

Resipientundersøkelse i Lurefjorden 2013 med påfølgende risikovurderinger



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

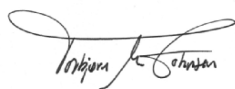
Tittel Resipientundersøkelse i Lurefjorden 2013 med påfølgende risikovurderinger	Løpenr. (for bestilling) 6679-2014	Dato 21.04.2015
	Prosjektnr. Undernr. 13229	Sider Pris 75
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen og Hilde Cecilie Trannum	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsselskap IKS (NGIR)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Resipientundersøkelse i Lurefjordområdet i 2013 viste lave oksygenkonsentrasjoner i dypvannet i Seimfjorden og Lurefjorden. Sedimentene er mest forurenset av bly med tilstandsklasse IV "Dårlig" på 3 av 6 stasjoner, mens sedimentene er svakt forurenset av kobber, kadmium og kvikksølv. Konsentrasjonen av TBT på stasjon KJE4 ga tilstandsklasse IV "Dårlig", men ble ikke registrert over deteksjonsgrensen på de andre stasjonene. PAH ble kun funnet på alle stasjoner og spesielt enkeltforbindelsene benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren ble funnet i høye konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse IV "Dårlig" på henholdsvis 5 og 3 av 6 stasjoner. Konsentrasjonen av benzo(a)pyren ga tilstandsklasse II "God" på alle stasjoner, mens ΣPAH₁₆ ga tilstandsklasse III "Moderat" på 5 av 6 stasjoner. Analysene av PCB og bromorganiske forbindelse viste lave konsentrasjoner i sedimentene. Analyser av tungmetaller og organiske miljøgifter i blåskjell viste lave konsentrasjoner for alle målte parametere. I torskfilet fra KJE4 ble kvikksølv funnet i konsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse II "Moderat forurenset". Fra samme stasjonen var konsentrasjonen av bly i torskfilet og PCB i hysefilet i den øvre delen av konsentrasjonsområdet sammenlignet med torsk og hyse fra åpne havområder. I filet av rødspette og gapeflyndre og i krabbe fra KJE4 ble det funnet litt forhøyede konsentrasjoner av bly i forhold til det som måles i de samme artene i kystområdene våre. Resten av analysene viste tilnærmet normale verdier på linje med resultatene fra 2008. Med unntak av stasjon KJE4 helt ved utslippspunktet for sigevann tilfredsstilte bløtbunnsfaunaen Vanndirektivets krav om minst "God" økologisk tilstand. Risikovurderinger viser at sedimentene i Lurefjorden har miljøgiftkonsentrasjoner som overskrider grenseverdiene for risiko for toksiske effekter på organismene som lever i sedimentene. Teoretisk risiko for skade på human helse vurdert på bakgrunn av miljøgiftkonsentrasjoner i sediment og biota viser at dersom normalt konsum av fiskelever gjennom hele livsløpet kun stammer fra fisk fanget i Lurefjorden, representer PCB en potensiell helseisriko. Under de samme forutsetningene framkommer også kvikksølv som en potensiell helseisriko ved konsum av sjømat fra Lurefjorden. Beregningene viser også overskridelser av grenseverdiene for kadmium ved konsum av krabbe, men kadmiumkonsentrasjonen i krabbe fra Lurefjorden avviker ikke fra konsentrasjonene som vanligvis måles i krabbe langs norskekysten.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Resipientundersøkelse	1. Environmental investigation
2. Sigevann	2. Seepage water
3. Risikovurderinger	3. Risk assessments
4. Lurefjorden	4. Lurefjorden



Torbjørn M. Johnsen
Prosjektleder



Kai Sørensen
Forskningsleder

Resipientundersøkelse i Lurefjorden 2013 og risikovurderinger

Forord

Sommeren 2013 fikk NIVA i oppdrag fra NGIR (Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsverk) å gjennomføre resipientundersøkelse i Lurefjorden. Feltarbeid ble gjennomført 4. og 5. juli 2013 av Marijana Brkljacic og Torbjørn M. Johnsen ved bruk av MS "Solvik" med Leon Pedersen som skipper. Rune Ones har hatt ansvaret for innsamling av biologisk materiale som skulle analyseres for ulike forurensende stoffer, og han har vært vår kontaktperson hos NGIR. Opparbeidelse av fisk og krabber har vært gjennomført av Bjørnar A. Beylich, mens Henny Jokiel Knudsen har tatt seg av blåskjell. Analyser av bløtbunnsfauna har vært utført av Akvaplan-niva med Roger Velvin som kontaktperson. Hilde Cecilie Trannum har rapportert resultatene av bløtbunnsanalysene, mens Torbjørn M. Johnsen har hatt ansvaret for resten av rapporten inkludert risikovurderingene og vært prosjektleder.

Kai Sørensen har vært ansvarlig for kvalitetssikring av rapporten.

Alle takkes for innsatsen.

Bergen, 21. april 2015

Torbjørn M. Johnsen

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Bakgrunn	9
1.1 Innledning	9
1.2 Lurefjorden	9
1.3 Tidligere undersøkelser	10
1.4 Forurensningstilførsler	10
2. Materiale og metoder	11
3. Hydrografi	14
3.1 Materiale og metoder	14
3.2 Lurefjorden	14
3.2.1 Seimsfjorden (SEIM2)	14
3.2.2 Kjeosen (KJE1)	14
3.2.3 Lurefjorden (KJE6)	15
3.2.4 Lurosen (LUO)	15
3.2.5 Diskusjon	16
4. Sediment og miljøgifter	17
4.1 Materiale og metoder	17
4.2 Tungmetaller og TBT (tributyltinn)	17
4.3 PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner)	18
4.4 PCB (polyklorerte bifenyler)	19
4.5 Bromorganiske forbindelser	20
4.6 Oppsummering av tungmetaller og miljøgifter i sediment	21
5. Organismer og miljøgifter	22
5.1 Materiale og metoder	22
5.2 Blåskjell	23
5.3 Fisk og krabbe	23
5.3.1 Fisk	23
5.3.2 Krabbe	24
5.4 Oppsummering av tungmetaller og miljøgifter i organismer	24
6. Bunndyr	26
6.1 Formål	26
6.2 Metodikk	26
6.2.1 Feltinnsamling	26
6.3 Analyser og beregninger	27
6.3.1 Fauna	27
6.3.2 Sediment	27
6.4 Resultater og vurderinger	28
6.4.1 Fauna	28
6.4.2 Sediment	28

6.5 Konklusjoner fra bløtbunnsundersøkelsen	30
7. RISIKOVURDERING	31
7.1 INNLEDNING	31
7.2 RISIKOVURDERINGER	32
7.3 KRÅKEOSEN	32
7.3.1 Trinn 1	32
7.3.2 Trinn 2 og 3	34
7.4 SEIMSFJORDEN	42
7.4.1 Trinn 1	42
7.4.2 Trinn 2 og 3	42
7.5 LUREFJORDEN	48
7.5.1 Trinn 1	48
7.5.2 Trinn 2 og 3	48
7.6 FESØY	54
7.6.1 Trinn 1	54
7.6.2 Trinn 2 og 3	54
7.7 Oppsummering risikovurderinger	62
8. Konklusjon	63
9. Litteratur	65
Vedlegg A.	66
Vedlegg B.	75

Sammendrag

Resipientundersøkelsen i 2013 hadde som formål å gi en tilstandsrapport for Lurefjorden og finne ut i hvilken grad resipienten påvirkes av utslippene fra NGIRs deponi i Kjevikdalen. Fokuset skulle rettes mot tungmetaller og miljøgifter i sediment og biota og sammenligne resultatene fra denne undersøkelsen med tidligere undersøkelser for å se om eventuelle endringer kan tilskrives utslippene fra avfallsdeponiet.

De hydrografiske målingene viste meget lave oksygenkonsentrasjoner i Seimsfjorden (tilstandsklasse V "Meget dårlig") og i dypvannet i Lurefjorden (tilstandsklasse VI "Dårlig"). Stor forskjell mellom oksygenkonsentrasjonen i Seimsfjorden og Lurefjorden tilsier at de lave oksygenkonsentrasjonene i Seimsfjorden bør verifiseres før det trekkes klare konklusjoner mht utviklingen i bunnvannet i Seimsfjorden.

Av tungmetallene er det bly som forurenses sedimentene i Lurefjordområdet mest med konsentrasjoner som gir tilstandsklasse IV "Dårlig" på 3 av 6 stasjoner. Ellers forekommer kobber, kadmium og kvikksølv i tilstandsklasse II "God" på halvparten eller mer av stasjonene. Bly og kvikksølv viser positiv korrelasjon mellom konsentrasjon og dyp for stasjonene i Lurefjorden. Konsentrasjonene av tungmetallene var tilnærmet på samme nivå som i 2008, men sammenlignet med tidligere undersøkelser er det en betydelig reduksjon.

TBT ble kun registrert over deteksjonsgrensenivå på stasjonen ved utløpet for sigevannsledningen (KJE4) hvor konsentrasjonen ga tilstandsklasse IV "Dårlig".

For PAH er det spesielt enkeltforbindelsene benzo(ghi)perylen og ideno(1,2,3-cd)pyren som forekommer i høye konsentrasjoner (tilstandsklasse V "Meget dårlig") på henholdsvis 5 og 3 av 6 stasjoner. Benzo(a)pyren som er en av de mest helseskadelige forbindelsene, ble funnet i konsentrasjoner som gir tilstandsklasse II "God" på alle stasjonene, mens ΣPAH_{16} ble klassifisert i tilstandsklasse III "Moderat" på 5 av 6 stasjoner. For ΣPAH_{16} viste KJE4 de beste forholdene med tilstandsklasse II "God". Også for PAH er det en positiv korrelasjon mellom dyp og konsentrasjon. Analyseresultatene av PAH i sediment fra 2013 viser en betydelig økning i forhold til 2008, men sett i forhold til resultatene fra 2002 er det en reduksjon på alle stasjoner.

For PCB og bromorganiske forbindelser var konsentrasjonene relativt lave ingen analyseresultater medførte dårligere klassifisering enn tilstandsklasse II "God".

Blåskjell viste lave konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I "Lite forurenset" for alle målte parametere. For alle organismer med unntak av blåskjell må det gjøres oppmerksom på at analysene er utført på et svært begrenset materiale for hver enkelt art fordi tilgangen på fisk og krabbe i Lurefjorden var meget dårlig under fisket i 2013. I torskefilet fra KJE4 ble kvikksølv funnet i konsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse II "God". Konsentrasjonen av bly i torskefilet var også litt høyere enn i torsk fra åpne havområder, men for resten av de målte parametere var konsentrasjonene lave og på 2008-nivå. Analysene av torskelever viste ingen forhøyede verdier. I hysefilet fra stasjon KJE4 var mengden PCB i filet noe høyere enn det som er vanlig i filet fra upåvirkede områder, mens resten av analysene viste ingen unormale verdier. Fra samme stasjon ble rødspette, gapeflyndre og lomre analysert, og i rødspette og gapeflyndre viste analysene noe forhøyede konsentrasjoner av bly i forhold til det som normalt måles i disse artene langs norskekysten, mens resten av analysene viste lave konsentrasjoner. Også i krabber ble det funnet noe forhøyede konsentrasjoner av bly i krabbeinmaten, mens resten av analysene viste normale verdier på linje med resultatene fra 2008.

Med unntak av stasjon KJE4 helt inntil utslippet, tilfredsstillte bløtbunnsfaunaen Vanndirektivets krav om minst "God" økologisk tilstand. Tilstanden på stasjon KJE4 var på grensen mellom "God" og "Moderat". Det bør merkes at individtallet her var så høyt at DI ga tilstandsklasse "Dårlig" til "Svært dårlig". Dette indikerer stor tilførsel av organisk materiale. Denne effekten var imidlertid svært avgrenset. Ingen av

stasjonene var spesielt individfattige, slik som kan være tilfelle ved sterk belastning fra miljøgifter eller ved oksygensvinn.

Høye konsentrasjoner av bly og spesielt PAH-forbindelsene benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren i sedimentene utløste krav om gjennomføring av risikovurderinger. Første trinn i risikovurderingen viste at alle de undersøkte områdene har sedimenter med miljøgiftkonsentrasjoner som overskrider grenseverdiene for risiko for toksiske effekter på organismer som lever i sedimentene. Beregningene viste for de fem vurderte områdene at de samme to PAH-forbindelsene representerte en potensiell spredningsfare hovedsakelig via organismer.

Vurderinger av teoretisk risiko for skade på human helse er vurdert både ut fra miljøgiftkonsentrasjoner i sediment og biota. Resultatene viser generelt at vurderingene kun basert på konsentrasjoner av miljøgifter i sediment gir høye overskridelser i forhold til anbefalt livstidseksponering fra disse kildene. Ved å inkludere miljøgiftkonsentrasjonene i fisk og skalldyr som ofte er hovedkilden for skade på human helse, reduseres eller fjernes denne risikoen for flere av stoffene/forbindelsene. Dette gjelder spesielt bly og PAH-forbindelsene benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren. PCB representerer imidlertid en potensiell helserisiko ved konsum av lever fra torsk og hyse. Ved konsum av standard mengde fisk og krabbe fra kun Lurefjorden gjennom livsløpet viser beregningene at også kvikksølv representerer en potensiell helserisiko selv om det kun er funnet forhøyede kvikksølvkonsentrasjoner i torskefilét fra Kjeosen. Risikovurderingene gir også overskridelser for kadmium ved konsum av krabbe, men kadmiummengdene i krabbe ligger innenfor normalområdet angitt i NIFES sjømatdatabase.

Summary

Title: Recipient investigation in Lurefjorden 2013 and risk assessments

Year: 2014

Author: Torbjørn M. Johnsen & Hilde Cecilie Trannum

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6414-2

Environmental investigations were performed in Lurefjorden to evaluate the impact of the discharges from the waste disposal site NGIR in Kjevikkaldalen. The investigations were focused on heavy metals and organic pollutants in sediment and biota and describe the environmental conditions in the recipient comparing with results from previous investigations.

Low oxygen concentrations were measured in the deep waters in Seimsfjorden and Lurefjorden and this has to be verified through new investigations.

Analyses of grab samples of sediments taken in Lurefjorden showed contamination mostly by lead (*poor* class at 3 of 6 stations), and to a lesser degree by mercury, copper, and cadmium. For lead and mercury a positive correlation between depth and concentration was shown. Heavy metals were found at the same concentration levels as in the investigation performed in 2008, but the concentrations had declined considerably compared to previous investigations.

At KJE4 close to the outlet of the discharge pipe relatively high concentrations of TBT (class *poor*) were measured, but at the other stations TBT concentrations were above the detection level was not found.

The polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) benzo(ghi)perylene and ideno(1,2,3-cd)pyrene occurred in the sediments at high concentration (*bad* class) at many of the stations. However, benzo(a)pyrene, regarded as the most hazardous PAH, was not found in high concentrations (*good* class). The concentrations of PAH were higher than in the investigation performed in 2008, but lower than in 2002 at all stations.

Polychlorinated biphenyls (PCB) and brominated organic chemical compounds were found in low concentrations in the sediments.

Blue mussels, fish and crabs were analyzed for heavy metals and organic pollutants. In blue mussels only low concentrations of measured components were found. In cod fillet the concentration of mercury (*good* class) and lead was a bit elevated. Fillet of haddock contained a bit more PCB than haddock catch in pristine areas. The concentration of lead in edible crabs, fillet of plaice and long rough dab were slightly elevated. Most of the analyses, however, showed normal concentrations of all analyzed elements comparable with the results from 2008.

Except for station KJE4 close to the outlet of the discharge the soft-bottom fauna fulfills the Water Directive's requirement of at least *good* ecological status. The status at station KJE4 was *good* to *moderate*. It should be noted that the number of individuals was so high that DI indicated from *poor* to *bad* class. This finding indicates excess organic matter. However, this effect was strongly localized. None of the stations had particularly low numbers of individuals, as may be found at locations strongly impacted by contaminants or by oxygen depletion.

Due to high concentrations of lead and especially the PAH-compounds benzo(ghi)perylene and ideno(1,2,3-cd)pyrene in the sediments risk assessments have been carried out in Lurefjorden. The estimated risk of harm to human health based on analyses of contaminants in sediments and local biota shows that consumption of seafood can theoretical lead to excess of the recommended limits for some of the contaminants.

1. Bakgrunn

1.1 Innledning

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført undersøkelse av miljøet i Lurefjorden på oppdrag av Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsselskap IKS (NGIR). Lurefjorden er resipient for sigevann fra NGIR sitt avfallsdeponi som ble etablert i Kjevikkdalen rundt årsskiftet 1982/83.

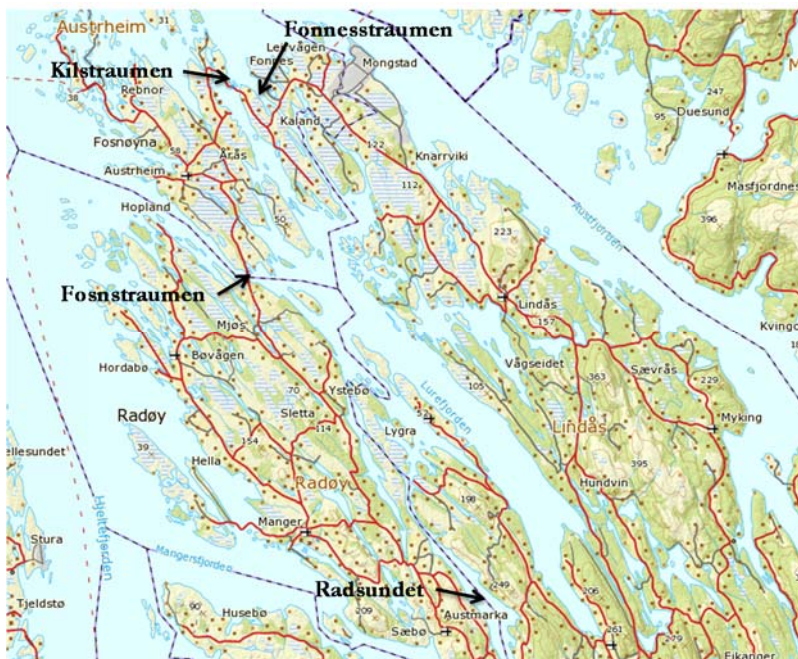
Formålet med undersøkelsen har vært:

- Å gi en tilstandsrapport om resipienten spesielt i den hensikt å finne ut i hvilken grad utslippene fra NGIR påvirker fjorden.
- Å undersøke innholdet av tungmetaller og miljøgifter i sedimentene.
- Å undersøke om fisk og bunndyr er påvirket av forurensning.
- Å sammenligne resultatene fra denne undersøkelsen med tidligere undersøkelser for å se om det er endringer som kan tilskrives utslippene fra Kjevikkdalen avfallsplass.
- Å systematisere analyseresultatene slik at de kan benyttes for sammenligninger ved framtidige undersøkelser.

1.2 Lurefjorden

Lurefjorden er en terskelfjord med maksimumsdybde på 440 m og 4 sund i den nordvestlige delen av fjorden (**Figur 1**). Radsundet har forbindelse sørover mot Kvernafjorden/Radfjorden, mens de 3 andre – Fonnstraumen, Kilstraumen og Fosnstraumen står i forbindelse med Fens- og Fedjefjorden. Tersklene inn til Lurefjorden er imidlertid ikke mer enn 20-30 m dype, og dette forhindrer en effektiv utskiftning av vannet i Lurefjorden som dermed blir en relativt lukket resipient hvor partikler med ulike forurensningsstoffer knyttet til seg, vil sedimentere inne i fjorden.

Lurefjorden tilhører vanntypen "oksygenfattig fjord" som foreløpig ikke inngår i det nasjonale klassifiseringssystemet (jfr. Veileder 02:2013).



Figur 1. Lurefjorden med sund og omkransende fjordområder.

1.3 Tidligere undersøkelser

Flere resipientundersøkelser med noe ulikt fokus har vært gjennomført tidligere i fjordområdet (Johannessen m.fl. 1990, Lømsland m.fl. 1995, 1999, Johnsen & Sundfjord 2003), mens denne undersøkelsen har vært gjennomført med innsamling på de samme stasjoner og med de samme måleparametere som ved siste undersøkelse gjennomført i 2008 (Tveranger m.fl. 2008).

1.4 Forurensningstilførsler

NGIR sitt deponi i Kjevikdalen i Lindås kommune har vært i drift i over 30 år med Lurefjorden som sin resipient. De 9 kommunene (Austrheim, Fedje, Gulen, Lindås, Masfjorden, Meland, Modalen, Radøy og Solun) som eier NGIR, har til sammen ca. 14.000 husstander og 5.500 hytter som leverer avfall til renovasjonsselskapet. Selskapet tar i mot alle typer avfall, men i dag går bare en liten andel (2012: ca. 330 tonn) til deponering, mens det resterende går til gjenvinning, kompostering eller forbrenning.

Siden forrige resipientundersøkelse i 2008 har NGIR avsluttet deponering av husholdningsavfall (slutt april 2010). I dag er det derfor uorganisk materiale av ulik opprinnelse som deponeres, men denne type deponering har økt betydelig de senere årene og var tilnærmet 10 ganger høyere i 2013 enn i 2008. Det har også ført til at den totale mengden avfall har økt med ca. 50% i forhold til 2008 og er nå ca. 32.500 tonn.

Sigevannsmengden som drenerer gjennom de deponerte massene, varierer betydelig, men er angitt til gjennomsnittlig ca. 30 m³/time som gir en årlig tilførsel på ca. 263.000 m³ sigevann. Sigevannets innhold av forurensende stoffer i er rapportert i NGIRs årsrapport for 2013 hvor ulike elements utvikling fra 2008-13 er satt opp i tabellform og i figurer. Resultatene viser at for de fleste tungmetallene ligger utslippene på samme nivå som i 2008 med unntak av kromutslippene (Cr) som er redusert og jern (Fe) og kobber (Cu) som har hatt en økning.

2. Materiale og metoder

4. og 5. juli 2013 ble det gjennomført feltarbeid med hydrografiske målinger og innsamlinger av sediment for kjemisk analyse og identifisering og kvantifisering av bunnfauna ved bruk av M/S "Solvik" med Leon Pedersen som skipper. På stasjonene i ytre Seimsfjorden (SEIM2), ved utløpet av avløpsledningen fra deponiet i Kjevikkaldalen (KJE4), i Kjeosen (KJE1), på dypeste punkt i Lurefjorden (KJE6), ved Fesøy i ytre del av Lurefjorden (FES) og i Lurosen (LUR) ble det foretatt prøvetaking av sediment (**Figur 2** og **Figur 3**). Posisjoner for alle stasjoner er angitt i **Tabell 1**. På 4 av stasjonene (SEIM2, KJE1, KJE6, LUO) ble det gjennomført hydrografiske målinger ved bruk av profilerende sonde (SAIV SD200) som måler dyp, temperatur, salinitet og oksygen. På disse stasjonene ble det også tatt vannprøver på 10 meters dyp for analyse av oksygen etter Winklermetoden for kalibrering av oksygensensor på sonden.

NGIR har vært ansvarlige for innsamling av biologisk materiale for analyse av metaller og miljøgifter, blåskjell, fisk og krabbe. En nærmere beskrivelse av arter som har vært samlet inn, antall, stasjoner osv. gis under kapitlet som omhandler organismer og miljøgifter.

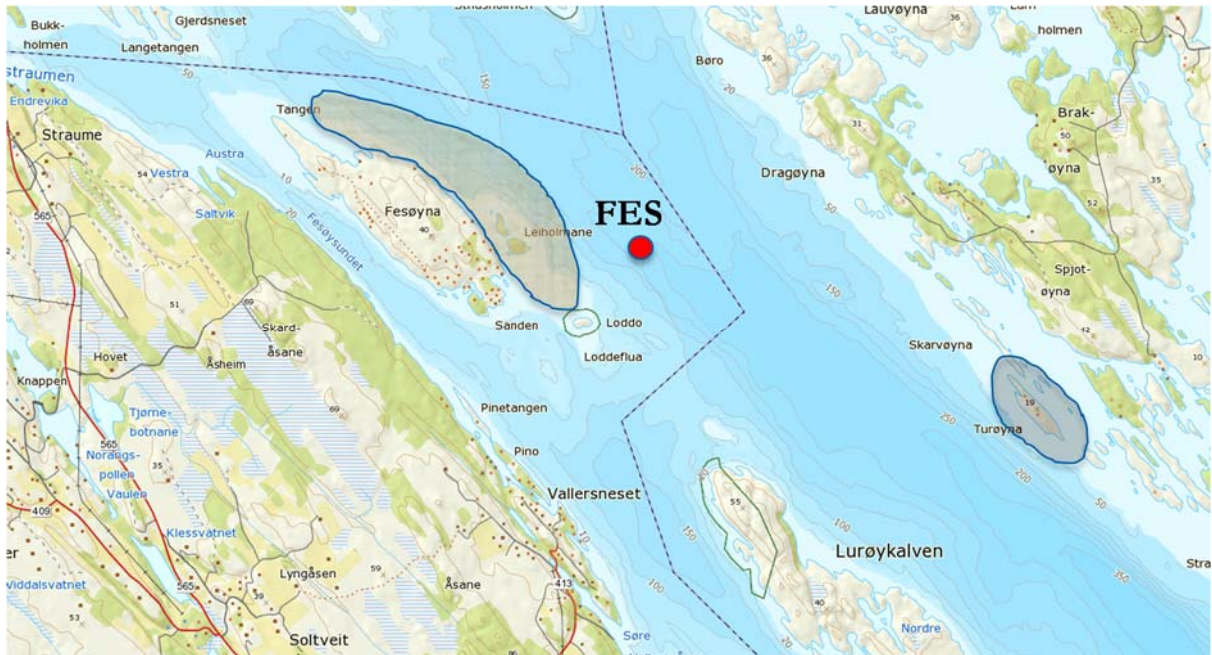
Videre omtale av metodikk finnes under de ulike hovedkapitlene.

Tabell 1. Dyp og posisjoner for innsamlingsstasjoner i Lurefjorden (WGS-84 (EUREF-89)).

Stasjon	Stasjonsnavn	Dyp (m)	Posisjon	
Seimsfjorden, ytre	SEIM2	245	60°38,690 N	05°13,301 E
Lurefjorden, Kjeosen	KJE1	180	60°39,637 N	05°14,132 E
Lurefjorden, ved utslipp	KJE4	37	60°39,481 N	05°14,585 E
Lurefjorden, dypområde	KJE6	440	60°41,048 N	05°10,343 E
Lurefjorden ved Fesøy	FES	250	60°43,535 N	05°02,629 E
Lurosen	LUO	100	60°41,206 N	05°06,720 E



Figur 2. Kart med stasjoner for innsamling av sediment (S) og biologisk materiale (B) på stasjonene a) SEIM2 i ytre del av Seimsfjorden (S), KJE10 innerst i Kjevika (B), KJE4 ved utløpet av avløpsledningen fra deponiet i Kjevikdalen (S+B) og KJE1 i Kjeosen (S) og b) KJE6 på dypeste punkt i Lurefjorden og LUO i Lurosen (S).



Figur 3. Kart med stasjoner for innsamling av sediment på stasjonene FES i ytre del av Lurefjorden og med markering av områder for fiske av hyse ved Fesøy og taskekrabbe ved Turøy.

3. Hydrografi

3.1 Materiale og metoder

Målinger ved bruk av profilerende sonde av type SAIV SD200 som automatisk registrerer salinitet, temperatur, oksygen og trykk nedover i vannsøylen, ble foretatt på stasjonene SEIM2, KJE1, KJE6, LUO. For kalibrering av oksygensensoren på sonden ble det på samtlige stasjoner tatt vannprøver ved bruk av vannhenter på 10 meters dyp for analyse av oksygen etter Winklermetoden. I ettertid ble alle oksygenmålinger korrigert mot Winklermålingene (jfr. **Tabell 2**).

Tabell 2. Resultater av oksygenmålinger utført etter Winklermetoden i vannprøver tatt på 10 meter dyp.

Stasjon	Dyp (m)	Oksygen (mg O ₂ /l)
SEIM2 (Seimfjorden)	10	10,690
KJE1 (Kjeosen)	10	11,080
KJE6 (Lurefjorden)	10	10,548
LUO (Lureosen)	10	9,383

3.2 Lurefjorden

3.2.1 Seimfjorden (SEIM2)

Vertikalprofilen for salinitet i Seimfjorden viser at 4. juli 2013 steg saltinnholdet i vannsøylen relativt jevnt fra 31,8 i overflaten til 32,8 på 103 m dyp. Fra 103 til 114 m var det en relativt stor salinitetsøkning fra 32,8 til 33,1, men derfra til dypeste målepunkt på 237 m var det tilnærmet ingen endring i saliniteten (jfr. **Figur 4**). Temperaturen var relativt jevn (10,3-10,1°C) i de øvre 8 meterne og sank derfra relativt jevnt til 5,5°C på 30 m dyp. Derfra og ned til 115 m økte den igjen til 7,1°C og holdt seg på denne temperaturen helt ned til bunnen.

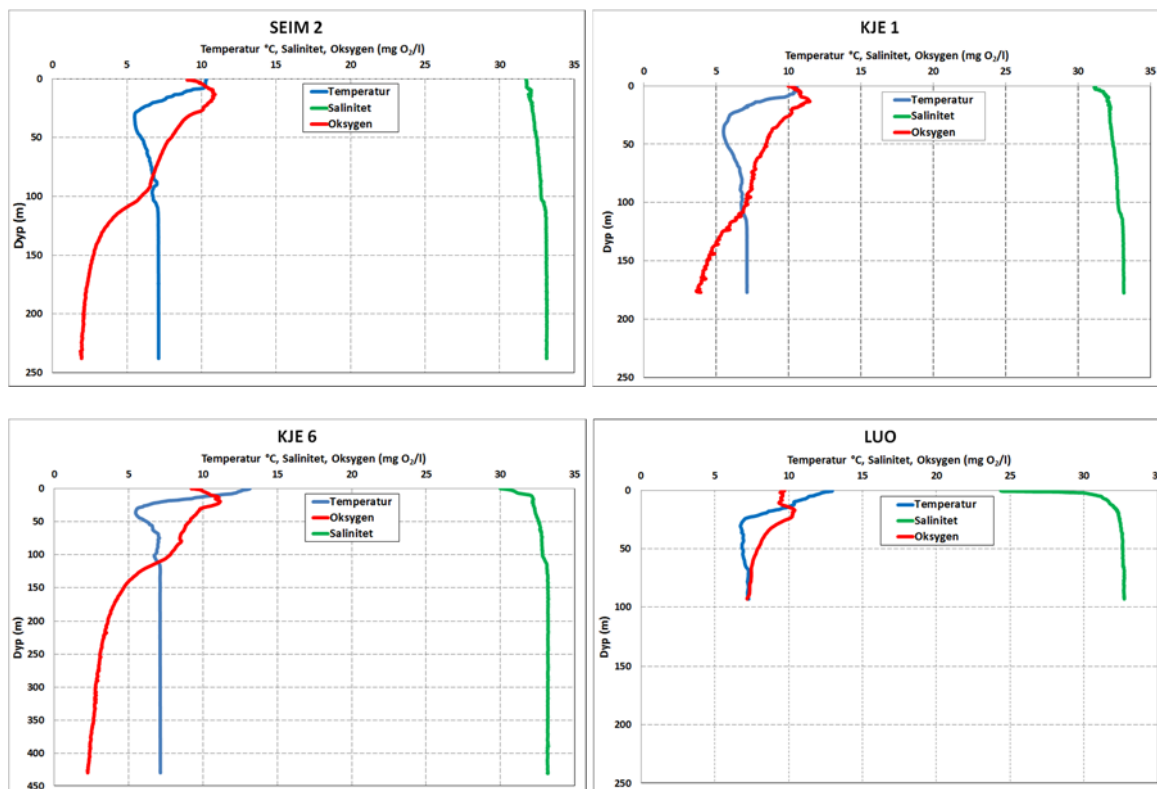
For oksygen viste målingene økende konsentrasjon fra 9,2 mg O₂/l i overflaten til 10,9 mg O₂/l på 13 meters dyp. Fra 13 ned til 90 m avtok oksygenkonsentrasjonen og ble målt til 6,6 mg O₂/l på 90 m. Fra 90 m og ned til 130 m var det en relativt kraftig reduksjon i oksygenmengden til 3,4 mg O₂/l. Derfra og ned til dypeste målepunkt på 237 m avtok oksygenmengden ytterligere til 1,9 mg O₂/l som tilsvarer 1,3 ml O₂/l og gir i henhold til Veileder 02:2013 tilstandsklasse V "Svært dårlig".

Tabell 3. Klassifisering av tilstand for oksygen i dypvann. Fargekodene er i henhold til Veileder 02:2013.

Parameter	Tilstandsklasser				
	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Oksygen (ml O ₂ /l)	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5

3.2.2 Kjeosen (KJE1)

I Kjeosen var saliniteten i overflaten 31,2 og økte relativt raskt til 32,0 på 10 m dyp. Derfra og ned til bunnen på 177 m var forløpet for salinitetsutviklingen svært lik forløpet på SEIM2. Temperaturen i de øvre 5 meterne varierte mellom 10,4 og 10,6°C, men derfra og ned til bunnen fulgte i store trekk temperaturen samme utvikling som på SEIM2.



Figur 4. Profiler for salinitet, temperatur og oksygen på stasjonene SEIM2, KJE1, KJE6 og LUO 4. og 5. juli 2013.

Oksygenkonsentrasjonen i overflaten var 10,0 mg O₂/l og økte jevnt til 11,4 mg O₂/l på 13 m dyp, dvs samme utvikling som på SEIM2. Mengden oksygen sank fra 13 m ned til 90 m hvor konsentrasjonen ble målt til 7,4 mg O₂/l. På ca. 100 m økte oksygenfallet per meter igjen og ved bunnen på 177 m ble konsentrasjonen målt til 3,7 mg O₂/l som tilsvarer 2,6 ml O₂/l og gir tilstandsklasse III "Moderat" i henhold til Veileder 02:2013.

3.2.3 Lurefjorden (KJE6)

På KJE6 som ligger på Lurefjordens dypeste punkt, var saliniteten i de øvre 10 m noe lavere enn på de to andre stasjonene i Lurefjorden. I overflaten ble saliniteten målt til 29,9, men hadde økt til 32,0 på 10 m dyp. Salinitetsutviklingen videre nedover i vannsøylen var i store trekk lik det som ble registrert på SEIM2 og KJE1, men fra 30 til 100 m var saliniteten litt høyere enn på de to andre stasjonene. Saltholdigheten i bunnvannet ble målt til 33,2. Temperaturen i de øvre 30 meterne var noe høyere enn på de øvrige stasjonene i Lurefjorden. Overflatetemperaturen ble målt til 13,1°C, men sank raskt og var på samme nivå som på de andre stasjonene på 30 m dyp. Som for salinitet skilte vannlaget fra 30 til 100 m seg litt ut ved å ha litt høyere temperatur enn det som ble målt lengre inn i Lurefjorden.

I overflatevannet ble oksygenkonsentrasjonen målt til 9,4 mg O₂/l og hadde sitt maksimum i vannsjiktet 12-18 m med maksimum på 11,1 mg O₂/l. Som på stasjon KJE1 sank oksygenivået jevnt fra 30 til 100 m hvor konsentrasjonen ble målt til 7,8 mg O₂/l. Fra 100 til 130 m var det en relativt kraftig reduksjon i oksygenkonsentrasjonen på samme måte som både på SEIM2 og KJE1 og konsentrasjonen i bunnvannet på 430 m dyp var 2,2 mg O₂/l som tilsvarer 1,5 ml O₂/l og gir tilstandsklasse VI "Dårlig".

3.2.4 Lurosen (LUO)

Lurosen har en maksimal dybde litt over 90 m, og stasjonen er lagt til dypområdet. Lurosen er et terskelområde med dypeste terskel på ca. 50 m i nord. Saliniteten i de øvre 2 m var under 30 i Lurosen med 24,4

i overflaten, men deretter raskt synkende. På terskeldyp hadde saliniteten økt til 32,6, mens i bunnvannet ble saliniteten målt til 32,7. Temperaturen i overflaten var 13,0 grader og sank gradvis til 6,8°C på 30 m dyp. Fra 30 m og til bunnen på 92 m økte temperaturen igjen og var 7,3°C i bunnvannet.

Fra overflaten og ned til 10 m dyp sank oksygenkonsentrasjon fra 9,7 til 9,4 mg O₂/l for så å øke igjen slik at de høyeste konsentrasjonene ble funnet mellom 15 og 24 m hvor konsentrasjonene varierte mellom 10,1 og 10,4 mg O₂/l. Deretter sank oksygenmengden i vannmassene først relativt for og deretter saktere og saktere til 7,6 mg O₂/l på 60 m dyp og endte på 7,2 mg O₂/l i bunnvannet. Dette tilsvarer 5,1 ml O₂/l og gir tilstandsklasse I "Svært god".

3.2.5 Diskusjon

Oksygenmålingene i dypvannet både i Seimsfjorden og i Lurefjorden viser meget lave oksygenkonsentrasjoner og klassifiseringen i Seimsfjorden ga tilstandsklasse V "Meget dårlig", mens for Lurefjorden ble klassifiseringen tilstandsklasse VI "Dårlig". Ved forrige resipientundersøkelse i 2008 ga klassifiseringen i Lurefjorden basert på oksygen i bunnvannet tilsvarende tilstandsklasse, mens klassifisering for samme parameter i Seimsfjorden ga tilstandsklasse III "Moderat". Terskelen mellom Seimsfjorden og Lurefjorden ligger på ca. 150 m dyp. Hvis ikke vannutskiftningen i Seimsfjorden er betydelig dårligere enn på dypeste stasjon i Lurefjorden (KJE6), skulle en dermed forvente at oksygenmengden over terskeldypet på de to stasjonene skulle være relativt lik. Oksygenmålingene fra sonden på 150 m dyp i Seimsfjorden viser 2,8 mg O₂/l, mens sondemålingene på samme dyp på KJE6 viser 4,7 mg O₂/l. Økt tilførsel av organisk materiale til Seimsfjorden som forbruker mye oksygen under nedbrytningen, kan være en forklaring. Forskjellen mellom oksygenkonsentrasjonene på 150 m dyp på de to stasjonene i Seimsfjorden og Lurefjorden (avstand ca 6 km) virker imidlertid urimelig stor, og den betydelige forskjellen mellom de to stasjonene bør derfor verifiseres før det trekkes noen klare konklusjoner mht utviklingen i Seimsfjorden og eventuelle årsaker til dette.

Også i Lurosen ble det i dypvannet målt noe lavere oksygennivå i dypvannet enn ved forrige undersøkelse, men fremdeles gir klassifiseringen basert på oksygenkonsentrasjon tilstandsklasse I "Meget god".

4. Sediment og miljøgifter

4.1 Materiale og metoder

Prøver for analyse av miljøgifter i sediment er tatt ved bruk av 0,1 m² van Veen grabb. Alle prøver er blandprøver av sedimentoverflaten (0-2 cm) fra grabbhoggene på hver stasjon. Alle prøvene ble merket og frosset ned før forsendelse til laboratoriet for analyse. Sedimentprøvene er analysert for tungmetallene arsen (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni) og sink (Zn). I tillegg er sedimentene analysert for PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), PCB7 (polyklorerte biphenyler ("seven dutch")), TBT (tributyltinn) og ulike bromforbindelser. Samtlige analyser er utført ved akkreditert laboratorium hos Eurofins AS.

4.2 Tungmetaller og TBT (tributyltinn)

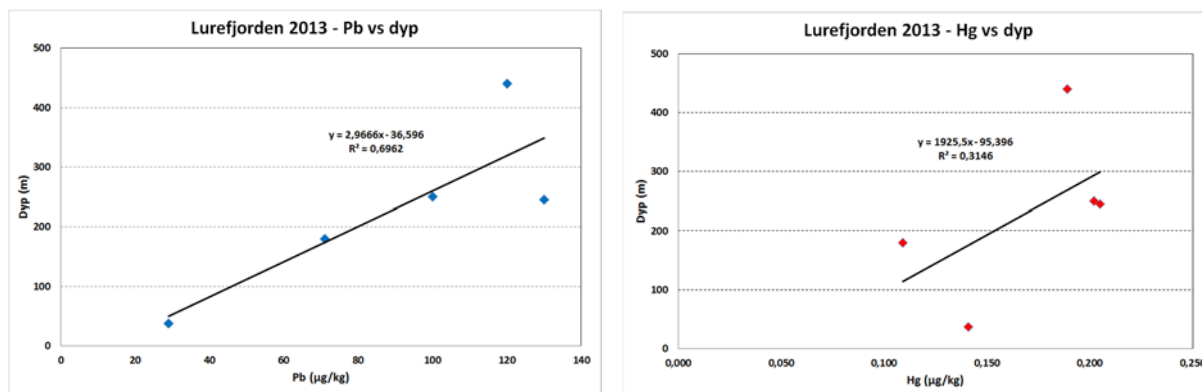
For tungmetaller er det bly (Pb) som skiller seg ut med høye konsentrasjoner på stasjonene SEIM2 og KJE6 med henholdsvis 130 og 120 mg/kg (**Tabell 4**) som begge gir Tilstandsklasse IV "Dårlig". Høyest konsentrasjon av bly i sedimentet ble funnet i Lurosen med 180 mg/kg. Lavest blykonsentrasjon (29 mg/kg) i sediment ble målt på stasjon KJE4, dvs. like ved utslippspunktet for sigevannsledningen. For bly er det en klar relasjon mellom konsentrasjon og dyp med økende konsentrasjoner mot større dyp (**Figur 5**). Dette har sammenheng med at blyet er partikkelbundet og mest partikler vil sedimentere i de dypeste delene av fjordområdet. Høy terskel (ca. 50 m) mellom Lurosen og vannmassene i Lurefjorden gjør at den høye blykonsentrasjonen i Lurosen ikke kan knyttes til tilførsler fra Lurefjorden, men har mest sannsynlig sammenheng med tilførsler via Radsundet. For bly er bildet for hele Lurefjorden at konsentrasjonene er på samme nivå som ved resipientundersøkelsen i 2008, men sammenlignet med tidligere undersøkelser er det totalt sett en betydelig reduksjon.

Konsentrasjonen av kobber (Cu) i sedimentet var relativt lik på alle stasjonene hvor stasjonen KJE1 hadde lavest verdi på 23 mg/kg som gir tilstandsklasse I "Meget god", mens de øvrige stasjonene ble klassifisert til tilstandsklasse II "God". Høyest konsentrasjon på 46 mg/kg ble funnet i Lurosen. På stasjon KJE4 har kobberkonsentrasjonen gått betydelig ned i løpet av de siste 15 årene, og trenden fortsetter også i denne undersøkelsen. Ellers er mengden kobber i sedimentet på de ulike stasjonene på samme nivå som i 2008 med unntak av KJE1 hvor det i 2008 ble funnet noe uvanlig høy konsentrasjon av kobber, men som nå er tilbake på tidligere målt nivå.

Mengden kvikksølv (Hg) i sedimentet fra stasjonene i Lurefjorden varierte mellom 0,109 og 0,205 mg/kg, mens Lurosen hadde høyeste konsentrasjon (0,290 mg/kg) også for dette tungmetallet. Stasjonene SEIM2, KJE6, FES og LUO hadde Hg-konsentrasjoner som gir tilstandsklasse II "God", mens på KJE1 og KJE4 var konsentrasjonene på bakgrunnsnivå, dvs. tilstandsklasse I "Meget god". Også kvikksølv er partikkelbundet og dermed er det en sammenheng mellom konsentrasjonen av kvikksølv i sedimentene og dybden på stasjonene (jfr. **Figur 5**).

Tabell 4. Konsentrasjoner av tungmetaller og TBT i sedimentprøver fra Lurefjorden og Lurosen. Klassifiseringen er i henhold til TA-2229, og fargekodene er i henhold til Veileder 02:2013.

Stasjon	As mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Cd mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Cr mg/kg TS	Hg mg/kg TS	Ni mg/kg TS	Zn mg/kg TS	TBT µg/kg TS
KJE1	5,7	71	0,21	23	19	0,109	14	75	<1
KJE4	22	29	0,17	35	14	0,141	7,1	120	24
KJE6	33	120	0,32	38	26	0,189	23	190	<1
SEIM2	11	130	0,19	37	29	0,205	22	140	<1
LUO	18	180	0,40	46	39	0,290	21	140	<1
FES	13	100	0,25	37	28	0,202	21	120	<1



Figur 5. Sammenhengen mellom konsentrasjonen av bly og kvikksølv i sediment som funksjon av dyp i Lurefjorden.

For arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), nikkel (Ni) og sink (Zn) er konsentrasjonene stort sett enten på bakgrunnsnivå eller like over.

Ellers er det verd å merke seg at stasjon KJE4 like utenfor utslippsledningen har laveste konsentrasjon for tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr) og nikkel (Ni), og ingen av de andre tungmetallene ble funnet i høyeste konsentrasjon på denne stasjonen.

Tributyltinn (TBT) ble kun målt over deteksjonsnivå i sedimentene like utenfor utløpet for sigevannsledningen. Her ble det imidlertid målt 24 µg/kg som gir tilstandsklasse IV "Dårlig", mens alle de andre stasjonene får tilstandsklasse I "Meget god". I 2008 ble det påvist TBT på 4 stasjoner med høyeste konsentrasjon (31,5 µg/kg) på stasjon KJE4. At det fremdeles måles TBT på denne stasjonen kan tyde på at sigevannet inneholder partikkelbundet TBT som sedimenterer. Reduksjonen både på denne stasjonen og på de øvrige stasjonene, kan tyde på at det er en reduksjon i forurensningstilførslene.

4.3 PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner)

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble funnet på alle stasjonene. Av enkeltforbindelsene var det benzo(ghi)perylene som forekom i høyest konsentrasjon og ga tilstandsklasse V "Svært dårlig" på alle stasjoner unntatt KJE4 som fikk tilstandsklasse IV "Dårlig". Også analysene av ideno(1,2,3-cd)perylene viste relativt høye konsentrasjoner som ga tilstandsklasse IV "Dårlig" og V "Svært dårlig". Laveste konsentrasjon ble registrert på KJE4. Benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)perylene er tungt nedbrytbare forbindelser, og det er derfor rimelig at disse blir funnet i de høyeste konsentrasjonene.

Benzo(a)pyren som ansees for å være en av de mest helseskadelige forbindelsene, ble funnet i konsentrasjoner mellom 60 og 220 µg/kg og det gir tilstandsklasse II "God" for alle stasjonene.

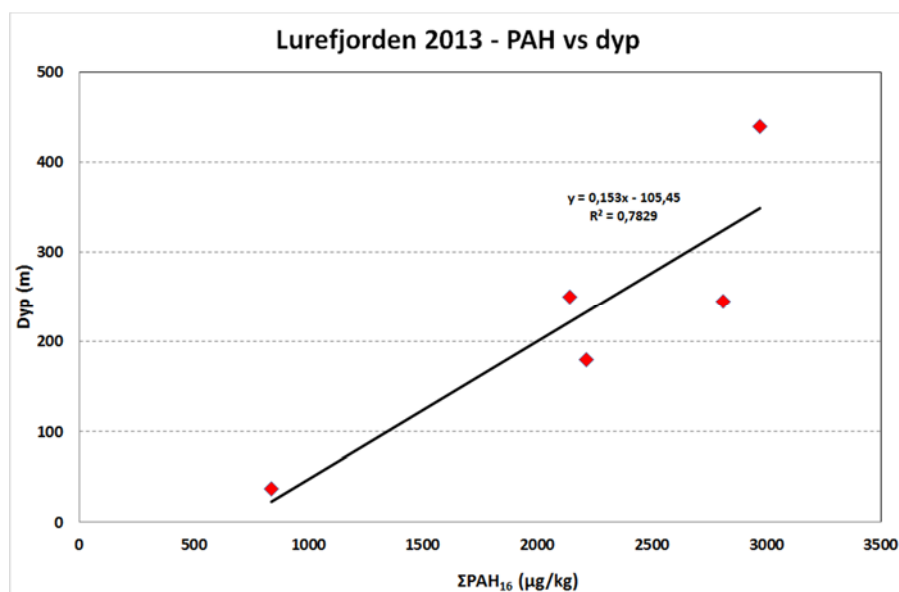
Tabell 5. Analyseresultater for total PAH₁₆ og enkeltforbindelser innen PAH₁₆ i sediment. Klassifiseringen er i henhold til TA-2229, og fargekodene er i henhold til Veileder 02:2013.

Stasjon	Naftalen	Acen-aftalen	Acen-aften	Fluoren	Fenan-tren	Antracen	Fluor-anten	Pyren	Benzo(a)-antracen	Krysen/Trifenylen	Benzo(b)-fluoranten	Benzo(k)-fluoranten	Benzo(a)-pyren	Ideno(1,2,3-cd)pyren	Dibenzo(a,h)antraen	Benzo(ghi)-perylene	Sum PAH16
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	
KJE1	<20	<20	<20	<20	46	<20	110	91	81	96	310	190	120	560	79	530	2213
KJE4	16,0	<10	<10	<10	38	<10	56	76	52	110	94	43	66	110	28	150	839
KJE6	<20	<20	<20	<20	63	<20	150	120	100	140	430	250	130	780	80	730	2973
SEIM2	<20	<20	<20	<20	39	<20	87	84	79	96	450	230	130	770	76	770	2811
LUO	<20	<20	<20	<20	75	<20	190	150	140	180	560	370	220	790	90	820	3585
FES	<20	<20	<20	<20	39	<20	86	77	67	82	310	170	110	580	61	560	2142

ΣPAH_{16} falt i tilstandsklasse III "Moderat" for alle stasjonene med unntak av KJE4 hvor de beste forholdene ble funnet og ga tilstandsklasse II "God". Sett i forhold til analyseresultatene fra 2008 har PAH-mengdene økt betydelig, men sett i forhold til resultatene fra 2002 er det en reduksjon på alle stasjoner og størst er reduksjonen på stasjon KJE4.

Resultatene fra Lurefjorden viser at det er en sammenheng mellom mengde PAH og dybde slik at PAH-mengden øker med økende dyp (**Figur 6**). Dette har sammenheng med at PAH er partikkelbundet og flest partikler vil sedimentere i de dypeste områdene.

Disse resultatene viser at ΣPAH_{16} -mengden i sediment var lavest på stasjon KJE4, mens høyeste konsentrasjon ble funnet i Lurosen. Det er også interessant å merke seg at alle enkeltforbindelser som forekom over deteksjonsnivå, ble funnet i høyest konsentrasjon i Lurosen. Som for metaller kan PAH-forurensningen i Lurosen ikke forklares med tilførsler fra Lurefjorden.



Figur 6. Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PAH_{16} i sediment som funksjon av dyp i Lurefjorden.

4.4 PCB (polyklorerte bifenyler)

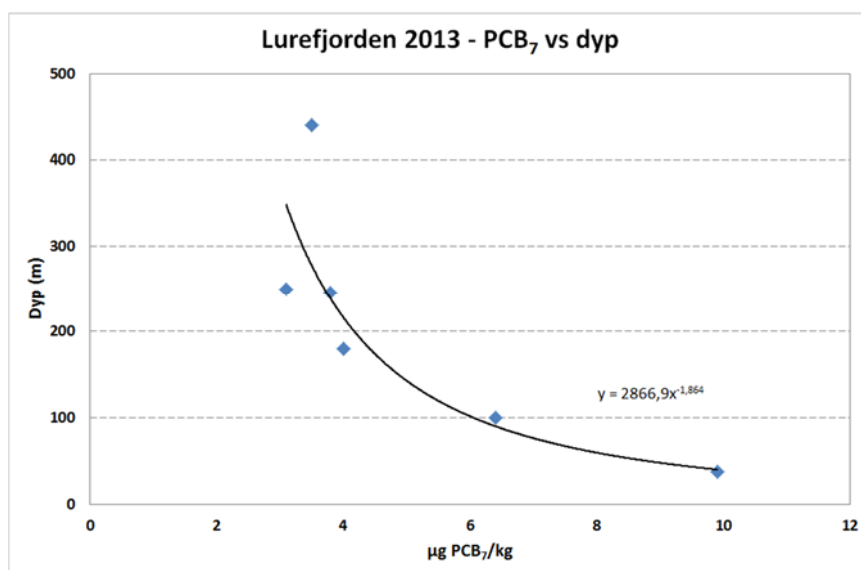
For polyklorerte bifenyler (PCB) er det analysert på enkeltforbindelsene (PCB-kongener) PCB nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 som utgjør ΣPCB_7 da det er disse som inngår i klassifiseringskriteriene. Analyseresultatene viste forekomst av PCB_7 på alle stasjonene. Høyest verdi på $9,9 \text{ PCB}_7 \mu\text{g}/\text{kg}$ ble funnet på stasjon KJE4 (**Tabell 6**), dvs. i prøve tatt like ved utslippspunktet for sigevann, og dette gir tilstandsklasse II "God". Dette er lavere enn det som ble målt i 2002. Også i Lurosen (LUO) ble det funnet noe forhøyet konsentrasjon av PCB_7 med $6,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ som også gir tilstandsklasse II "God". For de andre stasjonene var konsentrasjonene på bakgrunnsnivå, dvs. tilstandsklasse I "Svært god".

PCB binder seg ofte til lette partikler og forblir derfor i overflatelaget lenge. I Lurefjorden ser en dermed det motsatte forholdet mellom konsentrasjon av PCB og dyp (**Figur 7**) som for en del tungmetaller og PAH, dvs at de laveste konsentrasjonene finnes i de dypeste områdene.

I 2008 ble det ikke påvist PCB_7 på noen av stasjonene, men dette har sannsynligvis sammenheng med en noe høy deteksjonsgrense benyttet under analysene. Undersøkelsen bekrefter tidligere resultater som konkluderer med at Lurefjorden er relativt lite forurenset av PCB.

Tabell 6. Analyseresultater for i PCB₇ i sediment. Klassifiseringen er i henhold til TA-2229, og fargekodene er i henhold til Veileder 02:2013.

Stasjon	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB138	PCB153	PCB180	ΣPCB7
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
KJE1	<1	<1	<1	<1	1,8	2,2	<1	4,0
KJE4	<0,5	<0,5	1,2	1,3	2,6	2,4	2,4	9,9
KJE6	<1	<1	<1	<1	1,7	1,8	<1	3,5
SEIM2	<1	<1	<1	<1	2,0	1,8	<1	3,8
LUO	<1	<1	<1	<1	3,2	3,2	<1	6,4
FES	<1	<1	<1	<1	1,4	1,7	<1	3,1



Figur 7. Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB₇ i sediment som funksjon av dyp i Lurefjorden.

4.5 Bromorganiske forbindelser

For tetrabrombisfenol (TBBPA) ble analysene gjennomført med deteksjonsgrenser mellom 1,10 og 1,27 µg/kg og ingen resultater oversteg deteksjonsgrensene (**Tabell 7**). I følge Veileder TA 2229/2007 er det foreløpig ikke tilstrekkelig med data for å sette verdi for bakgrunnskonsentrasjon i sediment for TBBPA og dermed er ikke klassegrensen mellom tilstandsklasse I og II satt. For at et sediment skal kunne klassifiseres til tilstandsklasse II "God", må imidlertid konsentrasjonen av TBBPA være mindre enn 63 µg/kg. Alle analyseresultatene viser verdier lavere enn dette og dermed får alle stasjonene tilstandsklasse II "God".

Tabell 7. Analyseresultater for i tetrabrombisfenol (TBBPA), pentabrombifenyleter (penta-BDE) og heksabromsyklododekan (HBCDD) i sediment. Klassifiseringen er i henhold til TA-2229, og fargekodene er i henhold til Veileder 02:2013.

Stasjon	TBBPA	Penta-BDE	HBCDD
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
KJE1	<1,27	n.d	<0,08
KJE4	<1,15	2,000	7,38
KJE6	<1,10	0,156	<0,07
SEIM2	<1,16	0,147	<0,07
LUO	<1,21	0,199	<0,10
FES	<1,21	n.d	<0,14

For pentabrombifenyleter (penta-BDE) er situasjonen den samme som for TBBPA når det gjelder oppsett av klassegrenser og for å oppnå tilstandsklasse II "God" må konsentrasjonen være mindre enn 62 µg/kg. På stasjonene KJE1 og FES ble ikke penta-BDE detektert (deteksjonsgrense <0,146-0,153 µg/kg), mens på de øvrige stasjonene lå konsentrasjonene mellom 0,147 og 2,000 µg/kg. Det innebærer at alle stasjoner oppnådde tilstandsklasse II "God". Også andre bromdifenyleter som f.eks. deka-BDE, har vært analysert. Dette er en forbindelse som kan skade nervesystemet, og kan brytes videre ned til mer giftige og bioakkumulerende forbindelser som f.eks. okta-BDE. Dekab-BDE ble funnet i samtlige sedimentprøver med høyest konsentrasjon på KJE4 (135 µg/kg) og betydelig lavere på de øvrige stasjonene (15,2-60,5 µg/kg) som tyder på tilførsler fra sigevannet. At deka-BDE utgjør hoveddelen av de polybromerte difenyleterne, er vanlig i analyser av marine sedimenter. Okta-BDE ble ikke registrert over deteksjonsgrensenivå i noen av prøvene.

Heksabromsyklododekan (HBCDD) ble kun funnet over deteksjonsgrensen på stasjon KJE4 ved utløpet for sigevannet. Konsentrasjonen var 7,38 µg/kg som gir tilstandsklasse II "God", mens de øvrige stasjonene fikk tilstandsklasse I da konsentrasjonene var på bakgrunnsnivå.

For bromerte flammehemmere var situasjonen tilsvarende det som ble funnet i 2008.

4.6 Oppsummering av tungmetaller og miljøgifter i sediment

I sedimentene i Lurefjorden og Lurosen er bly det tungmetallet som er mest forurensende med tilstandsklasse IV "Dårlig" på stasjonene SEIM2, KJE6 og LUR, mens laveste konsentrasjon ble funnet på KJE4, dvs. ved utslippspunktet for sigevannsledningen. Ellers forekommer kobber, kadmium og kvikksølv i tilstandsklasse II "God" på halvparten eller mer av stasjonene. For bly og kvikksølv er det for stasjonene i selve Lurefjorden en klar positiv korrelasjon mellom konsentrasjon og dyp slik at de høyeste konsentrasjonene finnes på de største dydene – noe som har sammenheng med at metallene er partikkelbundet. Mange av tungmetallene ble funnet i høyest konsentrasjon i Lurosen. Det er vanskelig å knytte dette til tilførsler fra Lurefjorden, men har sannsynligvis sammenheng med tilførsler via Radsundet. For KJE4 er det verdt å bemerke at for flere av metallene ble de laveste konsentrasjonene målt på denne stasjonen, mens for TBT var dette eneste stasjonen hvor konsentrasjonen ble målt over deteksjonsgrensen (tilstandsklasse IV "Dårlig").

For tungmetaller viste målingene stort sett konsentrasjoner på nivå med undersøkelsen i 2008, men sammenlignet med tidligere undersøkelser er det en betydelig reduksjon.

PAH ble funnet på samtlige stasjoner med benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren som de mest forurensende enkeltforbindelsene med tilstandsklasse V "Meget dårlig" på henholdsvis 5 og 3 av 6 stasjoner. Benzo(a)pyren som ansees for å være en av de mest helseskadelige forbindelsene, ble funnet i konsentrasjoner som ga tilstandsklasse II "God" for alle stasjonene. Basert på ΣPAH₁₆ falt 5 av 6 stasjoner i tilstandsklasse III "Moderat", mens KJE4 viste de beste forholdene med tilstandsklasse II "God". Også for ΣPAH₁₆ er det en positiv relasjon mellom konsentrasjon og dyp. Målingene fra 2013 viser en betydelig økning i forhold til 2008, men en sett i forhold til resultatene fra 2002 er det en reduksjon på alle stasjoner.

Sedimentene i Lurefjorden er lite forurenset av PCB og kun KJE4 og LUO hadde konsentrasjoner over bakgrunnsnivå.

For bromorganiske forbindelser var konsentrasjonene relativt lave og ingen målinger medførte dårligere klassifisering enn tilstandsklasse II "God".

5. Organismer og miljøgifter

5.1 Materiale og metoder

Innsamling av blåskjell, fisk og krabbe har NGIR hatt ansvaret for. Fra stasjonene KJE10 (innerst i Kjevikkvågen), KJE4 og KJE 1 er det sommeren 2013 blitt samlet inn ca. 20 blåskjell (4-6 cm) fra hver stasjon. For analyser av fisk og krabbe er det ønskelig med 20 stk av hver art fra hver stasjon slik at analyser av blandprøver skal gi et godt gjennomsnittresultat av innholdet av ulike forurensende stoffer i det biologiske materialet. Det viste det seg meget vanskelig å fange det ønskede antallet og derfor ble analyseprogrammet for fisk utvidet til å omfatte hyse, rødspette, lomre og gapeflyndre i tillegg til torsk. Materialet som ble levert til laboratoriet for preparering og analyse, er vist i **Tabell 8**. Ut fra denne tabellen framgår det klart at med unntak av blåskjell er materialegrunnlaget i denne undersøkelsen svært begrenset både for fisk og krabbe.

Blåskjellene ble frosset rett etter innsamling og senere opparbeidet etter standard prosedyre ved NIVAs Vestlandsavdeling. Skallenes lengde ble målt og av innmaten i skjellene ble det laget en blandprøve som ble veid og frosset ned igjen. Prøvene ble sendt frosset til NIVAs laboratorium i Oslo for videre forsendelse. Blåskjellene størrelse lå mellom 4 og 6 cm.

All fisk ble levert frossen fra NGIR til NIVA Vestlandsavdeling og videresendt til NIVAs laboratorium i Oslo for opparbeidelse. All fisk ble artsbestemt, veid og lengden målt. En av de fire innsendte hysene fra stasjon FES ble forkastet fordi fiskebukken var åpen og lever manglet. For torsk og hyse ble lever tatt ut og fileter laget og alt ble veid. Felles for alle hysene var at leveren var rennende og derfor var det ikke mulig å få prøvetatt all leveren. For de andre fiskeartene ble det kun laget fileter. Krabbene ble veid og krabbeskallets bredde målt og av disse ble det kun laget blandprøve av krabbesmøret. Alle prøver av fisk og krabbe ble frosset igjen før forsendelse til Eurofins akkrediterte laboratorium hvor analyser av tungmetaller, PCB₇, PAH₁₆ og tetrabrombisfenol A (TBBPA) ble utført.

Tabell 8. Biologisk materiale samlet inn i Lurfjorden sommeren 2013.

Stasjon	Art	Antall
KJE10	Blåskjell	20 stk
KJE1	Blåskjell	20 stk
KJE4	Blåskjell	20 stk
	Torsk	3 stk
	Hyse	1 stk
	Rødspette	1 stk
	Lomre	1 stk
	Gapeflyndre	1 stk
	Taskekrabbe	2 stk
Fesøy	Hyse	4 stk
Turøy	Taskekrabbe	4 stk

5.2 Blåskjell

Analyseresultatene for tungmetallene kadmium (Cd), krom (Cr), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og sink (Zn) fra stasjonene KJE1, KJE 4 og KJE10 viste alle konsentrasjoner som gir tilstandsklasse I "Lite forurenset".

Mengdene av polyklorerte bifenyler (PCB₇), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH₁₆) inkludert benzo(a)pyren (B(a)P) og tributyltinn (TBT) i blåskjell var alle lave og falt innenfor tilstandsklasse I "Lite forurenset". Tetrabrombisfenol A (TBBPA) ble ikke funnet over deteksjonsgrensenivå i noen av prøvene.

For PCB₇ og PAH₁₆ ble de høyeste verdiene funnet inne i Kjevikkvågen. For PAH₁₆ var konsentrasjonene avtakende fra KJE10 ut til ytre stasjon KJE1, og dette er samme mønsteret som ble funnet i 2008.

Blåskjell tar lett opp forurensninger som finnes i overflatevannet, og resultatene innebærer at overflatevannet i området hvor blåskjellene er samlet inn, i liten grad er forurenset av stoffer fra de målte parameterne.

Tabell 9. Analyseresultater av tungmetaller, PCB₇, B(a)P, PAH₁₆, TBT og TBBPA i blåskjell fra Lurefjorden. Klassifisering og fargekoder er i henhold til Miljødirektoratets Veileder 97:03.

Stasjon	Cd/MS-B	Cr/MS-B	Hg/MS-B	Pb/MS-B	Zn/MS-B	PCB ₇	B(a)P	ΣPAH ₁₆	TBT	TBBPA-B EF
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	ng/g
KJE1	0,71	1,00	0,09	0,42	82,35	<1,826	<0,5	0,82	9,41	n.d.
KJE4	0,52	0,71	0,08	0,31	76,19	<0,610	<0,5	1,20	6,67	n.d.
KJE10	0,58	0,74	0,09	0,68	89,47	1,831	<0,5	2,46	8,42	n.d.

5.3 Fisk og krabbe

5.3.1 Fisk

Torsk

Konsentrasjonen av kvikksølv (Hg) i torskefilet fra fisk fanget ved KJE4 var 0,136 µg/kg som gir tilstandsklasse II "Moderat forurenset" i henhold til Miljødirektoratets Veileder 97:03. I NIFES sjømatdatabase angis 0,04 µg/kg som en gjennomsnittsverdi for kvikksølv i torskefilet fra upåvirkede områder. For torskelever ligger imidlertid konsentrasjonen av kvikksølv innenfor konsentrasjonsområdet som sjømatdatabasen angir som normalområdet. Konsentrasjonen av bly (Pb) i torskefilet var 0,041 µg/kg og dette er også noe høyere enn i torsk fra åpne havområder (<0,01 µg/kg), mens i torskelever var det ingen forhøyet blykonsentrasjon. For kadmium (Cd), krom (Cr) og sink (Zn) var konsentrasjonene som i 2008.

Tabell 10. Analyseresultater av tungmetaller, PCB₇, PAH₁₆, TBT og TBBPA i fisk og krabbe fra Lurefjorden. Klassifisering og fargekoder er i henhold til Miljødirektoratets Veileder 97:03.

Art/Stasjon	Fett%	Cd	Cr	Hg	Pb	Zn	PCB ₇	PAH ₁₆	MBT	DBT	TBT	TPHT	TBBPA
	g/100 g	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Krabbe - KJE4	8,3	3,8	0,059	0,072	0,310	61	13	n.d.	3,4	1,6	0,9	7,6	0,11
Krabbe - Turøy nord	13,6	4,1	<0,03	0,043	<0,03	54	8,4	n.d.	0,9	<0,3	<0,3	2,8	<0,0363
Torsk, filet - KJE4	0,6	<0,001	0,078	0,136	0,041	3,8	0,62	n.d.	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,0193
Torsk, lever - KJE4	53,9	0,046	<0,03	0,046	<0,03	22	200	n.d.	<0,3	1,8	1,2	<0,3	<0,327
Hyse, filet - KJE4	0,7	<0,001	<0,03	0,048	<0,03	3,1	1,4	n.d.	<0,3	<0,3	1,2	<0,3	<0,0234
Hyse, lever - KJE4	56,9	0,025	<0,03	0,015	0,094	13	120	-	0,9	<0,3	1,0	<0,3	-
Rødspette, filet - KJE4	1,1	<0,001	0,35	0,028	0,075	6,2	0,33	n.d.	<0,3	<0,3	<0,3	6,0	<0,0741
Hyse, filet - Fesøy	0,8	<0,001	<0,03	0,050	0,040	3,2	0,062	n.d.	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,0219
Hyse, lever - Fesøy	59,6	0,032	<0,03	0,010	0,230	13	70	n.d.	<0,3	0,7	1,1	<0,3	<0,301
Lomre, filet - KJE4	0,6	0,0013	<0,03	0,146	<0,03	3,4	3,6	n.d.	<0,3	<0,3	<0,3	1,2	<0,0371
Gapelflyndre, filet - KJE4	1,1	0,0026	0,12	0,109	0,17	10	1,6	-	<0,3	<0,3	<0,3	2,3	-

Konsentrasjonen av PCB₇ i torskefilet og lever gir begge tilstandsklasse I "Ubetydelig-Lite forurenset". Begge ligger noe høyt i forhold til det som angis som gjennomsnittsverdier i upåvirkede områder, men likevel innenfor det som oppgis som konsentrasjonsområdet for slike prøver. TBT og andre tinnforbindelser ble funnet i lave konsentrasjoner eller under deteksjonsgrensen. PAH₁₆ og tetrabrombisfenol A (TBBPA) ble ikke funnet over deteksjonsgrensen.

Hyse

Hyse inngår ikke i Miljødirektoratets Veileder 97:03, men var den eneste fiskearten som ble fanget både på stasjon KJE4 og ved Turøy. For hysefilet fra KJE4 var konsentrasjonen av PCB₇ 1,4 µg/kg, og dette er noe forhøyet i forhold til det som angis som gjennomsnittsnivå på 0,2 µg/kg for hyse fanget i rene områder. For alle andre målte parametere både for hysefilet og hyseliver er det ingen verdier som peker seg ut som uvanlig høye.

Flatfisk

Av flatfisk er det analysert både rødspette, lomre og gapflyndre – alle fanget ved stasjon KJE4, men her må det gjøres oppmerksom på at alle analysene kun er gjort på 1 fisk av hvert slag. Ingen av de innsamlede artene inngår i klassifiseringen i Veileder 97:03 hvor skrubbe er representant for flatfisk og er derfor benyttet i klassifiseringen.

For rødspette viser analyseresultatene at konsentrasjonen av PCB₇ på 0,33 µg/kg ligger langt lavere enn klassegrenseskillet mellom tilstandsklasse I og II for skrubbe som er 5 µg/kg. Konsentrasjonen av bly på 0,075 µg/kg er imidlertid noe forhøyet i forhold til sjømatdatabasens normalområde som angis til <0,01-0,03 µg/kg. For resten av de analyserte parametere var det ingen unormalt høye verdier.

For gapeflyndre var konsentrasjonen av bly (Pb) 0,17 µg/kg, mens NIFES sjømatdatabase angir at blyinnholdet ikke bør være høyere enn 0,01 µg/kg. I lomre ble mengden kvikksølv (Hg) målt til 0,146 µg/kg som er innenfor normalområdet for rødspette (0,01-0,4 µg/kg), men noe høyt i forhold til normalområdet for gapflyndre fra upåvirkede områder (0,05-0,11 µg/kg), men dette er helt marginalt. For de andre måleparametere var det ingen resultater som var unormalt høye.

5.3.2 Krabbe

Innholdet av kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) i krabbeinnmat er innen normalområdet angitt i NIFES sjømatdatabase. Det samme gjelder for bly (Pb) i krabbe fra Turøy, mens krabbene fra KJE4 har noe forhøyet innhold av bly med 0,31 µg/g, mens gjennomsnittsverdi i sjømatdatabasen angir 0,06 µg/g. Konsentrasjonen på KJE4 ligger imidlertid noe lavere enn i 2008. For krom (Cr) og sink (Zn) er konsentrasjonene omtrent på samme nivå som i 2008.

Mengden PCB₇ i krabbeinnmaten fra både KJE4 og Turøy lå innen normalområdet angitt i sjømatdatabasen, mens PAH₁₆ ikke ble funnet over deteksjonsgrensen. For TBT og de andre tinnforbindelsene var konsentrasjonene enten lave eller under deteksjonsgrensen, og det samme gjelder for tetrabrombisfenol A (TBBPA). Det kan imidlertid bemerkes at konsentrasjonene av TBBPA, TBT og andre tinnforbindelser var høyere på KJE4 enn ved Turøy.

5.4 Oppsummering av tungmetaller og miljøgifter i organismer

I blåskjell viste analysene av tungmetaller, TBT, PCB, PAH og TBBPA at alle konsentrasjonene var lave og for alle forbindelser som inngår i klassifiseringssystemet, viste resultatene tilstandsklasse I "Lite forurenset". Konsentrasjonene avtok imidlertid fra Kjevikkvågen og utover fjorden. Blåskjell er en indikator for forurensninger i overflatevannet, og disse resultatene viser lave konsentrasjoner av stoffer som inngår i denne undersøkelsen.

For fisk og krabbe i Lurefjorden er det viktig å gjøre oppmerksom på at resultatene baseres på relativt lite datamateriale på grunn av liten tilgjengelighet av de ulike artene i Lurefjorden. For å kompensere for lite

fisk av de ønskede artene, er det analysert på flere arter enn det som normalt inngår i denne type undersøkelse.

I filet av torsk er det kun kvikksølv av tungmetallene som inngår som parameter i klassifiseringssystemet og konsentrasjonen ga tilstandsklasse II "God". Konsentrasjonen av bly i torskefilet var litt høyere enn fra åpne havområder, mens for resten av tungmetallene var konsentrasjonene normale og på 2008-nivå. For PCB, TBT, PAH og TBBPA var verdiene lave eller under deteksjonsgrensene.

For hyse ble det på stasjon KJE4 registrert noe høyere konsentrasjon av PCB enn det som er vanlig fra upåvirkede områder, mens for resten av analysene var det ingen resultater som pekte seg ut som uvanlig høye.

På stasjon KJE4 ble både rødspette, lomre og gapeflyndre analysert. Her viste analyse av rødspette og gapeflyndre noe forhøyede konsentrasjoner av bly i forhold til det som angis som normalkonsentrasjoner i NEFES sin sjømatdatabase. For lomre var kvikksølvkonsentrasjonen marginalt i overkant. For resten av analysene i flatfisk var ingen av resultatene unormale.

Krabber fra KJE4 viste noe høyere konsentrasjon av bly i krabbeinnmaten enn det som i NIFES sin sjømatdatabase angis som normalverdier, mens alle analyser fra de andre stasjonene viste normale verdier og på linje med resultatene fra 2008.

6. Bunndyr

6.1 Formål

Undersøkelser av bløtbunnsamfunn benyttes rutinemessig i overvåkning av miljøtilstand i marine miljøer. Bløtbunn finnes i alle dypere sjøområder og på steder med beskyttelse mot strøm- og bølgepåvirkning. Bløtbunnsartene er relativt stasjonære, slik at artssammensetningen i stor grad representerer miljøforholdene på en lokalitet. Organisk anrikning fra for eksempel avløpsvann, akvakultur og avrenning fra land og annen forurensning kan medføre dominans av forurensningstolerante arter og redusert biodiversitet. Videre kan oksygenvinn og stor belastning fra industriforurensning gi en utarmet fauna. Som støtteparametere for beskrivelse av faunaens tilstand benyttes sedimentets kornstørrelse og innhold av organisk karbon og nitrogen. Disse kan også gi informasjon om graden av organiske tilførsler og opphavet til det organiske materialet.

Formålet med bløtbunnsundersøkelsen er å dokumentere status for den økologiske tilstanden på bløtbunn i 4 stasjoner i Lurefjorden og 1 stasjon i Lurosen. Undersøkelsene har blitt gjennomført på en slik måte at en kan ha mulighet til å vurdere status for vannforekomstene i hht. Vannforskriften.

6.2 Metodikk

6.2.1 Feltinnsamling

Bløtbunnsprøvene ble innsamlet 4. og 5. juli 2013 med fartøyet "Solvik", på stasjonene vist i **Figur 2** og **Figur 3**. Stasjonene KJE1 og KJE4 ble også prøvetatt av NIVA i 1995 og 1998, og stasjonen KJE6 i 1995.

Metodikken for innsamling og opparbeiding av prøvene følger den internasjonale standarden NS-EN ISO 16665 (2005). Bløtbunnsprøvene ble innsamlet med en 0,1 m² van Veen grabb, og på hver stasjon ble det tatt fire prøver til fauna. Et separat grabbskudd ble tatt for å ta prøver til analyse av kornstørrelse (% < 0,063 mm), og totalt nitrogen (TN) og totalt organisk karbon (TOC). Posisjoner, dyp og spesielle karakteristika er vist i **Tabell 11**. Materialet til faunaprøvene ble sikket gjennom sikter med 5 mm og 1 mm hull, fiksert i formaldehyd og fraktet til laboratoriet for opparbeiding. Prøvene til sedimentanalyse ble nedfryst.

Tabell 11. Dyp, posisjon og sedimentbeskrivelse for de prøvetatte stasjonene i Lurefjorden, 2013. Fem grabbskudd ble tatt pr. stasjon (fire til fauna og en til sediment). Munsell viser til farge iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon		Sedimentbeskrivelse
		N	E	
KJE1	180	60° 39,637	5° 14,132	Helt fulle prøver. Svært finkornet materiale. Slangestjerner. Munsell 5Y 3/1.
KJE4	37	60° 39,481	5° 14,585	10-20 l. Skjellsand. Oljefilm i alle prøver. Rødbrunt topplag (Munsell 5YR 3/3). Koksgrått, nesten sort sediment, under. Børstemark (inkl. Gullmus), muslinger.
KJE6	440	60° 41,048	5° 10,343	Helt fulle prøver. Tynt brunt lag på sedimentoverflaten, koksgrått under. Leire. Tomme børstemarkrør, Thyasira, sjømus. Munsell 5Y 2,5/2.
SEIM2	245	60° 38,690	5° 13,301	Helt fulle prøver. Leire, skjellrester. Mørk gråbrun sedimentoverflate. Slangestjerner, sjømus, børstemark. Munsell GLEY 1 3/10Y.
LUO	100	60° 41,206	5° 06,720	Helt fulle prøver. Svært finkornet materiale. Lettspylt. Sjømus. Munsell 5Y 3/1.
FES	250	60° 43,535	5° 02,629	Helt fulle prøver. Leire, sand og skjellrester. Sjømus, slangestjerner. Munsell 5Y 3/1.

6.3 Analyser og beregninger

6.3.1 Fauna

På biologilaboratoriet ble dyrene plukket ut fra det øvrige restmateriale og sortert i hovedgrupper (børstemark, muslinger, krepsdyr, pigghuder og "varia"). Dyrene ble da lagt på 80 % sprit, og deretter artsbestemt av spesialister på de respektive hovedgruppene. Også sorteringen og identifiseringen ble gjort i hht. standarden NS-EN ISO 16665 (2005). Dette ble utført av Akvaplan-niva AS.

På grunnlag av artslister og individtall beregnes følgende indekser for artsmangfold og ømfintlighet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI (Indicator Species Index) og AMBI (inngår i NQI1)
- den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet
- NSI, som er en ny sensitivitetsindeks, basert på norske faunadata
- DI, som er en ny indeks for individtetthet, utviklet spesielt for tilfeller med individfattig fauna (for eksempel ved svært høye miljøgiftkonsentrasjoner eller lite oksygen) eller svært individrik fauna (for eksempel ved stor grad av organiske anrikning)

Ut fra indeksene klassifiseres faunatilstanden etter et system med fem tilstandsklasser som spenner fra svært god tilstand (klasse I) til svært dårlig tilstand (klasse V), og det benyttes klassegrenser gitt i Veileder 02:13 (se **Tabell 12**). Basert på disse beregnes så normaliserte EQR-verdier (nEQR), som gir en samlet tilstand basert på alle indeksene (i hht. Veileder 02:13). nEQR beregnes både for gjennomsnittet til grabbprøvene og for stasjonsdataene, og det beregnes deretter en nEQR for hver av disse. Dersom grabb- og stasjonsverdiene gir ulik tilstandsklasse, skal faglig skjønn avgjøre hvilken som skal gjelde.

Tabell 12. Klassegrenser for bløtbunnsindekser, inkl. normalisert EQR (nEQR).

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God I	God II	Moderat III	Dårlig IV	Svært Dårlig V
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES_{100}	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
nEQR		0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2

Klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna er foreløpig ikke differensiert for de ulike vanntypene og regionene.

6.3.2 Sediment

Som støtteparametere for fauna benyttes sedimentets kornfordeling og innhold av organisk karbon (TOC). Bestemmelse av prosentandel <63 μm ble foretatt ved våtsikting ved NIVAs kjemilaboratorium. Analyse av TOC er gjort med en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp, og dette ble også utført på NIVA. Analysen av TN ble utført av Eurofins.

For klassifiseringen av TOC standardiseres prøven for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18(1-F)$$

hvor F er lik andelen finstoff (partikkelstørrelse < 63µm). Klassegrensene er gitt i **Tabell 13** (i hht. SFT Veileder 97:03; gjengitt i Veileder 02:13). Sedimentparameterne benyttes ikke som kvalitetselementer, og klassifiseringen er således kun å betrakte som veiledende.

Tabell 13. Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC). Karbonverdiene skal korrigeres for innhold av finstoff forut for klassifiseringen (i hht. SFT Veileder 97:03).

	Parameter	Tilstandsklasser				
		Svært God I	God II	Moderat III	Dårlig IV	Svært dårlig V
TOC	Organisk karbon (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

6.4 Resultater og vurderinger

6.4.1 Fauna

Stasjonenes indekser og respektive klassifisering er vist i **Tabell 14** hvor også antall arter og antall individ fremgår. Indeksene er både beregnet som middelerverdi pr. grabb og som sammenslåtte data. Også tidligere resultater fra undersøkelser gjennomført av NIVA er inkludert (her finnes ikke alltid både stasjons- og grabbdata). Artslisten er gitt i **Vedlegg A** og indekser pr. grabb i **Vedlegg B**.

Stasjon KJE1 viste tilstandsklasse II "God" i 2013, både ut fra grabb- og stasjonsdata. Dette tilsvarte tilstanden i tidligere år. Tilstanden på stasjon KJE4, nærmest utslippet, var på grensen mellom "God" og "Moderat". Tidligere år var tilstanden "Moderat". Det må merkes at individtallet her var så høyt at DI ga tilstandsklasse "Dårlig" til "Svært dårlig". Dette indikerer stor tilførsel av organisk materiale. Det ble observert oljefilm på sedimentoverflaten (**Tabell 11**), som underbygger dette. På tross av at faunaen var svært individrik, var det også artsrik. Ingen av de andre undersøkte stasjonene hadde så mange arter til stede. Det organiske materialet gir her en berikingsseffekt, men uten at det blir helt oksygenfritt i sedimentet. Her er det viktig å være klar over at negative effekter kan inntre ved kun en liten økning i det organiske materialet.

Stasjon KJE6 viste tilstandsklasse "God" både ut fra grabb- og stasjonsdata. Den var ikke spesielt individrik, og DI ga derfor "Svært god" tilstand. Også stasjon FES viste tilstandsklasse II "God" ut fra grabb- og stasjonsdata. Her var det NSI-indeksen som skilte seg ut fra de andre, og viste "Svært god" tilstand. Likeens viste både stasjon LUO og SEIM2 tilstandsklasse "God", igjen ut fra både stasjons- og grabbdata.

6.4.2 Sediment

Kornstørrelse (andel finstoff, % < 0,063 mm), innhold av totalt nitrogen (TN), totalt organisk karbon (TOC) og normalisert organisk karbon på bløtbunnsstasjonene i Lurefjorden, 2013, er gitt i **Tabell 15**. Samtlige stasjoner viste tilstandsklasse V ("Svært dårlig") mht. mengden normalisert organisk karbon (TOC).

Tabell 14. Gjennomsnittlige indeksverdier for de sammensatte indeksene NQI1 og NQI2 (Norwegian Quality Index), Shannon-Wiener indeksen (H'), Hurlberts diversitetsindeks (ES₁₀₀), sensitivitetsindeksen ISI og indeksen for individtettet (DI) for de undersøkte bløtbunnsstasjonene i Lurefjorden, 2013. Antall arter og antall individ er også vist. Normaliserte EQR-verdier (nEQR) er beregnet for hver indeks.

St.	År		S	N	NQI1	H	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI	DI	Gj.snitt EQR
KJE1	1995	Stasjon	52	381	0,73	4,7	23,1	9,1	23,8	0,07	
		nEQR			0,71	0,79	0,78	0,76	0,75	0,95	0,79
	1998	Grabb	38,8	178	0,71	4,6	31,7	9,6	23,8	0,20	
		nEQR			0,69	0,78	0,77	0,80	0,75	0,87	0,78
		Stasjon	64	710	0,74	4,9	24,0	9,8	23,8	0,20	
		nEQR			0,72	0,82	0,79	0,81	0,75	0,87	0,79
	2013	Grabb	39	250	0,69	4,1	27,6	9,4	22,6	0,33	
		nEQR			0,66	0,72	0,72	0,78	0,70	0,76	0,73
		Stasjon	69	999	0,70	4,4	20,3	10,3	22,5	0,35	
nEQR			0,67	0,75	0,74	0,84	0,70	0,73	0,74		
KJE4	1995	Stasjon	57	5414	0,53	3,4	14,0	7,6	14,2	1,08	
		nEQR			0,46	0,64	0,62	0,61	0,37	0,16	0,48
	1998	Grabb	39,8	598	0,67	3,9	21,4	7,8	19,9	0,71	
		nEQR			0,65	0,70	0,65	0,63	0,60	0,31	0,59
		Stasjon	69	2392	0,70	4,0	16,6	7,9	19,5	0,73	
		nEQR			0,68	0,71	0,66	0,64	0,58	0,30	0,59
	2013	Grabb	55,5	817	0,67	4,1	25,9	8,2	19,3	0,82	
		nEQR			0,64	0,72	0,70	0,67	0,57	0,23	0,59
		Stasjon	101	3268	0,68	4,6	20,0	8,8	18,7	0,86	
nEQR			0,65	0,77	0,73	0,73	0,55	0,20	0,60		
KJE6	1995	Grabb	21	192	0,60	3,2	12,8	8,4	21,4	0,23	
		nEQR			0,55	0,63	0,60	0,68	0,66	0,84	0,66
	2013	Grabb	23,3	118	0,71	3,5	21,7	8,7	21,8	0,05	
		nEQR			0,68	0,65	0,65	0,71	0,67	0,97	0,72
		Stasjon	37	470	0,72	3,9	16,5	8,9	21,8	0,02	
nEQR			0,69	0,70	0,67	0,74	0,67	0,99	0,74		
FES	2013	Grabb	37,8	246	0,74	3,9	25,9	9,5	26,0	0,32	
		nEQR			0,72	0,70	0,70	0,79	0,83	0,77	0,75
		Stasjon	66	983	0,76	4,1	18,2	9,6	26,3	0,34	
		nEQR			0,74	0,73	0,71	0,80	0,84	0,74	0,76
LUO	2013	Grabb	24,8	154	0,65	3,4	21,2	8,4	20,6	0,14	
		nEQR			0,62	0,65	0,65	0,69	0,63	0,91	0,69
		Stasjon	38	616	0,65	3,6	15,4	8,9	20,6	0,14	
		nEQR			0,63	0,67	0,65	0,74	0,62	0,91	0,70
SEIM2	2013	Grabb	24	134	0,65	3,6	21,2	9,0	22,5	0,09	
		nEQR			0,62	0,67	0,65	0,74	0,70	0,94	0,72
		Stasjon	40	536	0,66	3,8	16,4	9,8	22,5	0,08	
		nEQR			0,64	0,69	0,66	0,81	0,70	0,95	0,74

Tabell 15. Kornstørrelse (andel finstoff, < 0,063 mm), innhold av Tot N, TOC og normalisert TOC på bløtbunnsstasjonene i Lurefjorden, 2013. Klassifisering av tilstand er basert på SFT 97:03.

St.	Korn %<63µm t.v.	Tot N (g/100 g t.v.)	TOC (mg/g TS)	Norm. TOC (mg/g TS)
KJE1	43	0,69	61,7	72,0
KJE4	31	0,36	78,2	90,6
KJE6	38	1,2	89,2	100,4
SEIM2	38	1,1	92,6	103,8
LUO	45	1,7	111	120,9
FES	46	0,76	69,3	79,0

Det var manglende samsvar mellom klassifiseringen basert på fauna og klassifiseringen basert på organisk karbon. Organisk karbon er ofte ikke noen god parameter på mengden karbon som faktisk er biologisk tilgjengelig. Den biotilgjengelige delen av sedimenterende materiale brukes opp svært raskt. Det organiske karbonet som måles, er ofte inert, og kan ha passert tarmen til organismene flere ganger. Videre er klassifiseringssystemet for TOC tilpasset områder som er lite påvirket av organiske partikler fra land eller fra nærliggende områder med tang og tare. Fjorder og kystnære sedimenter kan ha naturlig høyt innhold av organisk materiale, og dype området vil generelt også ha et høyere innhold enn grunne ettersom partikler akkumulerer i dypålen. Selv om det i dette tilfellet også kan være tilførsler av organisk materiale fra utslippet, inntreffer ikke vesentlige negative effekter på bunnfaunaen, fordi det antas å være rikelig med strøm og tilstrekkelig med oksygen i bunnvannet.

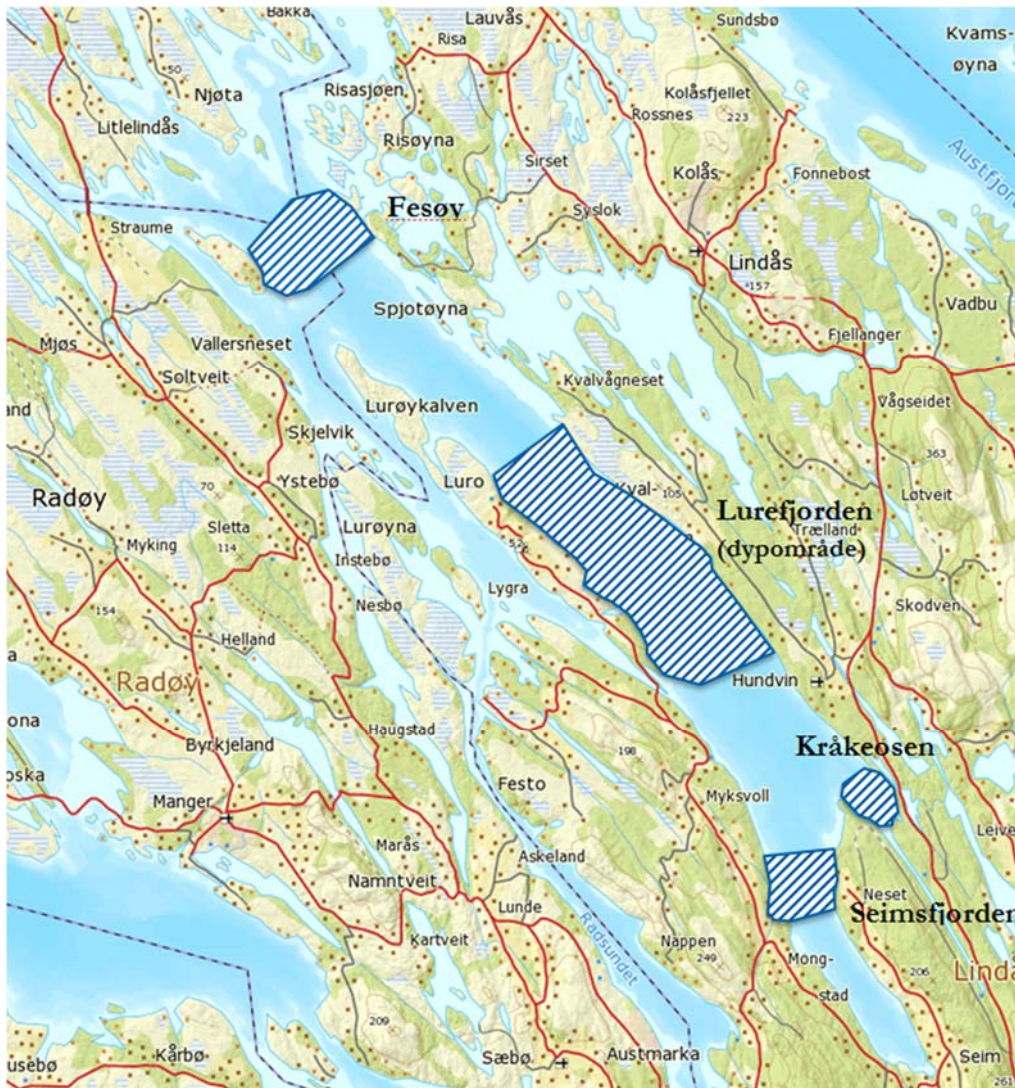
6.5 Konklusjoner fra bløtbunnsundersøkelsen

Med unntak av stasjon KJE4 helt inntil utslippet, tilfredsstillter bløtbunnsfaunaen Vanndirektivets krav om minst "God" økologisk tilstand. Tilstanden på stasjon KJE4 var på grensen mellom tilstandsklasse "God" og "Moderat". Også tidligere år var tilstanden "Moderat". Det må bemerkes at individtallet her var så høyt at DI ga tilstandsklasse "Dårlig" til "Svært dårlig". Dette indikerer stor tilførsel av organisk materiale. Denne effekten var imidlertid svært avgrenset. Det bør også bemerkes at ingen av stasjonene var spesielt individfattige slik tilfelle kan være ved sterk belastning fra miljøgifter eller ved oksygenvinn.

7. RISIKOVURDERING

7.1 INNLEDNING

For risikoberegningene i Lurefjorden er fjorden delt inn i 4 underområder – Kråkeosen, Seimfjorden, Lurefjordens dypområde og Fesøyområdet (se **Figur 8**), mens Lurosen som ansees å være lite påvirket av utslippene fra avfallsdeponiet i Kjevikdalen, ikke er tatt med i denne risikovurderingen. For hvert område er sedimentareal og totalt vannvolum beregnet ut fra kart og dyp, og det er benyttet resultater for kjemiske analyser av sediment fra hvert område og tilhørende data for biota for de områdene hvor det er gjennomført analyser av fisk og skaldyr. Det er ikke utført analyser av miljøgifter i sjøvann, porevann og bunnsfauna, og det er heller ikke utført økotokstesting. I områdene som det er gjennomført risikoberegninger for, er det ikke skipstrafikk slik at beregninger av spredning av sediment forårsaket av oppvirvling av propeller under skipsanløp ikke er en aktuell problemstilling for områdene i disse risikoberegningene. Ut fra anbefalingene i Veileder TA-2802/2011 er antallet prøver fra hvert område alt for lavt. Dette har blant annet sammenheng med at risikovurderinger ikke inngikk i den planlagte resipientundersøkelsen. Store dyp og relativt ensartet bunn på i alle fall de dypeste stasjonene gjør at sedimentprøvene kan antas å være relativt representative for de ulike områdene.



Figur 8. Lurefjorden med markeringer for områder som er risikovurdert.

7.2 RISIKOVURDERINGER

I Trinn 1 i risikovurderingen sammenlignes miljøgiftkonsentrasjonene og toksisitet av sedimentet med grenseverdier for økologiske effekter av kontakt med sedimentene. Dette innebærer at dette trinnet i risikovurderingen for nesten alle stoffer kun er en klassifisering og tilsvarer grensene mellom tilstandsklasse II og III i Veileder TA-2229/2007 (klassifiseringsveilederen). Hvis ett eller flere av stoffene overstiger grenseverdien mellom tilstandsklasse II og III, vil det si at sedimentets risiko vurderes som "ikke ubetydelig" og dermed skal Trinn 2 i risikovurderingen gjennomføres.

I beregningene framkommer både overskridelse for overskridelse i prøven med høyest konsentrasjon (maksimalverdi) og for middelverdi av alle prøvene som er analysert innen et delområde. For å kunne friskmelde et område (akseptabel risiko) etter Trinn 1 setter Veileder TA-2229/2011 (risikoveilederen) følgende krav:

1. Ingen gjennomsnittskonsentrasjoner skal overskride grenseverdien for Trinn 1
2. Ingen enkeltkonsentrasjon skal være høyere enn 2x grenseverdien eller grensen mellom tilstandsklasse III og IV i klassifiseringsveilederen.

Trinn 2 i risikovurderingen gjøres det mer omfattende vurderinger hvor formålet er å finne ut om sedimentene utgjør en risiko for skade på miljø og helse som er akseptabel eller om det må vurderes å gjennomføre tiltak. Disse vurderingene gjøres på bakgrunn av mobiliteten til miljøgiftene og de lokale forhold. I dette trinnet er det følgende tre sider av risikobildet som vurderes:

- a. Risiko for spredning av miljøgifter
- b. Risiko for skade på human helse
- c. Risiko for skade på økosystemet.

Disse vurderingene utføres på bakgrunn av beregninger som gjennomføres etter at alle analyseresultater og verdier for lokale forhold er lagt inn i et regneark som er tilpasset risikoveilederen. For de parameterne hvor det ikke er gjennomført målinger, benyttes sjablongverdier. I de tilfellene hvor analyseresultatene ikke angir målte konsentrasjoner, men kun mindre enn en gitt deteksjonsgrense er deteksjonsgrensen benyttet som målt konsentrasjon da dette virker konservativt i beregningene. Med målingene av miljøgifter i sediment og biota og lokale forhold som basis, gjennomføres det beregninger av oppvirvling fra skip (ikke aktuelt i denne risikovurderingen), diffusjon og transport via opptak i organismer og total human helserisiko som følge av eksponering via sjømat og kontakt med sedimenter og vann.

7.3 KRÅKEOSEN

Kråkosen er nærområdet til Kjevikdalen avfallsplass og området hvor sigevannsledningen fra avfallsplassen har sitt utløp i sjø. Fra dette området inngår resultatene av miljøgift- og tungmetallanalyser i sedimentene fra de to stasjonene KJE1 og KJE4 (jfr. **Tabell 4 - Tabell 7**) og i tillegg er miljøgiftkonsentrasjoner fra fisk (torsk (filet og lever), hyse (file og lever), rødspette, lomre og gapeflyndre), krabbe og blåskjell benyttet (jfr. **Tabell 9 - Tabell 10**). Dette er det området i Lurefjorden som eksponeres for de høyeste miljøgiftkonsentrasjonene, og det er derfor lagt mest innsats i å få mange analyseresultater fra dette området.

7.3.1 Trinn 1

Hvordan maksimal- ("Maks") og gjennomsnittsnivåene ("Middel") for miljøgifter i sedimentene fra stasjonene KJE1 og KJE4 i Kråkevika overskrider grenseverdiene for økologisk risiko, vises i **Tabell 16**, og her er det gjennomsnittsnivåene som mest vektlegges. Her er det spesielt de tyngre PAH-ene indeno(1,2,3-cd)pyren (faktor over 5) og benzo(ghi)perylen (faktor over 10) som overskrider grenseverdiene, men også sum PCB₇ har overskridelse (faktor 3,5). For PAH-forbindelsene er konsentrasjonene i sedimentet så høye at de overskrider grensen mellom tilstandsklasse III og IV. Det

innebærer at sedimentene teoretisk sett utgjør en risiko for økologisk skade forårsaket av PAH og PCB₇. Overskridelsene medførte at Trinn 2 i risikovurderingen er gjennomført for delområdet Kråkosn.

Tabell 16. Overskridelse av grenseverdier for økologisk risiko i sedimentene fra stasjon KJE1 og KJE4 i Kråkosn i følge Trinn 1 i Veileder TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av høyeste nivå miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) for hele området.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	2	22	13,85	52		
Bly	2	71	50	83		
Kadmium	2	0,21	0,19	2,6		
Kobber	2	35	29	51		
Krom totalt (III + VI)	2	19	16,5	560		
Kvikksølv	2	0,141	0,125	0,63		
Nikkel	2	14	10,55	46		
Sink	2	120	97,5	360		
Naftalen	2	0,02	0,018	0,29		
Acenaftalen	2	0,02	0,015	0,033		
Acenaften	2	0,02	0,015	0,16		
Fluoren	2	0,02	0,015	0,26		
Fenantren	2	0,046	0,042	0,50		
Antracen	2	0,02	0,015	0,031		
Fluoranten	2	0,11	0,083	0,17		
Pyren	2	0,091	0,0835	0,28		
Benzo(a)antracen	2	0,081	0,0665	0,06	1,35	1,11
Krysen	2	0,11	0,103	0,28		
Benzo(b)fluoranten	2	0,31	0,202	0,24	1,29	
Benzo(k)fluoranten	2	0,19	0,1165	0,21		
Benzo(a)pyren	2	0,86	0,49	0,42	2,05	1,17
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	0,56	0,335	0,047	11,91	7,13
Dibenzo(a,h)antracen	2	0,079	0,0535	0,59		
Benzo(ghi)perylene	2	0,53	0,34	0,021	25,24	16,19
PCB 28	2	0,05	0,0255			
PCB 52	2	0,05	0,0255			
PCB 101	2	0,0012	0,0011			
PCB 118	2	0,0013	0,00115			
PCB 138	2	0,0026	0,0022			
PCB 153	2	0,0024	0,0023			
PCB 180	2	0,0024	0,0017			
Sum PCB7	2	0,1099	0,05945	0,017	6,46	3,50
DDT	0	mangler	mangler	0,02		
Tributyltinn (TBT-ion)	2	0,024	0,0125	0,035		
Lindan	0	mangler	mangler	0,0011		
Heksaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,0169		
Pentaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,4		
Triklorbenzen	0	mangler	mangler	0,056		
Hexaklorbutadien	0	mangler	mangler	0,049		
Pentaklorfenol	0	mangler	mangler	0,012		
Oktylfenol	0	mangler	mangler	0,0033		
Nonylfenol	0	mangler	mangler	0,018		
Bisfenol A	0	mangler	mangler	0,011		
Tetrabrombisfenol A	2	0,00127	0,00121	0,063		
Pentabromdifenyleter	2	0,002	0,001	0,062		
Heksabromcyclododekan	2	0,00738	0,00373	0,086		
Perfluorert oktylsulfonat	0	mangler	mangler	0,22		
Diuron	0	mangler	mangler	0,00071		
Irgarol	0	mangler	mangler	0,00008		

7.3.2 Trinn 2 og 3

For gjennomføring av Trinn 2 i risikovurderingen ble gjennomsnittsverdi for totalt organisk karbon (TOC (%)) i sedimentene lagt inn i regnearket, og i tillegg ble sedimentareal og vannvolum beregnet. Benyttede konstanter som avviker fra sjablongverdiene, er vist i **Tabell 17**. Området har ikke skipstrafikk og derfor inngår ikke påvirkning av sediment forårsaket av skipsanløp i analysen.

Spredning av miljøgifter ut fra sedimentene kan for Kråkeosen sitt vedkommende skje enten ved diffusjon eller transport via organismer. **Tabell 18** viser hvordan den totale miljøgiftspredningen fra de aktuelle spredningsveiene er fordelt. Den prosentvise fordelingen mellom spredningsveiene for de ulike stoffene er vist i **Figur 9**.

Resultatene i **Tabell 18** og **Figur 9** viser at spredningsmekanismene for de ulike stoffene er forskjellig. For metallene, TBT og de lettere PAH-ene er diffusjon fra sedimentene den viktigste spredningsveien, mens for de tyngre PAH-ene, PCB-forbindelsene og de bromerte forbindelsene er spredning via organismer viktigst.

I risikoveilederen er det ikke angitt noen generell grense for hvor stor spredningen kan være. I **Tabell 19** vises hvor mange ganger den totale spredningen fra sedimentene overskrider "tillatt spredning" fra et referansesediment hvor miljøgiftkonsentrasjonene akkurat tilfredsstillers grenseverdiene i Trinn 1, dvs. hvor konsentrasjonene av miljøgifter ligger på grensen mellom Klasse II og III, men tilfredsstillers kravene til Klasse II. **Tabell 19** viser at PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene har total spredning over "tillatt spredning".

Risikoen for skade på human helse ved konsum av sjømat som kan ha fått forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter gjennom kontakt med sedimentene og ved kontakt med miljøgifter fra sedimenter og vann, bedømmes også. Dette gjøres ved å vurdere human eksponering for de ulike miljøgiftene gjennom en beregning av total livsdose hvor hovedeksponeringen normalt skjer gjennom konsum av fisk og skalldyr, men også ulike former for kontakt med sediment og vann inkluderes (rekreasjon, bading etc.). Livstidsdosen sammenlignes med gitte grenseverdier som kan ha opprinnelse i tolerabelt daglig inntak (TDI) hvor stoffets grenseverdi er satt av Mattilsynet, eller maksimal tolerabel risiko (MTR). Mennesker utsettes for mange ulike miljøgiftkilder og derfor er grensen for miljøgiftpåvirkning fra sediment satt til 10% av det totale akseptable inntaket hos mennesker.

Tabell 20 viser beregnet livstidseksponering av miljøgifter basert på miljøgiftkonsentrasjonene i kun sediment fra Kråkeosområdet, og her er det bly, PAH-forbindelsen benzo(a)pyren og sum PCB₇ som viser overskridelser med faktorer på henholdsvis 2, 162 og 55 for gjennomsnittsverdiene. Tilsvarende beregnet livstidseksponering basert på analyser av sediment og alle biotaprøver, viser at overskridelsene for bly og benzo(a)pyren ikke er reelle (jfr. **Tabell 21**), spesielt siden den humane eksponering for disse stoffene hovedsakelig skjer via sjømat. Dersom en utelukker fiskelever i beregningene av livstidseksponering, fjernes også overskridelsene av sum PCB₇ (jfr. **Tabell 22**). Inkludering av biota i beregningene av livstidseksponering førte imidlertid til overskridelser i livstidsdosene for kadmium og kvikksølv. Ved å fjerne også krabbe fra beregningene, fjernes også overskridelsene av kadmium (jfr. **Tabell 23**). Analysene av kadmium i krabbeinnmat var innen normalområdet som angis av NIFES sjømatdatabase og dermed kan det se ut for at beregningene av overskridelse av livstidseksponering av kadmium overestimeres i excel-skjemaet som er knyttet til beregningene i Veileder 2802/2011. Etter at både torskelerver og krabbe er fjernet fra beregningene, står imidlertid kvikksølv fremdeles igjen med overskridelse. Analysene av kvikksølv i torskelifilet fra stasjon KJE4 ga tilstandsklasse II "Moderat forurenset" (jfr. **Tabell 10**) og bekrefter at kvikksølv kan være et problem i torskelifilet fra Kråkeosen.

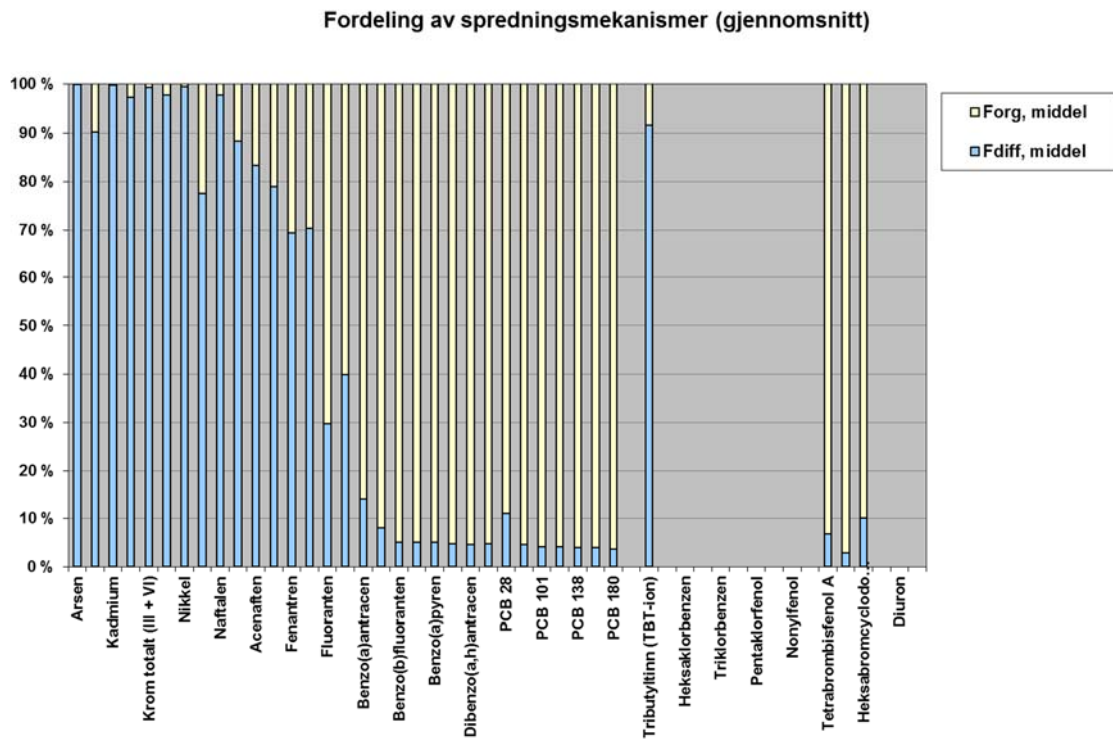
Beregningene av livstidseksponering for metaller og miljøgifter basert på sedimentanalyser og analyser av biota fra Kråkeosen viser at konsum av både fisk og krabbe fra området kan gi overskridelser av de anbefalte livstidsdosene for sum PCB₇ og kvikksølv og kanskje også kadmium.

Tabell 17. Konstanter og verdier som er benyttet i de videre beregningene for Kråkosen.

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	7,35	Målt (gj.snitt av TOC (%) på stasjonene KJE1 og KJE4)
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	Ikke analysert, benyttet sjablomverdi
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	Ikke analysert, benyttet sjablomverdi
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	880000	Beregnet fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	78000000	Beregnet fra kart og dyp
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,02	Oppholdstid for vannet i området antatt å være 1 uke

Tabell 18. Beregnet spredning av miljøgifter ut fra sediment i Kråkosen som følge av spredningsveiene diffusjon ($F_{diff, middel}$) og transport via organismer ($F_{org, middel}$). Første kolonne markert med blåfarge viser den totale spredning av miljøgifter via de beregnede spredningsveiene.

Stoff	Beregnet middel spredning			
	$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]
Arsen	13,985	13,969	mangler data	0,016
Bly	2,488	2,246	mangler data	0,242
Kadmium	0,008	0,008	mangler data	0,000
Kobber	6,425	6,246	mangler data	0,178
Krom totalt (III + VI)	0,607	0,602	mangler data	0,004
Kvikksølv	0,008	0,008	mangler data	0,000
Nikkel	7,298	7,254	mangler data	0,045
Sink	8,917	6,914	mangler data	2,003
Naftalen	1,223	1,194	mangler data	0,028
Acenaften	0,503	0,444	mangler data	0,059
Acenaften	0,220	0,183	mangler data	0,037
Fluoren	0,134	0,105	mangler data	0,028
Fenantren	0,180	0,125	mangler data	0,055
Antracen	0,052	0,036	mangler data	0,015
Fluoranten	0,121	0,036	mangler data	0,085
Pyren	0,221	0,088	mangler data	0,132
Benzo(a)antracen	0,055	0,008	mangler data	0,047
Krysen	0,185	0,015	mangler data	0,170
Benzo(b)fluoranten	0,267	0,013	mangler data	0,254
Benzo(k)fluoranten	0,157	0,008	mangler data	0,150
Benzo(a)pyren	0,120	0,006	mangler data	0,114
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,153	0,007	mangler data	0,146
Dibenzo(a,h)antracen	0,029	0,001	mangler data	0,028
Benzo(ghi)perylene	0,356	0,017	mangler data	0,339
PCB 28	0,009	0,001	mangler data	0,008
PCB 52	0,016	0,001	mangler data	0,015
PCB 101	0,003	0,000	mangler data	0,003
PCB 118	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 138	0,005	0,000	mangler data	0,004
PCB 153	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 180	0,002	0,000	mangler data	0,002
Tributyltinn (TBT-ion)	0,599	0,549	mangler data	0,051
Tetrabrombisfenol A	0,011	0,001	mangler data	0,010
Pentabromdifenyleter	0,002	0,000	mangler data	0,002
Heksabromcyclododekan	0,023	0,002	mangler data	0,020



Figur 9. Spredning av miljøgifter vist som prosentvis fordeling mellom de to spredningsveiene diffusjon og transport via organismer i Kråkeosen.

Tabell 19. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" i Kråkeosen. Tabellen viser overskridelse på basis av maksimal konsentrasjon i sedimentprøvene ("Maks") og gjennomsnittlig konsentrasjon ("Middel"). Positive røde tall i de to siste kolonnene betyr overskridelse.

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	22,2145	13,9850	22,2145	13,9850	52,4597		
Bly	3,5337	2,4885	3,5337	2,4885	3,8094		
Kadmium	0,0086	0,0078	0,0086	0,0078	0,1059		
Kobber	7,7538	6,4246	7,7538	6,4246	11,0477		
Krom totalt (III + VI)	0,6984	0,6065	0,6984	0,6065	20,4738		
Kvikksølv	0,0093	0,0083	0,0093	0,0083	0,0410		
Nikkel	9,6852	7,2985	9,6852	7,2985	31,6667		
Sink	10,9751	8,9172	10,9751	8,9172	27,0074		
Naftalen	1,3584	1,2225	1,3584	1,2225	142,0969		
Acenaftalen	0,6713	0,5035	0,6713	0,5035	7,3778		
Acenaften	0,2928	0,2196	0,2928	0,2196	14,9205		
Fluoren	0,1782	0,1336	0,1782	0,1336	14,1563		
Fenantren	0,1976	0,1804	0,1976	0,1804	11,9155		
Antracen	0,0688	0,0516	0,0688	0,0516	0,5977		
Fluoranten	0,1597	0,1205	0,1597	0,1205	0,7939		
Pyren	0,2406	0,2207	0,2406	0,2207	2,8299		
Benzo(a)antracen	0,0664	0,0545	0,0664	0,0545	0,1126		
Krysen	0,1979	0,1853	0,1979	0,1853	0,9769		
Benzo(b)fluoranten	0,4095	0,2668	0,4095	0,2668	0,5586		
Benzo(k)fluoranten	0,2568	0,1575	0,2568	0,1575	0,5001		
Benzo(a)pyren	0,1549	0,1201	0,1549	0,1201	0,9553		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2557	0,1530	0,2557	0,1530	0,0374	6,83	4,09
Dibenzo(a,h)antracen	0,0434	0,0294	0,0434	0,0294	0,5644		
Benzo(ghi)perylene	0,5544	0,3556	0,5544	0,3556	0,0383	14,47	9,28
PCB 28	0,0117	0,0088	0,0117	0,0088			
PCB 52	0,0213	0,0160	0,0213	0,0160			
PCB 101	0,0038	0,0035	0,0038	0,0035			
PCB 118	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004			
PCB 138	0,0054	0,0046	0,0054	0,0046			
PCB 153	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005			
PCB 180	0,0026	0,0018	0,0026	0,0018			
Sum PCB7	0,0457	0,0355	0,0457	0,0355			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0185		
Tributyltinn (TBT-ion)	1,1506	0,5993	1,1506	0,5993	11,5009		
Lindan	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0733		
Heksaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,1130		
Pentaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	5,4544		
Triklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	22,2017		
Hexaklorbutadien	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	3,9056		
Pentaklorfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,4124		
Oktyfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5757		
Nonyfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,7506		
Bisfenol A	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	6,5428		
Tetrabrombisfenol A	0,0116	0,0110	0,0116	0,0110	1,0733		
Pentabromdifenyleter	0,0038	0,0020	0,0038	0,0020	0,1917		
Heksabromcyclododekan	0,0446	0,0225	0,0446	0,0225	1,0715		
Perfluorert oktylsulfonat	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	82,2539		
Diuron	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,8291		
Irgarol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5321		

Tabell 20. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment fra stasjonene i Kråkeosområdet.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000100	0,000063	0,000100	1,00	
Bly	0,001185	0,000834	0,000360	3,29	2,32
Kadmium	0,000000	0,000000	0,000050		
Kobber	0,000733	0,000608	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000032	0,000027	0,000500		
Kvikksølv	0,000001	0,000001	0,000010		
Nikkel	0,000206	0,000155	0,005000		
Sink	0,008167	0,006635	0,030000		
Naftalen	0,000103	0,000092	0,004000		
Acenaftalen	0,000257	0,000193			
Acenaften	0,000160	0,000120			
Fluoren	0,000123	0,000092			
Fenantren	0,000198	0,000181	0,004000		
Antracen	0,000067	0,000050	0,004000		
Fluoranten	0,000367	0,000277	0,005000		
Pyren	0,000472	0,000433			
Benzo(a)antracen	0,000187	0,000154	0,000500		
Krysen	0,000596	0,000558	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,001273	0,000830			
Benzo(k)fluoranten	0,000799	0,000490	0,000500	1,60	
Benzo(a)pyren	0,000482	0,000373	0,000002	209,41	162,30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000798	0,000477	0,000500	1,60	
Dibenzo(a,h)antracen	0,000135	0,000092			
Benzo(ghi)perylene	0,001729	0,001109	0,003000		
PCB 28	0,000034	0,000026			
PCB 52	0,000067	0,000050			
PCB 101	0,000012	0,000011			
PCB 118	0,000001	0,000001			
PCB 138	0,000017	0,000014			
PCB 153	0,000002	0,000001			
PCB 180	0,000008	0,000006			
Sum PCB7	0,000141	0,000109	0,000002	70,30	54,60
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000318	0,000165	0,000250	1,27	
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000035	0,000034			
Pentabromdifenyleter	0,000012	0,000006			
Heksabromcyclododekan	0,000131	0,000066			
Perfluorert oktylsulfonat	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

Tabell 21. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og biota (fisk (filét og lever), krabbe og blåskjell) fra stasjonene i Kråkeosområdet.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000100	0,000063	0,000100	1,00	
Bly	0,000364	0,000136	0,000360	1,01	
Kadmium	0,003729	0,000385	0,000050	74,58	7,71
Kobber	0,000733	0,000608	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000360	0,000120	0,000500		
Kvikksølv	0,000143	0,000058	0,000010	14,34	5,79
Nikkel	0,000206	0,000155	0,005000		
Sink	0,059957	0,015203	0,030000	2,00	
Naftalen	0,000022	0,000007	0,004000		
Acenaftalen	0,000001	0,000000			
Acenaften	0,000805	0,000091			
Fluoren	0,000003	0,000001			
Fenantren	0,000020	0,000006	0,004000		
Antracen	0,000001	0,000000	0,004000		
Fluoranten	0,000005	0,000002	0,005000		
Pyren	0,000004	0,000001			
Benzo(a)antracen	0,000001	0,000000	0,000500		
Krysen	0,000001	0,000000	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000001	0,000000			
Benzo(k)fluoranten	0,000001	0,000000	0,000500		
Benzo(a)pyren	0,000001	0,000000	0,000002		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000001	0,000001	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	0,000001	0,000000			
Benzo(ghi)perylene	0,000001	0,000001	0,003000		
PCB 28	0,000001	0,000000			
PCB 52	0,000002	0,000000			
PCB 101	0,000007	0,000001			
PCB 118	0,000026	0,000004			
PCB 138	0,000046	0,000007			
PCB 153	0,000088	0,000013			
PCB 180	0,000029	0,000004			
Sum PCB7	0,000200	0,000031	0,000002	99,94	15,59
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000002	0,000001	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000000	0,000000			
Pentabromdifenyeter	0,000012	0,000006			
Heksabromcyclododekan	0,000131	0,000066			
Perfluorert oktylsulfonat	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

Tabell 22. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og biota (fisk (filét eks. lever), krabbe og blåskjell) fra stasjonene i Kråkeosområdet.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000100	0,000063	0,000100	1,00	
Bly	0,000364	0,000143	0,000360	1,01	
Kadmium	0,003729	0,000452	0,000050	74,58	9,05
Kobber	0,000733	0,000608	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000360	0,000137	0,000500		
Kvikksølv	0,000143	0,000064	0,000010	14,34	6,41
Nikkel	0,000206	0,000155	0,005000		
Sink	0,059957	0,014747	0,030000	2,00	
Naftalen	0,000007	0,000005	0,004000		
Acenaftalen	0,000001	0,000000			
Acenaften	0,000805	0,000102			
Fluoren	0,000001	0,000001			
Fenantren	0,000006	0,000004	0,004000		
Antracen	0,000001	0,000000	0,004000		
Fluoranten	0,000002	0,000001	0,005000		
Pyren	0,000001	0,000001			
Benzo(a)antracen	0,000001	0,000000	0,000500		
Krysen	0,000001	0,000000	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000001	0,000000			
Benzo(k)fluoranten	0,000001	0,000000	0,000500		
Benzo(a)pyren	0,000001	0,000000	0,000002		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000001	0,000001	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	0,000001	0,000000			
Benzo(ghi)perylene	0,000001	0,000001	0,003000		
PCB 28	0,000001	0,000000			
PCB 52	0,000001	0,000000			
PCB 101	0,000001	0,000000			
PCB 118	0,000003	0,000000			
PCB 138	0,000004	0,000001			
PCB 153	0,000005	0,000001			
PCB 180	0,000001	0,000000			
Sum PCB7	0,000016	0,000003	0,000002	8,05	1,63
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000002	0,000001	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000000	0,000000			
Pentabromdifenyleter	0,000012	0,000006			
Heksabromcyclododekan	0,000131	0,000066			
Perfluorert oktylsulfonat	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

Tabell 23. Beregnet total livstidseksposering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og biota (fisk (filét eks. lever)) og blåskjell fra stasjonene i Kråkeosområdet.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000100	0,000063	0,000100	1,00	
Bly	0,000227	0,000118	0,000360		
Kadmium	0,000118	0,000043	0,000050	2,36	
Kobber	0,000733	0,000608	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000360	0,000145	0,000500		
Kvikksølv	0,000143	0,000063	0,000010	14,34	6,33
Nikkel	0,000206	0,000155	0,005000		
Sink	0,016783	0,009098	0,030000		
Naftalen	0,000007	0,000004	0,004000		
Acenaftalen	0,000001	0,000000			
Acenaften	0,000805	0,000116			
Fluoren	0,000001	0,000001			
Fenantren	0,000006	0,000004	0,004000		
Antracen	0,000001	0,000000	0,004000		
Fluoranten	0,000002	0,000001	0,005000		
Pyren	0,000001	0,000001			
Benzo(a)antracen	0,000001	0,000000	0,000500		
Krysen	0,000001	0,000000	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000001	0,000000			
Benzo(k)fluoranten	0,000001	0,000000	0,000500		
Benzo(a)pyren	0,000001	0,000000	0,000002		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000001	0,000001	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	0,000001	0,000000			
Benzo(ghi)perylene	0,000001	0,000001	0,003000		
PCB 28	0,000001	0,000000			
PCB 52	0,000000	0,000000			
PCB 101	0,000000	0,000000			
PCB 118	0,000000	0,000000			
PCB 138	0,000001	0,000000			
PCB 153	0,000001	0,000000			
PCB 180	0,000001	0,000000			
Sum PCB7	0,000004	0,000002	0,000002	2,24	0,83
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000002	0,000001	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000000	0,000000			
Pentabromdifenyler	0,000012	0,000006			
Heksabromcyclododekan	0,000131	0,000066			
Perfluorert oktylsulfonat	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

7.4 SEIMSFJORDEN

Seimsfjorden ligger vest for utslippspunktet for sigevannsledningen fra Kjevikdalen avfallsplass og strekker seg i sørøstlig retning videre innover fra Lurefjorden (jfr. **Figur 2a**). Fjorden er relativt dyp med 2 dypbasseng hvor det indre har en maksimaldybde på ca. 215 m og i det ytre er maksimaldybden ca. 245 m og mellom disse er det en terskel på ca. 160 m dyp. En sedimentprøve (SEIM2) er tatt på det dypeste i ytre basseng, og sedimentet besto av mørk gråbrun leire.

7.4.1 Trinn 1

Tabell 24 viser overskridelser for grenseverdier for økologisk risiko basert på miljøgiftanalyser av sedimentprøve fra dypområdet i Seimsfjorden. Her er det PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene som har overskridelser av betydning med faktorer på henholdsvis tilnærmet 16 og 37. Overskridelsene er så store at Trinn 2 i risikovurderingene er gjennomført.

7.4.2 Trinn 2 og 3

Tabell 25 viser de lokale konstantene for totalt organisk karbon, sedimentareal og vannvolum som er benyttet i beregningene. Resultatene av analysene av miljøgifter i sediment fra Seimsfjorden (jfr. **Tabell 4 - Tabell 7**) er lagt inn i excel-arket tilhørende risikoveilederen. **Tabell 26** viser resultatene av beregningene for spredning via diffusjon og transport via organismer og **Figur 10** viser den prosentvise fordelingen mellom spredningsveiene for de ulike stoffene. I **Tabell 27** framkommer det at det på samme måte som for Kråkeosen, er PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene som overskrider den "tillatte spredningen" med faktorer på tilnærmet henholdsvis 6 og 13.

Beregnet total livstidseksposering for de ulike miljøgiftene basert kun på analyseresultater fra sediment fra dypområdet i Seimsfjorden er vist i **Tabell 28**. På samme måte som i Kråkeosen er det bly, benzo(a)pyren og sum PCB₇ som overskrider 10% av det totale akseptable inntaket og overskridelsene er henholdsvis 6, 140 og 40 ganger. For bly er overskridelsen noe høyere enn i Kråkeosen, mens for benzo(a)pyren og sum PCB₇ er overskridelsene betydelig mindre. Høyere konsentrasjoner benzo(a)pyren ga ingen overkonsentrasjoner i biota i Kråkeosen, og det er derfor ikke grunn til å tro at denne PAH-forbindelsen vil gi overkonsentrasjoner i biota i Seimsfjorden. Ca. 30 ganger lavere overskridelse av livstidseksposering for sum PCB₇ i Seimsfjorden sammenlignet med Kråkeosen gir grunn til å anta at heller ikke sum PCB₇ vil være et problem i Seimsfjorden. Blykonsentrasjonen kan - basert på resultatene av sedimentkonsentrasjon og konsentrasjon i biota i Kråkeosen - gi en overkonsentrasjon i biota med en faktor på nær 2.

Tabell 24. Overskridelse av grenseverdier for økologisk risiko i sedimentene fra stasjon SEIM2 i Seimsfjorden i følge Trinn 1 i Veileder TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra dypområdet i Seimsfjorden og dermed blir høyeste nivå miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) samme verdi.

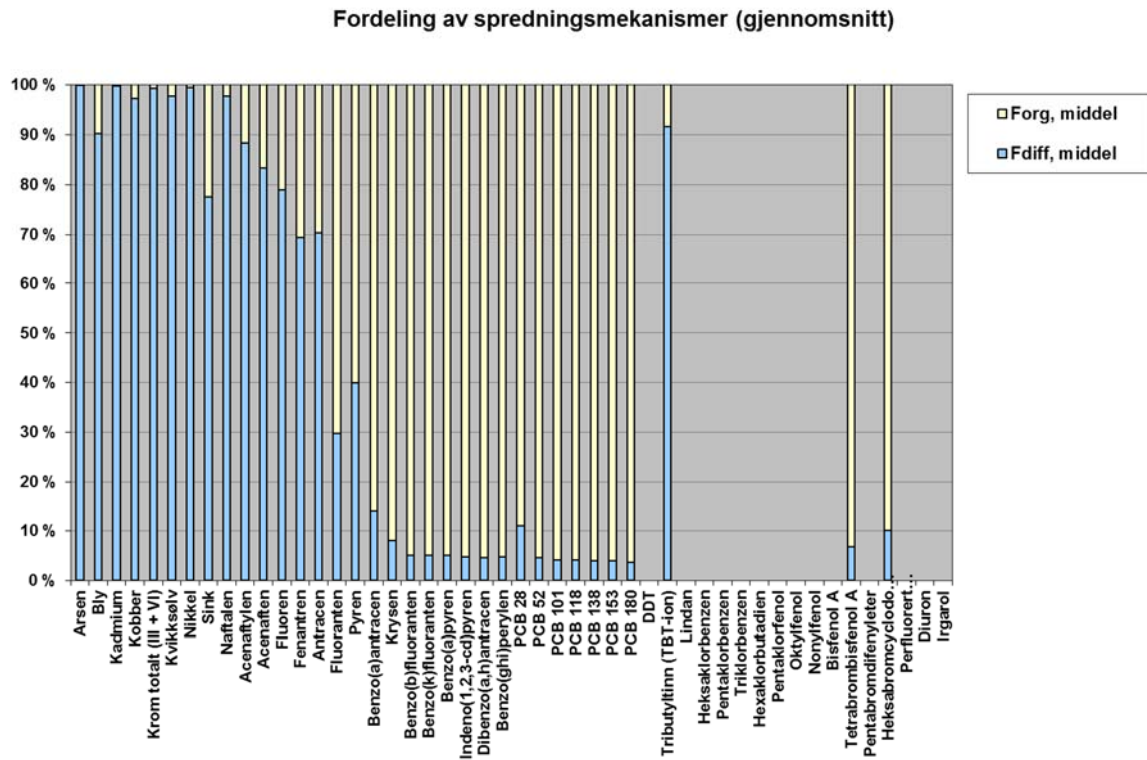
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	1	11	11	52		
Bly	1	130	130	83	1,57	1,57
Kadmium	1	0,19	0,19	2,6		
Kobber	1	37	37	51		
Krom totalt (III + VI)	1	29	29	560		
Kvikksølv	1	0,205	0,205	0,63		
Nikkel	1	22	22	46		
Sink	1	140	140	360		
Naftalen	1	0,02	0,02	0,29		
Acenaftalen	1	0,02	0,02	0,033		
Acenaften	1	0,02	0,02	0,16		
Fluoren	1	0,02	0,02	0,26		
Fenantren	1	0,039	0,039	0,50		
Antracen	1	0,02	0,02	0,031		
Fluoranten	1	0,087	0,087	0,17		
Pyren	1	0,084	0,084	0,28		
Benzo(a)antracen	1	0,079	0,079	0,06	1,32	1,32
Krysen	1	0,096	0,096	0,28		
Benzo(b)fluoranten	1	0,45	0,45	0,24	1,88	1,88
Benzo(k)fluoranten	1	0,23	0,23	0,21	1,10	1,10
Benzo(a)pyren	1	0,13	0,13	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	0,77	0,77	0,047	16,38	16,38
Dibenzo(a,h)antracen	1	0,076	0,076	0,59		
Benzo(ghi)perylene	1	0,77	0,77	0,021	36,67	36,67
PCB 28	1	0,001	0,001			
PCB 52	1	0,001	0,001			
PCB 101	1	0,001	0,001			
PCB 118	1	0,001	0,001			
PCB 138	1	0,002	0,002			
PCB 153	1	0,0018	0,0018			
PCB 180	1	0,001	0,001			
Sum PCB7	1	0,0088	0,0088	0,017	0,52	0,52
DDT	0	mangler	mangler	0,02		
Tributyltinn (TBT-ion)	1	0,001	0,001	0,035		
Lindan	0	mangler	mangler	0,0011		
Heksaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,0169		
Pentaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,4		
Triklorbenzen	0	mangler	mangler	0,056		
Hexaklorbutadien	0	mangler	mangler	0,049		
Pentaklorfenol	0	mangler	mangler	0,012		
Oktylfenol	0	mangler	mangler	0,0033		
Nonylfenol	0	mangler	mangler	0,018		
Bisfenol A	0	mangler	mangler	0,011		
Tetrabrombisfenol A	1	0,00116	0,00116	0,063		
Pentabromdifenyleter	1	0,000147	0,000147	0,062		
Heksabromcyclododekan	1	0,00007	0,00007	0,086		
Perfluorert oktylsulfonat	0	mangler	mangler	0,22		
Diuron	0	mangler	mangler	0,00071		
Irgarol	0	mangler	mangler	0,00008		

Tabell 25. Konstanter og verdier som er benyttet i de videre beregningene for Seimfjorden.

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	11,9	Målt TOC-verdi (%) på stasjon SEIM2.
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodifusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	1100000	Beregnet fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	145000000	Beregnet fra kart og dyp
Oppholdstid til vannet i bassenget, t [år]	ingen standard	0,02	Oppholdstid for vannet i området antatt å være 1 uke

Tabell 26. Beregnet spredning av miljøgifter ut fra sediment i Seimfjorden som følge av spredningsveiene diffusjon ($F_{diff, middel}$) og transport via organismer ($F_{org, middel}$). Første kolonne markert med blåfarge viser den totale spredning av miljøgifter via de beregnede spredningsveiene.

Stoff	Beregnet middel spredning			
	$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]
Arsen	11,107	11,095	mangler data	0,012
Bly	6,470	5,841	mangler data	0,630
Kadmium	0,008	0,008	mangler data	0,000
Kobber	8,197	7,969	mangler data	0,227
Krom totalt (III + VI)	1,066	1,059	mangler data	0,007
Kvikksølv	0,014	0,013	mangler data	0,000
Nikkel	15,220	15,126	mangler data	0,093
Sink	12,804	9,928	mangler data	2,877
Naftalen	0,839	0,820	mangler data	0,019
Acenaftalen	0,415	0,366	mangler data	0,049
Acenaften	0,181	0,151	mangler data	0,030
Fluoren	0,110	0,087	mangler data	0,023
Fenantren	0,103	0,072	mangler data	0,032
Antracen	0,042	0,030	mangler data	0,013
Fluoranten	0,078	0,023	mangler data	0,055
Pyren	0,137	0,055	mangler data	0,082
Benzo(a)antracen	0,040	0,006	mangler data	0,034
Krysen	0,107	0,009	mangler data	0,098
Benzo(b)fluoranten	0,367	0,018	mangler data	0,349
Benzo(k)fluoranten	0,192	0,010	mangler data	0,182
Benzo(a)pyren	0,104	0,005	mangler data	0,099
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,217	0,010	mangler data	0,207
Dibenzo(a,h)antracen	0,026	0,001	mangler data	0,025
Benzo(ghi)perylene	0,497	0,023	mangler data	0,474
PCB 28	0,007	0,001	mangler data	0,006
PCB 52	0,013	0,001	mangler data	0,013
PCB 101	0,002	0,000	mangler data	0,002
PCB 118	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 138	0,003	0,000	mangler data	0,002
PCB 153	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 180	0,001	0,000	mangler data	0,001
Tributyltinn (TBT-ion)	0,030	0,027	mangler data	0,002
Tetrabrombisfenol A	0,007	0,000	mangler data	0,006
Pentabromdifenyler	0,000	0,000	mangler data	0,000
Heksabromcyclododekan	0,000	0,000	mangler data	0,000



Figur 10. Spredning av miljøgifter vist som prosentvis fordeling mellom de to spredningsveiene diffusjon og transport via organismer i Seimsfjorden.

Tabell 27. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" i Seimfjorden. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra dypområdet i Seimfjorden og dermed blir høyeste nivå miljøgifter ("Maks") og gjennomsnitt ("Middel") samme verdi. Positive røde tall i de to siste kolonnene betyr overskridelse.

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	11,1072	11,1072	11,1072	11,1072	52,4597		
Bly	6,4701	6,4701	6,4701	6,4701	3,8094	1,70	1,70
Kadmium	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078	0,1059		
Kobber	8,1969	8,1969	8,1969	8,1969	11,0477		
Krom totalt (III + VI)	1,0661	1,0661	1,0661	1,0661	20,4738		
Kvikksølv	0,0136	0,0136	0,0136	0,0136	0,0410		
Nikkel	15,2195	15,2195	15,2195	15,2195	31,6667		
Sink	12,8042	12,8042	12,8042	12,8042	27,0074		
Naftalen	0,8390	0,8390	0,8390	0,8390	142,0969		
Acenaftalen	0,4146	0,4146	0,4146	0,4146	7,3778		
Acenaften	0,1808	0,1808	0,1808	0,1808	14,9205		
Fluoren	0,1101	0,1101	0,1101	0,1101	14,1563		
Fenantren	0,1035	0,1035	0,1035	0,1035	11,9155		
Antracen	0,0425	0,0425	0,0425	0,0425	0,5977		
Fluoranten	0,0780	0,0780	0,0780	0,0780	0,7939		
Pyren	0,1372	0,1372	0,1372	0,1372	2,8299		
Benzo(a)antracen	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,1126		
Krysen	0,1066	0,1066	0,1066	0,1066	0,9769		
Benzo(b)fluoranten	0,3672	0,3672	0,3672	0,3672	0,5586		
Benzo(k)fluoranten	0,1920	0,1920	0,1920	0,1920	0,5001		
Benzo(a)pyren	0,1037	0,1037	0,1037	0,1037	0,9553		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2172	0,2172	0,2172	0,2172	0,0374	5,80	5,80
Dibenzo(a,h)antracen	0,0258	0,0258	0,0258	0,0258	0,5644		
Benzo(ghi)perylene	0,4975	0,4975	0,4975	0,4975	0,0383	12,98	12,98
PCB 28	0,0073	0,0073	0,0073	0,0073			
PCB 52	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132			
PCB 101	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019			
PCB 118	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
PCB 138	0,0026	0,0026	0,0026	0,0026			
PCB 153	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
PCB 180	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007			
Sum PCB7	0,0260	0,0260	0,0260	0,0260			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0185		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0296	0,0296	0,0296	0,0296	11,5009		
Lindan	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0733		
Heksaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,1130		
Pentaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	5,4544		
Triklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	22,2017		
Hexaklorbutadien	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	3,9056		
Pentaklorfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,4124		
Oktylfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5757		
Nonylfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,7506		
Bisfenol A	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	6,5428		
Tetrabrombisfenyl A	0,0065	0,0065	0,0065	0,0065	1,0733		
Pentabromdifenyleter	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,1917		
Heksabromcyclododekan	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	1,0715		
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	82,2539		
Diuron	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,8291		
Irgarol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5321		

Tabell 28. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment i Seimsfjorden.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000050	0,000050	0,000100		
Bly	0,002169	0,002169	0,000360	6,03	6,03
Kadmium	0,000000	0,000000	0,000050		
Kobber	0,000775	0,000775	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000048	0,000048	0,000500		
Kvikksølv	0,000001	0,000001	0,000010		
Nikkel	0,000324	0,000324	0,005000		
Sink	0,009528	0,009528	0,030000		
Naftalen	0,000063	0,000063	0,004000		
Acenaftalen	0,000159	0,000159			
Acenaften	0,000099	0,000099			
Fluoren	0,000076	0,000076			
Fenantren	0,000104	0,000104	0,004000		
Antracen	0,000041	0,000041	0,004000		
Fluoranten	0,000179	0,000179	0,005000		
Pyren	0,000269	0,000269			
Benzo(a)antracen	0,000113	0,000113	0,000500		
Krysen	0,000321	0,000321	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,001142	0,001142			
Benzo(k)fluoranten	0,000597	0,000597	0,000500	1,19	1,19
Benzo(a)pyren	0,000322	0,000322	0,000002	140,14	140,14
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000678	0,000678	0,000500	1,36	1,36
Dibenzo(a,h)antracen	0,000080	0,000080			
Benzo(ghi)perylene	0,001552	0,001552	0,003000		
PCB 28	0,000021	0,000021			
PCB 52	0,000041	0,000041			
PCB 101	0,000006	0,000006			
PCB 118	0,000001	0,000001			
PCB 138	0,000008	0,000008			
PCB 153	0,000001	0,000001			
PCB 180	0,000002	0,000002			
Sum PCB7	0,000080	0,000080	0,000002	39,92	39,92
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000008	0,000008	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000020	0,000020			
Pentabromdifenyleter	0,000001	0,000001			
Heksabromcyclododekan	0,000001	0,000001			
Perfluorert oktylsulfonat	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

7.5 LUREFJORDEN

Lurefjorden er en ca. 16 km lang fjord (eks. Seimsfjorden) med ett dypbasseng med leirebunn og maksimumsdyp på ca. 440 m. En sedimentprøve (LUR6) er tatt i dette dypbassenget (jfr. **Figur 2b**).

7.5.1 Trinn 1

De røde tallene til høyre i **Tabell 29** angir overskridelser for grenseverdier for økologisk risiko hvor beregningene er basert på miljøgiftanalyser av sediment fra det dypeste området i Lurefjorden. Som for Kråkeosen og Seimsfjorden er det PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene med overkonsentrasjoner på henholdsvis ca. 17 og 25 som medfører at gjennomføring av Trinn 2 i risikovurderingene må foretas.

7.5.2 Trinn 2 og 3

Konstantene for organisk karbon, sedimentareal og vannvolum som er benyttet for beregningene fra Lurefjorden, er vist i **Tabell 30**. Kun en sedimentprøve er tatt i Lurefjorden, og analyseresultatene for miljøgifter fra denne prøven er benyttet i risikoveilederens excel-ark. Beregnet spredning via diffusjon og transport via organismer er vist i **Tabell 31**, og prosentvis fordeling mellom de to spredningsveiene er framstilt i **Figur 10**. Overskridelsene i forhold til "tillatt spredning" vises i **Tabell 32** og faktorene for overskridelse er svært lik de som ble beregnet for Seimsfjorden.

Beregningene for total livstidseksposering for de ulike miljøgiftene basert på resultatene av analyser av sediment fra dypområdet i Lurefjorden viser for bly og benzo(a)pyren overskridelsesfaktorer for 10% av det totale akseptable inntaket svært lik resultatene fra Seimsfjorden, mens overskridelsesfaktoren for sum PCB₇ er en del høyere (jfr. **Tabell 33**). Som for Seimsfjorden kan dette innebære at overkonsentrasjonen av bly i biota fanget i dypområdet kan bli noe høy.

Tabell 29. Overskridelse av grenseverdier for økologisk risiko i sedimentene fra stasjon KJE6 i Lurefjorden (dypområde) i følge Trinn 1 i Veileder TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra dypområdet i Seimsfjorden og dermed blir høyeste nivå miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) samme verdi.

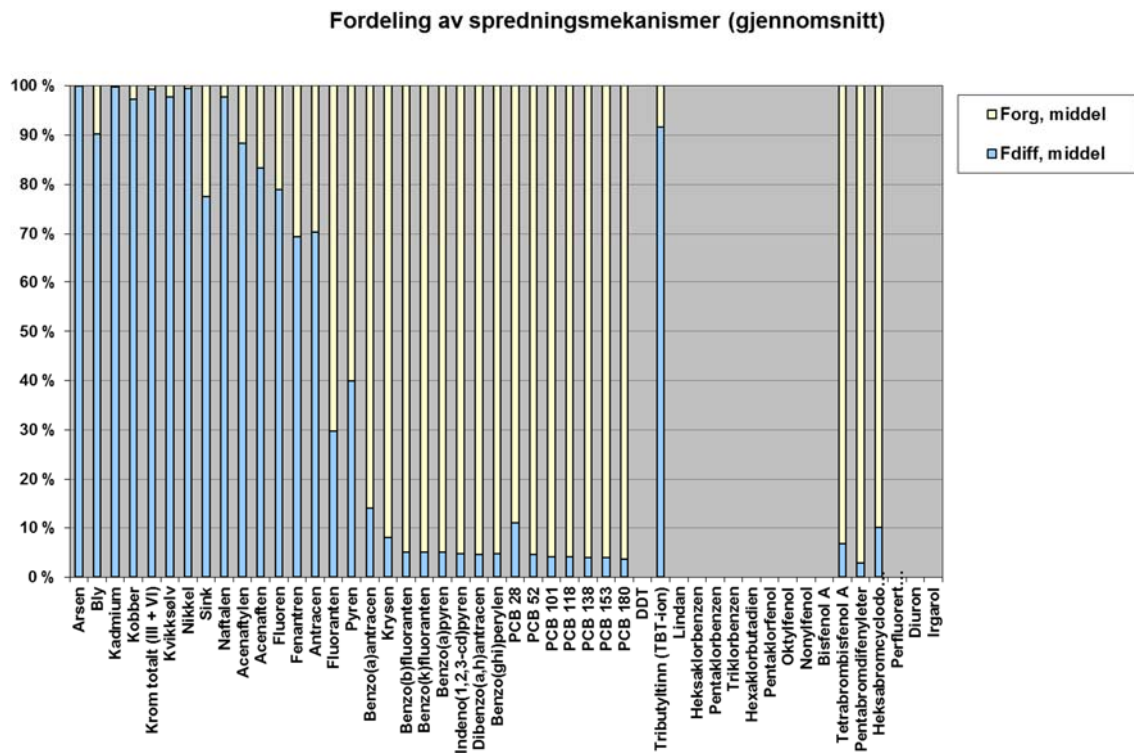
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	1	33	33	52		
Bly	1	120	120	83	1,45	1,45
Kadmium	1	0,32	0,32	2,6		
Kobber	1	38	38	51		
Krom totalt (III + VI)	1	26	26	560		
Kvikksølv	1	0,189	0,189	0,63		
Nikkel	1	23	23	46		
Sink	1	190	190	360		
Naftalen	1	0,02	0,02	0,29		
Acenaftilen	1	0,02	0,02	0,033		
Acenaften	1	0,02	0,02	0,16		
Fluoren	1	0,02	0,02	0,26		
Fenantren	1	0,063	0,063	0,50		
Antracen	1	0,02	0,02	0,031		
Fluoranten	1	0,15	0,15	0,17		
Pyren	1	0,12	0,12	0,28		
Benzo(a)antracen	1	0,1	0,1	0,06	1,67	1,67
Krysen	1	0,14	0,14	0,28		
Benzo(b)fluoranten	1	0,43	0,43	0,24	1,79	1,79
Benzo(k)fluoranten	1	0,25	0,25	0,21	1,19	1,19
Benzo(a)pyren	1	0,13	0,13	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	0,78	0,78	0,047	16,60	16,60
Dibenzo(a,h)antracen	1	0,08	0,08	0,59		
Benzo(ghi)perylene	1	0,73	0,73	0,021	34,76	34,76
PCB 28	1	0,001	0,001			
PCB 52	1	0,001	0,001			
PCB 101	1	0,001	0,001			
PCB 118	1	0,0017	0,0017			
PCB 138	1	0,018	0,018			
PCB 153	1	0,0018	0,0018			
PCB 180	1	0,001	0,001			
Sum PCB7	1	0,0255	0,0255	0,017	1,50	1,50
DDT	0	mangler	mangler	0,02		
Tributyltinn (TBT-ion)	1	0,001	0,001	0,035		
Lindan	0	mangler	mangler	0,0011		
Heksaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,0169		
Pentaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,4		
Triklorbenzen	0	mangler	mangler	0,056		
Hexaklorbutadien	0	mangler	mangler	0,049		
Pentaklorfenol	0	mangler	mangler	0,012		
Oktylfenol	0	mangler	mangler	0,0033		
Nonylfenol	0	mangler	mangler	0,018		
Bisfenol A	0	mangler	mangler	0,011		
Tetrabrombisfenol A	1	0,0011	0,0011	0,063		
Pentabromdifenyeter	1	0,000156	0,000156	0,062		
Heksabromcyclododek	1	0,00007	0,00007	0,086		
Perfluert oktylsulfonat	0	mangler	mangler	0,22		
Diuron	0	mangler	mangler	0,00071		
Irgarol	0	mangler	mangler	0,00008		

Tabell 30. Konstanter og verdier som er benyttet i de videre beregningene for Lurefjorden (dypområde).

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	11,7	Målt TOC-verdi (%) på stasjon KJE6.
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	7400000	Beregnet fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	200000000	Beregnet fra kart og dyp
Oppholdstid til vannet i bassenget, t [år]	ingen standard	0,02	Oppholdstid for vannet i området antatt å være 1 uke

Tabell 31. Beregnet spredning av miljøgifter ut fra sediment i Lurefjorden (dypområde) som følge av spredningsveiene diffusjon ($F_{diff, middel}$) og transport via organismer ($F_{org, middel}$). Første kolonne markert med blåfarge viser den totale spredning av miljøgifter via de beregnede spredningsveiene.

Stoff	Beregnet middel spredning			
	$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]
Arsen	33,322	33,284	mangler data	0,037
Bly	5,972	5,391	mangler data	0,581
Kadmium	0,013	0,013	mangler data	0,000
Kobber	8,418	8,185	mangler data	0,234
Krom totalt (III + VI)	0,956	0,949	mangler data	0,007
Kvikksølv	0,013	0,012	mangler data	0,000
Nikkel	15,911	15,814	mangler data	0,097
Sink	17,377	13,473	mangler data	3,904
Naftalen	0,853	0,834	mangler data	0,020
Acenaftylen	0,422	0,372	mangler data	0,049
Acenaften	0,184	0,153	mangler data	0,031
Fluoren	0,112	0,088	mangler data	0,024
Fenantren	0,170	0,118	mangler data	0,052
Antracen	0,043	0,030	mangler data	0,013
Fluoranten	0,137	0,041	mangler data	0,096
Pyren	0,199	0,080	mangler data	0,120
Benzo(a)antracen	0,052	0,007	mangler data	0,044
Krysen	0,158	0,013	mangler data	0,146
Benzo(b)fluoranten	0,357	0,018	mangler data	0,339
Benzo(k)fluoranten	0,212	0,011	mangler data	0,202
Benzo(a)pyren	0,105	0,005	mangler data	0,100
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,224	0,010	mangler data	0,213
Dibenzo(a,h)antracen	0,028	0,001	mangler data	0,026
Benzo(ghi)perylene	0,480	0,022	mangler data	0,457
PCB 28	0,007	0,001	mangler data	0,007
PCB 52	0,013	0,001	mangler data	0,013
PCB 101	0,002	0,000	mangler data	0,002
PCB 118	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 138	0,023	0,001	mangler data	0,022
PCB 153	0,000	0,000	mangler data	0,000
PCB 180	0,001	0,000	mangler data	0,001
Tributyltinn (TBT-ion)	0,030	0,028	mangler data	0,003
Tetrabrombisfenol A	0,006	0,000	mangler data	0,006
Pentabromdifenyleter	0,000	0,000	mangler data	0,000
Heksabromcyclododekan	0,000	0,000	mangler data	0,000



Figur 11. Spredning av miljøgifter vist som prosentvis fordeling mellom de to spredningsveiene diffusjon og transport via organismer i Lurefjorden (dypområde).

Tabell 32. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" i Lurefjorden (dypområde). Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra dypområdet i Seimsfjorden og dermed blir høyeste nivå miljøgifter ("Maks") og gjennomsnitt ("Middel") samme verdi. Positive røde tall i de to siste kolonnene betyr overskridelse.

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	33,3217	33,3217	33,3217	33,3217	52,4597		
Bly	5,9724	5,9724	5,9724	5,9724	3,8094	1,57	1,57
Kadmium	0,0131	0,0131	0,0131	0,0131	0,1059		
Kobber	8,4184	8,4184	8,4184	8,4184	11,0477		
Krom totalt (III + VI)	0,9558	0,9558	0,9558	0,9558	20,4738		
Kvikksølv	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0410		
Nikkel	15,9113	15,9113	15,9113	15,9113	31,6667		
Sink	17,3772	17,3772	17,3772	17,3772	27,0074		
Naftalen	0,8533	0,8533	0,8533	0,8533	142,0969		
Acenaftalen	0,4217	0,4217	0,4217	0,4217	7,3778		
Acenaften	0,1839	0,1839	0,1839	0,1839	14,9205		
Fluoren	0,1119	0,1119	0,1119	0,1119	14,1563		
Fenantren	0,1700	0,1700	0,1700	0,1700	11,9155		
Antracen	0,0432	0,0432	0,0432	0,0432	0,5977		
Fluoranten	0,1368	0,1368	0,1368	0,1368	0,7939		
Pyren	0,1993	0,1993	0,1993	0,1993	2,8299		
Benzo(a)antracen	0,0515	0,0515	0,0515	0,0515	0,1126		
Krysen	0,1582	0,1582	0,1582	0,1582	0,9769		
Benzo(b)fluoranten	0,3568	0,3568	0,3568	0,3568	0,5586		
Benzo(k)fluoranten	0,2123	0,2123	0,2123	0,2123	0,5001		
Benzo(a)pyren	0,1054	0,1054	0,1054	0,1054	0,9553		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2237	0,2237	0,2237	0,2237	0,0374	5,98	5,98
Dibenzo(a,h)antracen	0,0276	0,0276	0,0276	0,0276	0,5644		
Benzo(ghi)perylene	0,4797	0,4797	0,4797	0,4797	0,0383	12,52	12,52
PCB 28	0,0074	0,0074	0,0074	0,0074			
PCB 52	0,0134	0,0134	0,0134	0,0134			
PCB 101	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020			
PCB 118	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003			
PCB 138	0,0234	0,0234	0,0234	0,0234			
PCB 153	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
PCB 180	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007			
Sum PCB7	0,0474	0,0474	0,0474	0,0474			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0185		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0301	0,0301	0,0301	0,0301	11,5009		
Lindan	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0733		
Heksaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,1130		
Pentaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	5,4544		
Triklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	22,2017		
Hexaklorbutadien	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	3,9056		
Pentaklorfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,4124		
Oktylifenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5757		
Nonylifenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,7506		
Bisfenol A	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	6,5428		
Tetrabrombisfenol A	0,0063	0,0063	0,0063	0,0063	1,0733		
Pentabromdifenyleter	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,1917		
Heksabromcyclododekan	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	1,0715		
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	82,2539		
Diuron	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,8291		
Irgarol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5321		

Tabell 33. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment i Lurefjorden (dypområde).

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000151	0,000151	0,000100	1,51	1,51
Bly	0,002002	0,002002	0,000360	5,56	5,56
Kadmium	0,000000	0,000000	0,000050		
Kobber	0,000796	0,000796	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000043	0,000043	0,000500		
Kvikksølv	0,000001	0,000001	0,000010		
Nikkel	0,000338	0,000338	0,005000		
Sink	0,012931	0,012931	0,030000		
Naftalen	0,000064	0,000064	0,004000		
Acenaftalen	0,000162	0,000162			
Acenaften	0,000100	0,000100			
Fluoren	0,000077	0,000077			
Fenantren	0,000170	0,000170	0,004000		
Antracen	0,000042	0,000042	0,004000		
Fluoranten	0,000315	0,000315	0,005000		
Pyren	0,000391	0,000391			
Benzo(a)antracen	0,000145	0,000145	0,000500		
Krysen	0,000476	0,000476	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,001110	0,001110			
Benzo(k)fluoranten	0,000660	0,000660	0,000500	1,32	1,32
Benzo(a)pyren	0,000328	0,000328	0,000002	142,54	142,54
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000698	0,000698	0,000500	1,40	1,40
Dibenzo(a,h)antracen	0,000086	0,000086			
Benzo(ghi)perylene	0,001496	0,001496	0,003000		
PCB 28	0,000021	0,000021			
PCB 52	0,000042	0,000042			
PCB 101	0,000006	0,000006			
PCB 118	0,000001	0,000001			
PCB 138	0,000074	0,000074			
PCB 153	0,000001	0,000001			
PCB 180	0,000002	0,000002			
Sum PCB7	0,000147	0,000147	0,000002	73,52	73,52
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000008	0,000008	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000019	0,000019			
Pentabromdifenyleter	0,000001	0,000001			
Heksabromcyclododekan	0,000001	0,000001			
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

7.6 FESØY

Fesøy ligger i den ytre delen av Lurefjorden og ca. 14 km utenfor utslippsstedet for sigevannsledningen fra Kjevikdalen avfallsplass. Her er det tatt sedimentprøve på 250 m dyp øst for Fesøy (FES, jfr. **Figur 3**). Ved Fesøy er det fisket hyse, mens krabbe er fanget ved Turøy på østsiden av fjorden. Resultatene fra analyser av både sediment og biota er benyttet i risikoberegningene.

7.6.1 Trinn 1

Overskridelsene av grenseverdiene for økologisk risiko basert på analysene av miljøgifter i sediment fra stasjon FES er presentert i **Tabell 34**. Som ellers i fjorden er det også her de tyngre PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene som overskrider grenseverdiene for risiko for økologisk skade og som danner grunnlag for en gjennomføring av Trinn 2 i risikoanalysen.

7.6.2 Trinn 2 og 3

I **Tabell 35** vises konstantene for totalt organisk karbon, sedimentareal og vannvolum som er anvendt i risikoanalysen fra Fesøyområdet. Den beregnede spredningen av miljøgifter ut fra sedimentet via spredningsveiene diffusjon og transport via organismer er vist i **Tabell 36**, mens den prosentvise fordelingen mellom de to spredningsveiene er presentert i **Figur 12**. Overskridelser i forhold til "tillatt spredning" er vist i høyre kolonne i **Tabell 37**. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" ved Fesøy. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra Fesøy og dermed blir høyeste nivå miljøgifter ("Maks") og gjennomsnitt ("Middel") samme verdi. Positive røde tall i de to siste kolonnene betyr overskridelse. med betydelig overskridelser for indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene i samme størrelsesorden som for resten av de undersøkte områdene i resipienten.

Beregninger av livstidseksponering for miljøgifter hvor kun resultatene fra analysene av sediment er lagt til grunn, er vist i **Tabell 38**. Disse beregningene viser at det på samme måte som i Kråkeosområdet er bly, benzo(a)pyren og sum PCB₇ som har overskridelser i forhold til 10% av totalt akseptabelt inntak av disse forbindelsene med faktorer på henholdsvis 5, 137 og 45. Når de samme beregningene utføres med inkludering av resultatene fra fisk og krabbe, viser resultatene at overskridelsene for bly og benzo(a)pyren ikke er reelle (jfr. **Tabell 39**), spesielt sett i lys av at eksponeringen fra disse stoffene i vesentlig grad skjer via konsum av sjømat. For sum PCB₇ viser beregningene inkludert biota fremdeles overskridelser, men ved å utelukke lever fra hyse i beregningene, forsvinner også overskridelsene for sum PCB₇ (jfr. **Tabell 40**). Ved å ekskludere analyseresultatene fra krabbe fjernes problemet med kadmium. Konsentrasjonene av kadmium i krabbe overstiger imidlertid ikke det som oppgis som normalkonsentrasjoner i krabbe fanget langs norskekysten. Kvikksølv framstår imidlertid som et problem – dette til tross for at kvikksølv-konsentrasjonene verken i hyse eller krabbe fra Fesøy/Turøy har forhøyede konsentrasjoner sammenlignet med det som angis som normale konsentrasjoner for disse artene i NIFES sin sjømatdatabase.

Tabell 34. Overskridelse av grenseverdier for økologisk risiko i sedimentene fra stasjon FES ved Fesøy i følge Trinn 1 i Veileder TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra Fesøy og dermed blir høyeste nivå miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) samme verdi.

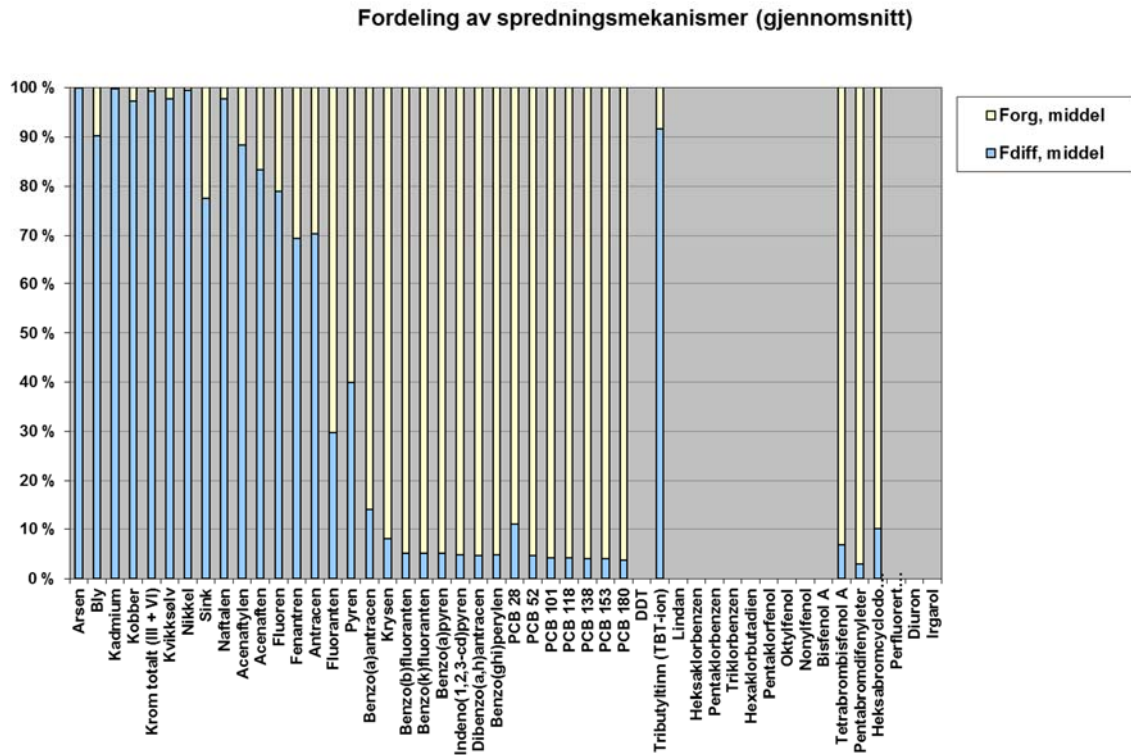
Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	1	13	13	52		
Bly	1	100	100	83	1,20	1,20
Kadmium	1	0,25	0,25	2,6		
Kobber	1	37	37	51		
Krom totalt (III + VI)	1	28	28	560		
Kvikksølv	1	0,202	0,202	0,63		
Nikkel	1	21	21	46		
Sink	1	120	120	360		
Naftalen	1	0,02	0,02	0,29		
Acenaftilen	1	0,02	0,02	0,033		
Acenaften	1	0,02	0,02	0,16		
Fluoren	1	0,02	0,02	0,26		
Fenantren	1	0,039	0,039	0,50		
Antracen	1	0,02	0,02	0,031		
Fluoranten	1	0,086	0,086	0,17		
Pyren	1	0,077	0,077	0,28		
Benzo(a)antracen	1	0,067	0,067	0,06	1,12	1,12
Krysen	1	0,082	0,082	0,28		
Benzo(b)fluoranten	1	0,31	0,31	0,24	1,29	1,29
Benzo(k)fluoranten	1	0,17	0,17	0,21		
Benzo(a)pyren	1	0,11	0,11	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	0,58	0,58	0,047	12,34	12,34
Dibenzo(a,h)antracen	1	0,061	0,061	0,59		
Benzo(ghi)perylene	1	0,56	0,56	0,021	26,67	26,67
PCB 28	1	0,001	0,001			
PCB 52	1	0,001	0,001			
PCB 101	1	0,001	0,001			
PCB 118	1	0,001	0,001			
PCB 138	1	0,0014	0,0014			
PCB 153	1	0,0017	0,0017			
PCB 180	1	0,001	0,001			
Sum PCB7	1	0,0081	0,0081	0,017	0,48	0,48
DDT	0	mangler	mangler	0,02		
Tributyltinn (TBT-ion)	1	0,001	0,001	0,035		
Lindan	0	mangler	mangler	0,0011		
Heksaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,0169		
Pentaklorbenzen	0	mangler	mangler	0,4		
Triklorbenzen	0	mangler	mangler	0,056		
Hexaklorbutadien	0	mangler	mangler	0,049		
Pentaklorfenol	0	mangler	mangler	0,012		
Oktylfenol	0	mangler	mangler	0,0033		
Nonylfenol	0	mangler	mangler	0,018		
Bisfenol A	0	mangler	mangler	0,011		
Tetrabrombisfenol A	1	0,00121	0,00121	0,063		
Pentabromdifenyleter	1	0,000145	0,000145	0,062		
Heksabromcycloodekane	1	0,00014	0,00014	0,086		
Perfluorert oktylsulfonat	0	mangler	mangler	0,22		
Diuron	0	mangler	mangler	0,00071		
Irgarol	0	mangler	mangler	0,00008		

Tabell 35. Konstanter og verdier som er benyttet i de videre beregningene for Fesøy.

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	10,3	Målt TOC-verdi (%) på stasjon KJE6.
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	Ikke analysert, benyttet sjablongverdi
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodifusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	2700000	Beregnet fra kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	380000000	Beregnet fra kart og dyp
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,02	Oppholdstid for vannet i området antatt å være 1 uke

Tabell 36. Beregnet spredning av miljøgifter ut fra sediment fra Fesøy som følge av spredningsveiene diffusjon ($F_{diff, middel}$) og transport via organismer ($F_{org, middel}$). Første kolonne markert med blåfarge viser den totale spredning av miljøgifter via de beregnede spredningsveiene.

Stoff	Beregnet middel spredning			
	$F_{tot, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{skip, middel}$ [mg/m ² /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m ² /år]
Arsen	13,1267	13,1120	mangler data	0,0148
Bly	4,9770	4,4927	mangler data	0,4842
Kadmium	0,0102	0,0102	mangler data	0,0000
Kobber	8,1969	7,9695	mangler data	0,2274
Krom totalt (III + VI)	1,0293	1,0223	mangler data	0,0070
Kvikksølv	0,0134	0,0131	mangler data	0,0003
Nikkel	14,5277	14,4387	mangler data	0,0890
Sink	10,9751	8,5093	mangler data	2,4658
Naftalen	0,9693	0,9470	mangler data	0,0224
Acenaftilen	0,4790	0,4229	mangler data	0,0561
Acenaften	0,2089	0,1741	mangler data	0,0348
Fluoren	0,1272	0,1004	mangler data	0,0268
Fenantren	0,1195	0,0829	mangler data	0,0366
Antracen	0,0491	0,0345	mangler data	0,0146
Fluoranten	0,0891	0,0265	mangler data	0,0626
Pyren	0,1453	0,0581	mangler data	0,0871
Benzo(a)antracen	0,0392	0,0055	mangler data	0,0338
Krysen	0,1052	0,0084	mangler data	0,0968
Benzo(b)fluoranten	0,2922	0,0145	mangler data	0,2777
Benzo(k)fluoranten	0,1640	0,0081	mangler data	0,1558
Benzo(a)pyren	0,1013	0,0050	mangler data	0,0963
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1890	0,0088	mangler data	0,1802
Dibenzo(a,h)antracen	0,0239	0,0011	mangler data	0,0228
Benzo(ghi)perylene	0,4180	0,0195	mangler data	0,3985
PCB 28	0,0084	0,0009	mangler data	0,0075
PCB 52	0,0152	0,0007	mangler data	0,0145
PCB 101	0,0022	0,0001	mangler data	0,0021
PCB 118	0,0002	0,0000	mangler data	0,0002
PCB 138	0,0021	0,0001	mangler data	0,0020
PCB 153	0,0003	0,0000	mangler data	0,0002
PCB 180	0,0008	0,0000	mangler data	0,0007
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0342	0,0313	mangler data	0,0029
Tetrabrombisfenol A	0,0079	0,0005	mangler data	0,0073
Pentabromdifenyleter	0,0002	0,0000	mangler data	0,0002
Heksabromcyclododekan	0,0006	0,0001	mangler data	0,0005



Figur 12. Spredning av miljøgifter vist som prosentvis fordeling mellom de to spredningsveiene diffusjon og transport via organismer ved Fesøy.

Tabell 37. Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" ved Fesøy. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av en sedimentprøve fra Fesøy og dermed blir høyeste nivå miljøgifter ("Maks") og gjennomsnitt ("Middel") samme verdi. Positive røde tall i de to siste kolonnene betyr overskridelse.

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	13,1267	13,1267	13,1267	13,1267	52,4597		
Bly	4,9770	4,9770	4,9770	4,9770	3,8094	1,31	1,31
Kadmium	0,0102	0,0102	0,0102	0,0102	0,1059		
Kobber	8,1969	8,1969	8,1969	8,1969	11,0477		
Krom totalt (III + VI)	1,0293	1,0293	1,0293	1,0293	20,4738		
Kvikksølv	0,0134	0,0134	0,0134	0,0134	0,0410		
Nikkel	14,5277	14,5277	14,5277	14,5277	31,6667		
Sink	10,9751	10,9751	10,9751	10,9751	27,0074		
Naftalen	0,9693	0,9693	0,9693	0,9693	142,0969		
Acenaftalen	0,4790	0,4790	0,4790	0,4790	7,3778		
Acenaften	0,2089	0,2089	0,2089	0,2089	14,9205		
Fluoren	0,1272	0,1272	0,1272	0,1272	14,1563		
Fenantenren	0,1195	0,1195	0,1195	0,1195	11,9155		
Antracenen	0,0491	0,0491	0,0491	0,0491	0,5977		
Fluorantenren	0,0891	0,0891	0,0891	0,0891	0,7939		
Pyren	0,1453	0,1453	0,1453	0,1453	2,8299		
Benzo(a)antracenen	0,0392	0,0392	0,0392	0,0392	0,1126		
Krysen	0,1052	0,1052	0,1052	0,1052	0,9769		
Benzo(b)fluorantenren	0,2922	0,2922	0,2922	0,2922	0,5586		
Benzo(k)fluorantenren	0,1640	0,1640	0,1640	0,1640	0,5001		
Benzo(a)pyren	0,1013	0,1013	0,1013	0,1013	0,9553		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1890	0,1890	0,1890	0,1890	0,0374	5,05	5,05
Dibenzo(a,h)antracenen	0,0239	0,0239	0,0239	0,0239	0,5644		
Benzo(ghi)perylene	0,4180	0,4180	0,4180	0,4180	0,0383	10,91	10,91
PCB 28	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084			
PCB 52	0,0152	0,0152	0,0152	0,0152			
PCB 101	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022			
PCB 118	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002			
PCB 138	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021			
PCB 153	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003			
PCB 180	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008			
Sum PCB7	0,0292	0,0292	0,0292	0,0292			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0185		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,0342	0,0342	0,0342	0,0342	11,5009		
Lindan	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,0733		
Heksaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,1130		
Pentaklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	5,4544		
Triklorbenzen	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	22,2017		
Hexaklorbutadien	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	3,9056		
Pentaklorfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,4124		
Oktylfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5757		
Nonylfenol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	1,7506		
Bisfenol A	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	6,5428		
Tetrabrombisfenol A	0,0079	0,0079	0,0079	0,0079	1,0733		
Pentabromdifenyyleter	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,1917		
Heksabromcyclododekan	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	1,0715		
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	82,2539		
Diuron	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,8291		
Irgarol	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0,5321		

Tabell 38. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment fra stasjonen ved Fesøy.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000059	0,000059	0,000100		
Bly	0,001669	0,001669	0,000360	4,64	4,64
Kadmium	0,000000	0,000000	0,000050		
Kobber	0,000775	0,000775	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000047	0,000047	0,000500		
Kvikksølv	0,000001	0,000001	0,000010		
Nikkel	0,000309	0,000309	0,005000		
Sink	0,008167	0,008167	0,030000		
Naftalen	0,000073	0,000073	0,004000		
Acenaftylen	0,000184	0,000184			
Acenaften	0,000114	0,000114			
Fluoren	0,000088	0,000088			
Fenantren	0,000120	0,000120	0,004000		
Antracen	0,000048	0,000048	0,004000		
Fluoranten	0,000205	0,000205	0,005000		
Pyren	0,000285	0,000285			
Benzo(a)antracen	0,000110	0,000110	0,000500		
Krysen	0,000317	0,000317	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000909	0,000909			
Benzo(k)fluoranten	0,000510	0,000510	0,000500	1,02	1,02
Benzo(a)pyren	0,000315	0,000315	0,000002	137,00	137,00
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000590	0,000590	0,000500	1,18	1,18
Dibenzo(a,h)antracen	0,000075	0,000075			
Benzo(ghi)perylen	0,001304	0,001304	0,003000		
PCB 28	0,000024	0,000024			
PCB 52	0,000048	0,000048			
PCB 101	0,000007	0,000007			
PCB 118	0,000001	0,000001			
PCB 138	0,000007	0,000007			
PCB 153	0,000001	0,000001			
PCB 180	0,000002	0,000002			
Sum PCB7	0,000089	0,000089	0,000002	44,70	44,70
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000009	0,000009	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000024	0,000024			
Pentabromdifenyleter	0,000001	0,000001			
Heksabromcyclododekan	0,000002	0,000002			
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

Tabell 39. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og biota (fisk (filét og lever) og krabbe) fra stasjonene ved eller nær ved Fesøy.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000059	0,000059	0,000100		
Bly	0,000311	0,000183	0,000360		
Kadmium	0,004023	0,001352	0,000050	80,46	27,04
Kobber	0,000775	0,000775	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000053	0,000053	0,000500		
Kvikksølv	0,000049	0,000034	0,000010	4,92	3,39
Nikkel	0,000309	0,000309	0,005000		
Sink	0,053088	0,023063	0,030000	1,77	
Naftalen	0,000020	0,000011	0,004000		
Acenaftalen	0,000000	0,000000			
Acenaften	0,000004	0,000002			
Fluoren	0,000003	0,000002			
Fenantren	0,000018	0,000010	0,004000		
Antracen	0,000000	0,000000	0,004000		
Fluoranten	0,000004	0,000003	0,005000		
Pyren	0,000004	0,000002			
Benzo(a)antracen	0,000000	0,000000	0,000500		
Krysen	0,000001	0,000000	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000001	0,000001			
Benzo(k)fluoranten	0,000000	0,000000	0,000500		
Benzo(a)pyren	0,000000	0,000000	0,000002		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000001	0,000001	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	0,000000	0,000000			
Benzo(ghi)perylene	0,000001	0,000001	0,003000		
PCB 28	0,000001	0,000001			
PCB 52	0,000001	0,000001			
PCB 101	0,000003	0,000001			
PCB 118	0,000010	0,000004			
PCB 138	0,000017	0,000007			
PCB 153	0,000029	0,000011			
PCB 180	0,000008	0,000003			
Sum PCB7	0,000070	0,000027	0,000002	34,94	13,72
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000001	0,000001	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000000	0,000000			
Pentabromdifenyleter	0,000001	0,000001			
Heksabromcyclododekan	0,000002	0,000002			
Perfluort oktylsulfonat (PFOS)	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

Tabell 40. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grense for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og biota (fisk (filét) og krabbe) fra stasjonene ved eller nær ved Fesøy.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	0,000059	0,000059	0,000100		
Bly	0,000124	0,000119	0,000360		
Kadmium	0,004023	0,002012	0,000050	80,46	40,24
Kobber	0,000775	0,000775	0,005000		
Krom totalt (III + VI)	0,000053	0,000053	0,000500		
Kvikksølv	0,000049	0,000046	0,000010	4,92	4,58
Nikkel	0,000309	0,000309	0,005000		
Sink	0,053088	0,028165	0,030000	1,77	
Naftalen	0,000007	0,000007	0,004000		
Acenaftylene	0,000000	0,000000			
Acenaften	0,000001	0,000001			
Fluoren	0,000001	0,000001			
Fenantren	0,000007	0,000006	0,004000		
Antracen	0,000000	0,000000	0,004000		
Fluoranten	0,000002	0,000002	0,005000		
Pyren	0,000001	0,000001			
Benzo(a)antracen	0,000000	0,000000	0,000500		
Krysen	0,000000	0,000000	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	0,000000	0,000000			
Benzo(k)fluoranten	0,000000	0,000000	0,000500		
Benzo(a)pyren	0,000000	0,000000	0,000002		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000001	0,000001	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	0,000000	0,000000			
Benzo(ghi)perylene	0,000001	0,000001	0,003000		
PCB 28	0,000001	0,000001			
PCB 52	0,000001	0,000001			
PCB 101	0,000001	0,000001			
PCB 118	0,000001	0,000001			
PCB 138	0,000003	0,000001			
PCB 153	0,000004	0,000002			
PCB 180	0,000001	0,000001			
Sum PCB7	0,000012	0,000006	0,000002	6,04	3,11
DDT	mangler	mangler	0,001000		
Tributyltinn (TBT-ion)	0,000000	0,000000	0,000250		
Lindan	mangler	mangler			
Heksaklorbenzen	mangler	mangler			
Pentaklorbenzen	mangler	mangler			
Triklorbenzen	mangler	mangler			
Hexaklorbutadien	mangler	mangler			
Pentaklorfenol	mangler	mangler			
Oktylfenol	mangler	mangler			
Nonylfenol	mangler	mangler			
Bisfenol A	mangler	mangler			
Tetrabrombisfenol A	0,000000	0,000000			
Pentabromdifenyleter	0,000001	0,000001			
Heksabromcyclohexan	0,000002	0,000002			
Perfluorert oktylsulfonat (PFOS)	mangler	mangler			
Diuron	mangler	mangler			
Irgarol	mangler	mangler			

7.7 Oppsummering risikovurderinger

Trinn 1 i risikovurderingene viste overskridelse av grenseverdiene for økologiske effekter ved kontakt med sedimentene for alle de fire områdene som er risikovurdert og overskridelsene var så store at Trinn 2 og 3 måtte gjennomføres. For samtlige områder er det de tunge PAH-forbindelsene benzo(ghi)perylene og iden(1,2,3-cd)perylene som overskrider grenseverdiene både ved å overskride mer enn 2x grenseverdi, men også ved at konsentrasjonene i sedimentene er høyere enn grenseverdien mellom tilstandsklasse III og IV.

I Kråkeosen er det foretatt innsamlinger av både sediment og biota. Resultatene av miljøgiftanalysene av sediment viser at i tillegg til de tunge PAH-ene overskrider sum PCB₇ grenseverdiene med en faktor på 3,5. Beregninger av risiko for skade på human helse basert kun på miljøgiftkonsentrasjonene i sediment viser overskridelser av 10% av livstidseksponering for bly, PAH-forbindelsen benzo(a)pyren og sum PCB₇, men ved å inkludere miljøgifter i biota i livstidseksponeringene, viser det seg at overskridelsene for bly og benzo(a)pyren ikke er reelle. Ved å ekskludere fiskelever fra beregningene fjernes også overskridelsene for sum PCB₇. Inkludering av sjømat i beregningene førte til overskridelser av livstidsdosene for kadmium og kvikksølv, men ved å fjerne krabbe fra beregningene forsvant risikoen for skade på human helse forårsaket av kadmium. Det kan stilles spørsmål ved overskridelsene av kadmium forårsaket av konsum av krabbe fordi krabbene ikke inneholdt konsentrasjoner av kadmium høyere enn det som angis som normalområdet for krabbe fra norske farvann (kilde: NIFES sjømatdatabase). Inntak av sjømat fra Kråkeosen gir fare for overskridelse av grensen satt for livstidseksponering av kvikksølv. Det samme er tilfelle for PCB₇ når det gjelder konsum av fiskelever. Her må en imidlertid være oppmerksom på at beregningene her tar utgangspunkt i at livstidskonsumet av sjømat baseres på at det gjennom hele livet kun spises sjømat fanget i Kråkeosen.

For Seimfjorden og dypområdet i Lurefjorden hvor det kun er samlet inn sedimentprøver fra en stasjon hvert sted, viser beregningene for livstidseksponering for bly, benzo(a)pyren og sum PCB₇ basert på konsentrasjonene av disse stoffene i sedimentene fare for overskridelse av grensen for human risiko. Resultatene fra Kråkeosen viste imidlertid at betydelig høyere konsentrasjon av benzo(a)pyren ikke ga overkonsentrasjon av denne forbindelsen i biota, og det er derfor ikke grunn til å tro at det vil skje verken i Seimfjorden eller i dypområdet i Lurefjorden. Overskridelsene av grensen beregnet livstidseksponering av sum PCB₇ i de to områdene er 20-30 ganger lavere enn i Kråkeosen, og det er derfor ikke grunn til å tro at sum PCB₇ representerer en fare for human helse ved konsum av sjømat fra disse områdene. Blykonsentrasjonen i sedimentene i Seim- og Lurefjorden er noe høyere enn i Kråkeosen, men anses ikke for å representere en alvorlig fare for human helse.

Også ved Fesøy er det samlet inn både sediment og biota, og det er de samme forbindelsene, dvs. bly, benzo(a)pyren og sum PCB₇, som forårsaker overskridelse av livstidseksponering for miljøgifter som i Kråkeosen når beregningene kun baseres på miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentene. Når resultatene fra analyser av miljøgifter i biota inkluderes, viser det seg at overskridelsene av grenseverdiene for bly og benzo(a)pyren ikke er reelle. Ved å utelukke fiskelever fra analysene, forsvinner overskridelsene for sum PCB₇. Når biota inkluderes i analysene, viser beregningene at kadmium og kvikksølv overstiger de satte grenseverdiene for humant inntak av disse stoffene ved konsum av sjømat. Verken kadmium eller kvikksølv forekommer imidlertid i konsentrasjoner i hyse eller krabbe som overstiger det som NIFES i sjømatdatabase angir som normalområdet for disse artene fanget i våre farvann.

8. Konklusjon

Oksygenmålingene i Seimsfjorden viste på 237 m dyp 1,9 mg O₂/l (tilsvarende 1,3 ml O₂/l) som gir tilstandsklasse V "Meget dårlig", mens oksygenkonsentrasjonen på 430 m på stasjon KJE 6 i Lurefjorden ble målt til 2,2 mg O₂/l (tilsvarende 1,5 ml O₂/l) som gir tilstandsklasse IV "Dårlig". Terskelen mellom de to fjordene ligger på 150 m. På 150 m dyp ble det målt 2,8 og 4,7 mg O₂/l henholdsvis i Seimsfjorden og på stasjon KJE6 midt i Lurefjorden. Forskjellen i oksygenkonsentrasjon på 150 m tilsvarende terskeldyp på to stasjoner med ca. 6 km avstand virker stor innen samme fjordområde. Før det trekkes konklusjoner med hensyn til utviklingen i bunnvannet i Seimsfjorden, bør det gjennomføres nye oksygenmålinger som verifiserer tilstanden i fjorden. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet i Lurefjorden er på samme nivå som undersøkelsene i 2008 viste.

Sedimentene i Lurefjordområdet er spesielt forurenset av tungmetallet bly hvor konsentrasjonen på de dypeste stasjonene i Lurefjorden (SEIM2 og KJE6) og i Lurosen (LUO) ligger innenfor tilstandsklasse IV "Dårlig". Laveste konsentrasjon ble funnet i sedimentene ved utslippet for sigevannsledningen (KJE4) hvor klassifiseringen ble tilstandsklasse I "Meget god". Ellers er det tungmetallene kobber, kvikksølv og kadmium som forekommer i overkonsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse II "God" på halvparten eller mer av stasjonene. Forekomstene av bly og kvikksølv viser positiv korrelasjon mellom økende konsentrasjon og økende dyp for stasjonene i Lurefjorden. Mange av metallene ble funnet i høyest konsentrasjon i Lurosen, men den positive sammenhengen mellom økende konsentrasjon og økende dyp, gjør det lite sannsynlig at forurensningen av tungmetaller kan knyttes til forekomstene i Lurosen. For denne stasjonen er det mer sannsynlig at tilførslene kommer via Radsundet. Analyseresultatene for tungmetaller i sediment viste i denne undersøkelsen tilnærmet samme nivå som i 2008, men sammenlignet med tidligere undersøkelser er det en betydelig reduksjon.

TBT ble kun registrert over deteksjonsgrensenivå på stasjonen ved utløpet for sigevannsledningen (KJE4) hvor konsentrasjonen ga tilstandsklasse IV "Dårlig". Det synes dermed klart at tilførslene av TBT til sedimentene har sigevannet som kilde.

For PAH er det spesielt enkeltforbindelsene benzo(ghi)perylen og ideno(1,2,3-cd)pyren som forekommer i så høye konsentrasjoner at klassifiseringen gir tilstandsklasse V "Meget dårlig" på henholdsvis 5 og 3 av 6 stasjoner. Høye forekomster av disse forbindelsene er imidlertid forklarlig da dette er av de vanskeligst nedbrytbare PAH-forbindelsene. Benzo(a)pyren som er en av de mest helseskadelige forbindelsene, ble funnet i konsentrasjoner som gir tilstandsklasse II "God" på alle stasjonene, mens ΣPAH₁₆ ble klassifisert i tilstandsklasse III "Moderat" på 5 av 6 stasjoner. På KJE4 var konsentrasjonen av ΣPAH₁₆ lavest med klassifisering tilstandsklasse II "God". Også for PAH er det en positiv korrelasjon mellom økende dyp og økende konsentrasjon, og dermed kan ikke tilførsler fra Lurefjorden forklare at de høyeste konsentrasjonene av PAH ble funnet i bunnsedimentene i Lurosen. Analyseresultatene av PAH i sediment prøvetatt i 2013 viser en betydelig konsentrasjonsøkning i forhold til 2008, men sett i forhold til resultatene fra 2002 er det en reduksjon på alle stasjoner.

For PCB og bromorganiske forbindelser var konsentrasjonene relativt lave og ingen analyseresultater medførte dårligere klassifisering enn tilstandsklasse II "God".

Analyseresultatene for tungmetaller og organiske miljøgifter i blåskjell viste lave konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I "Lite forurenset" for alle målte parametere. Forurensninger i overflatevann tas lett opp av blåskjell, og de positive resultatene av blåskjellanalysene viser at overflatevannet inneholder lite av de forurensende stoffene som det er analysert på.

Innsamlingen av fisk og krabbe i Lurefjorden sommeren 2013 ga svært liten fangst og derfor er analysene utført på et svært begrenset materiale for hver enkelt art (1-4 individ per art).

I torskfilet fra KJE4 ble kvikksølv funnet i konsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse II "God". Konsentrasjonen av bly i torskfilet var også litt enn i torsk fra åpne havområder. For resten av de målte

parameterne var konsentrasjonene lave og på 2008-nivå. Analysene av torskelever viste ingen forhøyede verdier i forhold til det som angis som normalverdier.

I hysefilet fra stasjon KJE4 var mengden PCB i filet noe høyere enn det som er vanlig i filet av hyse fra upåvirkede områder, mens resten av analysene viste ingen unormale verdier. Fra samme stasjon ble rødspette, gapeflyndre og lomre analysert, og i rødspette og gapeflyndre viste analysene konsentrasjoner av bly som var litt høyere enn det som i NIFES sin sjømatdatabase angis som normalområde, mens resten av analysene viste lave konsentrasjoner. Også i krabber ble det funnet noe forhøyede konsentrasjoner av bly i krabbeinnmaten, mens resten av analysene viste normale verdier på linje med resultatene fra 2008. Noe forhøyede konsentrasjoner av bly i enkelte av fiskeartene og i krabbe synes rimelig i og med at sedimentene - og dermed sannsynligvis også noen av byttedyrene – er forurenset av bly.

Med unntak av stasjon KJE4 helt inntil utslippet, tilfredsstillte bløtbunnsfaunaen Vanndirektivets krav om minst "God" økologisk tilstand. Tilstanden på stasjon KJE4 var på grensen mellom "God" og "Moderat" med høyt individtall som indikerer stor tilførsel av organisk materiale. Denne effekten var imidlertid svært avgrenset. Ingen av stasjonene var spesielt individfattige slik tilfelle kan være ved sterk belastning fra miljøgifter.

Høye konsentrasjoner av bly og spesielt PAH-forbindelsene benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren i sedimentene utløste krav om gjennomføring av risikovurderinger. Første trinn i risikovurderingen viste at alle de undersøkte områdene har sedimenter med miljøgiftkonsentrasjoner som overskrider grenseverdiene for risiko for toksiske effekter på organismer som lever i sedimentene. Beregningene viste for de fem vurderte områdene at de samme to PAH-forbindelsene representerte en potensiell spredningsfare hovedsakelig via organismer.

Vurderinger av teoretisk risiko for skade på human helse er vurdert både ut fra miljøgiftkonsentrasjoner i sediment og biota. Resultatene viser generelt at vurderingene kun basert på konsentrasjoner av miljøgifter i sediment gir høye overskridelser i forhold til anbefalt livstidseksponering fra disse kildene. Ved å inkludere miljøgiftkonsentrasjonene i fisk og skalldyr som ofte er hovedkilden for skade på human helse, reduseres eller fjernes denne risikoen for flere av stoffene/forbindelsene. Dette gjelder spesielt bly og PAH-forbindelsene benzo(ghi)perylene og ideno(1,2,3-cd)pyren. PCB representerer imidlertid en potensiell helserisiko ved konsum av lever fra torsk og hyse. Ved konsum av standard mengde fisk og krabbe fra kun Lurefjorden gjennom livsløpet viser beregningene at også kvikksølv representerer en potensiell helserisiko selv om det kun er funnet forhøyede kvikksølvkonsentrasjoner i torskfilet fra Kjeosen. Risikovurderingene gir også overskridelser for kadmium ved konsum av krabbe, men kadmiummengdene i krabbe ligger innenfor normalområdet angitt i NIFES sjømatdatabase.

9. Litteratur

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.

Johnsen, T.M., & A. Sunfjord. 2003. Granskingar ved sigevassutslepp frå Kjevikdalen avfallsplass, Lurefjorden 2000 - strøm, hydrografi og spreining. Til trykking.

Lømsland, E. R., T. Jacobsen, J. Molvær & E. Oug. 1995. Resipientgransking i Lurefjorden. NIVA-rapport 3367. Oslo. 60 pp.

Lømsland, E., E. Oug & A. Sundfjord. 1999. Resipientgransking i Lurefjorden 1998. NIVA-rapport 4051-99. Oslo. 50 pp.

Tveranger, B., Johnsen, G.H., & Brekke, E. Resipientgransking i Lurefjorden 2008. 2008. Rådgivende Biologer AS. Rapport nr. 1155. 62 sider.

Veileder TA 2229/2007. Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment.

Veileder TA 2802/2011. Risikovurdering av forurenset sediment.

Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

Vedlegg A.

Artliste bløtbunn

St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
FES	FORAMINIFERA	Foraminifera	2	2	2	2
FES	ANTHOZOA	Edwardsia sp.		1	2	
FES	NEMERTEA	Nemertea	8	6	8	3
FES	NEMATODA	Nematoda	2	3	1	3
FES	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	22	15	31	40
FES	POLYCHAETA	Bylgides sarsi			1	4
FES	POLYCHAETA	Neoleanira tetragona				1
FES	POLYCHAETA	Phyllodoce groenlandica			1	
FES	POLYCHAETA	Tomopteris (Johnstonella) helgolandica			1	
FES	POLYCHAETA	Pholoe baltica		1	2	1
FES	POLYCHAETA	Syllidia armata	1		2	1
FES	POLYCHAETA	Exogone (Exogone) verugera	3	2	1	4
FES	POLYCHAETA	Ceratocephale loveni	9	12	6	6
FES	POLYCHAETA	Glycera alba			1	
FES	POLYCHAETA	Glycera capitata	1	1		
FES	POLYCHAETA	Lumbrineris sp.	1	1		
FES	POLYCHAETA	Phylo norvegicus	2			1
FES	POLYCHAETA	Prionospio cirrifera	3	7	8	2
FES	POLYCHAETA	Pseudopolydora paucibranchiata	2	2		
FES	POLYCHAETA	Spiophanes kroyeri	6	1		1
FES	POLYCHAETA	Spiophanes urceolata	5	4	3	
FES	POLYCHAETA	Aphelochaeta sp.	37	35	16	26
FES	POLYCHAETA	Caulleriella killariensis			1	2
FES	POLYCHAETA	Diplocirrus glaucus	5	3	3	3
FES	POLYCHAETA	Capitella capitata	1			
FES	POLYCHAETA	Heteromastus filiformis	1		2	
FES	POLYCHAETA	Heteromastus sp.	3	4	2	4
FES	POLYCHAETA	Euclymene lindrothi	1			
FES	POLYCHAETA	Maldanidae	3	2	1	1
FES	POLYCHAETA	Galathowenia fragilis	1	1		
FES	POLYCHAETA	Anobothrus laubieri	44	42	30	11
FES	POLYCHAETA	Melinna cristata	1			
FES	POLYCHAETA	Sabellides octocirrata	2			
FES	POLYCHAETA	Samytha sexcirrata				1
FES	POLYCHAETA	Amaeana trilobata		1		
FES	POLYCHAETA	Terebellides sp.	2	6	5	1
FES	POLYCHAETA	Chone sp.				1
FES	POLYCHAETA	Jasmineira caudata		1		
FES	POLYCHAETA	Sabellidae	1	1		
FES	POLYCHAETA	Siboglinidae	152	44	19	26
FES	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata	3	5	1	4
FES	BIVALVIA	Nucula tumidula	10	11	9	9
FES	BIVALVIA	Yoldiella lucida				1

FES	BIVALVIA	Thyasira equalis	10	10	12	5
FES	BIVALVIA	Thyasira obsoleta	1			2
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
FES	BIVALVIA	Thyasira sarsi	1		1	
FES	BIVALVIA	Thyasira sp.				8
FES	BIVALVIA	Tellimya tenella		2		
FES	BIVALVIA	Astarte sulcata		2		
FES	BIVALVIA	Vesicomya abyssicola	3	1	1	5
FES	BIVALVIA	Cuspidaria obesa	1	1		
FES	OSTRACODA	Ostracoda	1		1	
FES	COPEPODA	Calanoida	6	6	8	5
FES	CUMACEA	Eudorella sp.	4	2	2	2
FES	CUMACEA	Diastylodes serratus	3	2	4	1
FES	TANAIDACEA	Tanaidacea		1		
FES	AMPHIPODA	Eriopisa elongata	2	2	2	4
FES	AMPHIPODA	Bathymedon saussurei	2			
FES	AMPHIPODA	Oedicerotidae	1			
FES	DECAPODA	Decapoda		1		1
FES	SIPUNCULIDA	Golfingia sp.	2			
FES	SIPUNCULIDA	Phascolion (Phascolion) strombus strombus	1		2	
FES	SIPUNCULIDA	Sipuncula	5	2		
FES	OPHIUROIDEA	Ophiuroidea		2		
FES	OPHIUROIDEA	Amphilepis norvegica		5	1	5
FES	ECHINOIDEA	Brisaster fragilis	1			1
FES	ECHINOIDEA	Brissoopsis lyrifera		1		
FES	ASCIDIACEA	Ascidiacea			1	
FES	HEMICHORDATA	Hemichordata		1		
KJ1	FORAMINIFERA	Foraminifera	2	1	1	1
KJ1	ANTHOZOA	Edwardsia sp.	1			1
KJ1	NEMERTEA	Nemertea	8	8	8	7
KJ1	NEMATODA	Nematoda	3	7	4	8
KJ1	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	33	33	74	79
KJ1	POLYCHAETA	Pholoe assimilis				1
KJ1	POLYCHAETA	Pholoe baltica			1	
KJ1	POLYCHAETA	Pholoe pallida	2			
KJ1	POLYCHAETA	Podarkeopsis capensis				1
KJ1	POLYCHAETA	Exogone (Exogone) verugera		3		1
KJ1	POLYCHAETA	Syllis cornuta	2	1	4	
KJ1	POLYCHAETA	Ceratocephale loveni	3	1	2	3
KJ1	POLYCHAETA	Goniada maculata	1			
KJ1	POLYCHAETA	Augeneria algida			1	1
KJ1	POLYCHAETA	Augeneria tentaculata		1		1
KJ1	POLYCHAETA	Drilonereis filum			1	
KJ1	POLYCHAETA	Phylo norvegicus	1	1	5	2
KJ1	POLYCHAETA	Aricidea (Acmira) catherinae			1	1
KJ1	POLYCHAETA	Prionospio cirrifera	12	44	95	26
KJ1	POLYCHAETA	Prionospio fallax	1	1		

KJ1	POLYCHAETA	Pseudopolydora paucibranchiata	4	2	13	3
KJ1	POLYCHAETA	Spiophanes kroyeri	2	2	4	1
KJ1	POLYCHAETA	Spiophanes urceolata	3	1	1	
KJ1	POLYCHAETA	Aphelochaeta sp.	8	24	9	5
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
KJ1	POLYCHAETA	Caulleriella killariensis	2		16	2
KJ1	POLYCHAETA	Chaetozone sp.	2	3	16	6
KJ1	POLYCHAETA	Macrochaeta polyonyx				1
KJ1	POLYCHAETA	Brada villosa			1	
KJ1	POLYCHAETA	Diplocirrus glaucus	2	7	4	2
KJ1	POLYCHAETA	Heteromastus filiformis			4	2
KJ1	POLYCHAETA	Heteromastus sp.	5	7		9
KJ1	POLYCHAETA	Notomastus latericeus			1	
KJ1	POLYCHAETA	Clymenura borealis	1			
KJ1	POLYCHAETA	Euclymene lindrothi		1		
KJ1	POLYCHAETA	Euclymeninae		1	1	
KJ1	POLYCHAETA	Galathowenia fragilis	1			
KJ1	POLYCHAETA	Pectinaria (Pectinaria) belgica				1
KJ1	POLYCHAETA	Ampharete falcata		1		1
KJ1	POLYCHAETA	Anobothrus laubieri	4	3	2	2
KJ1	POLYCHAETA	Melinna cristata			3	
KJ1	POLYCHAETA	Sabellides octocirrata	1	1		
KJ1	POLYCHAETA	Samytha sexcirrata				1
KJ1	POLYCHAETA	Sosanopsis wireni			2	
KJ1	POLYCHAETA	Terebellides sp.	8	8	2	
KJ1	POLYCHAETA	Chone sp.				1
KJ1	POLYCHAETA	Dialychone sp.				1
KJ1	POLYCHAETA	Siboglinidae				2
KJ1	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata	4	4	5	6
KJ1	BIVALVIA	Nucula tumidula	9	4	2	7
KJ1	BIVALVIA	Yoldiella propinqua		1		
KJ1	BIVALVIA	Bathyarca pectunculooides	1			
KJ1	BIVALVIA	Thyasira equalis	10	13	21	1
KJ1	BIVALVIA	Thyasira obsoleta	2	1		
KJ1	BIVALVIA	Thyasira sarsi	3	15	4	5
KJ1	BIVALVIA	Thyasira sp.		7	4	13
KJ1	BIVALVIA	Abra nitida			1	
KJ1	BIVALVIA	Vesicomya abyssicola	2	2		1
KJ1	BIVALVIA	Cuspidaria obesa			1	
KJ1	OSTRACODA	Ostracoda	16	20	21	11
KJ1	COPEPODA	Calanoida	9	4	14	3
KJ1	CUMACEA	Eudorella sp.	1			
KJ1	TANAIDACEA	Tanaidacea		1	1	
KJ1	AMPHIPODA	Eriopisa elongata	3	8	19	3
KJ1	AMPHIPODA	Bathymedon saussurei			1	
KJ1	AMPHIPODA	Oedicerotidae		2		
KJ1	AMPHIPODA	Harpinia propinqua	1	3	6	2

KJ1	MYSIDACEA	Mysida	1			
KJ1	EUPHAUSIACEA	Euphausiacea		1		
KJ1	DECAPODA	Decapoda		3		
KJ1	SIPUNCULIDA	Phascolion (Phascolion) strombus strombus	1			1
KJ1	SIPUNCULIDA	Sipuncula	1	2		
KJ1	OPHIUROIDEA	Ophiuroidea	4	3		2
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
KJ1	OPHIUROIDEA	Amphilepis norvegica	5	1	5	6
KJ1	ECHINOIDEA	Brisaster fragilis		1		
KJ4	FORAMINIFERA	Foraminifera	1			
KJ4	PLATYHELMINTHES	PLATYHELMINTHES				1
KJ4	NEMERTEA	Nemertea	9	11	20	11
KJ4	NEMATODA	Nematoda	6	9	5	6
KJ4	POLYCHAETA	Polychaeta		2		
KJ4	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	50	205	32	43
KJ4	POLYCHAETA	Aphrodita aculeata		1		
KJ4	POLYCHAETA	Eteone longa	9	5	7	11
KJ4	POLYCHAETA	Eulalia tjalfiensis	1	1	4	1
KJ4	POLYCHAETA	Phyllodoce groenlandica		1	1	
KJ4	POLYCHAETA	Phyllodoce maculata	3		1	
KJ4	POLYCHAETA	Phyllodoce rosea		1		1
KJ4	POLYCHAETA	Sige fusigera			2	
KJ4	POLYCHAETA	Pholoe baltica	1	3	4	2
KJ4	POLYCHAETA	Kefersteinia cirrata	18	8	4	
KJ4	POLYCHAETA	Nereimyra punctata				1
KJ4	POLYCHAETA	Exogone (Exogone) verugera	1	1	26	
KJ4	POLYCHAETA	Odontosyllis sp.		3	1	
KJ4	POLYCHAETA	Sphaerosyllis hystrix		2	1	
KJ4	POLYCHAETA	Syllis cornuta	23	33	17	191
KJ4	POLYCHAETA	Nereis zonata	1			
KJ4	POLYCHAETA	Nephtys longosetosa			1	
KJ4	POLYCHAETA	Sphaerodorum gracilis	1			
KJ4	POLYCHAETA	Glycera alba	4	1	3	8
KJ4	POLYCHAETA	Glycera capitata		2	2	
KJ4	POLYCHAETA	Goniada maculata		2	1	1
KJ4	POLYCHAETA	Nothria hyperborea		1		
KJ4	POLYCHAETA	Abyssoninoe scopa			1	
KJ4	POLYCHAETA	Lumbrineris cingulata	14	19	7	2
KJ4	POLYCHAETA	Protodorvillea kefersteini	7	1	13	4
KJ4	POLYCHAETA	Scoloplos sp.	1		1	1
KJ4	POLYCHAETA	Aricidea sp.		1		
KJ4	POLYCHAETA	Aricidea suecica			1	
KJ4	POLYCHAETA	Paradoneis lyra	27	30	77	40
KJ4	POLYCHAETA	Dipolydora caulleryi	1	2	1	
KJ4	POLYCHAETA	Dipolydora socialis		1	1	
KJ4	POLYCHAETA	Polydora sp.				3
KJ4	POLYCHAETA	Prionospio cirrifera	6	18	36	17

KJ4	POLYCHAETA	Prionospio fallax			40	3
KJ4	POLYCHAETA	Pseudopolydora paucibranchiata	1	8	385	35
KJ4	POLYCHAETA	Pseudopolydora pulchra		2	1	
KJ4	POLYCHAETA	Aphelochaeta sp.				8
KJ4	POLYCHAETA	Caulleriella killariensis	29	8	25	21
KJ4	POLYCHAETA	Chaetozone sp.	9	4	10	16
KJ4	POLYCHAETA	Cirratulidae	11	8	42	70
KJ4	POLYCHAETA	Cirratulus cirratus	23	33	31	120
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
KJ4	POLYCHAETA	Macrochaeta clavicornis	2	1	3	3
KJ4	POLYCHAETA	Diplocirrus glaucus	1		5	1
KJ4	POLYCHAETA	Pherusa falcata			1	
KJ4	POLYCHAETA	Pherusa plumosa			1	7
KJ4	POLYCHAETA	Lipobranchus jeffreysii	3		2	7
KJ4	POLYCHAETA	Scalibregma inflatum			1	2
KJ4	POLYCHAETA	Capitella capitata				25
KJ4	POLYCHAETA	Mediomastus fragilis	46	27	106	295
KJ4	POLYCHAETA	Notomastus latericeus	5	21	20	2
KJ4	POLYCHAETA	Euclymene droebachiensis			1	
KJ4	POLYCHAETA	Galathowenia oculata			1	
KJ4	POLYCHAETA	Ampharete finmarchica			4	
KJ4	POLYCHAETA	Amphicteis gunneri		1	1	
KJ4	POLYCHAETA	Melinna cristata		1	1	
KJ4	POLYCHAETA	Sabellides octocirrata	2	4	5	3
KJ4	POLYCHAETA	Amphitrite cirrata		8	11	
KJ4	POLYCHAETA	Lanassa venusta			1	
KJ4	POLYCHAETA	Phisidia aurea	1	2	2	
KJ4	POLYCHAETA	Pista malmgreni	1	3		
KJ4	POLYCHAETA	Polycirrus norvegicus	20	19	38	5
KJ4	POLYCHAETA	Terebellides sp.		1	1	
KJ4	POLYCHAETA	Trichobranchus roseus			1	
KJ4	POLYCHAETA	Chone sp.			2	
KJ4	POLYCHAETA	Jasmineira caudata		1	6	
KJ4	OLIGOCHAETA	Oligochaeta				1
KJ4	PROSOBRANCHIA	Buccinum undatum		1		
KJ4	OPISTOBRANCHIA	Philine sp.			1	1
KJ4	POLYPLACOPHORA	Leptochiton asellus		3		
KJ4	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata			1	
KJ4	BIVALVIA	Lucinoma borealis	1		1	3
KJ4	BIVALVIA	Thyasira equalis			5	2
KJ4	BIVALVIA	Thyasira flexuosa	6	5	25	99
KJ4	BIVALVIA	Thyasira sarsi	5	5	18	89
KJ4	BIVALVIA	Thyasira sp.		1	2	5
KJ4	BIVALVIA	Astarte montagui	6	4	2	
KJ4	BIVALVIA	Astarte sulcata		5		
KJ4	BIVALVIA	Parvicardium minimum		1		
KJ4	BIVALVIA	Macoma calcarea				3

KJ4	BIVALVIA	Abra nitida				1
KJ4	BIVALVIA	Timoclea ovata		1		
KJ4	BIVALVIA	Corbula gibba		6	2	2
KJ4	OSTRACODA	Ostracoda	21	10	54	17
KJ4	COPEPODA	Calanoida	3	3	4	10
KJ4	ISOPODA	Gnathia sp.			3	
KJ4	AMPHIPODA	Lysianassidae	1			
KJ4	AMPHIPODA	Oedicerotidae	1	3	2	
KJ4	AMPHIPODA	Westwoodilla caecula		1		
KJ4	DECAPODA	Decapoda	1			
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
KJ4	DECAPODA	Paguridae		2		
KJ4	SIPUNCULIDA	Phascolion (Phascolion) strombus strombus		3		
KJ4	PRIAPULIDA	Priapulul caudatus			1	
KJ4	OPHIUROIDEA	Ophiuroidea	4	1	1	1
KJ4	OPHIUROIDEA	Amphipholis squamata	1			
KJ4	OPHIUROIDEA	Ophiocten affinis			3	
KJ4	OPHIUROIDEA	Ophiura albida			2	
KJ4	OPHIUROIDEA	Ophiura robusta	2			
KJ4	ECHINOIDEA	Strongylocentrotus sp.	1			
KJ4	HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buskii	1	6		
KJ6	FORAMINIFERA	Foraminifera	1			
KJ6	ANTHOZOA	Edwardsia sp.			1	4
KJ6	NEMERTEA	Nemertea	11	6	1	
KJ6	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	12	10	34	52
KJ6	POLYCHAETA	Harmothoe sp.	1			
KJ6	POLYCHAETA	Neoleanira tetragona		1		
KJ6	POLYCHAETA	Tomopteris (Johnstonella) helgolandica			1	
KJ6	POLYCHAETA	Pholoe baltica			1	
KJ6	POLYCHAETA	Syllidia armata			1	
KJ6	POLYCHAETA	Ceratocephale loveni	8	5	6	1
KJ6	POLYCHAETA	Augeneria tentaculata	1			
KJ6	POLYCHAETA	Prionospio cirrifera	3	1	2	
KJ6	POLYCHAETA	Spiophanes kroyeri	2	1	1	4
KJ6	POLYCHAETA	Spiophanes urceolata			1	
KJ6	POLYCHAETA	Aphelochaeta sp.	3	1	1	2
KJ6	POLYCHAETA	Cirratulidae		1		
KJ6	POLYCHAETA	Diplocirrus glaucus	1	1	2	2
KJ6	POLYCHAETA	Heteromastus filiformis	3		1	2
KJ6	POLYCHAETA	Heteromastus sp.	1	2		
KJ6	POLYCHAETA	Anobothrus laubieri	2	1	4	4
KJ6	POLYCHAETA	Melinna cristata		1		
KJ6	POLYCHAETA	Terebellides sp.	2		2	2
KJ6	POLYCHAETA	Siboglinidae	6	1		2
KJ6	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata	1		3	6
KJ6	BIVALVIA	Nucula tumidula	13	24	8	16
KJ6	BIVALVIA	Yoldiella lucida	2	2	1	1

KJ6	BIVALVIA	Thyasira equalis	1	11	1	13
KJ6	BIVALVIA	Thyasira flexuosa	3			
KJ6	BIVALVIA	Thyasira obsoleta		1		
KJ6	BIVALVIA	Thyasira sarsi	11	33	3	6
KJ6	BIVALVIA	Thyasira sp.	8	16	35	5
KJ6	BIVALVIA	Vesicomya abyssicola	1	1		1
KJ6	OSTRACODA	Ostracoda	1	3	1	3
KJ6	COPEPODA	Calanoida	4	4	3	2
KJ6	CUMACEA	Diastylodes serratus		3	1	1
KJ6	AMPHIPODA	Eriopisa elongata			2	
KJ6	MYSIDACEA	Mysida	1	1		
KJ6	EUPHAUSIACEA	Euphausiacea		1		1
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
KJ6	DECAPODA	Decapoda	1	2		1
KJ6	OPHIUROIDEA	Ophiura albida				1
KJ6	ECHINOIDEA	Brisaster fragilis			1	
LUO	NEMERTEA	Nemertea	13	3	4	7
LUO	NEMATODA	Nematoda	2			
LUO	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	44	61	25	51
LUO	POLYCHAETA	Bylgides sarsi	3	1	1	
LUO	POLYCHAETA	Sige fusigera			2	
LUO	POLYCHAETA	Tomopteris (Johnstonella) helgolandica	1			
LUO	POLYCHAETA	Pholoe baltica		2	3	1
LUO	POLYCHAETA	Pholoe pallida	2		2	3
LUO	POLYCHAETA	Syllis cornuta	6	3		5
LUO	POLYCHAETA	Glycera alba		1	2	3
LUO	POLYCHAETA	Prionospio fallax	8	3		6
LUO	POLYCHAETA	Pseudopolydora paucibranchiata	6	6	4	2
LUO	POLYCHAETA	Scolecopsis sp.		1		
LUO	POLYCHAETA	Spiophanes kroyeri	3			2
LUO	POLYCHAETA	Spiophanes urceolata	3	5	5	3
LUO	POLYCHAETA	Chaetozone sp.	3	3	1	2
LUO	POLYCHAETA	Diplocirrus glaucus		1		
LUO	POLYCHAETA	Scalibregma inflatum	2	3		1
LUO	POLYCHAETA	Heteromastus filiformis	24	13	14	20
LUO	POLYCHAETA	Galathowenia fragilis	2		1	1
LUO	POLYCHAETA	Melinna cristata	1		2	
LUO	POLYCHAETA	Amaeana trilobata				1
LUO	POLYCHAETA	Polycirrus medusa	2	1	2	2
LUO	POLYCHAETA	Terebellides sp.	1		3	1
LUO	POLYCHAETA	Euchone papillosa		1		
LUO	OPISTOBRANCHIA	Cylichnina sp.	1			
LUO	OPISTOBRANCHIA	Philine sp.	1			
LUO	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata		1		
LUO	BIVALVIA	Ennucula tenuis	1	1	2	1
LUO	BIVALVIA	Nuculana pernula			1	
LUO	BIVALVIA	Thyasira equalis	6	6	5	2

LUO	BIVALVIA	Thyasira sarsi	2	9	3	43
LUO	BIVALVIA	Thyasira sp.	34	24	22	18
LUO	BIVALVIA	Abra nitida	3	1	1	3
LUO	COPEPODA	Calanoida		4		8
LUO	AMPHIPODA	Westwoodilla caecula	1			
LUO	EUPHAUSIACEA	Euphausiacea	1	2		4
LUO	DECAPODA	Decapoda			1	
LUO	DECAPODA	NATANTIA		1	1	
LUO	OPHIUROIDEA	Amphipholis squamata	1		1	1
LUO	ECHINOIDEA	Brisaster fragilis	2	1	1	
SEIM2	FORAMINIFERA	Foraminifera	1		1	
SEIM2	ANTHOZOA	Edwardsia sp.		1		
SEIM2	NEMERTEA	Nemertea	3	4	5	4
SEIM2	NEMATODA	Nematoda	3	2	4	6
St.	Gruppe	Art	G1	G2	G3	G4
SEIM2	POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	14	30	22	36
SEIM2	POLYCHAETA	Tomopteris (Johnstonella) helgolandica			1	
SEIM2	POLYCHAETA	Pholoe baltica			1	
SEIM2	POLYCHAETA	Syllidia armata	1	2		
SEIM2	POLYCHAETA	Exogone (Exogone) verugera	2	3		
SEIM2	POLYCHAETA	Ceratocephale loveni	3	3	2	3
SEIM2	POLYCHAETA	Lumbrineris sp.		1		
SEIM2	POLYCHAETA	Phylo norvegicus		1	1	1
SEIM2	POLYCHAETA	Prionospio cirrifera	28	19	44	28
SEIM2	POLYCHAETA	Spiophanes urceolata	3	3		1
SEIM2	POLYCHAETA	Aphelochaeta sp.	3	5	6	4
SEIM2	POLYCHAETA	Ophelina sp.			1	
SEIM2	POLYCHAETA	Heteromastus sp.	5	2	1	1
SEIM2	POLYCHAETA	Euclymeninae	1		1	
SEIM2	POLYCHAETA	Anobothrus laubieri	5	8	8	10
SEIM2	POLYCHAETA	Melinna cristata				1
SEIM2	POLYCHAETA	Samytha sexcirrata		1		1
SEIM2	POLYCHAETA	Terebellides sp.	4	5	3	12
SEIM2	POLYCHAETA	Chone sp.	1		1	
SEIM2	POLYCHAETA	Siboglinidae		1		
SEIM2	CAUDOFOVEATA	Caudofoveata		1	2	
SEIM2	BIVALVIA	Nucula tumidula	2	1	2	2
SEIM2	BIVALVIA	Yoldiella nana			1	
SEIM2	BIVALVIA	Pseudamussium peslutrae		1		
SEIM2	BIVALVIA	Thyasira equalis	12	35	14	6
SEIM2	BIVALVIA	Thyasira sarsi	3	4	6	2
SEIM2	BIVALVIA	Thyasira sp.	3	1	8	15
SEIM2	BIVALVIA	Vesicomya abyssicola	4			
SEIM2	OSTRACODA	Ostracoda		1	12	4
SEIM2	COPEPODA	Calanoida	24	4	7	5
SEIM2	CUMACEA	Eudorella sp.				1
SEIM2	AMPHIPODA	Eriopisa elongata	4	3	1	5

SEIM2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	1	2			
SEIM2	AMPHIPODA	Harpinia sp.					1
SEIM2	MYSIDACEA	Mysida	1	1			2
SEIM2	EUPHAUSIACEA	Euphausiacea	1	3			
SEIM2	DECAPODA	Decapoda				1	
SEIM2	SIPUNCULIDA	Golfingia sp.	1				
SEIM2	SIPUNCULIDA	Sipuncula			1	6	1
SEIM2	OPHIUROIDEA	Amphilepis norvegica			1	1	2
SEIM2	HEMICHORDATA	Hemichordata			1		

Vedlegg B.

Indekser pr. grabb for bløtbunn

Stasjon	År	Grabb	Areal	S	N	SN	AMBI	NQ11	H	ES100	ISI2012	NSI	DI
KJE1	1995	ST	0,4	52	381	2,217	2,413	0,733	4,744	32,307	9,147	23,839	0,0711
KJE1	1998	G1	0,1	39	166	2,245	2,69	0,712	4,701	32,41	9,233	23,623	0,1701
KJE1	1998	G2	0,1	36	177	2,18	2,738	0,697	4,561	30,262	9,847	24,146	0,198
KJE1	1998	G3	0,1	39	193	2,206	2,494	0,72	4,524	30,55	9,361	23,907	0,2356
KJE1	1998	G4	0,1	41	174	2,263	2,676	0,716	4,704	33,607	9,823	23,393	0,1905
KJE1	2013	G3	0,1	38	362	2,051	3,184	0,647	3,83	23,801	8,976	22,217	0,5087
KJE1	2013	G2	0,1	40	245	2,164	2,901	0,685	4,282	27,787	9,038	22,458	0,3392
KJE1	2013	G4	0,1	40	222	2,187	2,743	0,7	3,857	27,55	9,479	22,177	0,2964
KJE1	2013	G1	0,1	38	170	2,223	2,456	0,725	4,483	31,308	10,16	23,527	0,1804
KJE4	1995	ST	0,4	57	5414	1,879	4,396	0,534	3,388	19,02	7,56	14,181	1,0815
KJE4	1998	G4	0,1	39	437	2,03	2,717	0,678	3,911	21,441	8,099	19,665	0,5905
KJE4	1998	G1	0,1	41	871	1,942	2,594	0,672	3,754	20,941	7,999	20,356	0,89
KJE4	1998	G2	0,1	33	418	1,945	2,915	0,648	3,926	21,102	7,337	19,084	0,5712
KJE4	1998	G3	0,1	46	666	2,045	2,523	0,696	3,909	22,046	7,736	20,534	0,7735
KJE4	2013	G1	0,1	45	382	2,135	2,975	0,678	4,48	27,411	8,508	20,353	0,5321
KJE4	2013	G3	0,1	71	1136	2,185	3,606	0,645	4,073	26,485	8,538	19,5	1,0054
KJE4	2013	G2	0,1	60	565	2,218	2,849	0,704	4,1	29,068	9,028	21,105	0,702
KJE4	2013	G4	0,1	46	1185	1,956	3,167	0,635	3,772	20,447	6,924	16,159	1,0237
KJE6	1995	ST	0,1	21	192	1,834	3,282	0,597	3,247	16,993	8,373	21,445	0,2333
KJE6	2013	G1	0,1	24	98	2,087	2,068	0,72	3,984	24	8,361	22,435	0,0588
KJE6	2013	G3	0,1	25	115	2,067	1,995	0,724	3,215	23,106	8,621	21,896	0,0107
KJE6	2013	G2	0,1	23	128	1,985	1,988	0,712	3,45	20,435	8,733	20,71	0,0572
KJE6	2013	G4	0,1	21	129	1,926	2,282	0,68	3,213	19,388	9,001	22,335	0,0606
FES	2013	G1	0,1	43	368	2,117	1,513	0,779	3,476	23,696	9,422	27,474	0,5158
FES	2013	G2	0,1	40	244	2,165	2,095	0,743	4,104	26,98	9,882	26,646	0,3374
FES	2013	G3	0,1	34	183	2,137	2,335	0,718	4,097	26,216	8,965	25,228	0,2125
FES	2013	G4	0,1	34	188	2,13	2,036	0,739	4,067	26,535	9,772	24,82	0,2242
LUO	2013	G3	0,1	25	109	2,082	2,675	0,678	3,713	24,219	9,057	21,334	0,0126
LUO	2013	G2	0,1	24	152	1,969	2,899	0,646	3,19	19,922	7,434	20,604	0,1318
LUO	2013	G1	0,1	27	176	2,006	2,87	0,656	3,609	22,023	9,026	21,048	0,1955
LUO	2013	G4	0,1	23	179	1,905	2,975	0,631	3,239	18,582	8,098	19,583	0,2029
SEIM2	2013	G4	0,1	22	141	1,933	2,614	0,659	3,47	19,38	9,202	22,566	0,0992
SEIM2	2013	G1	0,1	21	103	1,985	2,941	0,641	3,67	20,853	8,393	22,545	0,0372
SEIM2	2013	G2	0,1	28	141	2,084	2,846	0,669	3,624	23,861	9,607	22,445	0,0992
SEIM2	2013	G3	0,1	25	151	1,996	3,09	0,637	3,586	20,902	8,853	22,305	0,129

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no