig noko forbi dette "likevektsdjupet", før det sig tilbake og vert innlagra.

- Dataprogrammet fastset den teoretisk høgaste opptrenging på to måtar:
- ved fortsatt fortynning etter at likevektsdjupet er "passert" (EQS).
  - utan blanding eller friksjon etter at likevektsdjupet er "passert" (GRAV).

Det første metoden (EQS) gir truleg mest sannsynleg resultat.

## 5.2. Data

Tabell 5.1 oppsummerer dei data som utsleppet er vurdert ut frå.

**Tabell 5.1.** Utsleppsdata.

Vassmengde (l/s)	4, 13, 50
Rørdiameter (mm)	200 <sup>1</sup> , 280
Utsleppsdjup (m)	30

<sup>1</sup> Denne diameteren blei brukt for 4 l/s, fordi ein da får inntrenging av sjøvatn i leidningen, og såleis ikkje brukar hele leidningens tverrsnittareal.

Lengda på leidningen er 450 m.

Vi har til rådvelde målte vertikalprofilar av temperatur og salinitet frå i alt 12 tidspunkt. Datoane er synt i tabell 5.2.

**Tabell 5.2.** Profil nr. og tilhøyrande dato

Profil nr.	Dato	Profil nr.	Dato
1	29.6 1989	7	24.1 1990
2	26.9 1989	8	28.2 1990
3	19.10 1989	9	13.4 1990
4	6.11 1989	10	24.5 1990
5	16.11 1989	11	20.7 1990
6	13.12 1989	12	6.4 1995

Dataene inneheld altså 11 profilar fordelt nokolunde jamt over ca. 1 år (1989 - 1990), samt ein profil frå våren 1995. For profil nr 1-3 og 5 er det gjort målingar i forholdsvis få djup (0 m, 5 m djup og deretter med 15-40 meters djupneintervall). Berekningane med desse profilane vil ha større uvisse enn for dei andre profilane, som har data for kvart 2-5 meters intervall.

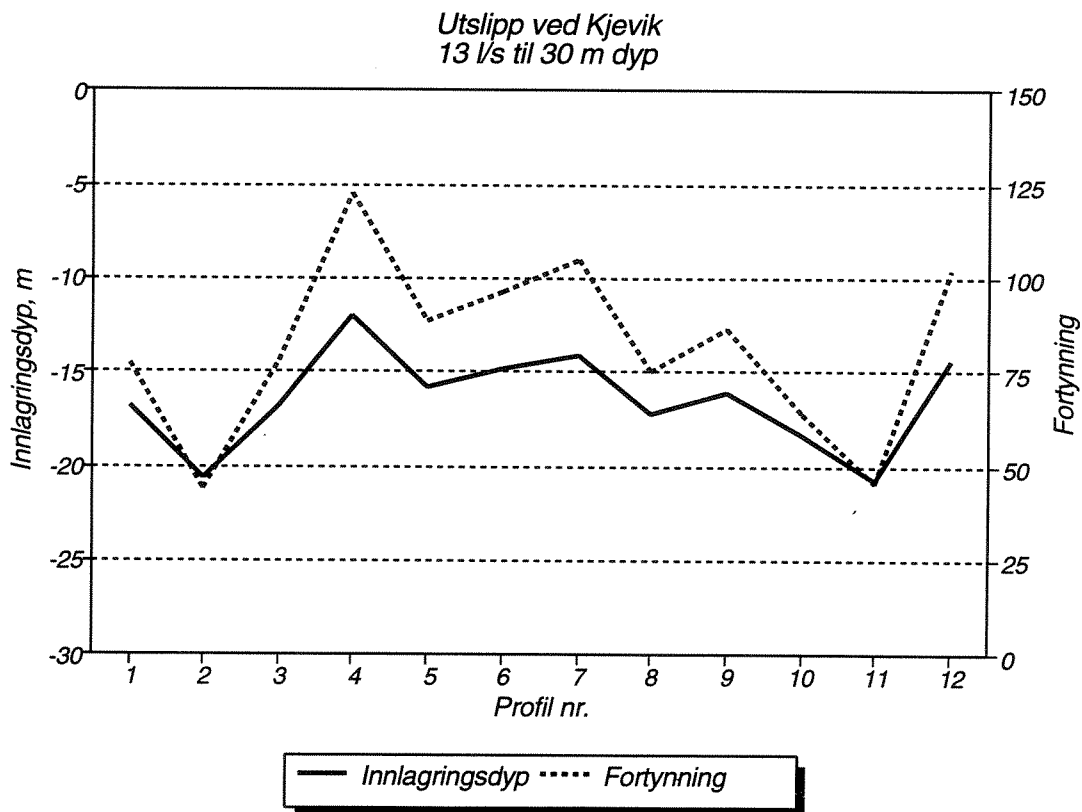
### 5.3. Resultat

#### Innlagring og fortynning

Fig. 5.2 syner resultatane av berekningane av innlagringsdjup og primærfortynning for utslipp av 13 l/s ved bruk av JETMIX-programmet. Det er utført berekningar for alle tolv vertikalprofilane. Alle resultatane - også for 4 l/s og 50 l/s er synt i appendikstabell 5.1, som også inneheld berekningar av ekstremdjupa (EQS og GRAV). Tabell 5.3 samanfatar resultatane for dei tre vassmengdene.

Ein bør vere merksam på at gjennomsnittleg fortynning i innlagringsdjupet truleg er 1.5-1.7 x fortynninga midt i skya (Fig. 5.2, tabell 5.3 og appendikstabell 5.1 syner fortynninga i sentrum av skya).

Fortynninga aukar med avtakande innlagringsdjup fordi avstanden mellom utslippsdjupet og innlagringsdjup (strekninga kor sigevatn og sjøvatn blandast) då aukar.



**Figur 5.2.** Innlagringsdjup og primærfortynning ved utslipp av 13 l/s i 30 m djup.

**Tabell 5.3.** Samanfating av berekningane av innlagringsdjup og primærfortynning. Fortynninga er gitt som minimum, maksimum og gjennomsnitt (i parentes).

Vassmengde l/s	Gjennomsnittleg innlagringsdjup	Høgaste opptrenging	Primærfortynning
4	20 m	14 m	63-163 (125)
13	17 m	8 m	44-122 (82)
50	13 m	2 m	26-82 (52)

#### Verknad på vasskvaliteten etter primærfortynning av sigevatnet

Vurdering av konsentrasjonane av forureina stoff etter primærfortynninga er hefta med uvisse fordi alle forhold varierer sterkt med tida (sigevassmengde frå ca. 1-65 l/s, konsentrasjonar i sigevatnet, fortynning, konsentrasjonar i fortynningsvatnet m.m.). Likevel vil det vere nyttig med berekningar for å syne dei konsentrasjonane ein kan vente.

For å vurdere konsentrasjonane i innlagringsdjupet, etter primærfortynninga men før avløpsvatnet spreist og fortynnast vidare, har vi brukt målte konsentrasjonar i sigevatnet i 1993-94 (data frå NGIR I/S), venta konsentrasjonar i sjøvatnet mellom 10 m og 25 m djup og lågaste, gjennomsnittlege primærfortynning (75x) ved "normal" avrenning (senterfortynning  $44 \times 1.7 = 75$ , jfr. tabell 5.3). For sigevatnet har vi brukt høgaste og minste konsentrasjon. Resultatet av berekningane er synt i tabell 5.4.

Det finst ikkje vasskvalitetskriterium for bedømming av nitrogen- og fosforkonsentrasjonar i mellomliggande vasslag i ein fjord. Generelt vil konsentrasjonane der vere høgare enn i overflatelaget. Særleg gjeld det sommarhalvåret. Men for å illustrere storleiken, har vi i tabell 5.4 likevel jamført konsentrasjonane med vasskvalitetsklassene for overflatevatn i vinterhalvåret (jfr. Appendikstabell 5.1).

**Tabell. 5.4** Berekna gjennomsnittleg konsentrasjon i skya ved utslepp av 13 l/s og låg primærfortynning (75x) og Høg og Låg målt konsentrasjon i sigevatnet. I parentes står tilhøyrande vasskvalitetsklasse for overflatevatn vinterstid (Rygg & Thelin 1993).

Parameter	Sigevatn	Sjøvatn	Høg	Låg
Total nitrogen (mgN/l)	95-46	0.25	1.5 (V)	0.85 (IV)
Ammonium (mgN/l)	81-38	0.03	1.1 (V)	0.5 (V)
Total fosfor (mgP/l)	0.45-0.13	0.02	0.025 (III)	0.021 (II)
Kjemisk oksygenforbruk (mgO/l)	115-162			
Kvikksølv (µg/l, berre 1 prøve)	3.2	0.002	0.044(V)	

Ved ei slik samanlikning finn vi altså at høg konsentrasjon for total nitrogen og ammonium i tabell 5.4 (altså umiddelbart etter primærfortynninga) svarer til klasse V ("Meget dårlig"). Total fosfor fell i klasse III ("Nokså dårlig") og kvikksølv i klasse V ("Meget dårlig"). Med andre ord: ein



betydeleg lokal påverknad i innlagingsdjupet. Det må bemerka at den kvikksølvkonsentrasjonen som er brukt i berekningane, er svært høg. Etersom der er få analyser tilgjengeleg på kvikksølv, er det vanskeleg å sei kor representativ den er. Sannsynlegvis er verdien ikkje representativ, men det bør vurderast å gjere ein analyseserie over tid på kvikksølvforekomstane i sigevatnet for å kontrollera dette.

Låg konsentrasjon i sigevatnet og same fortynning gir lågare klasser for total nitrogen og totalfosfor, men ikkje for ammonium.

Dersom ein legg høg fortynning og høg konsentrasjon til grunn for berekningane ( $122 \times 1.7 \approx 200x$ ), fell total nitrogen, ammonium og total fosfor i klasse IV, V og I.

Sjølv om vi her har samanlikna med SFTs kriterium for overflatekonsentrasjonar vinterstid, illustrerer resultatane at konsentrasjonane i eit begrensa område (noen titals meter) etter primærfortynninga er så høge at vasskvaliteten i innlagingsdjupet er "Dårlig - Meget dårlig".

#### Verknad på vasskvaliteten i fjernsona

For å sjå på den vidare fortynninga med tilhøyrande konsentrasjonar har vi brukt dataprogrammet PLUMES som det amerikanske miljøverndirektoratet (EPA) tilrår (Baumgartner et al., 1994). Programmet bereknar primærfortynning og vidare fortynning og konsentrasjonar basert på konsentrasjonar i sigevatn og sjøvatn, samt strømfart og turbulent blanding. Golmen (1991) fant at strømfart i 18 m var varierende, men i gjennomsnitt lav (ca. 3 cm/s). Iblant kunne likevel strømfarten nå 20 cm/s. Vi legg 5 cm/s til grunn for våre berekningar. Av mangel på konkrete data om storleiken av den turbulente blandinga (diffusjon) i området, bruker vi  $0.0003 \text{ cm}^{2/3}/\text{s}$  som er noko mindre enn EPAs anbefalte koeffisient for kystfarvatn ( $0.000453 \text{ cm}^{2/3}/\text{s}$ ).

Berekningar er gjort for høge konsentrasjonar av total nitrogen, total fosfor og kvikksølv (jfr. tabell 5.4), og ut til 1000 m avstand frå utsleppet. Tabell 5.5 oppsummerer resultatane for situasjonen for hydrografi 20.7.90, og gir minimal fortynning, og dermed maksimal konsentrasjon. Tabellen gjengir konsentrasjonen i skyas sentrum, dvs. den maksimale konsentrasjonen i sky. Gjennomsnittleg konsentrasjon for skya får ein ved å dele max. konsentrasjon med ca. 1.7 (talet vil auke i skyas lengderetning). Tabellen syner altså resultatet ved ein kombinasjon av ugunstige faktorar (høg konsentrasjon i sigevatnet, sterk sjiktning og svak strøm og dermed minimal fortynning), dvs. eit "verste-tilfelle".

**Tabell 5.5.** Vasskvalitetsklasse (Rygg & Thelin 1993) i sentrum av skya ved varierende avstand frå utsleppspunktet. For spesifisering av klassene, sjå Appendix 5.1. Skyas vertikale breidde er 5-7 m og ligg på ca. 20 m djup.

Stoff	"Meget dårlig"	"Dårlig"	"Nokså dårlig"	"Mindre god"	"God"
Total nitrogen	<10 m	10-200 m	300-500 m	500-1000 m	>1000 m
Total fosfor		<5 m	5-50 m	50-300 m	>300 m
Kvikksølv	<50 m	50-150 m	150-650 m	650- >1000 m	

Verknaden på oksygenkonsentrasjonen i innlagringsdjupet kan bedømmast som følgjer. Utslepp av 1 l sivevatn medfører eit kjemisk oksygenforbruk av opptil 162 mgO/l (tabell 5.4). I gjennomsnitt fortynnast dette vatnet minst 75 gangar før det innlagrast. Ei rimeleg vurdering av resipientvatnets oksygeninnhald er 6 mgO/l. Det tyder at utslepp av 1 l sivevatn gjennom (primær-)fortynning med sjøvatn vert blanda inn i ein vannmasse som inneheld ca. 6 mgO/l\*75l=450 mgO. I dette høvet er det berre rekna med effekten av primærfortynning, og sjølv denne er forutsatt låg. Dette syner at ein ikkje treng å frykte oksygenproblem av særleg rolle i skya av innlagra sivevatn.

## 6. Kjemiske analysar

### 6.1. Materiale og metodar

Det blei tatt prøver for kjemiske analysar 29-30.03.95 på stasjonane KJE1, KJE2, KJE4, KJE6, KJE10, KJE11 og KJE12.

Kjemiske analysar av tungmetall og organisk innhald i sediment samt tungmetall i organismar blei utført av NIVA. Unntaket er analyse av tinn som blei utført av Norsk Analyse Center AS. Analysane av PAH, PCB og THC blei utført ved Senter for marint miljø ved Havforskningsinstituttet.

På stasjonane KJE1, KJE2, KJE4 og KJE6 blei det tatt prøver til analyse av totalt organisk karbon og nitrogen. Prøven for den enkelte stasjon er gjennomgåande eit gjennomsnitt av 3-4 grabbhugg. Prøvene representerer dei øvre 2 cm av sedimentet.

Det blei tatt 3 parallelle prøver for metallanalyse på alle stasjonane, slik at variasjonane på kvar stasjon skulle framkomme.

Prøver for THC analyse blei også tatt på alle stasjonar.

Prøver til analyse av PCB og PAH i sediment blei tatt på stasjon KJE1.

### 6.2. Resultat, vurderingar og karakterisering av tilstand.

#### 6.2.1. Organisk karbon og nitrogen

Tabell. 6.1. Oversikt over organisk innhald i sedimentet. Verdiane for % glødetap frå 1989 (Johannessen et al. 1990) er angitt i parentes.

Stasjon	Totalt tørrstoff g/kg	Total gløderest g/kg ts	Glødetap %	Totalt org. nitrogen µg N/mg ts	Totalt org. karbon µg C/mg ts	C/N
KJE1	285	801	19,9 (18,1)	6,3	49,3	7,8
KJE2	264	841	15,9 (7,5)	4,5	45,9	10,2
KJE4	191	695	30,5 (9,2)	7,4	104,0	14,1
KJE6	189	707	29,3 (29,6)	10,5	77,4	7,6

Analyseresultatene viser at det har skjedd ei klar forverring med omsyn til prosentdel organisk materiale i botnsedimentet på dei to stasjonane ved munningen av sigevassleidningen ytterst i Kjevika (KJE2 og KJE4). Glødetapet angir mengde organisk materiale i sedimentet. Den tredobla auken frå 9 % organisk materiale i 1989 til 30 % i 1995 som er tilfellet for KJE4, må sjåast på som ei vesentleg forverring (tab. 6.1). Mengde organisk materiale på KJE2 er fordobla dei siste seks åra. Det var omtrent like verdiar i 1989 og 1995 i Kråkeosen (KJE1) og Lurefjorden (KJE6).

Dersom ein ser på forholdet mellom karbon (C) og nitrogen (N), er dette klart høgast på KJE2 og KJE4. I sediment kor det organiske materialet i hovudsak har marint opphav, ligg C/N-forholdet på vektbasis i området 6-10, mens det i sediment som blir tilført betydeleg mengde organisk materiale frå land, vil liggje over 10. Det er såleis tydeleg at både KJE2 og spesielt KJE4 vert påverka av tilførsler frå land.

Dersom ein ut frå glødetapsverdiane prøver å klassifisere sedimentet i 1989 samanlikna med dagens verdi, så låg stasjon KJE2 i 1989 på grensa mellom "lav" og "middels belastning" (Bjerknes et al. 1988), mens verdiane nå ligg på grensa mellom "middels" og "høg belastning". KJE4 hadde i 1989 "middels organisk belastning", medan den organiske belastninga nå må sjåast på som "svært høg" på denne stasjonen. Det har såleis skjedd ei klar forverring i løpet av dei siste seks åra.

Den organiske belastninga på KJE1 og KJE6 må ut frå tilsvarende kriterium klassifiserast som "høg" og "svært høg", med lita eller ingen forandring i løpet av dei siste seks åra. Det kan såleis sjå ut som om botnsedimentet i alle fall i indre del av Lurefjorden har eit naturleg høgt innhald av organisk materiale. C/N-verdiane på KJE1 og KJE6, som er normale for marine sediment, støtter også opp under dette.

Sett ut frå SFT sitt klassifiseringssystem med omsyn på karbon- og nitrogeninnhald (Appendikstabell 6.1) kommer tilstanden på KJE6 i kategorien "dårlig"/"meget dårlig" alt etter kva for ein av dei to parametrane det vert sett på. Tilsvarende vurderingar plasserer KJE1 i kategorien "nokså dårlig"/"dårlig", KJE2 vert kategorisert som "mindre god"/"nokså dårlig" og KJE4 får tilstandsnemninga "dårlig".

I 1989 blei det organiske innhaldet i sedimentet målt ved glødetapsanalyse. Generelt er glødetap ei enklare, og nok noe mindre presis metode enn TOC for å bestemme organisk materiale. Grovt sett kan det reknast om frå det eine til det andre ved bruk av enkle konverteringsfaktorar. Ved granskningar i Masfjorden, Fensfjorden og Lurefjorden har Universitetet i Bergen funne forholdstal mellom glødetap (%) og TOC (%) varierende omkring 4 (3.6 - 4.8) (Buhl-Mortensen & Høisæter 1993). Ved bruk av 4 som konverteringsfaktor, 0.4 for verdiar i mg/g, vil TOC-verdiane i denne granskninga tilsvare i glødetap: KJE1 - 19.7 %, KJE2 - 18.4 %, KJE4 - 41.6 % og KJE6 - 31.0 %. Desse berekna verdiane samsvarer tilfredsstillande med dei målte og stadfestar auken i organisk materiale på KJE2 og KJE4.

Det er eit vanleg fenomen i mange fjordar at der naturleg kan vere eit høgt innhald av organisk materiale, og nivået er avhengig av sedimenttypen (jfr. kap.7). Det er derfor viktig å ha kunnskap om kva som er naturtilstanden. På grunn av store naturlege variasjonar er det i eit klassifiseringssystem vanskeleg å fastslå grunnverdiar som har allmen gyldigheit.

Ettersom målsetjinga for denne granskninga er å sjå på eventuelle effektar av sigevatn på resipienten, er det viktig å skilje mellom naturleg påverknad og påverknad frå avfallsplassen. Dei høge verdiane for glødetap, organisk karbon og nitrogen på KJE6 og til dels også KJE1, kan såleis ha si årsak i

naturgitte forhold eller eventuelt andre kjelder. Dei dårlege forholda på stasjon KJE2 og særleg KJE4 må likevel klart setjast i samanheng med tilførsler via sivevatnet frå avfallsplassen.

## 6.2.2. Metall

Verdiane for dei enkelte sedimentprøvene (3 parallellar) er synt i appendikstabell 6.2. SFT sine kriteriestadfestingar er gitt i appendikstabell 6.1 Verdiane frå 1989 er henta frå Johannessen et al (1990).

Det var NIVA som gjorde metallanalysane også i 1989. I løpet av denne perioden er metoden for metallanalysar (unntatt for kvikksølv) endra frå salpetersyreoppslutning til flussyreoppslutning. Parallellanalysar med begge metodane har synt at dette har lita innverknad på resultatata for kopar, kadmium og sink, medan verdiane for bly og krom blir høgare. Den gamle metoden underestimerte såleis enkelte metall. Med omsyn til krom vil dette kunne utgjere ein auke på 3-5 gangar.

### 6.2.2.1. Metall i sediment

#### 6.2.2.1.1. Metallførekomstar

Gjennomsnittsverdiar for dei ulike metallar er synt i tab. 6.2, og gjennomsnittsverdiane frå granskinga i 1989 (Johannessen et al. 1990) er gitt i tab. 6.3.

#### **Kvikksølv**

Resultata for kvikksølv (Hg) viser ei halvering av gjennomsnittskonsentrasjonen i Kråkeosen (KJE1), mens der har skjedd ein auke ved munningen av avløpsrøret, både på KJE2 og spesielt på KJE4, der konsentrasjonen er tredobla.

På dei tre stasjonane inst i Kjevika ligg kvikksølvverdiane stort sett i området for deteksjons- grensa og er såleis svært låge. Forholda på KJE1, KJE2 og KJE6 må karakteriserast som "mindre gode", mens KJE4 får med ein kvikksølvførekomst på 0,81 mg Hg/kg, karakteristikken "nokså dårleg".

#### **Kadmium**

Førekomstane av kadmium (Cd) var låge på dei tre stasjonane inst i botnen av Kjevika (KJE10,11,12) der verdiane låg innafor det som vert vurdert som eit naturleg bakgrunnsnivå. På alle dei fire andre stasjonane hadde kadmiuminnhaldet auka sidan siste gransking. Høgast var verdiane på KJE4 som ligg ytst i Kjevika mot nordaust like ved munningen av sivevassleidningen, der gjennomsnittsverdien låg på 1,1 mg Cd/kg, som er ein femdobling sidan 1989. Verdien plasserer KJE4 i nedre del av tilstandsklasse III "nokså dårleg" sett ut frå SFT sine kriterium.

KJE1 (Kråkeosen), KJE2 (vest for munningen av sivevassleidningen) og KJE6 (Lurefjorden) fell alle inn under tilstandsklasse II-"mindre god". Av desse tre var det KJE6 som hadde høgast verdi med ein gjennomsnittsverdi på 0,73 mg Cd/kg, mens verdiane på stasjonane KJE1 og KJE2 låg i forhold til dette på omtrent det halve, noko som er ei fordobling av konsentrasjonen sidan siste gransking. KJE6 blei ikkje undersøkt for metall i 1989.

#### **Bly**

Dei registrerte førekomstane av bly (Pb) viste seg sett i forhold til resultatata frå 1989 å vere tilnærma uendra på KJE1 og KJE4, mens KJE2 viste ei forbetring. På grunn av betre analyseprosedyre vil verdiane frå 1989 kunne vere noe underestimert i forhold til dagens analysemetode. Det var

stasjonen i Lurefjorden (KJE6) som hadde dei høgaste verdiane med eit gjennomsnitt på 221 mg Pb/kg. Denne stasjonen blei ikkje undersøkt for tungmetall i 1989, og det kan såleis ikkje seiast noe om utviklinga.

Dei høge blyverdiane plasserer sedimentet i Lurefjorden (KJE6) i tilstandsklasse III "nokså dårlig". Også verdiane i Kråkeosen (KJE1) er høge og ligg med 116 mg Pb/kg i øvre del av klasse II "mindre god". Også forholda på KJE2 og KJE4 må ut frå blyførekomstane karakteriserast som "mindre gode", mens forholda inst i Kjevika kan klassifiserast som "gode".

### **Kopar**

Dei målte verdiane av kopar (Cu) viser at stasjonen KJE4, ytst i Kjevika, skil seg klart ut med ein gjennomsnittsverdi på 157 g Cu/kg, som ut frå SFT sine kriterie må karakteriserast som "nokså dårlige forhold". Verdiane på KJE2 og KJE6 ligg på omtrent det halve, mens koparinnhaldet i Kråkeosen (KJE1) med 40 mg Cu/kg var enda lågare. Koparverdiane på alle tre stasjonane ligg likevel innanfor tilstandsklasse II "mindre god". På dei tre stasjonane inst inne i Kjevika (KJE10, 11,12 ) var koparinnhaldet i sedimentet tilfredsstillande lavt.

Det blei ikkje analysert på kopar i granskinga i 1989.

### **Sink**

Det er stasjonen i Lurefjorden (KJE6) som har dei høgaste verdiane av sink (Zn) med eit gjennomsnitt på 379 mg/kg. Nesten like høgt sinkinnhald blei registrert i sedimentet ytst i Kjevika på stasjon KJE4, mens verdiane på KJE2 låg på omtrent det halve. På stasjonane inst i Kjevika (KJE10, 11, 12) var forholda tilfredsstillande med verdiar som klassifiserer sedimentet i tilstandsklasse I - "god". Stasjonane i Kråkeosen (KJE1) og ytst i Kjevika (KJE2) ligg begge nær grensa mellom tilstandsklasse I og II, mens sinkverdiane frå Lurefjorden (KJE6) og ved sigevassutløpet (KJE4) ligg klart innanfor tilstandsklasse II - "mindre god".

### **Krom**

Når det gjeld førekomstane av krom (Cr), ligg desse innanfor tilstandsklasse I-"god" på alle stasjonane som blei undersøkt i 1989. Verdien på KJE1 ligg nær grensa til tilstandsklasse II-"mindre god". Stasjonen i Lurefjorden (KJE6), som ikkje blei undersøkt i 1989, er den einaste som kan karakteriserast som "mindre god" ut frå gjeldande kriterium for førekomstar av krom. Som tidlegare nemnt, gir forbetra metode høgare verdiar for krom enn metoden som blei benytta i 1989, som underestimerte kromførekomstane.

### **Tinn**

Det blei med eit unntak ikkje registrert førekomstar av tinn (Sn) høgare enn 30 mg Sn/kg, som er deteksjonsgrensa. Unntaket var ein av parallellprøvene frå KJE4 der det blei målt 40,1 mg Sn/kg.

### **Jern**

Verdiane for jern ligg alle under 4 % som må sjåast på som eit bakgrunnsnivå for sediment (Knutzen og Skei 1990)

**Tabell 6.2.** Oversikt over gjennomsnittsverdiar av dei ulike metalla i sedimentet. Verdiar for dei enkelte prøvene finnes i appendikstab. 6.2.

Parameter/ stasjon	KJE1	KJE2	KJE4	KJE6	KJE10	KJE11	KJE12
<b>Totalt tørrstoff</b> %	34,9	41,7	20,0	20,8	76,0	62,4	71,9
<b>Kvikksølv-Hg</b> mg/kg tørrstoff	0,17	0,48	0,81	0,39	0,01	0,01	0,06
<b>Kadmium-Cd</b> mg/kg tørrstoff	0,35	0,42	1,1	0,73	0,06	0,16	0,06
<b>Bly-Pb</b> mg/kg tørrstoff	116	35,8	76,7	221	18,4	16,8	26,5
<b>Kopar-Cu</b> mg/kg tørrstoff	40	70	157	72	18	16	22
<b>Sink-Zn</b> mg/kg tørrstoff	147	161	348	379	69	72	96
<b>Krom-Cr-total</b> mg/kg tørrstoff	67	28	53	78	36	39	41
<b>Tinn-Sn</b> mg/kg tørrstoff	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
<b>Jern Fe</b> %	2,50	1,39	3,39	3,57	3,43	2,94	3,32

**Tabell. 6.3.** Gjennomsnittsverdiar for metallførekomstar i sediment i 1989 (Johannessen et al. 1990).

Parameter/stasjon	KJE1	KJE2	KJE4	KJE10	KJE11	KJE12
<b>Kvikksølv-Hg</b> mg/kg tørrstoff	0,39	0,30	0,27	0,11	0,05	0,02
<b>Kadmium-Cd</b> mg/kg tørrstoff	0,16	0,22	0,23	0,23	0,17	0,06
<b>Bly-Pb</b> mg/kg tørrstoff	135	60,3	75,7	8,26	4,81	4,80
<b>Sink-Zn</b> mg/kg tørrstoff	139	106	113	55,1	36,6	46,0
<b>Krom-Cr</b> mg/kg tørrstoff	29	12	14	9,8	8,4	9,5
<b>Jern-Fe</b> %	1,63	0,66	0,44	1,16	0,95	1,24

### 6.2.2.1.2. Oppsummering metall i sediment

Metallinnhaldet i sedimentet viser gjennomgåande ein aukande tendens på alle stasjonane sett i forhold til granskinga i 1989. Størst er auken på stasjon KJE4 ved munningen av sivevassleidningen ytst i Kjevika. Verdiane er 3-7 gonger høgare enn for seks år sidan, og auken varierer frå metall til metall. Unntaket her er blyinnhaldet som er uforandra på denne stasjonen. KJE4 skil seg klart ut som den stasjonen som har dei desidert dårlegaste forholda og må klassifiserast i tilstandsklasse III-"nokså dårlig" både med omsyn på førekomstane av kvikksølv, kadmiom og kopar.

Forholda på dei andre stasjonane kan gjennomgåande karakteriserast som "mindre gode", med unntak av dei tre stasjonane inst i Kjevika (KJE10,11,12) der tungmetallkonsentrasjonane ikkje overskrider bakgrunnsverdiane, og forholda i sedimentet må derfor seiast å vere "gode". Årsaka til at forholda inst i Kjevika er mykje betre enn ved utløpet av sivevassleidningen kan vere at metalla søkk ned i fyllingen og i stor grad førast ut med sivevatnet, mens overflatevatnet som kjem ut inst i Kjevika, har eit lågare metallinnhald. Analyseresultata av sivevatn og overflatevatn viser at konsentrasjonane generelt er klart lågare i overflatevatnet (data frå NGIR). Forutan konsentrasjonane, spelar også vassmengda ei avgjerande rolle for totalutsleppet av tungmetall. Sjølv om vassmengda i bekken generelt er noe høgare enn vassmengda i sivevassleidningen, så er den likevel relativt beskjeden.

Sedimentstasjonen i Lurefjorden (KJE6) skil seg ut med relativt høge konsentrasjonar av bly, og konsentrasjonane av dette metallet kvalifiserer for tilstandsklasse III-"nokså dårlig". Denne stasjonen hadde også dei høgaste førekomstane av krom.

Modellkøyring av eit "verste-tilfelle" med utgangspunkt i dei høgast registrerte verdiane av bly og kvikksølv i sivevatnet viser at konsentrasjonane for begge metalla i sentrum av den "skya" sivevatnet dannar, vil liggje på grensa mellom tilstandsklasse I og II - "god"/"mindre god" i ein avstand på 5-6 km frå utsleppspunktet. Dette svarer til avstanden frå utsleppspunktet til KJE6. Likevel er metallkonsentrasjonane i sivevatnet vanlegvis lågare enn utgangspunkta for desse "verste-tilfella", så det synes vanskeleg å kunne relatere metallførekomstane på KJE6 til sivevassutsleppet frå avfallsplassen. Ein annan faktor som talar imot eit slikt opphav, er den fallande gradienten frå Lurefjorden til Kråkeosen.

Det eksisterer ein del data på innhaldet i sivevatnet (data frå NGIR), og sjølv om analysane for fleire metall sitt vedkommande gjennomgåande er utført med for låg deteksjonsgrense, viser analysane som er gjort av sivevatnet at det vert tilført miljøet overkonsentrasjonar av både kadmiom, kopar, krom, jern, kvikksølv, bly og sink, noe som er helt normalt for bossfyllingar. Konsentrasjonane av særleg bly og kvikksølv kan periodevis vere svært høge i sivevatnet, men vassmengda i sivevassleidningen er relativt liten, noe som tyder på at det er ei relativt lita vassmengde som skal fortynnast i fjorden.

Det må såleis vere nærliggjande å tru at overkonsentrasjonane av metall i sedimentet på dei stasjonane som ligg nærast utløpet av sivevassleidningen, skriv seg frå bossfyllinga. Ettersom det ikkje blei gjort tungmetallanalysar på KJE6 for seks år sidan, er det ikkje muleg å sjå på utviklinga på denne stasjonen sett i forhold til dei andre. Det er likevel vanskeleg å kunne relatere desse førekomstane til sivevassutsleppet frå avfallsplassen. Ein del av det høge metallinnholdet kan nok forklarast ved det høge innholdet av organisk stoff i sedimentet, men det bør også undersøkast om det eksisterer eller har eksistert andre kjelder for tungmetallforureining i nærområdet.

### 6.2.2.2. Metall i organismar.

Det blei analysert for metall i blåskjel frå strandsonen sørvest for KJE2 og søraust for KJE4. Etersom blåskjela aktivt kan regulere innhaldet av enkelte metall, blei det i tillegg analysert på sink og kopar i sagtang frå det samme området.

Metallverdiane i blåskjel/sagtang (Appendikstabell 6.3) frå strandsonene på begge sider av utløpet frå sigevassleidningen låg innanfor det som kan sjåast på som bakgrunnsverdiar, og kommer såleis inn under tilstandsklasse I "god". Verdiane i blåskjela skil seg såleis klart frå verdiane som blei målt i sedimentet på djupare vatn. Det var heller ingen vesentlege forskjellar på verdiane i organismane på dei to stasjonane, men alle verdiane var høgast i organismar frå strandsonen ved KJE4.

Årsaka til det låge metallinnhaldet i organismar er relativt klar dersom ein ser på berekningane av innlagringsdjup for sigevatnet (jfr. kap. 5.3). Modellberekningane viser at innlagringsdjupet for sigevatnet med dei vassmengdene som går i sigevassleidningen, generelt vil ligge mellom 15 og 25 meter, oftast omkring 20 meter, og ikkje trengje høgare opp enn til 10-15 meters djup. Unntaksvis vil vannmengder på rundt 50 l/s kunne førekome, der innlagringsdjupet ut frå berekningane vil vere 13 m og høgaste opptrenging før det sig ned igjen vil vere 2 meters djup. Desse episodane vil vere sporadiske og kortvarige. Generelt tyder dette at berre stoff som er uløselege i og lettare enn vatn, vil kunne stige opp til overflata og påverke organismane i strandsonen.

Dette tyder at det ikkje vil vere effektar av vassløselege komponentar i sigevatnet på organismar som lever i strandsonen. Den einaste kjelda vil da vere overflateutsleppet inst i Kjevika ca. 500 m unna. Resultata av tungmetallanalysane viser likevel at ei eventuell påverking frå overflateutsleppet inst i Kjevika er svært liten.

Dei einaste stoffa som vil stige opp til overflata frå sigevassleidningen, er stoff som er uoppløselege i vatn og lettare enn vatn, for eksempel olje. Det er da også klare tekn på oljekontaminering av blåskjela.

### 6.2.3. THC

Det blei analysert for total hydrokarbon (THC) både i sediment og blåskjel. Resultata (tab. 6.4) viser at dei to sedimentstasjonane like ved avløpsrøret har dei desidert høgaste verdiane. Bakgrunnsverdiane for THC i sediment reknast å ligge under 10 µg/g tørrvekt (Kaarstad og Telfer 1991). Det var såleis berre stasjon KJE10 og KJE11 som hadde verdiar på bakgrunnsnivå. KJE1, KJE6 og KJE12 hadde alle tre verdiar som kvalifiserer for karakteristikken "svakt påvirket" (10-100 µg THC/g tørrvekt, Kaarstad og Telfer op. cit.), mens verdiane på KJE2 og KJE4, som ligg like ved utløpet frå sigevassleidningen, tyder på ein "moderat påvirkning" (100-1000 µg THC/g tørrvekt, Kaarstad & Telfer op. cit.) av hydrokarbon.

THC-verdiane i blåskjel frå strandsonen sørvest for stasjon KJE2 og frå strandsonen nordaust for stasjonen KJE4 viser 2-3 gonger forhøya nivå i forhold til det ein må rekne som bakgrunnsnivå for blåskjel i kystområde som ligg på 5-10 µg/g våtvekt (Jarle Klungsøyr pers. medd.).



Tabell 6.4. Oversikt over THC-verdiar i sediment og organismar.

Sediment (µg/g tørrvekt)							Blåskjel (µg/g våtvekt)	
KJE1	KJE2	KJE4	KJE6	KJE10	KJE11	KJE12	KJE2	KJE4
19	117	169	37	5	9	18	20	19

#### 6.2.4. PAH-polysykliske aromatiske hydrokarbon

Meininga med å analysere blåskjel for PAH var i hovudsak å avdekkje meir spesifikt om ei eventuell akkumulering av forureiningsrelaterte hydrokarbon skuldast olje eller komponentar som er karakteristiske for ufullstendig forbrenning av fossilt brensel (olje, koks, kull). Ved analyse av THC i organismar er det ikkje sikkert at alt som vert registrert er forureiningsrelaterte oljehydrokarbon, ettersom naturleg deriverte hydrokarbon vil kunne forstyrre bildet (Jarle Klungesøy pers. medd.).

I tillegg var det eit krav frå fylkesmannen at sedimentet frå KJE1 skulle analyserast for PAH-innhald.

PAH har på samme måte som metall eit naturleg bakgrunnsnivå (Knutzen 1989). Årsaka til bakgrunnsnivået for PAH er ei følgje av naturlege fenomen som for eksempel skogbrann, vulkanutbrott og sig frå oljeførekomstar. Ved sidan av råolje er den primære kjelda for PAH alle former for forbrenning av organisk materiale.

Analysane av blåskjela (tab. 6.5) viser at  $\Sigma$ PAH/NPD med verdiar på 75 µg/kg våtvekt (KJE2) og 68 µg/kg våtvekt (KJE4) er innanfor det som ut frå SFT sine klassifiseringsstandarder reknast å vere god tilstand (<100 µg/kg). Nyare forskning viser likevel at "høgt diffust bakgrunnsnivå" av  $\Sigma$ PAH neppe bør liggje over 50 µg/kg våtvekt, men intervallet for bakgrunnsnivået kan strekkje seg ned mot 10 µg/kg våtvekt (Varanasi et al. 1990, Holte et al. 1992, Knutzen & Green 1995). Sum av egentlige PAH (med unntak av naftalener og andre oljerelevante hydrokarboner) låg i begge prøvene under 25 µg/kg våtvekt og er dermed under halvparten av det som er foreslått som "høgt diffust bakgrunnsnivå" (Knutzen & Green 1995).

Dersom ein går inn på dei ulike komponentane, ser ein at 69-74 % er karakteristiske komponentar i olje, mens berre 5-8 % av komponentane høyrer til gruppa av sannsynlege eller mulege kreftframkallande stoff (carcinogener) KPAH (IARC 1987). For eksempel blei det ikkje registrert Benzo(a)pyren som spesielt inngår i SFT sitt klassifiseringssystem som eit "modellstoff". Benzo(a)pyren er ein av fleire potensielt kreftframkallande PAH-stoff.

Analyseresultata viser at det i blåskjela frå begge stasjonane blei påvist akkumulering av lette oljerelevante hydrokarbon (NPD). Ut frå verdiane for dei ulike PAH-komponentane kan det derfor verte fastslått at det er oljespill som er hovudkjelda for førekomsten av dei forureiningsrelaterte hydrokarbona. Høgast prosentdel var det i blåskjela frå stasjon KJE4, som ligg mot nordaust ved munningen av sivevassleidningen frå bossfyllinga.

Eit anna bilde viser seg i sedimentet frå stasjon KJE1, som ligg i Kråkeosen eit lite stykke utanfor munningen av Kjevika. Her er det dei kreftframkallande komponentane som dominerer og utgjer 46 % av PAH-komponentane, mens 15 % er oljekomponentar (NPD). Ut frå SFT sine kriterium for summen av PAH (Appendikstabell 6.1), må forholdet i sedimentet på st. KJE1 klassifiserast som

"mindre godt". Ser ein vidare på førekomsten av Benzo(a)pyren som fungerer som eit modellstoff for dei kreftframkallande komponentane, ligg den med ein verdi på 50 µg/kg på grensa mellom tilstandsklasse II og III "mindre godt/nokså dårlig".

Ettersom THC-verdiane i sedimentet er desidert høgast på dei to stasjonane ved munningen av avløpsrøret (KJE2, KJE4) synes det å vere relativt klart at sigevatnet inneheld både komponentar av oljerelaterte hydrokarbon og forbrenningsrelaterte stoff (tjære). Dei lette stoffa stig opp i sjøen og kan akkumulere i blåskjel, mens dei tyngre komponentane, som er karakteristisk for ufullstendig forbrenning av fossilt brensel, sig til botn og utgjer i botnsedimentet totalt 85 % av  $\Sigma$ PAH.

**Tabell. 6.5.** PAH-i blåskjel angitt i µg/kg våtvekt og sediment angitt µg/g tørrvekt. \* *angir karakteristiske komponentar i olje (NPD)*, \*\* *angir potensielt kreftframkallande stoff (kPAH)*.

Stasjon	KJE2 blåskjel µg/kg våtvekt	KJE4 blåskjel µg/kg våtvekt	KJE1 sediment µg/kg tørrvekt
Naphtalene *	6	7	17
C1-naphtalenes *	2	2	13
C2-naphtalenes *	9	7	22
C3-naphtalenes *	3	3	12
Fluorene			5
Phenanthrene *	2	2	49
Anthracene			10
Dibenzothiophene *			4
C1-phenanthrene *	4	4	32
C1-dibenzothiophenes *		1	3
Fluoranthene	2	2	121
Pyrene	2	2	94
C2-phenanthrenes *	11	11	31
C2-dibenzothiophenes *	4	5	7
C3-dibenzothiophenes *	11	8	6
Benz(a)anthracene **	1	1	103
Chrysene	6	5	66
Benz(b+j+k)fluoranthenes **	5	4	340
Benz(e)pyrene	3	3	125
Benz(a)pyrene **			50
Perylene			30
Indeno(1,2,3-cd)pyrene **	2		117
Benzo(ghi)perylene	2	1	87
Dibenz(a,c+a,h)anthracenes **			9
$\Sigma$ PAH	75	68	1353
$\Sigma$ kPAH	8	5	619
%kPAH	11	7	46
% Benz(a)pyrene	0	0	4
$\Sigma$ NPD	52	50	196
%NPD	69	74	15
% di-/heterosykliske stoff	27	28	5

### 6.2.5. PCB-polyklorerte biphenyler.

Analyse av PCB i sedimentet blei berre utført på stasjon KJE1.

Denne gruppa stoff hadde tidlegare vid bruk som isolerande, flammebestandig olje i transformatorar, kondensatorar og kablar. PCB blei vidare brukt som tilsetjing i hydraulisk olje og maling og som mjuknar i plast. Etter at skadeverknadene av PCB blei påvist, blei det innført strenge restriksjonar på bruk. Førekomstar av PCB skuldast i det heile menneskeleg aktivitet og skal i prinsippet ikkje førekome i miljøet, men dessverre har nå slike stoff fått ei global spreiding og ein opererer med eit "antatt høgt bakgrunnsnivå". Dette er ei skjønsmessig øvre grense for normalførekomstar. For total PCB er denne grensa sett til <5 µg/kg tørrvekt.

Total PCB reknast som summen av dei sju enkeltforbindelsene (kongenene) PCB #28, #52, #101, #118, #153, #138, #180 multiplisert med to. Total-PCB i sedimentet på stasjon KJE1 viser ein verdi på 5 µg/kg (tab.6.6), og tilstanden i sedimentet på stasjon KJE1 kan derfor ut frå SFT sine PCB-kriterium karakteriserast som "mindre god". Sjølv om verdiane ligg helt i nedre grense for denne tilstandsklassen er det likevel klart at i sedimentet er det PCB-nivå over bakgrunnsnivå. Dette vert indikert blant anna ved funn av alle kongenene som det blei analysert på (Konieczny pers medd.).

**Tabell 6.6.** Oversikt over PCB-innhaldet i sedimentet på KJE1.

KJE1	µg/kg tørrvekt
PCB#31	0,047
PCB#28	0,054
PCB#52	0,204
PCB#101	0,253
PCB#149	0,511
PCB#118	0,228
PCB#153	0,481
PCB#105	0,084
PCB#138	0,85
PCB#128	0,123
PCB#156	0,059
PCB#180	0,426
PCB#170	0,196
Sum	3,516
$\Sigma 7\text{PCB} \times 2$	5

## 7. Bløtbunnsfauna

### 7.1. Metodikk

#### 7.1.1. Prøvetaking

Det blei tatt bløtbunnsprøver på fire stasjonar KJE1, KJE2, KJE4 og KJE6 (Figur 4.1). Alle stasjonane blei prøvetatt og opparbeida ved granskinga i 1989 (Johannessen et al. 1990).

Prøvene blei tatt med ein 0.1 m<sup>2</sup> 'van Veen' type botngrabb. På stasjonane KJE1 og KJE4 blei det tatt fire parallelle grabbhugg, mens det på KJE2 blei tatt tre prøver og på KJE6 ei prøve. Under prøvetaking blei det gjort ei visuell vurdering av botsediment og det blei kontrollert for innhald av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S).

Frå eitt grabbhugg på kvar stasjon blei det tatt ei lita delprøve av overflatesedimentet til analyse av organisk materiale (glødetap, TOC, TN).

Prøvetaking blei utført 29-30. mars 1995.

#### 7.1.2. Analysemetodar

Faunaprøvene blei sikta på 5 og 1 mm sikter og restmaterialet konservert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. Dei parallelle grabbprøvene blei slått saman til ei samleprøve frå kvar stasjon. Ved opparbeiding i laboratoriet blei dyra sortert frå siktematerialet, identifisert og telt.

Prøvene frå KJE2 og KJE4 inneheldt mykje skjelsand og organisk detritus. Ved opparbeiding av desse blei det lettaste materialet, dvs. organisk detritus og små lette organismar, skylt ut frå skjelsanden og tilverka separat. Denne fraksjonen inneheldt mesteparten av arter og individ. Delprøver (1/8) frå begge fraksjonar blei opparbeidd kvantitativt, mens restmaterialet blei delvis gjennomført for utplukk og teljing av mindre vanlege arter.

Det organiske materialet i sedimentet blei bestemt som totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN). Analysane blei foretatt i ein elementanalysator etter at uorganiske karbonat i prøvene var fjerna med saltsyre.

#### 7.1.3. Talbehandling

For kvar av stasjonane er det gitt totalt mengde arter, individtal og individtettleik. Samansetjinga av faunaen er karakterisert ved mål for artsmangfald (= diversitet) og log-normal kurver.

Artsmangfald reknast ut ved ein indeks eller funksjon. Det er brukt to mål for å uttrykkje artsmangfald:

*Shannon-Wiener indeks (H')*. Indeksen har eit verdiområde som varierer frå null til ca. 5. Talverdien aukar ved aukande tal arter og når individa er jamt fordelt mellom artene. Låge verdiar markerer dårlege forhold, mens verdiområdet 3-5 indikerer normale til gode forhold. I SFTs veiledning for

klassifisering av miljøkvalitet er 'god tilstand' representert ved verdiar  $> 3.1$  (Rygg & Thelin 1993). Minimumsverdi på indeksen er null.

*Hurlbert's funksjon.* Dette er eit grafisk mål for artsmangfald kor talet på arter blir plotta mot talet på individ. Grovt sett vil lavt artsmangfald (få arter) visast ved flate liggjande kurver, mens høgt artsmangfald gir kurver som stig bratt i diagrammet. Rygg (1984) har utarbeida eit standarddiagram for inndeling av kurvene i klasser basert på granskingar i ei rekke norske fjordar. Tolking basert på denne funksjonen kan derfor setjast i ein større samanheng. I denne granskinga er endepunkta for kurvene (ikkje sjølve kurvene) plotta i dette diagrammet.

Frå Hurlberts funksjon er det også berekna ein indeks,  $E(S_{100})$ , som gir forventa mengd arter ved 100 individ. I SFTs veiledning er 'god tilstand' representert ved indeksverdi (mengd arter)  $> 18.5$  (Rygg & Thelin 1993).

Log-normal kurvene gir ei grafisk framstilling av individfordelinga mellom artene. Artene vert gruppert i klasser (geometriske klasser) på basis av individtal etter følgjande system: 1 individ (klasse I), 2-3 individ (kl. II), 4-7 ind. (kl. III), 8-15 ind. (kl. IV), 16-31 ind. (kl. V), osv. Kurva kjem fram ved å plote talet på arter i kvar klasse (som y-akse) mot klassene (x-akse) i rekkjefølgje. I prøver frå upåverka organimesamfunn, kor det er mange individfattige arter, vil man forvente ei kurve som startar høgt på y-aksen og faller jamt mot x-aksen. I forureina områder, kor mange arter blir borte og nokon kan dominere sterkt, flatast kurva ut og strekkjast mot høgare klasser eller den får ekstra toppar. Avvik frå ei jamn form kan derfor tolkast som påverknad frå forureining. Log-normal kurvene gir best tryggleik for store prøver, i denne granskinga er kurvene derfor berre plotta for KJE1 og KJE4 kor det blei tatt fire parallelle grabbhugg.

## 7.2. Resultat

### 7.2.1. Prøvetaking

Samanfattande data for prøvetaking er gitt i Tabell 7.1. På KJE1 og KJE6 var det normalt fjordsediment bestående av gråbrun silt og leir. På KJE2 og KJE4 i Kjevika var det sand og skjelsand med ein del synleg organisk materiale på overflata eller like under. Dette materialet var dels tilført frå land og dels restar av marine fastsitjande algar (tang, tare, tynnbladete algar). På KJE4 var det ei emmen, dårleg lukt av sediment og også noko boss i prøvene. Det var ikkje lukt av hydrogensulfid på noen av stasjonane.

Etter siktinga i felt utgjorde siktematerialet frå KJE2 og KJE4 11 og 18 liter. Det var derfor nødvendig å behandle desse prøvene spesielt med skyljing, fraksjonering og uttak av delprøver under den vidare bearbeidinga. Etter fraksjoneringa var volumet av organisk detritus i prøvene ca. 2 liter.

### 7.2.2. Botnsediment

Organisk materiale i botnsedimenta er vist i Tabellane 7.1 og 7.2. I tabellane er det også vist sedimentanalysar for dei same stasjonane i 1989.

Innhaldet av organisk karbon var normalt på stasjon KJE1, mens det må seiast å vere høgt på KJE2 og KJE4 og noe høgt på KJE6. I finkorna fjordsediment er det vanleg å observere 10 - 50 mg/g organisk karbon (= 1-5 %), mens verdiane i sand- og skjelsandhaldig botn er lågare, ofte under 1 %. Verdiane var derfor høge både for KJE2 og KJE4 sett i høve til at desse var prega av sand og

grovare fragment. Verdien for KJE4 var spesielt høg, og denne stasjonen hadde også høgt forholdstal (C/N-forhold) mellom organisk karbon og nitrogen. Dette forholdstalet indikerer noe om materialet sin art. I sediment kor det organiske materialet i hovudsak har marint opphav (f. eks. dødt plankton) vil forholdstalet vere 6-10, mens det i sediment som vert tilført store mengder materiale frå land, vil overstige 10. Både TOC og C/N-verdiane indikerer derfor at KJE2 og KJE4 er påverka av organiske tilførsler frå land. Dette kjem fram også frå glødetapmålingane (tab. 7.2)

**Tabell 7.1.** Prøvetaking i Lurefjorden i 1995: Stasjonar, djup, antal prøver, fyllingsgrad i grabben og visuell utgreiing av botnsediment.

Stasjon	Djup (m)	Mengd prøver	Fyllingsgrad	Sedimentutgreiing
KJE1	160	4	1/1	Finkornet siltig gråbrunt sediment. Ei prøve noe meir leirhaldig.
KJE2	34	3	1/1	Sand/skjelsand med knuste skjel. Litt fint organisk materiale på botnoverflata. Restar av tang, tare og tynnblada algar.
KJE4	40	4	1/1-1/2	Sand med finkorna sediment øvst. Litt 'seigt' brunsvart sediment under øvre sandlag. Varierende sandinnhald i parallellprøvene. Restar av tang, tare og tynnblada algar. Litt plast og anna boss. Emmen lukt.
KJE6	420	1	1/1	Gråbrun fin silt og leire. Små skjelrestar og rør av børstemark.

**Tabell 7.2.** Data for botnsedimenta i Lurefjorden 1995. Resultat frå granskinga i 1989 (Johannessen et al. 1990) er vist for samanlikning.

	1995				1989			
Stasjon	% glødetap	TOC mg/g	TN mg/g	C/N-forhold	% silt og leir (< 0.063 mm)	% sand (0.063-2 mm)	% grus (> 2 mm)	% glødetap
KJE1	19,9	49,3	6,3	7,8	93	7	-	18,1
KJE2	15,9	45,9	4,5	10,2	23	59	18	7,5
KJE4	30,5	104,0	7,4	14,1	36	51	13	9,2
KJE6	29,3	77,4	10,5	7,4	99	1	-	29,6

Ved granskingane i 1989 blei det foretatt komfordelingsanalyse av sedimenta. Desse analysane viser at både KJE1 og KJE6 hadde svært finkorna sediment (silt og leir), mens stasjonane i Kjevika var

prega av sand og noe grus. Det er godt samsvar mellom desse analyseresultata og det som blei observert i denne granskinga (Tabell 7.2).

### 7.2.3. Botnfauna

Tabell 7.3 gir ei oversikt over artstal, individtal og berekna verdiar for artsmangfald for stasjonane. Verdiane for granskinga i 1989 er tatt med for samanlikning. Tabell 7.4 viser tettleik for dei viktigaste artene i prøvene. Fullstendige artslistar er gitt i appendikstabell 7.1.

**Tabell 7.3.** Prøveareal, antal arter, individtal og individtettleik på stasjonane. Diversitetsindeksar:  $H'$  = Shannon-Wiener indeks ( $\log_2$ ),  $E(S_{100})$  = Hurlberts funksjon. Resultat frå granskinga i 1989 (Johannessen et al. 1990) er vist for samanlikning.

Stasjon	Dyp m	Areal	Arter	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H'	E <sub>(S100)</sub>
1995							
KJE1	160	0,4	52	381	953	4,74	32,3
KJE2	34	0,3	38	1914	6380	3,38	17,2
KJE4	40	0,4	57	5414	13535	3,39	19,0
KJE6	420	0,1	21	192	1920	3,25	17,0
1989							
KJE1	160	1,0	54	1190	1190	4,19	-
KJE2	34	1,0	69	1882	1882	3,12	-
KJE4	40	1,0	86	2211	2211	3,80	-
KJE6	420	1,0	32	897	897	3,15	-

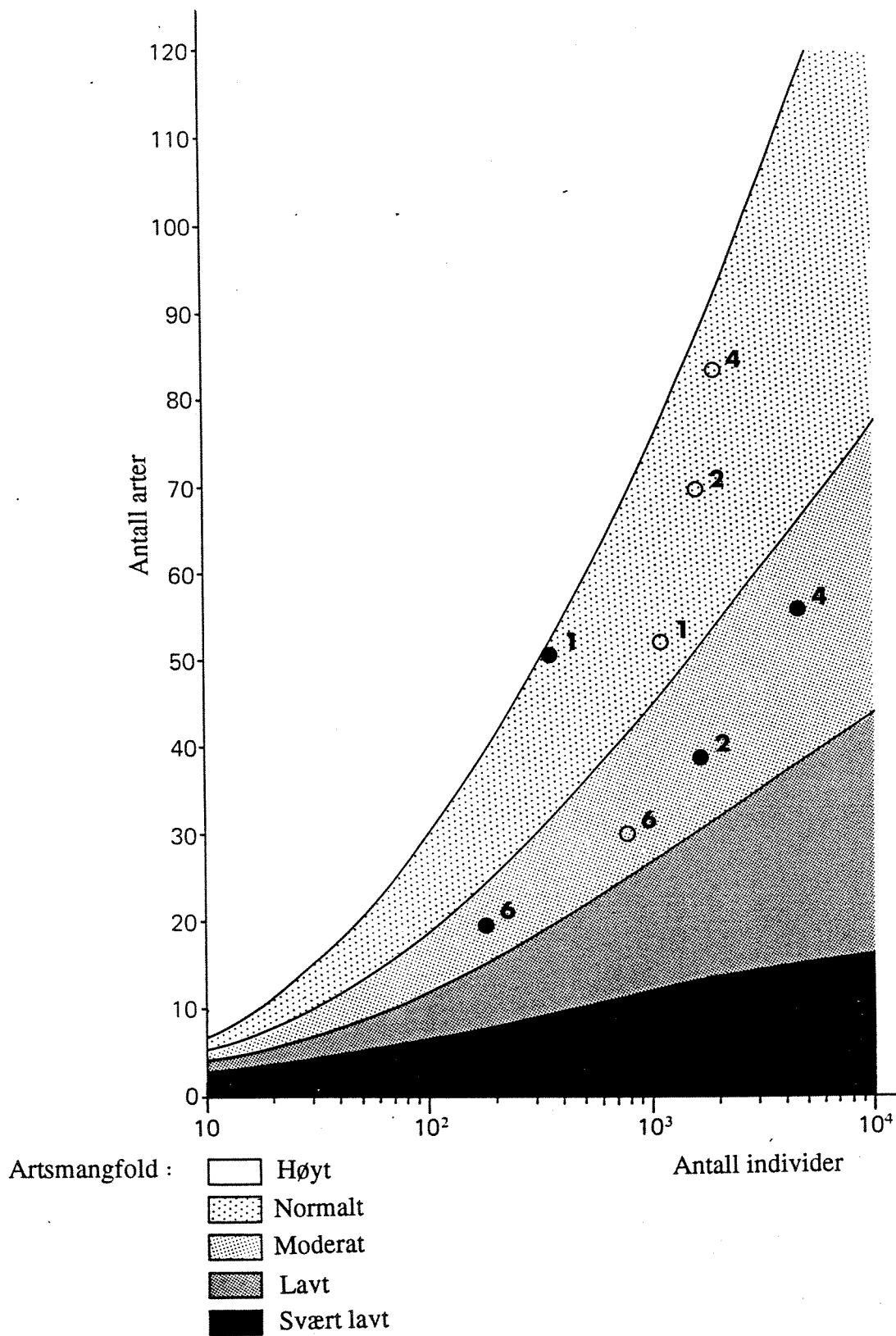
Det var normale artstal i alle prøvene. Individtala var normale på KJE1 og KJE6, høge på KJE2 og svært høge på KJE4. Artsmangfaldet var høgt på KJE1, mens det var normalt til moderat på dei tre andre stasjonane. Vurdert etter SFT sine kriterie for klassifisering av miljøkvalitet fell KJE1 i tilstandsklasse I 'god', mens KJE2, KJE4 og KJE6 fell på grensa mellom klasse I og klasse II 'mindre god' (Rygg & Thelin 1993).

Samanlikna med prøvetaking i 1989 var det svært like resultat for KJE1. Også KJE6 viste ganske like verdiar sett i høve til at eit vesentleg større areal blei prøvetatt i 1989. På KJE2 og KJE4 blei det funne færre arter og markert høgare individtettleik enn i 1989. Artsmangfaldet berekna ved Shannon-Wiener indeksen ( $H'$ ) var likevel ganske likt for begge åra. Forandringane ser ut til å komme tydelegare fram i diagrammet basert på Hurlberts funksjon (Figur 7.1), kor KJE1 og KJE6 vert plotta i samme sektor (har likt artsmangfald) for begge åra, mens KJE2 og KJE4 flytter seg frå 'normalt' artsmangfald til 'moderat' artsmangfald. Dette illustrerer at det i 1995 blei funne vesentleg færre arter sett i forhold til individmengda enn i 1989, eller sagt på ei anna måte - at dei viktigaste artene var meir dominerande.

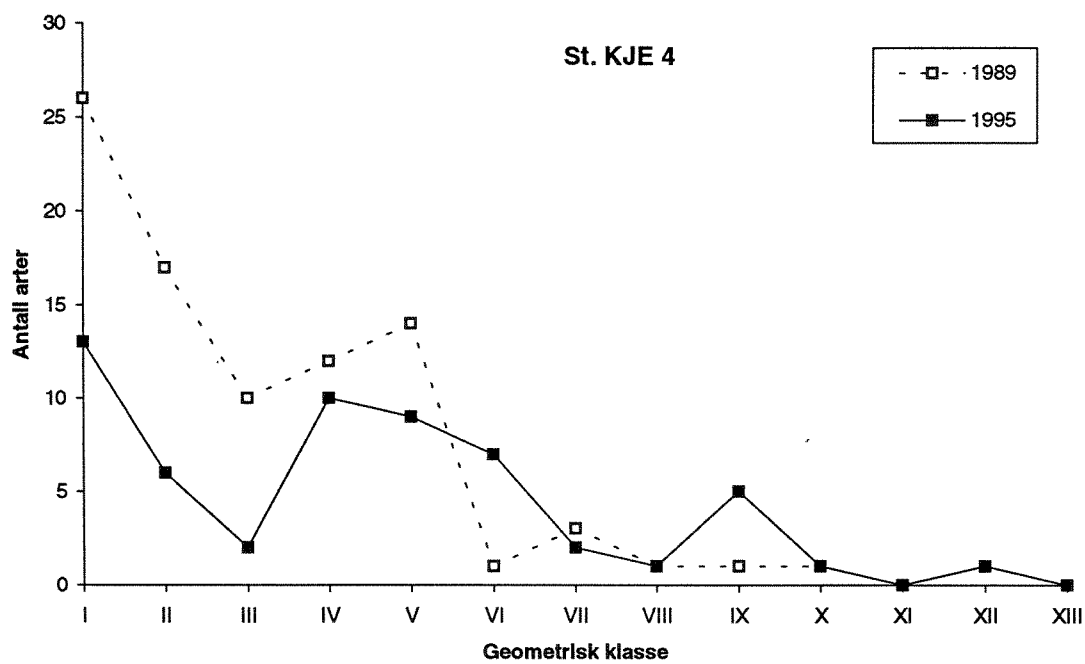
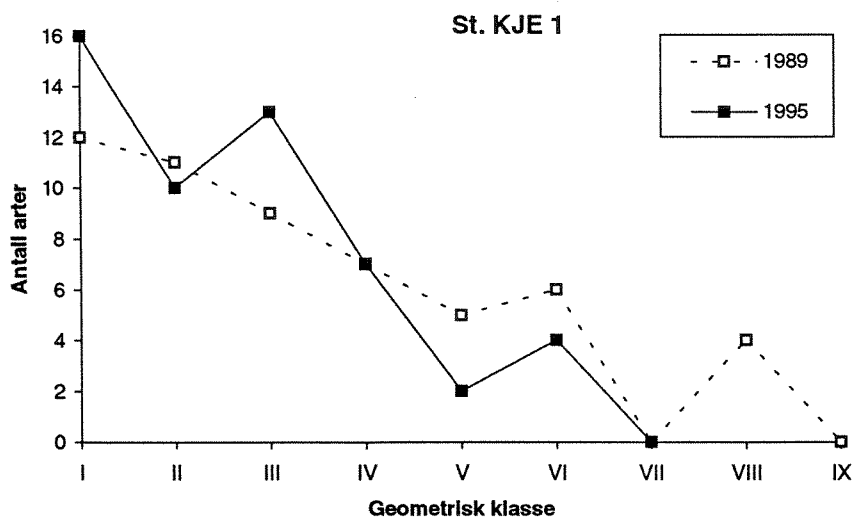
**Tabell 7.4.** Individttetleik (ind/m<sup>2</sup>) for dei vanlegaste artene på stasjonane i Lurefjorden 1995. Alle arter med individtal > 40 i prøvene (tilsvarande 100 ind/m<sup>2</sup>), samt dei vanlegaste artene på KJE1 og KJE6, er tatt med.

	KJE1	KJE2	KJE4	KJE6
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>				
<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)	30	27	43	20
<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein 1862)	3	30	143	-
<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje 1822)	3	57	105	-
<i>Exogone</i> sp	15	190	208	-
<i>Typosyllis cornuta</i> (Rathke 1843)	-	1500	1405	-
<i>Ceratocephale loveni</i> Malmgren 1867	10	-	-	120
<i>Paraonis tyra</i> (Southern 1914)	83	90	330	-
<i>Prionospio malmgreni</i> Claparede 1868	-	-	100	-
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M.Sars 1856	18	-	-	310
<i>Caulleriella</i> sp	15	113	813	-
<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	15	90	653	-
<i>Cirratulus cirratus</i> (O.F.Mueller 1776)	-	210	125	-
<i>Cirriformia tentaculata</i>	-	157	30	-
<i>Dodecaceria concharum</i> Oersted 1843	-	1283	1050	-
<i>Tharyx</i> sp	100	920	900	570
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius 1780)	-	-	5470	-
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	115	-	-	200
<i>Mediomastus fragilis</i> Rasmussen 1973	-	153	135	-
<i>Polycirrus norvegicus</i> (Wollebaek 1912)	-	237	250	-
<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835	3	-	-	80
<i>Chone</i> sp	-	37	118	-
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>				
<i>Nucula cf. tumidula</i> (Malm)	28	-	-	-
<i>Yoldiella fraterna</i> Verrill & Bush	35	-	-	-
<i>Yoldiella lucida</i> (Loven 1846)	28	-	-	-
<i>Thyasira equalis</i> (Verrill & Bush)	53	-	-	290
<i>Thyasira sarsi</i> (Philippi 1845)	-	967	800	-
<i>Thyasira</i> sp	33	-	-	20
<b>CRUSTACEA (krepsdyr)</b>				
<i>Cypridina norvegica</i> Baird	88	-	-	30
<i>Eriopisa elongata</i> Bruzelius	48	-	-	-





**Figur 7.1.** Artsmangfold for botnfaunaprøvene - forholdet mellom mengde arter og individ plotta i eit generelt klassifiseringssystem basert på Hurlberts funksjon. Dei enkelte sektorane i diagrammet representerer forventede mengde arter ved gitte mengde individ i prøvene. Diagrammet er etter Rygg (1984) og byggjer på ei rekke granskingar i norske fjordar. Fylte symbol - denne granskinga, opne symbol - data frå 1989 (Johannessen et al. 1990).



**Figur 7.2.** Log-normal kurver for KJE1 og KJE4. Resultat frå granskinga i 1989 (Johannessen et al. 1990) er vist for samanlikning. Kurvene representerer 0,4 m<sup>2</sup> (1995) og 1,0 m<sup>2</sup> (1989).

Figur 7.2 viser log-normal kurver for KJE1 og KJE4. Kurvene for prøvetakinga i 1989 er vist for samanlikning. Kurven for KJE1 fell jamt mot x-aksen, men har eit par små toppar. Dette er eit nær normalt forløp. Samanlikna med 1989 er kurven kortare og brattare, men dette kan ha samband med at prøvene i 1989 representerer eit større areal (1 m<sup>2</sup>). Både 1989 og 1995 er det ein topp lengst til høgre på kurven. Kurven frå KJE4 viser eit tydeleg påverka samfunn. Kurven startar lavt på y-aksen, strekkjer seg langt ut (til klasse XII) og har fleire toppar. Samanlikna med 1989 tyder kurven på eit meir påverka organismsamfunn.

Tabell 7.4 viser dei viktigaste artene på stasjonane. Dei dominerande artene på KJE1 og KJE6 er alle vanleg forekommande i djupe fjordar. På KJE1 var små børstemarkar (*Paraonis*, *Tharyx*, *Heteromastus*) noe meir framtrædande enn i 1989 og utgjør dei høgste geometriske klassene i log-normal kurven. Dette kan vere signal om ei tidleg organisk anriking. På KJE6 var samansetjinga av arter i 1989 og 1995 svært lik.

På KJE2 og KJE4 var det høgt innslag av arter som ofte finst ved organisk anriking. Spesielt KJE4, som var dominert av børstemarken *Capitella capitata*, ber preg av dette. I hovudtrekka var dei same artene vanlege i 1989, men det var fleire arter som blei funne i høge tettleiker i 1995. I 1989 var *Capitella* dominerande på begge stasjonar, mens den i denne granskinga ikkje blei funne på KJE2.

### 7.3. Vurdering av resultatata

Granskingane viser at det var normalt gode forhold i djupområda av Lurefjorden. Kjevika var påverka av organiske tilførsler.

*Stasjon KJE1* i Kråkeosen hadde normalt sediment og normal artsrik fauna med høgt artsmangfald. Det var gode forhold på lokaliteten. Generelt var det ingen spesielle endringar sidan 1989, men eit noe meir markert innslag av små børstemark i 1995 kan vere eit muleg signal om ei svak organisk anriking.

*Stasjon KJE2* i Kjevika var påverka av utsleppa. Faunaen var likevel artsrik og hadde ikkje vesentleg nedsett artsmangfald. Samanlikna med 1989 var det høgare organisk innhald i sedimentet og noe sterkare dominans av enkelte arter. Stasjonen var derfor truleg noe meir påverka, men påverkinga er stadig ikkje så sterk at dette utarmar faunaen.

*Stasjon KJE4* i Kjevika var tydeleg belasta av utsleppa. Faunaen var artsrik og hadde normalt artsmangfald, men artssamansetjinga, individtettleik og individfordeling (log-normal kurver) viser at stasjonen var vesentleg påverka av organiske tilførsler. Lukt og boss avslører at tilførslene kommer frå fyllplassen, men mykje algerestar i sedimentet tyder også på at det vert tilført naturleg organisk materiale frå nærrområda. Det er ikkje uvanleg at det på skjelsandbotn er forseinkingar og lokale bakevjer som verka som feller på organisk materiale. Samanlikna med 1989 synes forholda å vere blitt dårlegare.

*Stasjon KJE6* i Lurefjorden hadde normale forhold for ein djup fjordstasjon. Det kan ikkje visast til noen forandringar sidan 1989. Stasjonen blei også prøvetatt i 1980. Det var ikkje noe som tyda på at stasjonen hadde endra seg mellom 1980 og 1989 (Johannessen et al. 1990). Forholda i djupområda av Lurefjorden ser derfor ut til å vere stabile.

## 8. Fjæregranskinga

### 8.1. Kort om typen granskingar

Fjell og stein i fjæresonen har vanlegvis eit stort utval av tang (brunalgar), småvokste algar og fastsitjande fjæredyr. Mange arter er tilpassa denne sonen, men kva for arter som er tilstades vil blant anna avhenge av ulike naturlege faktorar som eksponeringsgrad, substrattyp, ferskvasspåverknad, geografi og sesong. I tillegg er ikkje-naturlege faktorar som ulike forureiningspåverknader (næringssalt, organisk materiale, partiklar, miljøgifter etc) viktige for fjæresamfunnet.

Granskingar i fjæra er ofte brukt for å syne tilstanden på grunt vatn. Ved å sjå på artssamansetjinga, forholdet mellom ulike organismegrupper, diversitet etc., vil ein få inntrykk av tilstanden i eit område.

I sterkt forureina område er ofte raudalgar og enkelte tangarter forsvunne, mens små blad- og trådforma grønalgar og enkelte trådforma brunalgar dominerer. Liknande utslag kan komme av ferskvasspåverking, og såleis vanskeleggjære fortolkinga av observasjonane.

### 8.2. Stasjonsval

Det blei gjort registreringar av fjæresamfunnet på 4 stasjonar i Kjevika (Fig. 3.1). Ein stasjon blei plassert inst i kilen ved moloen (stasjon F1), ein midtvegs i Kjevika østsida av viken (stasjon F2) og to stasjonar blei plassert ved utsleppsstaden for sigevassutslepp frå Kjevikdalen (stasjon F3 og F4).

### 8.3. Prøvetaking og tallbehandling

Organismesamfunnet i fjæra blei undersøkt ved å registrere alle fastsitjande algar (større enn 1 mm) og dei vanlegaste fjæredyra i eit ca. 20 m langt belte langs stranda. Metoden inneber registrering ved fridykking. Registreringa er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artene sin forekomst blir angitt etter ein subjektiv skala: enkeltfunn(e), spreidd(s), vanleg(v) og dominerande(d). Algar som vanskeleg lot seg identifisere i felt, blei seinare mikroskopert.

Feltarbeidet blei gjennomført 9. juni 1995.

Ved talhandsaminga blei alle mengdeopplysningane erstatta med talverdiar: enkeltfunn = 2, spreidd = 4, vanleg = 8 og dominerande = 16.

#### *Diversitet og dominans*

For å berekne diversitet (artsmangfald) blei ein modifisert Shannon-Wiener indeks (H') brukt. Shannon-Wiener indeks er basert på antal (n), men er her brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H' = \sum_{i=1}^s n_i/N \ln(n_i/N)$$

kor  $n_i$  er mengdeverdien (förekomst) av art  $i$ ,  $N$  er summen av mengdeverdiene for alle artene og  $s$  er talet på arter. Indeksen tar omsyn både til talet på arter og mengdefordeling mellom artene, og aukar i tallverdi ved aukande mengd arter og like mengdeverdiar mellom artene.

Dominansen ( $I$ ) er definert som dominansen av den vanlegaste arten i prosent av heile prøven. Høge indeksverdiar indikerer eit samfunn dominert av ein art.

## 8.4. Resultat

### Stasjonsomtale

Dei vanlegaste artene er vist i tabell 8.1. For fullstendig artsliste, sjå appendikstabell 8.1. Figur 8.1 viser forholda på dei fire stasjonane i fjæreganskninga.

#### *Stasjon F1*

Innanfor moloen i indre del av Kjevika blei svært få arter registrert. Bortsett frå enkelte grisetangplanter var det ikkje vegetasjon i fjæra. Plantene var svært reduserte, og enkelte var rotne ved basis. Av fauna var strandsnegl den vanlegaste arten. Elles var området preget av stein og mudderbotn. Vatn og fjell/stein hadde ein rustraud farge. På sjølve steinmoloen blei det registrert fleire arter: blæretang, albusnegl, blåskjel, tarmgrønske, marebek, fjæreblood og strandsnegl. Det blei funne mye lausrivne algar rundt moloen.

#### *Stasjon F2*

På austsida av kilen, ca 50 meter frå moloen var fjellet tilgrodd med noe tang og større mengder trådforma algar (rekeklo, -dokter, stripesveig, grønndusk og brunsl). På litt djupare vatn dominerte sagtang og sukkertare, men også her var det mykje tilgroing av trådforma algar. Sikten var svært dårleg p.g.a. eit kraftig ferskvasslag i overflata, og registreringa blei derfor noe mangelfull.

#### *Stasjon F3*

Stasjonen blei lagt til austsida av kilen, ved utsleppsstaden for sigevatn. Øvre del av fjæra var dominert av rur og blåskjel. Enkelte sauetangplanter vokste spreidd, men danna ikkje noe tydeleg belte. Litt lenger ned i fjæra dominerte den litle raudalgen raudlo, og danna eit tett teppe på fjellet. Dei tette bestandane av raudlo er truleg eit sommarfenomen, men arten vil vere tilstades hele året. Raudloeksemplarene var sterkt bleikna. Under beltet med raudlo vokste skorpeforma raudalgar, og i sjiktet over vokste eit breitt utval store og små algar som rekeklo, krasing, svartkluft, stripesveig, martaum, pollpryd og grønndusk. Blæretang og sagtang vokste spreitt. På litt djupare vatn dominerte tare.

#### *Stasjon F4*

Stasjonen blei lagt til vestsida av kilen, rett overfor stasjon F3. Stasjonen hadde samme type vegetasjon og fauna som F3, med øvre del av fjæra dominert av rur og blåskjel og eit breitt belte nedanfor dominert av røddlo. I rurbelte var det spreidde förekomstar av blåskjel, strandsnegl og purpursnegl mens albusnegl var vanleg. Elles blei det registrert blant anna grønndusk, stripesveig, -dokter, sagtang, martaum, rekeklo, krusflik, krasing, pollpyd.

**Tabell 8.1.** Dei *vanlegaste* artene som blei registrert i Lurefjorden 9.6.95. Fullstendig artsliste er vist i Appendiks. Teknforklaringer: e= enkeltfunn, s= spreidd, v= vanleg og d= dominerande.

	Kjeviken, indre del	Kjeviken	Kjeviken, ytre østside	Kjeviken, ytre vestside	
Stasjonsnummer	F1	F2	F3	F4	
<b>TANG</b>					<b>Norske artsnavn</b>
<i>Ascophyllum nodosum</i>	s	v	e		Grisetang
<i>Fucus vesiculosus</i>	e-s	s	s		Blæretang
<i>Fucus serratus</i>		d	s	s	Sagtang
<i>Pelvetia canaliculata</i>			s		Sautang
<b>ANDRE ALGAR</b>					
<i>Bonnemaisonia hamifera: sporepl.</i>		e	d	d	Rødlo
<i>Ceramium rubrum</i>		v-d	v	s	Rekeklo
<i>Polysiphonia spp.</i>		s-v		s	"-dokker"
<i>Ectocarpales</i>		v		s	Brunslip/perlesli
<i>Striaria attenuata</i>		v	v	s	Stripesveig
<i>Cladophora sp.</i>		v	v	s	Grønndusk
<i>Enteromorpha sp.</i>	s				Tarmgrønske
<b>FJÆREDYR</b>					
<i>Balanus sp.</i>			d	d	Rur
<i>Littorina sp.</i>	v		s	s	Strandsnegl
<i>Mytilus edulis</i>	s		v	s	Blåskjel
<i>Nucella lapillus</i>			e	s	Purpurnegl
<i>Patella vulgata</i>	s	v	s-v	v	Albusnegl

### Artstal

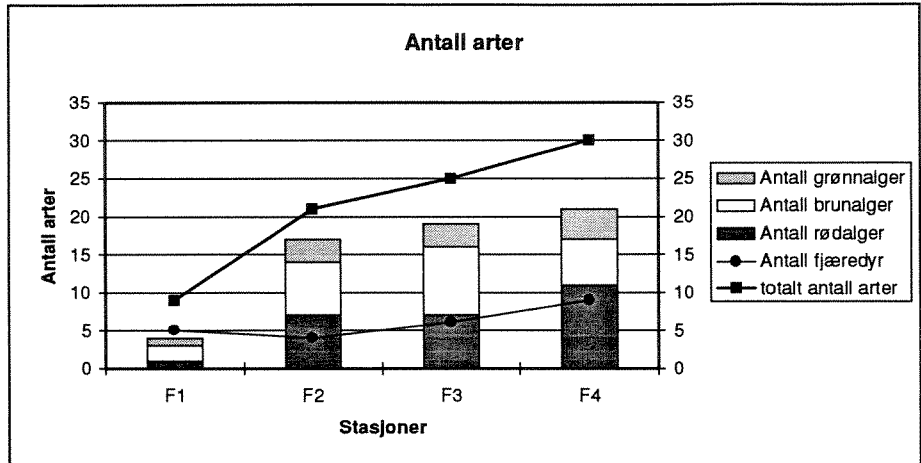
Til saman blei 31 algar (15 raudalgar, 11 brunalgar, 5 grønalgar) og 13 dyr registrert. Dette er ei relativt normal mengde arter for ein fjord. Mengda på arter minka innover i Kjeviken (Figur 8.2), og ved stasjon F1 blei det berre registrert 4 algearter. Ein viss reduksjon i talet på arter innover ein fjord eller kil er naturleg, men stasjon F1 hadde ei lågare mengd arter enn forventa for eit upåverka område.

### Prosentvis forhold mellom raud-, brun- og grønalgar

Den relative førekomst av arter frå gruppene raudalgar:brunalgar:grøndalgar på stasjonane sett samla var 48:35:16, som er innanfor det som blir regna for normalt for upåverka område. Fordelinga for dei enkelte stasjonane er vist i Tabell 8.2. Dei tre ytste stasjonane F2, F3 og F4 hadde ei normal fordeling mellom dei tre algegruppene. Berre ved F1 blei det funne avvik frå norma, men her var mengd på arter så lavt at ein vanskeleg kan vurdere fordeling mellom algegruppene.

### Diversitet og dominans

Diversitet og dominans er to mål på forholdet mellom mengd arter og fordelinga av mengda mellom artene.

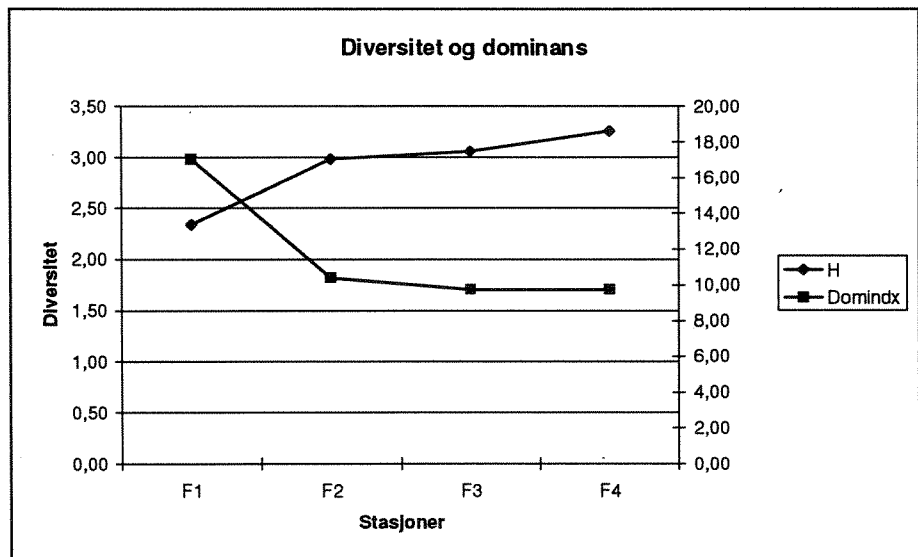


Figur 8.2. Mengd arter registrert i Kjevika i Lurefjorden, juni 1995.

Tabell 8.2. Fordeling mellom raud-, brun- og grønalg (%-andel).

	F1	F2	F3	F4	"normalt"*
Raudalg, %	(25)	41	37	52	45 +/- 10
Brunalg, %	(50)	41	47	29	35 +/-10
Grønalg, %	(25)	18	16	19	15 +/-5

\* Bokn 1978



Figur 8.3. Diversitet og dominansindeks.

I upåverka område med gode leveforhold vil det vere mange arter og jamn fordeling mellom artene, dvs høy diversitet og låg dominans. I forureina områder vil det ofte vere ei ujamn fordeling mellom artene ettersom berre enkelte arter er tilpassa forholda. I Kjevika var det relativt jamn diversitet og dominans på stasjon F2, F3 og F4, men med tendens til aukande diversitet utover mot fjorden (Figur 8.3). Stasjon 1 skilte seg ut med svært låg diversitet og høg dominans.

## 8.5. Vurderingar

Den inste delen av Kjevika var tydeleg påverka av fyllplassen, med svært få arter og raudbrun farge på vatn, fjell og stein.

Stasjonane lenger ute i vika, mot Kjeviktangen, hadde eit relativt rikt algesamfunn, men også her var artssamansetjinga noe unormal. Relativt lite tang og overvekt av trådforma brun-, og grønalgar tyder på rike næringsforhold og/eller ferskvasspåverknad. Lav vassrørsle kan og gi liknande utslag. Resultata frå innlagingsberekningane og miljøgiftinnhald i blåskjel tyder ikkje på at sigevatn frå utsleppspunktet i ytre Kjevika trenger opp til overflata og påverkar strandsonen. Årsaka til den noe uvanlege artssamansetjinga kan derfor vere frå naturleg avrenning frå land, eller påverking frå overflatelaget i indre del av Kjevika. Næringsrikt overflatevatn med overkonsentrasjonar av tungmetaller vert slept ut som eit overflateutslepp inst i Kjevika.

Det er tidlegare observert mykje trådforma algar på Kjeviktangen, og området blei i 1989 karakterisert som ferskvasspåverka (Johannessen et al. 1990). Det er likevel ikkje notert kva for arter som blei observert, og det er derfor vanskeleg å samanlikne dei to granskingane. Ut frå det som blei notert ved siste gransking er det likevel ikkje grunn til å tro at det har vore *større* endringar i tangførekomstane.





Stasjon F1. Indre del av Kjevika, på innsida av molo. For det meste fri for vegetasjon.

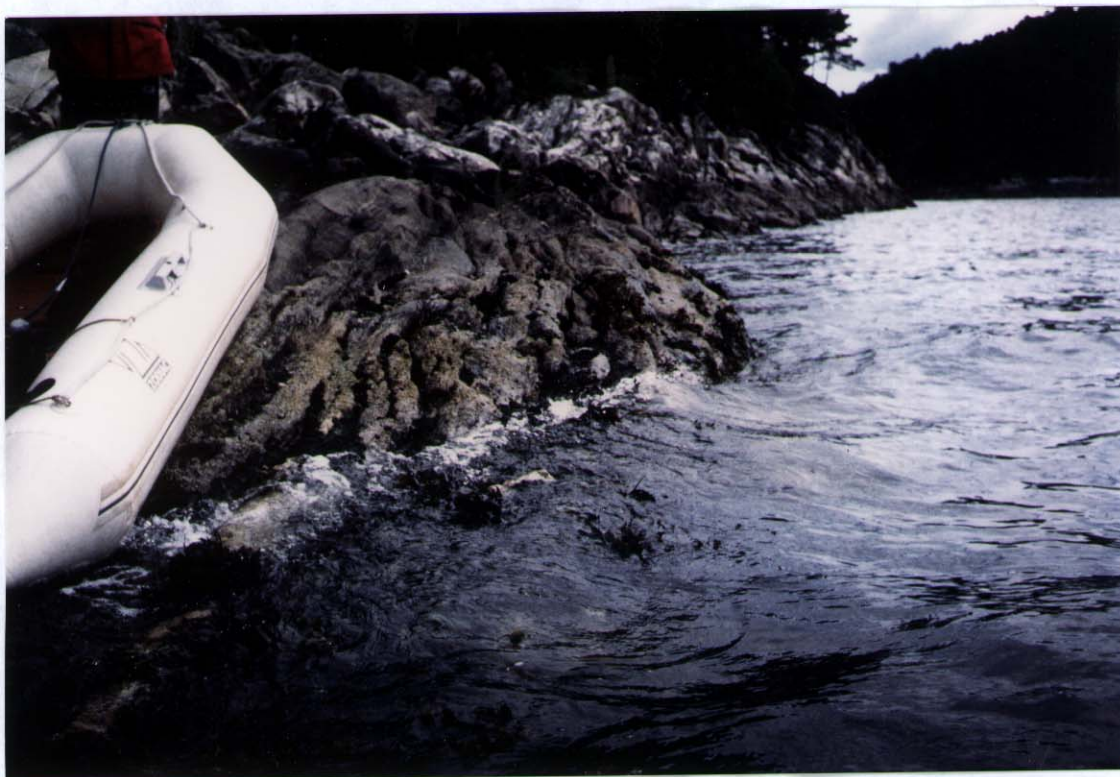


Stasjon F1. Indre del av Kjevika, på nordsida av steinmolo. Spredde førekomstar med tang, snigel og skjel.

Figur 8.1. Illustrerende bilete tatt på stasjonane F1 - F4.



Stasjon F2. Kjevika. Grisatang og albusnigel i øvre del av fjæresona.



**Stasjon F3.** Ytre del av Kjevika, austre side. Rur og blåskjel i øvre del av fjæresona.



**Stasjon F3.**  
Trådforma brun- og grønalgar  
på ca. 1 m djup. Raudlo er  
små lysebrune dottar på fjellet.



**Stasjon F4.** Ytre del av Kjevika, vestre side. Rur, blåskjel og noe tang i øvre del av fjæresona.



**Stasjon F4.** Trådforma raud, brun- og grønalgar på ca. 1 m djup. Grønalgen pollpryd i forgrunnen.

## 9. Samanfattande oppsummering

Målsetjinga for granskinga var å gje ein status for miljøforholda i 1994 ut frå fastlagde stasjonar, sjå om miljøet hadde endra seg sidan dei siste granskningane og gje eit referansemateriale for framtidige granskingar.

Modellberekningane viser at innlagringsdjupet for sigevatnet med dei vassmengdene som går i sigevassleidningen, i hovudsak vil liggje mellom 15 og 25 meter. Avløpsmengda varierer med nedbøren, men månadsgjennomsnittet ligg hovudsakleg under 10 l/s. Sporadiske og kortvarige episodar med vassmengder omkring 50 l/s kan førekomme. Overslag til overflata vil truleg ikkje skje, og dette vil sei at berre stoff som er uløyslege i og lettare enn vatn, som for eksempel olje, vil stige opp til overflata og påverke organismane i strandsonen.

Modellering av eit sannsynleg "verstetilfelle" viste at konsentrasjonane av fosfor og nitrogen vert fortynna til eit naturleg bakgrunnsnivå når avstanden frå utsleppspunktet overstig 0,3 og 1 km. Tungmetalla derimot fortynnast i verste tilfelle ikkje til bakgrunnsnivå før etter fleire km. Ein vil såleis kunne ha ei sone på fleire km der metallkonsentrasjonane fell inn under SFTs tilstandsklasse II "mindre god". Konsentrasjonane av tungmetalla i sigevatnet varierer sterkt, men influensområdet for dei ulike komponentane vil oftast ligge innanfor ein avstand på 500-1000 m frå utsleppspunktet.

Sedimentanalysane viser at forholda i indre del av Kjevika (KJE10, KJE11, KJE12) kan betraktast som "gode" med omsyn på tungmetallbelastning. Analysane av totale hydrokarbon viste derimot verdiar over bakgrunnsnivå på ein av stasjonane (KJE12), noe som tyder på ein viss påverknad av fureiningsrelaterte hydrokarbon.

Fjæregranskinga i Kjevika viser unormale artsførekomstar av algar med dei verste forholda inst i Kjevika. Relativt lite tang og overvekt av trådforma brun- og grønalgar kan tyde på rike næringsforhold, ferskvasstilførsel og lav vassrørsle.

Organismane i strandsonen fungerer som bioreseptorer for forholda i vannmassen. Det blei påvist liten/ingen akkumulering av tungmetall i blåskjel/tang frå strandsonen ved munningen av Kjevika. Etersom sigevatnet ikkje trenger opp til overflata, er analyseresultata av tungmetalla i organismane i tråd med det ein kan forvente. Resultata tyder også på at tungmetalla i overflateutsleppet i Kjevika har liten påverknad på organismane ved Kjeviktangen. Mengda totale hydrokarbon (THC) i blåskjela ligg likevel over det som kan betraktast som bakgrunnsverdiar, medan PAH-verdiane låg under øvre grense for eit "diffust bakgrunnsnivå".

Botnstasjonane ytst i Kjevika ved munningen av sigevassleidningen (KJE2 og KJE4) viser klart påverknad frå utsleppet, og forholda er blitt forverra dei siste seks åra. Spesielt er forholda dårlege på KJE4 kor det førekjem emmen lukt og boss frå fyllplassen i prøvene. Faunaen på stasjonane var artsrik og hadde ikkje vesentleg nedsett artsmangfald, men det var høge til svært høge individtettleikar. Førekomst av arter som ein ofte finn ved organisk anrikning og dei høge tettleikane, viser at faunaen var påverka av tilførselene.

Tungmetallanalysane for ytre del av Kjevika viser, med unntak av krom og bly, ei auke i metallinnhaldet for alle dei metalla som blei undersøkt i den siste granskinga. Verst har utviklinga vore på KJE4 med konsentrasjonsauke på 3-7 gangar i forhold til resultata for seks år sidan. Førekomstane av kadmium, kopar og kvikksølv ligg alle på eit nivå som plasserer sedimentet på KJE4 i tilstandsklasse III "nokså dårlig".

Førekomsten av totale hydrokarbon var klårt høgast ytst i Kjevika (KJE2, KJE4), d.v.s. 6-9 gangar høgare enn i Kråkeosen. Verdiane viser ei moderat påverknad av forurensingsrelaterte hydrokarbon.

Faunaen i Kråkeosen (KJE1) ber preg av ei viss organisk anriking. Tungmetallanalysane viser for fleire av metallane ein auke i konsentrasjonane sidan siste granskning. Verdiane ligg generelt på eit nivå som gir sedimentet karakteristikken "mindre godt". Førekomstane av PCB var relativt låge, men kvalifiserer likevel til karakteristikken "mindre god". THC-førekomstane viser at stasjonen er påverka av forureiningsrelaterte hydrokarbon.  $\Sigma$ PAH låg på eit nivå som ut frå SFT sine kriterie gir sedimentet i Kråkeosen karakteristikken "mindre godt", og verdiane for dei enkelte stoffa viser at komponentar som er karakteristisk for ufullstendig forbrenning av fossilt brensel utgjer 85 %. Førekomsten av benzo(a)pyren som er eit modellstoff for dei kreftframkallande komponentane, var på eit nivå som ligg på grensa mellom tilstandsklassane "mindre god/nokså dårlig".

Stasjonen i Lurefjorden (KJE6) blei ved siste granskning berre undersøkt med omsyn på botnfauna og organisk materiale og resultatane viste inga endring av forholda. Analysane av tungmetall viser konsentrasjonar som stort sett gir sedimentet karakteristikken "mindre godt", mens førekomstane av bly er høgare og ligg innanfor området til tilstandsklasse II "nokså dårlig". Det synest vanskeleg å direkte relatere tungmetallførekomstane til sigevassutsleppet, og det bør undersøkast om det eksisterer eller har eksistert andre kjelder for tungmetallforureining i nærområdet.

Ein kan konkludera med at det er påvist ei klar forverring av forholda i sedimentet på dei to stasjonane nær utløpet av sigevassleidningen ved munningen av Kjevika. Spesielt dårleg var forholda på stasjonen nordaust for avløpet (KJE4). Ei viss forverring kan også sporast i Kråkeosen (KJE1) som ligg ca. 500 m frå utsleppspunktet. Den negative utviklinga på desse stasjonane må ein regne med vil fortsette med den utsleppsstrategien som man har i dag. Ut frå dei parameterane som kan samanliknast med siste granskning, er der ingen klare tekn på forandringar verken i Lurefjorden (KJE6) eller inst i Kjevika (KJE10,11,12).

Det er heilt klart at ved eitt kvart ureina utslepp av ein viss storleik, vil det vere ei nærsone kor miljøforholda ikkje er tilfredsstillande. Kva for ei utstrekning den påverka nærsonen kan tillatast å ha og kva for eit forureiningsnivå som er akseptabelt innanfor denne nærsonen, er det opp til miljøvernforvaltninga å avgjere.

Undersøkinga viser likevel ein klart uønska trend som bør følgjast opp med ei ny undersøking om 3-4 år. Det bør vidare vurderast fleire stasjonar mellom stasjonen i Kråkeosen (KJE1) og stasjonen i Lurefjorden (KJE6). Dette bør gjærast for betre å få kartlagt influensområdet. I tillegg bør det analyserast på PAH og PCB på fleire stasjonar, spesielt på dei to stasjonane ved munninga av avlaupsleidninga. Sjølv om der finst forekomstar av miljøgifter, så er det ikkje sikkert at alle stoffa er biologisk tilgjengelige. Dei biologisk tilgjengelige stoffa går inn i alger og dyr og vert oppkonsentrert oppover i næringskjeda. Miljøgiftene si biotilgjengelegheit kan testast ved bioakkumuleringsforsøk på ulike organismar.

## 10. Litteratur

- Baumgartner, D.J, Frick, W.E. and Roberts, P.J.W, 1994: Dilution models for effluent discharges (Third Edition). Center for Exposure Assessment Modeling. U.S. EPA, Environmental Research Laboratory. Athens, Georgia, USA. 189 pp.
- Bjerkeng, B. og Lesjø, A., 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. PRA 5.7. NIVA-rapport O-126/73. Oslo.
- Buhl-Mortensen, L. & T. Høisæter 1993. Mollusc fauna along an offshore-fjord gradient. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 209-224.
- Golmen, L., 1991. Vassutskifting i Lurefjorden og Seimsfjorden. Resultat frå granskingar i 1989-1990. NIVA-rapp. 2541. Oslo. 78 pp.
- Holte, B., G. Bahr, G. Gulliksen, T. Jacobsen, J. Knutzen, K. Næs og E. Oug 1992. Resipientundersøkelser i Tromsøysundet og Sandnessundet, Tromsø kommune 1991-1992. Organismesamfunn i bløtbunn, hardbunn, i fjæra, miljøgifter i bunnsedimenter. Akvaplan-niva, 162 pp.
- IARC 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volume 1-42. Suppl.7, Lyon, Frankrike.
- Johannessen, P.J., K. Sjøtun & Ø. Tvedten 1990. Resipientundersøkelser i Lurefjorden og Seimsfjorden, Lindås kommune. Institutt for marinbiologi, Univ. i Bergen, rapport nr. 6, 1990. 39 pp.
- Kaarstad, I. & T. Telfer 1991. Environmental monitoring survey of the Gullfaks field. IKU nr. 22.1968.00/01/90. 249 pp.
- Knutzen, J. 1989. PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport 2205. Oslo. 107 pp.
- Knutzen, J. & N. Green, 1995: "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk, blåskjell og reker. Data fra utvalgte norske prøvesteder innen den felles overvåking under Oslo - Paris-kommisjonene (Joint Monitoring Programme - JMP) 1990 - 1993. Rapport 594/95 innen Statlig program for forurensningsovervåking, NIVA-rapport 3302, 106 s.
- Knutzen J. & J., Skei 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 2540. Oslo. 139 pp.
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. NIVA-rapport F.481, OF-80612 II. Oslo. 29 pp.
- Rygg, B. & I. Thelin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02. 20 pp.
- Varanasi, U., S.-L. Chan, W.D. MacLeod m. fl. 1990. Survey of subsistence fish and shellfish for exposure to oil spilled from the Exxon Valdes. First year: 1989 NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-191. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle.

## **APPENDIKS.**



## Appendikstabell 5.1.

Resultat av innlagingsberegningane for utslepp i av 4-50l/s i 30 m djup.

JET DATA AFTER CONTRACTION					PRO-	RESULTS					
					FILE	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL		
HOLE DEPTH DIAM. VEL. ANGLE					NR.	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH	DEPTHS	
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.		(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.
1	30.0	.20	.10	0	1	2.2	89	108	20.5	17.3	12.2
					2	1.6	89	63	23.3	20.9	17.2
					3	2.5	89	132	19.2	16.4	12.2
					4	2.5	89	139	18.9	14.3	7.8
					5	2.6	89	151	18.4	15.2	10.4
					6	2.5	89	132	19.2	15.6	9.4
					7	2.8	89	163	17.8	14.1	7.7
					8	2.5	89	139	18.9	16.3	12.2
					9	2.5	89	140	19.0	15.9	12.0
					10	2.0	89	95	21.4	18.6	15.1
					11	1.7	89	69	22.9	20.6	18.3
					12	2.7	89	153	18.4	14.5	10.3
2	30.0	.28	.20	0	1	3.1	89	77	16.8	12.4	6.7
					2	2.3	88	44	20.7	17.5	12.2
					3	3.1	89	78	16.9	12.8	6.2
					4	4.2	89	122	12.1	9.9	3.1
					5	3.3	89	88	15.8	11.3	4.6
					6	3.6	89	96	14.8	9.6	4.2
					7	3.7	89	105	14.1	8.3	1.2
					8	2.9	89	75	17.2	13.3	5.2
					9	3.2	89	86	16.2	12.8	7.0
					10	2.8	89	64	18.4	15.7	11.7
					11	2.2	88	45	20.8	18.8	14.7
					12	3.6	89	102	14.5	11.0	7.3
3	30.0	.28	.80	0	1	4.5	86	54	12.4	7.6	3.0
					2	3.3	85	32	17.8	13.4	5.7
					3	4.1	86	50	13.5	7.8	< .0
					4	4.6	87	62	11.0	3.3	< .6
					5	4.5	87	57	12.1	5.9	3.5
					6	5.1	87	68	9.6	5.1	.5
					7	5.8	87	82	6.7	1.9	< .0
					8	3.9	86	46	14.5	7.0	< .0
					9	4.0	87	50	13.9	8.2	1.3
					10	3.4	86	37	16.7	12.5	7.2
					11	2.7	84	26	19.8	15.7	9.3
					12	4.3	87	57	12.2	8.1	2.9

EKSTREMT DYP: - EQS. : Blandingen fortsatt etter likevektsdypet  
 - GRAV.: Ingen blanding etter likevektsdypet

Appendikstabell 6.1. Kopi av SFT-VEILEDNING NR. 93:02.

(Rygg og Thelin 1993).

## Klassifisering av tilstand Virksomheter av næringsalter og organiske stoffer

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
<b>Overflatelag Sommer (mai-september)</b>	Total fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<12	12-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<4	4-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat-nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium-nitr. ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<19	19-50	50-200	200-325	>325
	Klorofyll <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ )	<1.9	1.9-3.4	3.4-7.3	7.3-20	>20
Siktedyp (m)	>7.5	7.5-6.2	6.2-4.5	4.5-2.5	<2.5	
<b>Overflatelag Vinter (november- februar)</b>	Total fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<21	21-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<16	16-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<295	295-380	380-560	560-1300	>1300
	Nitrat-nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<90	90-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium-nitr. ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
<b>Dypvann</b>	Oksygen ( $\text{ml O}_2/\text{l}$ ), middelverdi over året	>5.3	5.3-3.8	3.8-1.0	1.0-0.0	H <sub>2</sub> S
	Oksygen ( $\text{ml O}_2/\text{l}$ ), minimum over året	>3.2	3.2-1.0	1.0-0.0	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
<b>Sedimenter</b>	Organisk karbon (mg C/g)	<30	30-48	48-70	70-130	>130
	Organisk nitrogen (mg N/g)	<2.7	2.7-4.2	4.2-5.9	5.9-7.5	>7.5
<b>Artsmangfold for bløtbunnsfauna</b>	Hurlberts indeks ( $ES_{n=100}$ )	>18.5	18.5-12	12-7	7-4	<4
	Shannon-Wiener indeks (H)	>3.1	3.1-2.1	2.1-1.3	1.3-0.8	<0.8

\* Omregningsfaktor til  $\mu\text{g-at/l}$  er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.

Appendikstabell 6.1 forts.

## Klassifisering av tilstand Virksomheter av miljøgifter: Vann og sedimenter

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
<b>Metaller m.m. i vann</b>	Arsen ( $\mu\text{g As/l}$ )	<2	2-5	5-10	10-20	>20
	Bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ )	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	0.5-1	>1
	Fluorid ( $\mu\text{g F/l}$ )	<1300	1300-4000	4000-6000	6000-10000	>10000
	Kadmium ( $\mu\text{g Cd/l}$ )	<0.03	0.03-0.07	0.07-0.2	0.2-0.5	>0.5
	Kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ )	<0.3	0.3-0.7	0.7-1.5	1.5-3	>3
	Krom ( $\mu\text{g Cr/l}$ )	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.5	1.5-3	>3
	Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/l}$ )	<0.002	0.002-0.005	0.005-0.015	0.015-0.03	>0.03
	Nikkel ( $\mu\text{g Ni/l}$ )	<0.5	0.5-2	2-5	5-10	>10
	Sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ )	<1.5	1.5-5	5-10	10-20	>20
Sølv ( $\mu\text{g Ag/l}$ )	<0.01	0.01-0.03	0.03-0.1	0.1-0.2	>0.2	
<b>Metaller m.m. i sedimenter (tørrvektbasis)</b>	Arsen (mg As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	>1000
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30-120	120-600	600-1500	>1500
	Fluorid (mg F/kg)	<800	800-3000	3000-8000	8000-20000	>20000
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0.25	0.25-1	1-5	5-10	>10
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	3-5	>5
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-130	130-600	600-1500	>1500
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
Sølv (mg Ag/kg)	<0.3	0.3-1.3	1.3-5	5-10	>10	
<b>Organiske miljøgifter i sedimenter (tørrvektbasis)</b>	Sum PAH <sup>1)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	B(a)P <sup>2)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	HCB <sup>3)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<0.5	0.5-2.5	2.5-10	10-50	>50
	Sum PCB <sup>4)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<5	5-25	25-100	100-300	>300
	EPOCl <sup>5)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<100	100-500	500-2000	2000-15000	>15000
TCDD ekv. <sup>6)</sup> ( $\mu\text{g/kg}$ )	<0.03	0.03-0.12	0.12-0.6	0.6-1.5	>1.5	

1) Polysykliske aromatiske hydrokarboner  
2) Benzo(a)pyren (en av flere potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser)  
3) Heksaklorbenzen.  
4) Polyklorete bifenyler  
5) Ekstraherbart persistent organisk bundet klor.  
6) Giftighetspotensialet for summen av polyklorete dibenzofuraner/dioksiner, målt som ekvivalenter av den giftigste av disse forbindelsene (2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin).

## Klassifisering av tilstand Virksomheter av miljøgifter: Organiske miljøgifter i organismer

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
<b>Blåskjell</b> (friskvektsbasis)	Sum PAH <sup>1)</sup> (µg/kg)	<100	100-300	300-2000	2000-5000	>5000
	B(a)P <sup>2)</sup> (µg/kg)	<1	1-5	5-25	25-50	>50
	Sum DDT <sup>3)</sup> (µg/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0.2	0.2-1	1-3	3-5	>5
	Sum HCH <sup>5)</sup> (µg/kg)	<0.5	0.5-3	3-10	10-20	>20
	Sum PCB <sup>6)</sup> (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<0.3	0.3-1	1-3	3-5	>5
<b>Torsk, filet</b> (friskvektsbasis)	Sum DDT <sup>3)</sup> (µg/kg)	<2	2-5	5-15	15-30	>30
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0.2	0.2-0.5	0.5-2	2-5	>5
	Sum HCH <sup>5)</sup> (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-20	>20
	Sum PCB <sup>6)</sup> (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-400	>400
	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<0.2	0.2-0.5	0.5-2	2-4	>4
<b>Torsk, lever</b> (friskvektsbasis)	Sum DDT <sup>3)</sup> (µg/kg)	<200	200-500	500-1500	1500-3000	>3000
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<20	20-50	50-200	200-400	>400
	Sum HCH <sup>5)</sup> (µg/kg)	<50	50-200	200-500	500-1000	>1000
	Sum PCB <sup>6)</sup> (µg/kg)	<1000	1000-3000	3000-10000	10000-20000	>20000
	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<30	30-100	100-300	300-1000	>1000
<b>Skrubbe, filet</b> (friskvektsbasis)	Sum DDT <sup>3)</sup> (µg/kg)	<3	3-5	5-20	20-50	>50
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0.3	0.3-1	1-3	3-10	>10
	Sum HCH <sup>5)</sup> (µg/kg)	<2	2-5	5-20	20-50	>50
	Sum PCB <sup>6)</sup> (µg/kg)	<20	20-50	50-200	200-500	>500
	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<0.3	0.3-1	1-3	3-6	>6
<b>Sild, filet</b> (friskvektsbasis)	Sum DDT <sup>3)</sup> (µg/kg)	<20	20-50	50-150	150-300	>300
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<2	2-5	5-20	20-50	>50
	Sum HCH <sup>5)</sup> (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-250	>250
	Sum PCB <sup>6)</sup> (µg/kg)	<100	100-300	300-1000	1000-2000	>2000
	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<2	2-5	5-15	15-30	>30
<b>Taskekrabbe, hepatopankreas</b> (friskvektsbasis)	TCDD ekv. <sup>7)</sup> (ng/kg)	<25	25-75	75-150	150-500	>500

Latinske navn på organismene finnes i temaheftet "Virksomheter av miljøgifter"

## Klassifisering av tilstand Virksomheter av miljøgifter: Metaller, arsen og fluorid i organismer

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
<b>Blæretang og grisetang</b> (tørrvektsbasis)	Arsen (mg As/kg)	<50	50-150	150-350	350-700	>700
	Bly (mg Pb/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Fluorid (mg F/kg)	<15	15-50	50-100	100-300	>300
	Kadmium (mg Cd/kg)	<1.5	1.5-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-25	25-75	75-200	>200
	Krom (mg Cr/kg)	<1	1-5	5-15	15-50	>50
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	0.5-1	>1
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-25	25-50	50-100	>100
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-500	500-1500	1500-3000	>3000
	Sølv (mg Ag/kg)	<0.5	0.5-1.5	1.5-5	5-10	>10
<b>Blåskjell</b> (tørrvektsbasis)	Arsen (mg As/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Bly (mg Pb/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Fluorid (mg F/kg)	<15	15-50	50-150	150-300	>300
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.5	1.5-4	>4
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Sølv (mg Ag/kg)	<0.3	0.3-1	1-2	2-5	>5
<b>Vanlig strandsnegl</b> (tørrvektsbasis)	Arsen (mg As/kg)	<30	30-75	75-300	300-600	>600
	Bly (mg Pb/kg)	<10	10-25	25-75	75-150	>150
	Kadmium (mg Cd/kg)	<5	5-15	15-30	30-60	>60
	Kobber (mg Cu/kg)	<150	150-300	300-750	750-1500	>1500
	Kobolt (mg Co/kg)	<5	5-15	15-50	50-100	>100
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.5	0.5-2	2-5	5-10	>10
	Nikkel (mg Ni/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Sink (mg Zn/kg)	<100	100-300	300-1000	1000-2000	>2000
	Sølv (mg Ag/kg)	<3	3-10	10-20	20-40	>40
<b>Torsk, filet</b> (friskvektsbasis)	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-1	>1

Latinske navn på organismene finnes i temaheftet "Virksomheter av miljøgifter"

## Appendikstabell 6.2. Metallverdiar i sediment for kvar enkelt prøve.

Rapportert: 19/06-95

### ANALYSERESULTATER fra NIVAS LIMS.

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m. rapporterings-dato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Kontaktperson : EVY                      Prosjektnr : O 95040    Stikkord                      : EVY  
 Rekvisisjonsnr: 1995-00699    Godkjent av: IMB                      Godkjent dato: 950619  
 Rekvisisjon registrert : 950410

Analysevariabel	TTS	Cd-Sm	Cr-Sm	Cu-Sm	Fe/fl-Sm	Hg-Sm	Pb-Sm	Sn-Sm	Zn/fl-Sm
Enhet	g/kg	µg/g	µg/g	µg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Metode	B3	E2	E2	E2	E1	E4-2*	E2		
PrNr	PrDato	Merking							
001		0.40	71	44	24.8	0.18	119	<30	153
002		0.24	60	38	24.8	0.14	109	<30	139
003		0.40	70	39	25.5	0.18	119	<30	149
004		0.56	34	90	13.6	0.38	41.0	<30	199
005		0.29	26	52	13.7	0.22	30.2	<30	115
006		0.41	24	68	14.4	0.83	36.2	<30	170
007		0.78	45	162	40.2	0.65	75	<30	363
008		1.6	45	150	25.4	0.77	76	40.1	319
009		0.90	69	159	33.2	1.00	79	<30	361
010		0.70	79	71	36.8	0.40	222	<30	382
011		0.74	79	70	35.4	0.39	222	<30	379
012		0.74	76	75	34.8	0.37	219	<30	376
013		0.07	41	20	35.6	<0.01	18.8	<20	67
014		0.06	45	18	31.6	0.01	18.6	<30	71
015		0.06	21	15	35.7	0.01	17.8	<30	69
016		0.19	34	10	26.6	0.02	16.3	<30	55
017		0.19	42	13	30.4	0.01	13.7	<30	60
018		0.11	41	24	31.3	0.01	20.4	<30	106
019		0.06	41	25	33.1	0.05	24.5	<30	82
020		0.07	39	18	31.0	0.06	33.7	<30	125
021		0.06	43	22	35.5	0.08	21.2	<30	82

OBS !!! Metoder som er markert med "\*\*", er foreløpig ikke akkreditert.

**Appendikstabell 6.3. Metallverdier i blåskjel og sagtang.**

Parameter/stasjon	Blåskjel KJE2	Sagtang KJE2	Blåskjel KJE4	Sagtang KJE4
<b>Totalt tørrstoff</b> %	14,5	23,3	13,2	21,8
<b>Kvikksølv-Hg</b> mg/kg tørrstoff	0,11		0,11	
<b>Kadmium-Cd</b> mg/kg tørrstoff	0,78		1,06	
<b>Bly-Pb</b> mg/kg tørrstoff	1,10		1,14	
<b>Kobber-Cu</b> mg/kg tørrstoff	6,90	2,71	6,97	2,88
<b>Sink-Zn</b> mg/kg tørrstoff	143	133	148	136
<b>Krom-Cr-total</b> mg/kg tørrstoff	0,83		1,14	
<b>Tinn-Sn</b> mg/kg tørrstoff	<60		<60	
<b>Jern Fe</b> mg/kg tørrstoff	146		241	

**Appendikstabell 7.1. Lurefjord 1995. Fullstendige artslister for bløtbunnfauna**

GRUPPENAVN	ARTSNAVN Areal m2	Stasjon	KJ1 0.4	KJ2 0.3	KJ4 0.4	KJ6 0.1
ANTHOZOA	Anthozoa indet		1			6
NEMERTINEA	Nemertinea indet		6		11	1
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)		12	8	17	2
	Harmothoe sp		1		1	
	Leanira tetragona (Oersted 1844)					1
	Pholoe anoculata Hartmann 1965		1			
	Pholoe minuta (Fabricius 1780)			9	13	
	Eteone sp		1			
	Phyllodocidae indet				25	
	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)		1	9	57	
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)			1		
	Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)		1	17	42	
	Exogone sp		6	57	83	
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)			450	562	
	Ceratocephale loveni Malmgren 1867		4			12
	Platynereis dumerilii (Audouin&Milne-Edwards 1834)			1		
	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)			5	12	
	Glycera capitata Oersted 1843			1	16	
	Onuphis conchylega M.Sars 1835				1	
	Lumbrineris sp		3		10	1
	Drilonereis filum (Claparede 1868)		3			
	Protodorvillea kefersteini (McIntosh 1869)				32	
	Orbinia norvegica (M.Sars 1872)		2			
	Aricidea sp		9			
	Paraonis lyra (Southern 1914)		33	27	132	
	Laonice cirrata (M.Sars 1851)			8		
	Polydora caulleryi Mesnil 1897				8	
	Polydora sp				8	
	Prionospio cirrifera Wiren 1883		1	8	2	1
	Prionospio malmgreni Claparede 1868				40	
	Pseudopolydora sp			1	26	
	Spio sp				1	
	Spiophanes kroeyeri Grube 1860		1			1
	Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856		7			31
	Caulleriella sp		6	34	325	
	Chaetozone setosa Malmgren 1867		6	27	261	
	Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)			63	50	
	Cirriformia tentaculata			47	12	



GRUPPENAVN	ARTSNAVN Areal m2	Stasjon	KJ1 0.4	KJ2 0.3	KJ4 0.4	KJ6 0.1
POLYCHAETA	Dodecaceria concharum Oersted 1843			385	420	
forts.	Macrochaeta sp			2	24	
	Tharyx sp		40	276	360	57
	Brada villosa (Rathke 1843)		1			
	Pherusa plumosa (O.F.Mueller 1776)			9	4	
	Polyphysia crassa (Oersted 1843)			4	2	
	Capitella capitata (Fabricius 1780)				2188	
	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		46			20
	Mediomastus fragilis Rasmussen 1973			46	54	
	Mediomastus sp					2
	Notomastus latericeus Sars 1851				26	
	Clymenura sp		4			
	Euclymeninae indet		5	1	1	2
	Maldanidae indet		2			
	Myriochele oculata Zaks 1922		1			
	Ampharete sp			1		
	Melinna cristata (M.Sars 1851)		2			3
	Melythasides laubieri Desbruyeres 1978		8			6
	Sabellides octocirrata (M.Sars 1835)				2	
	Eupolymnia nebulosa (Montagu 1818)				2	
	Lanassa venusta (Malm 1874)				3	
	Laphania boeckii Malmgren 1866				1	
	Neoamphitrite sp			8		
	Phisidia aurea Southward				1	
	Pista cristata (O.F.Mueller 1776)				1	
	Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)			71	100	
	Thelepodinae indet				1	
	Terebellides stroemi M.Sars 1835		1			8
	Trichobranchus roseus (Malm 1874)				29	
	Chone sp			11	47	
	Euchone sp		1			
	Sabellidae indet		2		1	
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet			8	16	
GASTROPODA	Lunatia alderi (Forbes)			1		
	Philine scabra (O.F.Mueller 1776)			2		
POLYPLACOPHORA	Polyplacophora indet				1	
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet		5			

GRUPPENAVN	ARTSNAVN Areal m2	Stasjon	KJ1: 0.4	KJ2: 0.3	KJ4: 0.4	KJ6: 0.1	
BIVALVIA	Nucula cf. tumidula (Malm)		11				
	Yoldiella fraterna Verrill & Bush		14				
	Yoldiella lucida (Loven 1846)		11				
	Yoldiella tomlini Winckworth 1932		2				
	Limatula gwyni (Sykes)				5		
	Lucinoma borealis (Linne 1767)			1	12		
	Myrtea spinifera (Montagu)				1		
	Thyasira cf. sarsi (Philippi 1845)		3				
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)		21			29	
	Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)		5				
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)		2				
	Thyasira sarsi (Philippi 1845)			290	320		
	Thyasira sp		13			2	
	Abra nitida (Mueller 1789)				1		
	Kelliella miliaris (Philippi 1844)		2				
	Corbula gibba (Olivi 1792)			13	20		
	Cuspidaria jugosa (Wood)		1				
	Cuspidaria obesa (Loven 1846)		1				
	OSTRACODA	Cypridina norvegica Baird		35			3
	AMPHIPODA	Tmetonyx cicada (Fabricius)		5			
Eriopisa elongata Bruzelius			19				
Bathymedon saussurei (Boeck)			1				
Synchelidium cf. haplocheles (Grube)						2	
Liljeborgia pallida (Bate)			1				
SIPUNCULIDA	Golfingia sp				1		
	Phascolion strombi (Montagu 1804)			2	3		
PRIAPULIDA	Priapulid caudatus Lamarck 1816				10		
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet			9			
	Amphilepis norvegica Ljungman		7				
	Ophiura cf. sarsi Luetken					2	
	Ophiura sp		4		10		
HOLOTHUROIDEA	Leptosynapta sp			1			
	Artstall		52	38	57	21	
	Individtall		381	1914	5414	192	
	H		4,74	3,38	3,39	3,25	
	ES100		32,31	17,16	19,02	16,99	

**Appendikstabell 8.1. Fullstendig artsliste over registrerte alger og fjæredyr i Lurefjorden 9.6.95**

Tegnforklaringer: e= enkeltfunn, s= spredt, v= vanlig, d= dominerende

	Kjevik, indre del	Kjeviken	Kjeviken ytre østside	Kjeviken, ytre vestside	
TAXA	F1	F2	F3	F4	NORSKE NAVN
<b>RHODOPHYCEAE</b>					<b>RØDALGER</b>
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : <i>sporp.</i>		e	d	d	Rødlo
<i>Ceramium sp.</i>		v-d	v	s	Rekeklo
<i>Chondrus crispus</i>		e	s	s	Krusflik
<i>Chylocladia verticillata</i>			s	s	Kransrør
<i>Corallina officinalis</i>			v	s-v	Krasing
<i>Coralliniacea indet.</i>		v	v-d	v-d	Skorpeformet kalkalger
<i>Cystoclonium purpureum</i>		e		e	Fiskeløk
<i>Dumontia contorta</i>		s		s	Bendelsleipe
<i>Furcellaria lumbricalis</i>			s	s	Svartkluft
<i>Hildenbrandia rubra</i>	s				Fjæreblod
<i>Laurencia pinnatifida</i>				e	Pepperalge
<i>Polysiphonia sp.</i>		s-v		s	"-dokker"
<i>Polysiphonia brodiaei</i>		*		*	Penseldokke
<i>Polysiphonia elongata</i>				*	Stilkdokke
<i>Polysiphonia nigrescens</i>		*			svartdokke
<i>Polysiphonia urceolata</i>		*			røddokke
<b>PHAEOPHYCEAE</b>					<b>BRUNALGER</b>
<i>Ascophyllum nodosum</i>	s	v	e		Grisetang
<i>Asperococcus fistulosus</i>		e		e	Smal vortesmokk
<i>Chorda filum</i>			s	s	Martaum
<i>Ectocarpales indet.</i>		v		s	Brunsliperlesli
<i>Fucus serratus</i>		d	s	s	Sagtang
<i>Fucus vesiculosus</i>	e-s	s	s		Blæretang
<i>Halidrys siliquosa</i>			s		Skolmetang
<i>Laminaria digitata</i>			v-d		Fingertare
<i>Laminaria saccharina</i>		d	s	s	Sukkertare
<i>Pelvetia canaliculata</i>			s		Sauetang
<i>Striaria attenuata</i>		v	v	s	Stripesveig

	Kjevik, indre del	Kjeviken	Kjeviken ytre østside	Kjeviken, ytre vestside	
TAXA	F1	F2	F3	F4	NORSKE NAVN
<b>CHLOROPHYCEAE</b>					<b>GRØNNALGER</b>
<i>Chaetomorpha linum</i>				s	Krøllhårsalge
<i>Cladophora rupestris</i>		v	v	v	Vanlig grønndusk
<i>Cladophora sp.</i>		v	v	s	Lys grønndusk (fl. arter)
<i>Codium fragile</i>		v	v	v	Pollpryd
<i>Enteromorpha sp.</i>	s				Tarmgrønnske
<b>CYANOPHYCEAE</b>					<b>BLÅGRØNNALGE/LÅG</b>
<i>Calothrix/Verrucaria</i>	s-v	s-v		v	Marebek
<b>FAUNA</b>					<b>FJÆREDYR</b>
<i>Actinaria indet.</i>		s			Sjøanemone
<i>Asterias rubens</i>				e	Sjøstjerne
<i>Balanus sp.</i>			d	d	Rur
<i>Carcinus maenas</i>	e				Strandkrabbe
<i>Cerastocerma edule</i>	s				Hjerteskjell
<i>Echinus esculentus</i>			e	e	Kråkebolle
<i>Halichondria panicea</i>		s			Brødsvamp
<i>Littorina obtusata</i>				s	Butt strandsnegl
<i>Littorina sp.</i>	v	s	s	s	Strandsnegl
<i>Mytilus edulis</i>	s		v	s	Blåskjell
<i>Nucella lapillus</i>			e	s	Purpurnegl
<i>Patella vulgata</i>	s	v	s-v	v	Albusnegl
<i>Spirorbis sp.</i>	s	s-v		s	Posthommark
<b>Totalt antall arter</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	
Antall rødalger	1	10	7	13	
Antall brunalger	2	7	9	6	
Antall grøninalger	1	3	3	4	
Antall fjæredyr	6	5	6	9	
* Prøver av <i>Polysiphonia blei</i> samlet inn og bestemt i mikroskop.					

**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3367-95.

ISBN 82-577-2897-7