

Resipientundersøkelse i og utenfor Ramslandsvågen, Lindesnes, 2013



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 og utenfor Ramslandsvågen, Lindesnes, 2013	Løpenr. (for bestilling) 6589-2013	Dato 12. desember 2013
	Prosjektnr. Undernr. O-13189	Sider Pris 39
Forfatter(e) Gunhild Borgersen Jonny Beyer	Fagområde Marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) GE Healthcare AS		Oppdragsreferanse Tore Husby

Sammendrag

Rapporten presenterer resultatene fra en resipientundersøkelse i og utenfor Ramslandsvågen, Lindesnes, i 2013. Formålet var å beskrive den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna, vurdere om utslipp fra GE Healthcare har negative konsekvenser for bløtbunnsfauna, og sammenligne med tidligere undersøkelser for å vurdere eventuelle endringer i tilstanden over tid. I tillegg skulle porevann fra sediment analyseres for rester av røntgenkontrastmiddel. Stasjonene nærmest utslippspunktet utenfor Ramslandsvågen og inne i Kjerkevågen hadde god eller svært god økologisk tilstand. Inne i Ramslandsvågen var tilstanden for bløtbunnsfauna svært dårlig, og sedimentet hadde høyt innhold av TOC. Dette har sammenheng med begrenset vannutskifting i vågen, noe som fører til dårlige oksygenforhold ved bunnen. Det har ikke skjedd vesentlige endringer i den økologiske tilstanden i området fra 2003 til 2013. Resultatene fra 2008 avvek imidlertid noe fra de to øvrige undersøkelsene og ga generelt dårligere tilstand. Analysene av sedimentet viste at det ikke har skjedd vesentlige endringer i organisk innhold fra 2003 til i dag, og tilstanden forble moderat til god på stasjonene utenfor Ramslandsvågen. Analysene av porevann viste ingen spor av røntgenkontrastmidler. Det er grunn til å anta at kontrastmidlene ikke akkumuleres i porevannet, og at bedriftens utslipp av kontrastmidler ikke fører til målbare negative konsekvenser for det marine miljø. Analysemetodens deteksjonsgrense var imidlertid for høy til at man kan si med sikkerhet at det ikke foreligger miljørisiko.

Fire norske emneord

1. Bløtbunnsfauna
2. Sedimenter
3. Økologisk tilstand
4. Ramslandsvågen

Fire engelske emneord

1. Soft-bottom fauna
2. Sediments
3. Ecological quality status
4. Ramslandsvågen



Gunhild Borgersen
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Claus Beier
Forskningsdirektør

**Resipientundersøkelse i og utenfor Ramslandsvågen,
Lindesnes, 2013**

Forord

GE Healthcare AS, Lindesnes fabrikk, er i utslippstillatelsen fra Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif, nå Miljødirektoratet) pålagt å gjennomføre en oppfølging av tidligere resipientundersøkelser av bløtbunnsfauna ved Ramslandsvågen, Lindesnes. NIVA fikk forespørsel datert 28.november 2012 fra GE Healthcare AS ved Tore Husby om å gi et tilbud på en slik resipientundersøkelse, og leverte tilbud 21.desember 2012. I etterkant kom Klif med pålegg om å undersøke om rester av røntgenkontrastmidler var å finne i det marine miljø. NIVA ble per mail 28.februar 2013 bedt om å inkludere analyse av porevann i undersøkelsen slik at tilleggskravet fra Klif ble dekket, og sendte et revidert tilbud datert 19.mars 2013. En bestillingsordre datert 24.april 2013 ble så oversendt NIVA fra GE Healthcare AS.

Feltarbeidet ble gjennomført 13.juni 2013 av Lise Ann Tveiten og Jarle Håvardstun fra NIVA. Fartøyet «Sjøsprøy» ble benyttet, og båtfører var Jarle Fjeldskår.

Faunaprøvene ble grovsortert av Marius Nordbotten og Siri Moy, og artsbestemt av Gunhild Borgersen (flerbørstemark) og Marijana Brckljacic (øvrige grupper). Sedimentanalysene ble utført ved NIVAs kjemilaboratorium. Analysene av røntgenkontrastmidler i porevann ble utført av GE Healthcare Lindesnes. Den økotoksikologiske vurderingen av kontrastmiddelet er utført av August Tobiesen. Kvalitetssikrer av rapporten har vært Mats Walday.

Kontaktperson ved GE Healthcare AS har vært Tore Husby.

Alle takkes for innsatsen.

Oslo, 12. desember 2013

Gunhild Borgersen

Innhold

	1
Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn og tidligere undersøkelser	8
1.2 Formål med undersøkelsen	9
1.3 Utslippsbegrensninger	9
1.4 Områdebeskrivelse	9
2. Metode	11
2.1 Stasjoner	11
2.2 Prøvetaking	11
2.2.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning	11
2.2.2 Kontrastmiddel i porevann	11
2.3 Opparbeiding og analyser	11
2.3.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning	11
2.3.2 Kontrastmiddel i porevann	12
2.3.3 Tilstandsklassifisering	12
3. Resultater	14
3.1 Visuell beskrivelse av grabbprøvene	14
3.2 Bløtbunnsfauna	14
3.3 Organisk belastning	18
3.4 Sammenligning med tidligere undersøkelser	19
3.4.1 Bløtbunnsfauna	19
3.4.2 Organisk belastning	21
3.5 Kontrastmiddel i porevann	22
4. Diskusjon	23
4.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning	23
4.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser	23
4.3 Kontrastmiddel i utslippsvann og i porevann	23

5. Konklusjoner	25
6. Referanser	26
7. Vedlegg	28
Vedlegg A. Fullstendige artslister fra de fire stasjonene undersøkt i 2013 ved Ramslandsvågen.	28
Vedlegg B. Analyserapport fra GE Healthcare: analyse av røntgenkontrastmiddel i porevann	36
Vedlegg C. Økotoksikologisk vurdering av kontrastmiddel i porevann	38

Sammendrag

GE Healthcare AS (tidligere Amersham Health AS og før det Nycomed) startet med produksjon av røntgenkontrastmidler i 1973, og fra starten og frem til 1986 ble avløps- og kjølevann ledet ut i Ramslandsvågen. I 1985 ble det påvist at utslippene av organiske stoffer førte til et betydelig oksygenforbruk som bidro til dårlige oksygenforhold i vågens dype deler. For å lette belastningen inne i vågen ble det i 1986 etablert et nytt utslippssted for avløpet på 40 m dyp utenfor terskelen til vågen.

Formålet med undersøkelsen i 2013 var å beskrive tilstanden for bløtbunnsfauna og sediment (mht. organisk belastning) på fire stasjoner i og utenfor Ramslandsvågen, og bestemme den økologiske tilstanden i tråd med de kriterier som er satt i Vanddirektivet. I tillegg skulle det vurderes om bedriftens utslipp til sjøen har negative konsekvenser for bunnfaunaen, og fastslå om det har skjedd endringer siden de tidligere undersøkelsene (2003 og 2008).

Stasjonene nærmest utslippet utenfor Ramslandsvågen, BL1 og BL2, hadde henholdsvis god og svært god økologisk tilstand iht. NQI1-indeksen for bløtbunnsfauna. Stasjon BL10 i Kjerkevågen hadde svært god økologisk tilstand for bløtbunnsfauna, mens for stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen ble tilstanden klassifisert til svært dårlig.

Sammenlignet med undersøkelsen fra 2003 har det ikke skjedd noen endring i den økologiske tilstanden på stasjon BL1, BL5 og BL10. NQI1 og NQI2 har derimot gått noe ned på stasjon BL2, slik at stasjonens tilstandsklassifisering har gått fra svært god i 2003 til god i 2013. Resultatene fra 2008 avvek imidlertid noe fra de to øvrige undersøkelsene og gir generelt dårligere tilstand.

Stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen hadde meget høye TOC-verdier, og fikk meget dårlig tilstand for organisk innhold i sediment. BL2 hadde også noe forhøyede verdier av TOC, og mindre god (moderat) tilstand, mens BL1 hadde normalt innhold av organisk karbon og god tilstand. BL10 hadde svært grovt sediment, hovedsakelig sand, og under 1 % finstoff. Innhold av organisk karbon var følgelig svært lavt, og tilstanden klassifiseres til god. Det har ikke skjedd vesentlige endringer i organisk innhold fra 2003 og 2008 til 2013.

Avløpsvannet fra bedriften inneholder også rester av røntgenkontrastmidler fra produksjonen og nedbrytningsprodukter av disse; herunder iohexol, iodixanol, 540 + derivater, 541 + derivater og gadodiamid. Undersøkelser har vist at kontrastmidlene er persistente i sjøvann, og kan forårsake reproduksjonshemmende effekt i krepsdyr. Røntgenkontrastmidlene er polare, har høy vannløselighet og antas derfor å ha lavt potensiale for akkumulering i organismer eller sediment. For å vurdere om røntgenkontrastmidlene akkumuleres i miljøet ble porevann ekstrahert fra sediment og analysert for rester av kontrastmidler. Analysene viste ingen spor av røntgenkontrastmidler over analysens deteksjonsgrense på 1 mg/L, og dette tyder på at restene av røntgenkontrastmidlene som slippes ut sammen med avløpsvannet ikke akkumuleres i sedimentets porevann.

De tre stasjonene utenfor Ramslandsvågen hadde alle god eller svært god økologisk tilstand, og oppfyller således Vannforskriftens krav om minimum god økologisk tilstand. Stasjonen inne Ramslandsvågen hadde derimot svært dårlig økologisk tilstand. Dette skyldes imidlertid naturlige topografiske forhold og en molo ved buktens utløp som begrenser vannutskiftingen. En total vurdering av resultatene tilsier at bedriftens utslipp til sjøen ikke har negative konsekvenser for bløtbunnsfaunaen i området.

Summary

Title: Recipient survey in and outside Ramslandsvågen , Lindesnes , 2013

Year: 2013

Author: Gunhild Borgersen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6324-4

GE Healthcare AS (formerly Amersham Health AS and Nycomed) started the production of X-ray contrast media in 1973 and from the beginning and until 1986 the waste water and cooling water was led into Ramslandsvågen at Lindesnes in southern Norway. In 1985 it was shown that the emissions of organic substances led to a significant oxygen consumption that contributed to poor oxygen conditions in the deeper parts of the basin. To reduce the load inside the basin a new discharge site for the waste was established in 1986 at 40 m depth outside the basin threshold.

The purpose of the survey in 2013 was to determine the ecological status of the soft bottom fauna and the sediments (in terms of organic load) at four stations inside and outside Ramslandsvågen in accordance with the criteria set in the Water Framework Directive, to reveal whether the company's discharges to the sea had negative consequences for the fauna, and to determine if there have been changes since the last surveys in 2003 and 2008.

The stations closest to the discharge site outside Ramslandsvågen, BL1 and BL2, had good and high ecological status according to the NQI1-index. Station BL10 in Kjerkevågen had high ecological status of soft sediment fauna, while the status of BL5 inside Ramslandsvågen was classified as very poor. Compared to the 2003-survey, there have been no significant changes in the ecological condition of station BL1, BL5 and BL1. However, NQI1 and NQI2 has declined somewhat at BL2 and the ecological status changed from high in 2003 to good in 2013. The results from 2008 differed somewhat from the other two surveys and gave generally poorer condition.

Station BL5 inside Ramslandsvågen had very high TOC values and the status was very poor regarding organic content in the sediment. BL2 also had slightly elevated levels of TOC and less good (moderate) status, while BL1 had normal organic carbon content and good status. BL10 had very coarse sediment, mainly sand, and less than 1% silt and clay. The content of organic carbon was consequently very low, and the condition classified to good. There were no significant changes in organic content from 2003 and 2008 to 2013.

The waste water discharge also contains residues of X-ray contrast agents. Contrast agents are considered persistent in seawater, and may inhibit reproduction in crustaceans. The agents have high water solubility and are not considered to have potential for accumulation in organisms or sediment. To assess whether the X-ray contrast agents accumulate in the environment, pore water was extracted from the sediment and analyzed for residues of contrast agents. The analyses showed no trace of X-ray contrast agents, and this suggests that the remnants of the contrast media that are emitted along with the waste water do not accumulate in the sediment pore water.

The three stations outside Ramslandsvågen all had good or high ecological status, and is considered satisfactory with respect to the Water Framework Directive's minimum requirement of good ecological status. The station inside Ramslandsvågen had very poor ecological status. This is due to the topography of the basin and a jetty at the basin mouth which restricts water exchange. An overall evaluation of the results indicates that the company discharges to the sea has no negative consequences for soft sediment fauna in the area.

1. Innledning

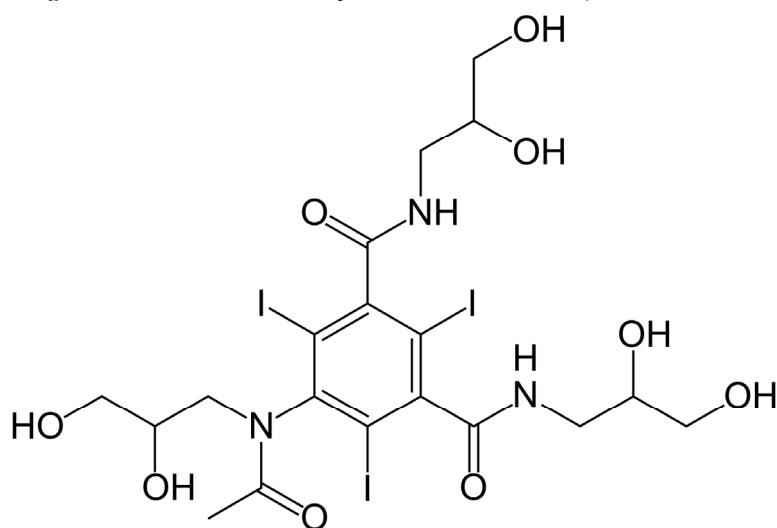
1.1 Bakgrunn og tidligere undersøkelser

GE Healthcare AS (tidligere Amersham Health AS og før det Nycomed) på Ramsland (Lindesnes, Vest-Agder) produserer grunnsubstanser til kontrastmidler som brukes i medisinsk billedgjøring. Joderte røntgenkontrastmidler er viktige diagnostiske legemidler som brukes til å forbedre kontrasten mellom de organer eller blodårer som undersøkes og det omliggende vev under radiografi. En typisk dose er opp til ca. 200 g per person (tilsvarende ca. 100 g jod).

Produksjonen av røntgenkontrastmidler på Ramsland startet i 1973, og fra starten og frem til 1986 ble avløps- og kjølevann fra bedriften ledet ut i Ramslandsvågen. I 1985 ble det påvist at utslippene av organiske stoffer førte til et betydelig oksygenforbruk som bidro til dårlige oksygenforhold i vågens dype deler (A/S Miljøplan, 1986). For å lette belastningen inne i vågen ble det i 1986 etablert et nytt utslippssted for avløpet på 40 m dyp utenfor terskelen til vågen. Fra 2010 ble også tak- og overflatevann fra bedriften ledet ut forbi terskelen. Bedriftens utslipp har de siste par årene gått betydelig ned.

Tidligere biologiske undersøkelser i Ramslandsvågen ble utført i 1974 (Arnesen m.fl., 1975), 1985 (A/S Miljøplan, 1986), 1993 (Det Norske Veritas, 1993), 1997 (Det Norske Veritas, 1998), 2003 (NIVA, 2003) og 2008 (Glette & Ulfnes (Det Norske Veritas) 2008). Undersøkelsene omfatter hovedsakelig bløtbnnsfauna og organisk innhold i sediment.

Avløpsvannet fra bedriften er vist å inneholde rester av røntgenkontrastmidler, herunder iohexol (**Figur 1**), iodixanol, 540 + derivater, 541 + derivater og gadodiamid. Tidligere undersøkelser av avløpsvannet har påvist at nedbrytningen av røntgenkontrastmidler i miljøet skjer meget langsomt, og kontrastmidlene regnes som persistente i sjøvann (Källqvist, 1996, Källqvist m.fl., 2004). Økotoksikologiske undersøkelser tyder dessuten på at kontrastmidlene ved relativt sett høye eksponeringskonsentrasjoner har reproduksjonshemmende effekter på krepsdyr (Källqvist, 1991, 1996). Røntgenkontrastmidlene har imidlertid høy vannløselighet på grunn av deres generelt høye polaritet og de antas derfor å ha lavt potensiale for opptak og bioakkumulering i organismer eller akkumulering i sediment. Derimot er det en mulighet for at persistente røntgenkontrastmidler som slippes ut i til sjø kan akkumuleres i sedimentets porevann i området nær utslippet. Det har ikke tidligere vært undersøkt om rester av røntgenkontrastmidlene kan spores i det marine miljø.



Figur 1 Kjemisk strukturformel av røntgenkontrastmiddelet iohexol som produseres av GE Healthcare AS.

1.2 Formål med undersøkelsen

Formålet med undersøkelsen var å beskrive tilstanden for bløtbunnsfauna og sediment (mht. organisk belastning) på fire stasjoner i og utenfor Ramslandsvågen, og bestemme den økologiske tilstanden i tråd med de kriterier som er satt i Vanddirektivet. I tillegg skal det vurderes om bedriftens utslipp til sjøen har negative konsekvenser for bunnfaunaen, og fastslås om det har skjedd endringer sammenlignet med tidligere undersøkelser. Et annet mål med undersøkelsen var å vurdere i hvilken grad røntgenkontrastmidlene akkumuleres i miljøet ved å analysere porevann fra sediment for rester av kontrastmidler, samt gi en økotoksikologisk vurdering av miljørisiko på grunnlag av konsentrasjonen i porevannet og tidligere økotoksikologiske tester av kontrastmiddelet.

1.3 Utslippsbegrensninger

Klif har gitt GE Healthcare AS, Lindesnes Fabrikker tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven (tillatelse 1989-084), med siste oppdatering per 18. februar 2013 (Klif, 2013). Tillatelsen gjelder forurensning fra produksjon av røntgenkontrastmidler og vilkårene i den gjeldende tillatelsen er basert på en årlig produksjon av inntil 6 000 tonn pr. år. De komponentene i bedriftens utslipp til sjø som antas å ha størst miljømessig betydning reguleres gjennom spesifikke vilkår vist i **Tabell 1**.

Tabell 1: Gjeldende utslippsbegrensninger for de samlede utslippene til sjø fra hele virksomheten til GE Healthcare AS, Lindesnes fabrikker i henhold til utslippstillatelsen (Klif, 2013).

Utslipps-komponent	Maks. tillatt utslipp pr. uke	Maks. tillatt utslipp pr. år (kalenderår)	Gjennomsnittlig tillatt utslipp pr. tonn produkt (kalenderår)	Gjelder fra
Kontrast-middelrester ¹⁾	3 tonn/uke	75 tonn/år	18,0 kg/tonn 14,0 kg/tonn	2. juni 2008 1. januar 2014
Organiske løsemidler ²⁾	8 tonn/uke	300 tonn/år	50 kg/tonn	2. juni 2008
Acetat	150 tonn/uke	3600 tonn/år ³⁾	0,8 tonn/tonn ⁴⁾	18. februar 2013

1. Samlet utslipp av kontrastmiddelrester og evt. nedbrytningsprodukter, herunder iohexol, iodixanol, 540 + derivater, 541 + derivater og gadodiamid.
2. Samlet utslipp av løsemidler, herunder metanol, etanol, isopropanol, 2-metoxyetanol, 2-butanol, pyridin, acetonitril og aceton.
3. I god tid før årlig utslipp av acetat nærmer seg 3600 tonn, skal det gjennomføres en ny resipientvurdering, hvor det blir tatt høyde for utslipp opp mot 6000 tonn.
4. Bedriften må innen 5 år gjøre en ny vurdering av om de spesifikke acetatutslippene kan senkes.

1.4 Områdebeskrivelse

Ramslandsvågen ved Lindesnes er en nord-sør-gående bukt med maksimalt dyp på 39 m og en terskel ved buktens utløp (**Figur 2**). Største terskeldyp er på 14,5 m. Ved buktens utløp er det bygget en molo som går fra vestsiden av bukten og ut til Høylandsskjæret. Vågen har derfor en noe begrenset vannutskiftning med sjøen utenfor. Utenfor terskelen faller bunnen jevnt mot dyp på over 100 m i et forholdsvis åpent kystområde ut mot Skagerakk (Liseth og Hambo, 1971). Kjerkevågen ligger øst for Ramslandsvågen. Dette er en grunn bukt, men med økende dyp mot utløpet og ingen terskel.

2. Metode

2.1 Stasjoner

Prøvetakingen ble utført på de samme stasjonene som ved tidligere år (1993, 1997, 2003 og 2008). To av prøvetakingsstasjonene lå sørøst og sør for utslippet utenfor Ramslandsvågen (BL1 og BL2), en stasjon lå på vestsiden inne i Ramslandsvågen (BL5), og en referansestasjon lå inne i Kjerkevågen (BL10) (**Figur 2**). Stasjonenes dyp og posisjon er gitt i **Tabell 2**.

Tabell 2 Stasjonenes posisjoner (i desimalgrader) og dyp ved prøvetakingen i 2013 (NIVA), med dyp for prøvetaking i 2008 (DNV) og 2003 (NIVA) i parentes.

Stasjon	Breddegrad	Lengdegrad	Dyp (m)
BL01	58.02187	7.120705	75 (76, 74)
BL02	58.01968	7.119158	89 (89, 87)
BL05	58.03124	7.108227	25 (25, 23)
BL10	58.03576	7.133764	15 (33, 14)

2.2 Prøvetaking

2.2.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning

Alle bløtbunnsprøvene ble tatt med en van Veen grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m². Det ble tatt fire parallelle grabbprøver på hver stasjon. Hver prøve ble kontrollert for å se etter forstyrrelse av sedimentet, og gitt en visuell beskrivelse av sedimentets karakter (farge, lukt, konsistens). Sedimentvolum ble målt til nærmeste cm fylling i grabben og deretter ble prøven vasket forsiktig gjennom sikter med henholdsvis 5 mm og 1 mm runde hull. Sikteresten ble så konserveret i en 4-10 % formalinløsning nøytralisert med boraks og tilsatt fargestoffet bengalrosa for å gjøre sorteringen lettere. Sedimentprøvene for de ikke-biologiske analysene (kornfordeling, tørrstoff, total organisk karbon og total nitrogen) ble tatt fra separate grabbprøver.

Prøvetaking ble utført iht. standarden NS-EN ISO 16665:2005 (Water quality. Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna) og NIVAs interne akkrediterte prosedyrer.

2.2.2 Kontrastmiddel i porevann

Sedimentprøver for ekstrahering av porevann ble tatt med van Veen grabb på de samme fire stasjonene som bløtbunnsfauna. På hver stasjon ble det tatt tre parallelle grabbprøver.

2.3 Opparbeiding og analyser

2.3.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning

Sikteresten ble grovsortert i hovedgrupper ved NIVAs biologilaboratorium, og lagt over på 80 % sprit. Prøvene fra BL10 besto av svært mye materiale (ca. 7 L), hvorav det meste var sand og grovt sediment. Tre av disse prøvene ble opparbeidet ved at kun lettflytende materiale som skilles ut under vaskingen ble sortert og artsbestemt. Den siste prøven ble fraksjonert ved at ¼ av materialet ble sortert og artsbestemt. All sortert fauna ble artsbestemt til lavest mulig taksonomiske nivå, og alle individer av hver art talt. Sortering, subsampling og identifisering ble utført i henhold til ISO 16665 og NIVAs interne akkrediterte prosedyrer.

Sedimentprøvene ble analysert for kornfordeling (andel finstoff, dvs. leire og silt), tørrstoff, total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) ved NIVAs kjemilaboratorium. Kornfordeling ble analysert på øvre 0-5 cm sjikt og de øvrige analysene på øvre 0-1 cm sjikt av sedimentet. Analysene ble utført iht. ISO NS-EN ISO/IEC 17025 (Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse) og NIVAs interne akkrediterte prosedyrer.

2.3.2 Kontrastmiddel i porevann

For å ekstrahere porevann ble sedimentet sentrifugert i 30 min på 7000 rpm. Fra hver sedimentprøve ble det ekstrahert ca. 70-80 mL porevann. Sedimentet fra stasjon BL10 var imidlertid grovt og sandig med lavt innhold av porevann, og det ble derfor laget en blandprøve for å få nok volum for analyse.

Porevannet ble analysert for innhold av røntgenkontrastmidler av GE Healthcare Lindesnes etter bedriftens interne metode for analyse av utslipp til sjø (QC0300.002.4.0: Bestemmelse av kontrastmiddel i avløpsvann). Porevannsprøvene ble filtrert gjennom 0,22 µm sprøytefilter før de ble injisert uforynnnet på HPLC. Analysens deteksjonsgrense for kontrastmidler ble opplyst å være 0,001 kg/m³ (1 mg/L).

2.3.3 Tilstandsklassifisering

Bløtbunnsfauna karakteriseres ved total antall arter, total antall individer og artssammensetning. På grunnlag av artslistene beregnes indekser for artsmangfold og ømfintlighet. Følgende indekser ble benyttet:

- artsmangfold ved Shannon-Wiener indeksen H' (\log_2) og Hurlberts diversitetsindeks ES_{100} (forventet antall arter per 100 individer)
- ømfintlighet ved indeksen ISI
- kvalitetsindeksene NQI1 og NQI2, sammensatte indekser som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksverdiene ble beregnet for hver grabbprøve og videre ble stasjonens middelværdi beregnet og brukt til tilstandsklassifisering. Klassifiseringen ble utført i henhold til veileder 01:2009 (Klassifisering av miljøtilstand i vann). Det anbefales i veilederen å vektlegge NQI1 (Norwegian Quality Index) siden denne er interkalibrert mellom flest land. Klassegrensene for alle indeksene er gitt i **Tabell 3**.

Klassifiseringssystemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra svært god (klasse I) til svært dårlig tilstand (klasse V). Vanndirektivet har som generelt mål at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå god tilstand (klasse II).

Tabell 3 Oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene som benyttes for klassifisering av økologisk tilstand for bløtbunnsfauna (fra veileder 01:2009).

Indeks	Type indeks	Økologisk tilstandsklasse basert på bunnfauna i sediment					Referanseverdi
		Svært dårlig (V)	Dårlig (IV)	Moderat (III)	God (II)	Svært god (I)	
NQI1	Sammensatt	<0,31	0,31-0,49	0,49-0,63	0,63-0,72	>0,72	0,78
NQI2	Sammensatt	<0,20	0,20-0,38	0,38-0,54	0,54-0,65	>0,65	0,73
H'	Artsmangfold	<0,9	0,9-1,9	1,9-3,0	3,0-3,8	>3,8	4,4
ES_{100}	Artsmangfold	<5	5-10	10-17	17-25	>25	32
ISI	Ømfintlighet	<4,2	4,2-6,1	6,1-7,5	7,5-8,4	>8,4	9

For klassifisering av tilstand etter organisk innhold i sediment (iht. veileder SFT 97:03) må TOC-verdiene korrigeres for sedimentets innhold av finstoff ($\% < 63\mu\text{m}$, dvs. leire og silt). Dette gjøres ved at prøven standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

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

hvor F er lik andelen finstoff.

Klassegrensene for tilstand for organisk innhold i sediment er gitt i **Tabell 4**. TOC benyttes imidlertid kun som et supplement til faunadataene for å få informasjon om graden av organisk belastning, men inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand. Tilstandsklassene for organisk innhold i sediment kan derfor anses som veiledende.

Tabell 4 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. TOC-verdiene er korrigert for innhold av finstoff forut for klassifiseringen. Fra SFT 97:03.

Parameter	Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment (SFT 97:03)				
	Svært dårlig	Dårlig	Mindre god (moderat)	God	Svært god
Organisk karbon (TOC) (mg/g)	<41	34-41	27-34	20-27	<20

3. Resultater

3.1 Visuell beskrivelse av grabbprøvene

Tabell 5 gir en visuell beskrivelse av sedimentet fra grabbprøvene. Stasjon BL1 og BL2 hadde stort sett finkornet leire, som normalt for marine sediment. BL5 hadde mørkt sediment som luktet av hydrogensulfid. BL10 hadde svært grovt sediment hovedsakelig bestående av sand og grus.

Tabell 5 Beskrivelse av sedimentets beskaffenhet og grabbprøvenes volum (L). Munsell viser til fargekode iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter.

Stasjon	Volum (L)	Munsells fargekode	Beskrivelse av grabbprøven
BL1	13,5-17	5Y 4/3	Noe sand, døde skjell, rørbyggende flerbørstemark, slangestjerner, skjellrester.
BL2	18-20	5Y 4/3	Finkornet leire, noe organisk materiale, rørbyggende flerbørstemark, slangestjerner, enkelte skjell, skallrester.
BL5	21	2,5Y 3/1	Mørkt sediment, H ₂ S-lukt. Noe organisk materiale og skallrester. Lite levende dyr.
BL10	9-11	2,5Y 4/2	Grovt sediment, grus på toppen, sand under. Sjøstjerner, sjømus, tangrester.

3.2 Bløtbunnsfauna

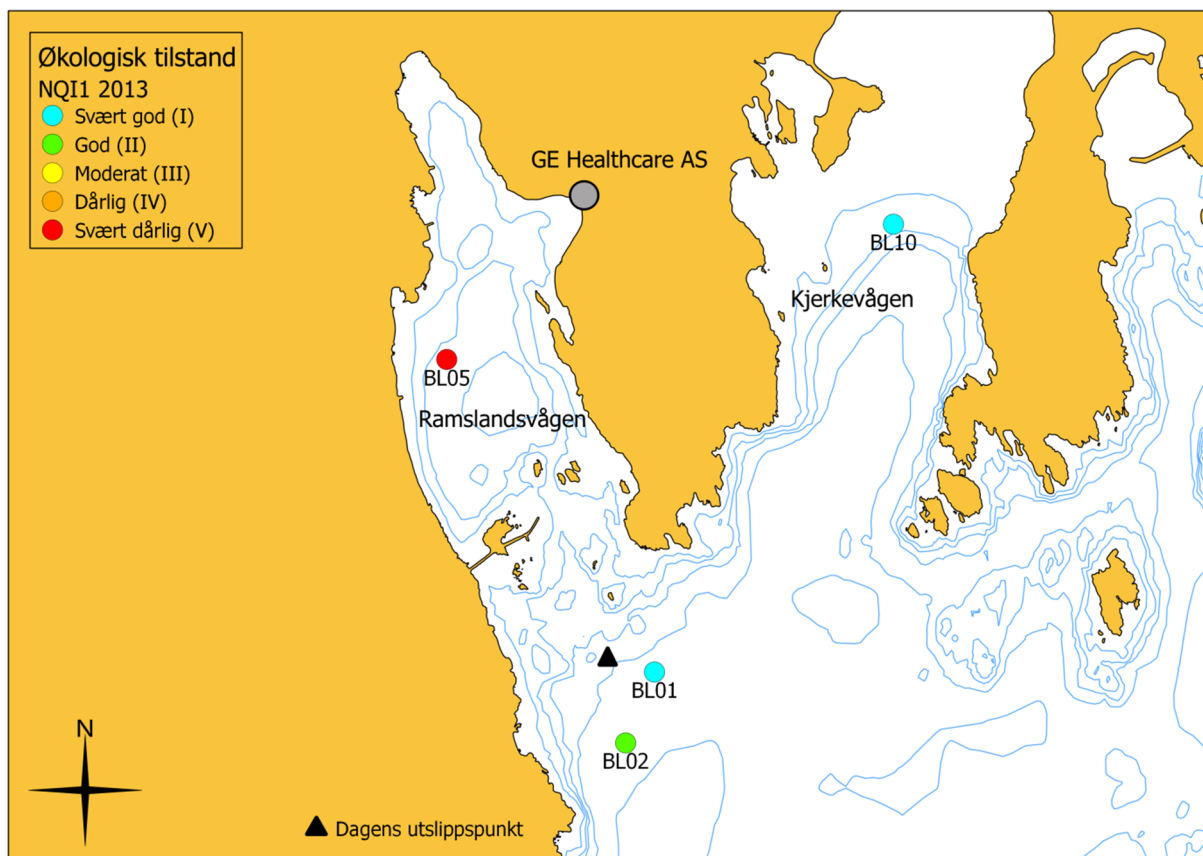
Indeksenes stasjonsvise middelerverdi og indekser for alle grabbprøver er gitt i **Tabell 6** og **Tabell 7**. Fullstendige artslistene er gitt i **Vedlegg A**. Klassifisering av tilstand iht. NQI1 er vist i **Figur 3**.

Resultatene viser at stasjonene nærmest utslippet utenfor Ramslandsvågen, BL1 og BL2, hadde henholdsvis svært god (klasse I) og god (klasse II) økologisk tilstand iht. NQI1. Begge stasjonene hadde svært høyt artsmangfold (>100 arter) og høy artsdiversitet ($H' = 4,9$ og $4,2$). Referansestasjonen BL10 i Kjerkevågen hadde svært god økologisk tilstand (klasse I) for bløtbunnsfauna, og svært høyt artsmangfold (> 100 arter). Stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen hadde derimot en meget fattig fauna, og tilstanden ble klassifisert til svært dårlig (klasse V). Det ble kun registrert 8 arter og 115 individer, hvorav 106 individer hørte til den samme arten (flerbørstemarken *Capitella capitata*).

Tabell 6 Tabellen viser total antall arter og individer for stasjonene (0,4 m²), indeksenes stasjonsvise middelerverdi for NQI1 og NQI2 (norske kvalitetsindekser); $H'(\log_2)$ (Shannon-Wiener diversitetsindeks); ES₁₀₀ (Hurlberts diversitetsindeks; forventet antall arter per 100 individer) og ISI (norsk ømfintlighetsindeks) for 2013. Tilstandsklassifiseringen er basert på NQI1.

Stasjon	Antall arter	Antall individer	NQI1	NQI2	H'	ES100	ISI	Økologisk tilstand (NQI1)
BL01	110	1370	0,76	0,75	4,9	36	9,1	Svært god (I)
BL02	100	2543	0,69	0,63	4,2	28	8,9	God (II)
BL05	8	115	0,21	0,13	0,5	3	4,5	Svært dårlig (V)
BL10	104	1238,5	0,81	0,79	4,8	35	7,9	Svært god (I)

Tilstands-klasse	Svært dårlig (V)	Dårlig (IV)	Moderat (III)	God (II)	Svært god (I)



Figur 3 Klassifisering av tilstand for bløtbunnsfauna i 2013 basert på NQI1.

Tabell 7 Tabellen viser antall arter og individer per grabbprøve, og indeksene NQI1 og NQI2 (norske kvalitetsindekser); $H'(\log_2)$ (Shannon-Wiener diversitetsindeks); ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks; forventet antall arter per 100 individer) og ISI (norsk ømfintlighetsindeks) per grabbprøve i 2013.

Stasjon	Grabb	Arter	Individer	NQI1	NQI2	H'	ES_{100}	ISI
BL01	G1	70	399	0,78	0,77	5,1	38	9,0
BL01	G2	65	299	0,79	0,79	5,2	40	9,7
BL01	G3	48	298	0,70	0,68	4,6	30	8,6
BL01	G4	59	374	0,76	0,74	4,8	34	9,2
BL02	G1	57	668	0,68	0,61	4,0	25	8,6
BL02	G2	56	627	0,69	0,65	4,2	28	8,8
BL02	G3	72	684	0,71	0,68	4,6	32	8,8
BL02	G4	51	564	0,67	0,60	3,8	25	9,2
BL05	G1	6	40	0,33	0,17	0,8	6	7,9
BL05	G2	4	14	0,29	0,19	1,1	4	5,3
BL05	G3	2	27	0,16	0,09	0,2	2	2,5
BL05	G4	1	34	0,07	0,07	0,0	1	2,5
BL10	G1	45	120,5	0,83	0,80	4,8	38	8,1
BL10	G2	66	345	0,80	0,77	4,9	36	8,0
BL10	G3	54	444	0,79	0,75	4,4	30	7,8
BL10	G4	66	329	0,84	0,82	5,1	37	7,7

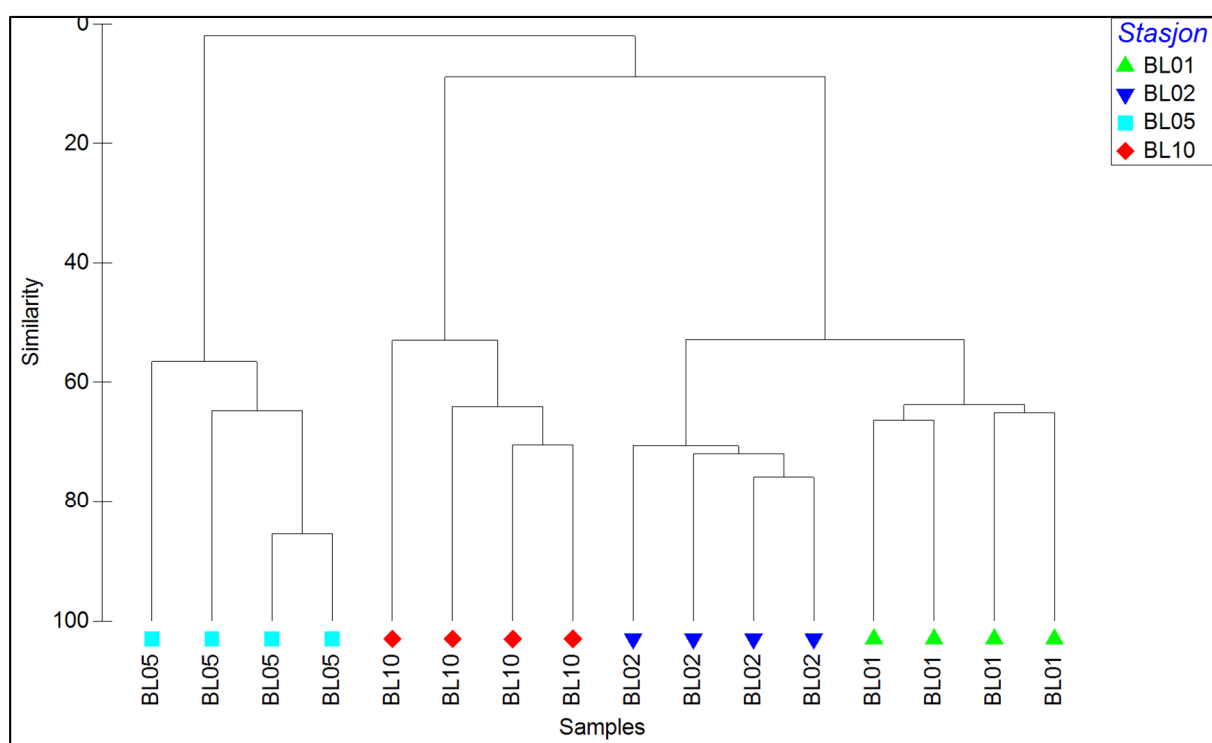
Tabell 8 De ti vanligste artene på hver stasjon (per 0,4 m², per 0,325 m² for BL10)

Gruppe	Art	BL01 2013
Flerbørstemark	<i>Spiophanes kroyeri</i>	131
Flerbørstemark	<i>Pterolysippe vanelli</i>	124
Flerbørstemark	<i>Heteromastus filiformis</i>	108
Flerbørstemark	<i>Euchymeninae</i> indet	86
Musling	<i>Thyasira</i> sp.	71
Flerbørstemark	<i>Chaetozone</i> sp.	64
Musling	<i>Abra nitida</i>	61
Flerbørstemark	<i>Abyssoninoe hibernica</i>	51
Flerbørstemark	<i>Exogone (Exogone) verugera</i>	36
Musling	<i>Kurtiella bidentata</i>	33
Gruppe	Art	BL02 2013
Flerbørstemark	<i>Heteromastus filiformis</i>	737
Musling	<i>Thyasira</i> sp.	236
Musling	<i>Abra nitida</i>	224
Flerbørstemark	<i>Chaetozone</i> sp.	173
Flerbørstemark	<i>Spiophanes kroyeri</i>	131
Musling	<i>Yoldiella</i> sp.	102
Musling	<i>Ennucula tennis</i>	80
Flerbørstemark	<i>Paramphinoe jeffreysii</i>	66
Flerbørstemark	<i>Prionospio fallax</i>	53
Musling	<i>Kurtiella bidentata</i>	52
Gruppe	Art	BL05 2013
Flerbørstemark	<i>Capitella capitata</i>	106
Flerbørstemark	<i>Heteromastus filiformis</i>	2
Flerbørstemark	<i>Levinsenia gracilis</i>	2
Flerbørstemark	<i>Spiophanes kroyeri</i>	1
Flerbørstemark	<i>Pterolysippe vanelli</i>	1
Slangestjerne	<i>Amphiura chiajei</i>	1
Larver	Galatea larve	1
Larver	Zoealarve	1
Gruppe	Art	BL10 2013
Kråkeboller	Carinacea juvenile	177
Flerbørstemark	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	136
Flerbørstemark	<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	105
Fåbørstemark	Oligochaeta	72
Flerbørstemark	<i>Pisione remota</i>	53
Sjømus	<i>Echinocyamus pusillus</i>	53
Flerbørstemark	<i>Sabellidae</i> indet	52
Slimorm	<i>Nemertea</i> indet	48
Flerbørstemark	<i>Exogone (Exogone) naidina</i>	44
Flerbørstemark	<i>Sphaerosyllis hystrix</i>	33

Tabell 8 viser de ti mest tallrike artene som ble funnet på hver stasjon, og hvilken dyregruppe de tilhører. Stasjon BL1 og BL2 var dominert av muslinger og flerbørstemark. På BL2 var det høy dominans av flerbørstemarken *Heteromastus filiformis* (totalt 737 individer funnet på stasjonen, noe som tilsvarer 1842 individer/m²). Denne arten er regnet som opportunistisk (økologisk gruppe IV), og bidrar til at stasjonen får god tilstand (klasse II), til tross for at diversiteten var meget høy (både Shannon-Wiener indeksen og Hurlberts diversitetsindeks gir svært god tilstand (klasse I)).

Stasjon BL5 var svært artsfattig (< 10 arter), og fauna var dominert av flerbørstemarken *Capitella capitata*. Denne arten er ansett som en forurensningsindikator, og kan tolerere høye konsentrasjoner av hydrogensulfid. 92 % av alle individene fra stasjonen tilhørte denne arten.

Faunaen på stasjon BL10 hadde innslag av flere grupper blant de mest dominerende artene, bl.a. sjømusen *Echinocyamus pusillus*. I tillegg ble det funnet mange små, juvenile kråkeboller.



Figur 4 Dendrogram som viser likheter/ulikheter i faunasammensetning mellom de enkelte grabbprøvene fra hver stasjon.

Dendrogrammet (**Figur 4**) viser at stasjon BL1 og BL2 danner en gruppe med høy innbyrdes likhet (mer enn 50 % likhet) i faunasammensetning. Faunasammensetningen på stasjon BL10 skiller seg fra de øvrige stasjonene, og har kun 10 % likhet med BL1 og BL2. Stasjon BL5 danner en egen gruppe som er helt ulik de andre. Stasjonene fra undersøkelsen i 2013 grupperer seg tilnærmet identisk som i 2003 (Rygg, 2003).

3.3 Organisk belastning

Resultatene fra analyse av organisk innhold i sediment er vist i **Tabell 9**.

Tabell 9 Sedimentets innhold av tørrstoff, finstoff ($\% < 63 \mu\text{m}$), total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) i 2013. TOC63 er innhold av total organisk karbon normalisert for innhold av finstoff, og tilstandsklassene er angitt med farger etter grenseverdier fra SFT-veileder 97:03 (Molvær m.fl. 1997).

Stasjon	Tørrstoff (%)	Finstoff (%)	TOC (mg/g)	TOC63	TN (mg/g)
BL01	51,7	32	13,1	25,34	1,4
BL02	38,2	68	24,9	30,66	2,8
BL05	17,7	64	93	99,48	9,6
BL10	80,4	<1	2,7	<20,52	<1

På stasjon BL2 og BL5 besto sedimentet av henholdsvis 68 og 64 % finstoff (leire og silt). Stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen hadde meget høye TOC-verdier (93 mg/g, som tilsvarer 9,3 %), og fikk svært dårlig tilstand (klasse V). BL5 hadde også høyt innhold av totalt nitrogen (9,6 mg/g).

BL2 hadde også noe forhøyede verdier av TOC, og mindre god (moderat) tilstand (klasse III). Stasjon BL1 lavere innhold av finstoff enn BL2 og BL5, men normalt innhold av organisk karbon og god tilstand (klasse II).

På stasjon BL10 i Kjerkevågen var sedimentet svært grovt, det besto hovedsakelig av sand og hadde <1 % finstoff. Innhold av organisk karbon var følgelig svært lavt, og tilstanden klassifiseres til god (klasse II).

3.4 Sammenligning med tidligere undersøkelser

3.4.1 Bløtbunnsfauna

Tabell 10 sammenligner resultatene fra faunaundersøkelsen i 2013 med resultatene fra undersøkelsene i 2003 (NIVA) og 2008 (DNV).

På stasjon BL1 var den økologiske tilstanden svært god (klasse I) både i 2003 og 2013. I 2008 fikk stasjonen derimot tilstandsklasse II (god tilstand), og det var færre arter og lavere diversitet enn i 2003 og 2013.

Stasjon BL2 hadde svært god tilstand (klasse I) i 2003. I 2008 fikk stasjonen derimot moderat tilstand (klasse III), til tross for at det ble funnet langt flere arter enn i 2003. Dette skyldes svært høy dominans av den opportunistiske flerbørstemarken *Heteromastus filiformis* (totalt 2331 individer på stasjonen, noe som tilsvarer 7770 individer/m²). Denne arten ble det funnet kun noen få individer av i 2003. Også i 2013 hadde *Heteromastus filiformis* høy dominans (det ble funnet totalt 737 individer på stasjonen, noe som tilsvarer 1842 individer/m²), og stasjonen fikk tilstandsklasse god (II). Denne dominansen av en opportunistisk art er en medvirkende faktor til at stasjonen fikk dårligere tilstandsklassifisering i 2013 og 2008 enn i 2003.

Stasjon BL5 var svært artsfattig (< 10 arter) og hadde svært dårlig økologisk tilstand (klasse V) både i 2003 og 2013. I begge undersøkelsene var faunaen dominert av flerbørstemarken *Capitella capitata*. Denne arten er ansett som en forurensingsindikator (økologisk gruppe V), og kan tolerere høye konsentrasjoner av hydrogensulfid. I 2008 fikk stasjonen god tilstand (klasse II), og det ble funnet totalt 48 arter. Det var imidlertid stor forskjell mellom replikatene: grabb 1 og 3 hadde henholdsvis 4 og 6 arter, mens grabb 2 hadde 46 arter. Rapporten (DNV, 2008) konkluderer med at tilstanden svært god (klasse I) for grabb 2 sannsynligvis ikke var representativ for stasjonen, og resultatene fra den nåværende undersøkelsen underbygger dette. Det ble ikke funnet noen individer av *Capitella capitata* på stasjon BL5 i 2008, til tross for at dette var en dominerende art både i 2003 og 2013.

På stasjon BL10 var den økologiske tilstanden svært god (klasse I) både i 2003 og 2013. I 2008 fikk stasjonen derimot moderat tilstand (klasse III), og hadde lavere artsantall og artsdiversitet. Dette året ble imidlertid stasjonen flyttet 40 m lenger sør enn den opprinnelige posisjonen, til 33 m dyp. Resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare.

Tabell 10 Tabellen viser indeksenes stasjonsvise middelerverdi (2003, 2013, begge NIVA) eller samfengt stasjonsverdi (2008, DNV) for NQI1 og NQI2 (norske kvalitetsindekser); $H'(\log_2)$ (Shannon-Wiener diversitetsindeks); ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks; forventet antall arter per 100 individer) og ISI (norsk ømfintlighetsindeks) (ISI ikke tilgjengelig for 2008). Antall arter er per 0,3 m² for 2003 og 2008, og per 0,4 m² for 2013). Tilstandsklassifiseringen er basert på NQI1.

Stasjon	År	Arter	NQI1	NQI2	H'	ES100	ISI	Økologisk tilstand (NQI1)
BL01	2003	99	0,78	0,77	5,0	38	9,3	Svært god (I)
BL01	2008	84	0,65	0,56	3,7	26		God (II)
BL01	2013	110	0,76	0,75	4,9	36	9,1	Svært god (I)
BL02	2003	63	0,74	0,71	4,4	31	8,9	Svært god (I)
BL02	2008	81	0,60	0,43	2,6	18		Moderat (III)
BL02	2013	100	0,69	0,63	4,2	28	8,9	God (II)
BL05	2003	4	0,17	0,12	0,3		3,6	Svært dårlig (V)
BL05	2008	48	0,71	0,68	4,4	28		God (II)
BL05	2013	8	0,21	0,13	0,5	3	4,5	Svært dårlig (V)
BL10	2003	93	0,77	0,74	4,4	28	7,8	Svært god (I)
BL10	2008	81	0,5	0,4	3,6	23		Moderat (III)
BL10	2013	104	0,81	0,79	4,8	35	7,9	Svært god (I)

Tilstands-klasse	Svært dårlig (V)	Dårlig (IV)	Moderat (III)	God (II)	Svært god (I)
------------------	------------------	-------------	---------------	----------	---------------

3.4.2 Organisk belastning

Tabell 11 sammenligner resultatene fra sedimentanalysene i 2013 med resultatene fra analysene i 2003 (NIVA) og 2008 (DNV).

Verdiene for alle de analyserte parametrene er i hovedsak de samme i 2003 som i 2013, mens TOC-verdiene på stasjon BL1, BL2 og BL5 var litt lavere i 2008 enn i 2003 og 2013. Dette kan skyldes at det i 2008 ble analysert på sjiktet 0-2 cm, mens det i 2003 og 2013 ble analysert på sjiktet 0-1 cm. Analysene av sedimentet viser imidlertid at det ikke har skjedd vesentlige endringer i organisk innhold fra 2003 og 2008 til 2013, og tilstandsklassifiseringene blir den samme for alle stasjonene hvert av årene.

Stasjon BL10 hadde mer enn 3 ganger så høyt innhold av TOC i 2008 sammenlignet med 2003 og 2013. Stasjonen ligger midlertid 40 m lenger sør og dypere enn i 2003 og 2013 og resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare (innholdet av finstoff på BL10 er også mye høyere i 2008 enn de andre årene).

Tilstandsklassifiseringen av organisk innhold fra 2008 (DNV, 2008) er ikke korrekt. Ved normalisering av TOC etter sedimentets innhold av finstoff ble det benyttet TOC-verdier i % (g/100g), og ikke mg/g slik formelen for omregning tilsier (Molvær m.fl. 1997). Dette medfører lavere TOC63-verdier (normaliserte TOC-verdier), og følgelig bedre tilstandsklasse enn det skulle vært. Det konkluderes i rapporten fra 2008 med at alle stasjonene hadde tilstandsklasse meget god (klasse I) for organisk innhold. Korrekt tilstandsklasse etter omregning er gitt i **Tabell 11**, og det er store avvik fra tilstandsklassifiseringen fra 2008-rapporten. Dette gjelder særlig BL5, som etter korrekt omregning fikk meget dårlig tilstand (klasse V), og BL2 som fikk moderat tilstand (klasse III).

Tabell 11 Sedimentets innhold av tørrstoff, finstoff ($\% < 63\mu\text{m}$), total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) i 2003 (NIVA), 2008 (DNV) og 2013 (NIVA). TOC63 er innhold av total organisk karbon normalisert for innhold av finstoff, og tilstandsklassene er angitt med farger etter grenseverdier fra SFT 97:03 (Molvær m.fl. 1997). Tallene i parentes er de feilberegnete normaliserte TOC-verdiene fra 2008-rapporten (DNV, 2008).

Stasjon	År	Tørrstoff (%)	Finstoff (%)	TOC (mg/g)	TOC63	TN (mg/g)
BL01	2003	48,45	33,5	11,25	23,22	1,4
BL01	2008		31,1	8	20,4 (13,2)	
BL01	2013	51,7	32	13,1	25,34	1,4
BL02	2003	38,6	68	23,9	29,66	2,65
BL02	2008		46,2	21	30,68 (11,8)	
BL02	2013	38,2	68	24,9	30,66	2,8
BL05	2003	16,3	67	94,4	100,34	10,8
BL05	2008		95,8	80	80,76 (8,8)	
BL05	2013	17,7	64	93	99,48	9,6
BL10	2003	80,05	2	3,05	20,69	<1
BL10	2008		19,1	10	24,56 (15,6)	
BL10	2013	80,4	<1	2,7	<20,52	<1

3.5 Kontrastmiddel i porevann

Analysene av røntgenkontrastmiddel i porevann ble utført av GE Healthcare, og analyserapport ble oversendt NIVA 10.juli 2013 (se Vedlegg B). Analysene av porevannsprøvene ble opplyst å ikke påvise spor av røntgenkontrastmidler over målemetodens deteksjonsgrense på 1 mg/L.

4. Diskusjon

4.1 Bløtbunnsfauna og organisk belastning

Utslipet av bedriftens avløps- og kjølevann har siden 1986 blitt ført ut av Ramslandsvågen til 40 m dyp utenfor terskelen. Dette har likevel ikke ført til noen bedring i tilstand for bløtbunnsfauna eller organisk innhold i sediment på stasjonen inne i vågen (BL5). Innhold av organisk karbon var meget høyt og ga tilstandsklasse meget dårlig, og tilstanden for bløtbunnsfauna var svært dårlig i 2013. Dette skyldes dårlig vannutskifting i vågen pga. naturlige topografiske forhold (terskel), samt en molo ved buktens utløp. Tidligere undersøkelser (A/S Miljøplan, 1986) har vist at oksygeninnholdet avtar med dypet i vågen, og dersom bunnen er oksygenfri vil det organiske materialet i liten grad brytes ned, men derimot akkumuleres på bunnen. Grabbprøvene inne i vågen luktet av hydrogensulfid, en gass som oppstår ved nedbrytning av organisk materiale under anaerobe forhold. De dårlige forholdene inne i Ramslandsvågen har ikke sammenheng med bedriftens utslipp.

Resultatene tyder ikke på at utslippet har negative konsekvenser for bløtbunnsfaunaen nær utslippspunktet. De to stasjonene sør og sørøst for utslippet (BL1 og BL2) hadde god til svært god økologisk tilstand. Stasjonen sør for utslippet (BL2) hadde imidlertid noe forhøyede TOC-verdier, og mindre god (moderat) tilstand for organisk innhold i sediment. Det er usikkert om dette kan knyttes til det organiske innholdet i utslippet, eller om det skyldes tilførsel av organiske partikler fra land eller fra strender med tang og tare. I kystnære farvann og mindre fjorder kan slike bidrag føre til et naturlig høyt nivå av organisk materiale i sediment. Imidlertid har det på denne stasjonen vært en relativt kraftig økning av individtall for den opportunistiske flerbørstemarken *Heteromastus filiformis* siden 2003, noe som har bidratt til at den økologiske tilstanden har gått fra svært god i 2003, til moderat i 2008 og god i 2013. Tettheten av *H. filiformis* var imidlertid lavere i 2013 enn i 2008, og antallet arter var høyere i 2013 enn i 2003 og 2008.

Stasjonen inne i Kjerkevågen hadde høyt arts mangfold og svært god økologisk tilstand. Faunasammensetningen her skilte seg fra de øvrige stasjonene. Stasjonen lå imidlertid en del grunnere enn de andre stasjonene, og hadde grovt sandig sediment. Det er derfor som forventet at faunasammensetningen her er forskjellig fra de dypere stasjonene med finere sediment.

4.2 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Sammenligningen med de tidligere undersøkelsene i området (2003, 2008) viser at det ikke har skjedd store endringer i tilstand hverken for bløtbunnsfauna eller organisk innhold de siste ti årene. Resultatene fra 2008 gir generelt dårligere tilstand for bløtbunnsfauna sammenlignet med 2003 og 2013. Vi tror ikke dette skyldes en generell negativ utvikling i området fra 2003 til 2008, som så skulle snudd fra 2008 til 2013. Derimot er det flere faktorer som kan forklare forskjellen mellom undersøkelsen i 2008 og de to andre undersøkelsene, som ulik stasjonsplassering (BL10), flekkvis fordeling av enkelte dominerende arter (BL2) og avvikende enkeltgrabber som ved BL5 i 2008. Innholdet av organisk karbon har også holdt seg stabilt gjennom perioden fra undersøkelsen i 2003 til den nåværende undersøkelsen.

4.3 Kontrastmiddel i utslippsvann og i porevann

Joderte røntgenkontrastmidler er både persistente og vannløselige. De blir raskt utskilt fra pasienten etter behandling og havner raskt i det akvatiske miljø via kloakksystemet. Farmasøytiske produkter som er miljømessig persistente må vurderes ekstra grundig i forhold til potensiell miljørisiko. Toksisitet og effektvurderinger av røntgenkontrastmidler i akvatiske biotoper, og da særlig i ferskvann, har derfor tiltrukket seg ganske mye oppmerksomhet fra økotoksikologer (Kalsch 1999, Steger-Hartmann, Lange et al. 1999, Putschew, Wischnack et al. 2000, Ternes and Hirsch 2000, Steger-Hartmann, Lange et al. 2002,

Perez and Barcelo 2007). Resultatene som har kommet fra slike undersøkelser har hittil gitt liten grunn for miljømessig bekymring. I marin sammenheng eksisterer det svært lite publisert dokumentasjon om røntgenkontrastmidlers miljømessige og økotoksikologiske egenskaper. Miljøundersøkelsene som er utført ved utslippet til sjø fra GE Healthcare AS på Ramsland kan derfor anses å ha en spesiell betydning.

Årsgjennomsnittlig konsentrasjon av kontrastmidler i utslippsvannet fra GE opplyses å være <120 mg/L ved utslippspunktet, mens årlig utslippsvolum <200 000 m³. Analysene av porevannsprøvene fra de fire stasjonene i den inneværende undersøkelsen viste ingen målbare spor av røntgenkontrastmidler, heller ikke ved stasjon BL1 og BL2 som ligger nærmest dagens utslipp. Resultatene tyder derfor på at restene av røntgenkontrastmidlene som slippes ut sammen med avløpsvannet ikke akkumuleres i sediment eller i sedimentets porevann. Røntgenkontrastmidlenes vannløselighet er sannsynligvis for høy til at en vesentlig assosiasjon til sedimenterende partikler nedstrøms for bedriftens (tidligere eller eksisterende) utslipp vil skje.

Økotoksikologisk testing (Källqvist, 1991) av kontrastmiddelet viste at den mest følsomme subletale responsen var effekt på reproduksjon hos krepsdyret *Tisbe furcata* (marin copepode eller hoppekreps). Testresultatene viste 10 % redusert reproduksjon i forhold til kontrollgruppen ved en eksponeringskonsentrasjon i sjøvann på 0,001 % av prøveløsningen (laveste konsentrasjonen som ble testet), noe som tilsvarer en konsentrasjon av røntgenkontrastmiddel på 3 mg/L). Denne eksponeringskonsentrasjonen er tre ganger høyere enn deteksjonsgrensen på 1 mg/L som gjaldt for målemetoden som ble brukt for porevannsanalysene i den inneværende undersøkelsen. Avløpsvannet vil gradvis fortynnes med avstand fra utslippspunktet. At ingen målbar mengde av kontrastmidler kunne påvises kan tolkes som et prov på a) den kraftige fortynningen av utslippsskyen som skjer fra utslippspunktet og til posisjonen der prøvene er tatt, og b) at det er usannsynlig at konsentrasjonen av kontrastmidler i sjøvann og/eller porevann ved de prøvestasjonene som ble undersøkt vil kunne bli høy nok til å gi målbare biologiske effekter på den sedimentlevende faunaen.

Den økotoksikologiske vurderingen av kontrastmiddelet i porevann viser at analysemetodens deteksjonsgrense er for høy til at man kan si med sikkerhet at det ikke foreligger en miljørisiko (**Vedlegg C**). Det er imidlertid likevel grunn til å anta at bedriftens utslipp av kontrastmidler til sjø ikke vil føre til målbare negative konsekvenser for det marine miljø ut fra den kunnskapen vi i dag har om røntgenkontrastmidlers miljømessige og økotoksikologiske oppførsel.

5. Konklusjoner

- Stasjonene nærmest utslippet utenfor Ramslandsvågen, BL1 og BL2, hadde henholdsvis god (klasse II) og svært god (klasse I) økologisk tilstand iht. NQI1. Stasjon BL10 i Kjerkevågen hadde svært god økologisk tilstand (klasse I) for bløtbunnsfauna, mens for stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen ble tilstanden klassifisert til svært dårlig (klasse V).
- Det har ikke skjedd noen endring i den økologiske tilstanden på stasjon BL1, BL5 og BL10 fra 2003 til 2013. NQI1 og NQI2 har derimot gått noe ned på stasjon BL2, slik at stasjonens tilstand reduseres fra svært god (klasse I) i 2003 til god (klasse II) i 2013. Resultatene fra 2008 avviker til en viss grad fra 2003 og 2013, og gir med unntak av BL5 dårligere tilstand enn i de to andre undersøkelsene.
- Stasjon BL5 inne i Ramslandsvågen hadde meget høye TOC-verdier, og fikk meget dårlig tilstand (klasse V) for organisk innhold i sediment. BL2 hadde også noe forhøyede verdier av TOC, og mindre god (moderat) tilstand (klasse III), mens BL1 hadde normalt innhold av organisk karbon og god tilstand (klasse II). BL10 hadde svært grovt sediment, hovedsakelig sand, og <1 % finstoff. Innhold av organisk karbon var følgelig svært lavt, og tilstanden klassifiseres til god (klasse II).
- Det har ikke skjedd vesentlige endringer i organisk innhold i sediment fra 2003 til 2013. Tilstandsklassifiseringen for organisk innhold i sediment ble den samme i 2003, 2008 og 2013.
- Analyse av porevannsprøvene viste ingen spor av røntgenkontrastmidler. Men den økotoksikologiske vurderingen av kontrastmiddelet i porevann viser at analysemetodens deteksjonsgrense var for høy til at man kan si med sikkerhet at det ikke foreligger en miljørisiko. Det er imidlertid likevel grunn til å anta at bedriftens utslipp av kontrastmidler til sjø ikke vil føre til målbare negative konsekvenser for det marine miljø ut fra den kunnskapen vi i dag har om røntgenkontrastmidlers miljømessige og økotoksikologiske oppførsel.
- Stasjonene utenfor Ramslandsvågen hadde alle god eller svært god økologisk tilstand, og oppfyller således Vannforskriftens krav om minimum god økologisk tilstand. Stasjonen inne Ramslandsvågen hadde derimot svært dårlig økologisk tilstand. En totalvurdering av resultatene tilsier at bedriftens utslipp til sjøen ikke har negative konsekvenser for bløtbunnsfaunaen i området.
- Sammenligning med tidligere undersøkelser viser at det ikke har skjedd store endringer i tilstand hverken for bløtbunnsfauna eller organisk innhold de siste ti årene.

6. Referanser

- A/S Miljøplan, 1986. Marinbiologiske undersøkelser i Ramslandsvågen 1985. Prosjektnr. 37-85.
- Arnesen, R.T., 1975. undersøkelser i Ramslandsvågen desember 1974. NIVA, Oslo. NIVA rapport 0642-1975.
- Det Norske Veritas, 1993. Marin resipientundersøkelse ved Ramslandsvågen 1992-1993. DNV rapport 93-3697.
- Det Norske Veritas, 1998. Resipientundersøkelse ved Ramslandsvågen 1997. DNV rapport 98-3388.
- Glette, T., Ulfnes, A., 2008. Resipientundersøkelse i Ramslandsvågen 2008. DNV rapport 2008-1141.
- Kalsch, W. (1999). Biodegradation of the iodinated X-ray contrast media diatrizoate and iopromide. *Science of the Total Environment* 225(1-2): 143-153.
- Källqvist, T., 1991. Økotoksikologisk karakterisering av kontrastmiddelrester fra Nycomed A.S, Lindesnes fabrikk. NIVA rapport 2603-1991.
- Källqvist, T., 1996. Karakterisering av avløpsvann fra produksjon av røntgenkontrastmidler ved Nycomed Imaging, Lindesnes. NIVA rapport 3595-1996.
- Källqvist, T., Efraimsen, H., Sætre, T., 2004. Nedbrytning av røntgenkontrastmidler. Tester utført med Iohexol. NIVA rapport 4782-2004.
- Klif, 2013. Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for GE Healthcare AS, Lindesnes Fabrikk. Oppdatert tillatelse per 18. februar 2013. Klif arkivkode: 408/1989-084.
- Liseth, P., Hambo. B., 1971. En vurdering av Ramslandsvågen som resipient for ny fabrikk for røntgenkontrastmidlet ISOPAQUE. NIVA rapport 0385-1971.
- Molvær m.fl. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorden og kystvann. SFT-veileder 97:03.
- Molvær, J., 2004. Vurdering av spredning av kolibakterier fra utslipper fra Amersham Health til Ramslandsvågen. NIVA rapport 4887-2004.
- Perez, S. and D. Barcelo (2007). Fate and occurrence of X-ray contrast media in the environment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 387(4): 1235-1246.
- Putschew, A., S. Wischnack and M. Jekel (2000). Occurrence of triiodinated X-ray contrast agents in the aquatic environment. *Science of the Total Environment* 255(1-3): 129-134.
- Rygg, B., 2003. Resipientundersøkelse av bløtbunnsfauna i og utenfor Ramslandsvågen ved Lindesnes i 2003. NIVA rapport 4754-2003.
- Steger-Hartmann, T., R. Lange and H. Schweinfurth (1999). Environmental risk assessment for the widely used iodinated X-ray contrast agent iopromide (Ultravist). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 42(3): 274-281.

Steger-Hartmann, T., R. Lange, H. Schweinfurth, M. Tschampel and I. Rehmann (2002). Investigations into the environmental fate and effects of iopromide (ultravist), a widely used iodinated X-ray contrast medium. *Water Research* 36(1): 266-274.

Ternes, T. A. and R. Hirsch (2000). Occurrence and behavior of X-ray contrast media in sewage facilities and the aquatic environment. *Environmental Science & Technology* 34(13): 2741-2748.

Veileder 01:2009: Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften (2009). Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet.

7. Vedlegg

Vedlegg A. Fullstendige artslister fra de fire stasjonene undersøkt i 2013 ved Ramslandsvågen.

STA	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3	G4
BL01	HYDROZOA		Hydroidolina indet	2			
BL01	ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthus lloydi	1	1		
BL01	NEMERTEA		Nemertea indet	5	7	5	8
BL01	POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	5	9	5	5
BL01	POLYCHAETA	Polynoidae	Gattyana amondseni	2	2	1	3
BL01	POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe spinifera	1			
BL01	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eumida bahusiensis	1			
BL01	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phylloce sp.	1			
BL01	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Sige fusigera	1			
BL01	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica		3	1	
BL01	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe pallida		1		
BL01	POLYCHAETA	Hesionidae	Podarkeopsis capensis			1	
BL01	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Exogone) verugera	2	7	6	21
BL01	POLYCHAETA	Syllidae	Syllis sp.		1		
BL01	POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni	1	1		
BL01	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	2	1	1	1
BL01	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	2	2	1	4
BL01	POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni				2
BL01	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	2	2	2	5
BL01	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	4	16	22	9
BL01	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata		1		
BL01	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Ougia subaequalis			1	
BL01	POLYCHAETA	Orbiniidae	Orbinia (Orbinia) sertulata		1	1	
BL01	POLYCHAETA	Apistobranchidae	Apistobranchus tullbergi	1			1
BL01	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	11	5	12	1
BL01	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	3	1	1	2
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice bahusiensis				3
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera		4		
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio dubia		3	1	1
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	4	12	14	2
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora paucibranchiata		1		
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Scolelepis korsuni	2	1		1
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Spionidae indet	1			
BL01	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	48	28	16	39
BL01	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone sp.	12	10	24	18
BL01	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	2	7	3	2

BL01	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Pherusa plumosa			1	
BL01	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelia cylindricaudata				1
BL01	POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata			2	
BL01	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	22	13	41	32
BL01	POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus latericeus	3	7	5	8
BL01	POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet	23	14	19	30
BL01	POLYCHAETA	Maldanidae	Praxillura longissima	1	1		
BL01	POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni	8	5	7	2
BL01	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	2			1
BL01	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni	1		1	
BL01	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Amphictene) auricoma	2	1		1
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete finmarchica	4	2	1	
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp.				4
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri				1
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Amythasides macroglossus	13	7	1	4
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis				3
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi	1	2	1	2
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Pterolysippe vanelli	23	33	15	53
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Samytha sexcirrata				2
BL01	POLYCHAETA	Ampharetidae	Sosanopsis wireni	2	1	1	4
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Neoamphitrite affinis	1			
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Paramphitrite tetrabranchia		2		
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista lornensis			1	
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp.	5	7	7	2
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma bairdi		1		
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Streblosoma sp.	2			
BL01	POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellinae				2
BL01	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	3	10	1	15
BL01	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus	1	7	1	5
BL01	POLYCHAETA	Sabellidae	Chone sp.	5	2	1	1
BL01	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira caudata				2
BL01	PROSOBRANCHIA		Gastropoda indet	2			
BL01	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Hyala vitrea		1		
BL01	OPISTOBRANCHIA	Scaphandridae	Cylichna sp.	2	1		
BL01	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet	2	2		4
BL01	BIVALVIA		Bivalvia indet			3	1
BL01	BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis	14	4	6	6
BL01	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.		3		1
BL01	BIVALVIA	Nuculanidae	Nuculana cf. minuta		1		
BL01	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	3	1		2
BL01	BIVALVIA	Mytilidae	Modiolus sp.	1			
BL01	BIVALVIA	Pectinidae	Pectinidae indet	1			
BL01	BIVALVIA	Lucinidae	Myrtea spinifera	3	6	3	2

BL01	BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis	1	1	1	3
BL01	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	2			
BL01	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira biplicata	3	2		
BL01	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta	2	2	6	2
BL01	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	26	8	19	18
BL01	BIVALVIA	Lasacidae	Kurtiella bidentata	33			
BL01	BIVALVIA	Cardiidae	Cardiidae indet			1	7
BL01	BIVALVIA	Cardiidae	Parvicardium minimum	7	1		
BL01	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	24	4	22	11
BL01	BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba	3	1	9	3
BL01	BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata			1	
BL01	SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.			1	
BL01	OSTRACODA	Cylindroleberididae	Cylindroleberis mariae	1			
BL01	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella emarginata				1
BL01	CUMACEA	Lampropidae	Hemilamprops roseus				1
BL01	CUMACEA	Diastylidae	Diastylis cornuta	1			
BL01	CUMACEA	Diastylidae	Diastylis sp.		1		
BL01	ISOPODA	Gnathidae	Gnathia maxillaris	1			
BL01	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca cf. tenuicornis	2			
BL01	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampeliscidae indet	1			
BL01	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Oedicerotidae indet				1
BL01	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula	2	2		
BL01	AMPHIPODA	Pardaliscidae	Pardaliscidae indet				1
BL01	EUPHAUSIACEA		Euphausiacea indet		1		
BL01	DECAPODA		Anomura indet		1		
BL01	SIPUNCULIDA		Golfingiidae indet	1	1		
BL01	SIPUNCULIDA		Thysanocardia procera		1		
BL01	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	13	3		3
BL01	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei	7	9	2	3
BL01	OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.				1
BL01	ECHINOIDEA		Irregularia indet	3			
STA	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3	G4
BL02	PLATYHELMINTHES		Turbellaria indet	2	1		
BL02	NEMERTEA		Nemertea indet	10	7	18	7
BL02	POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	31	16	14	5
BL02	POLYCHAETA	Polynoidae	Enipo elisabethae			1	
BL02	POLYCHAETA	Polynoidae	Gattyana amondseni	4	8	1	
BL02	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Chaetoparia nilssoni				2
BL02	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone sp.	4		2	1
BL02	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllococe sp.	1	1	1	1
BL02	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	7	3	4	1
BL02	POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis rosea			5	
BL02	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Exogone) verugera	2	14	17	7

BL02	POLYCHAETA	Nereidae	Ceratocephale loveni		2	4	2
BL02	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa	1			
BL02	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	1	1	4	
BL02	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum	1			
BL02	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera unicornis	1	1	2	3
BL02	POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni	2	4	1	
BL02	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	1	6	8	1
BL02	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	12	11	7	14
BL02	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cingulata	1			
BL02	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Ougia subaequalis			1	
BL02	POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos (Scoloplos) armiger	1		1	
BL02	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	9	5	7	13
BL02	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	4			
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice bahusiensis	2	1	1	3
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	6	3	5	7
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio dubia			2	1
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	21	8	16	8
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio multibranchiata	1			
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Scolelepis korsuni	1	4	2	2
BL02	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	18	44	38	31
BL02	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cauleriella sp.	2	5	1	2
BL02	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone sp.	61	33	48	31
BL02	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	9	8	7	9
BL02	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	3			2
BL02	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina cylindricaudata				1
BL02	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp.			1	
BL02	POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata		1	1	
BL02	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	187	180	161	209
BL02	POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet	4	8	16	17
BL02	POLYCHAETA	Maldanidae	Rhodine loveni	3	4	1	3
BL02	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	4	7	4	3
BL02	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Amphictene) auricoma		3	1	
BL02	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria sp.			2	
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete cf. falcata	1			
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp.			2	
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Amphicteis gunneri	1			
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus gracilis	1	2	1	1
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Melinna cristata	1		1	3
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Mugga wahrbergi	4	9	14	
BL02	POLYCHAETA	Ampharetidae	Pterolysippe vanelli		1	3	1
BL02	POLYCHAETA	Terebellidae	Amaeana trilobata	1	1		
BL02	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista cristata	2	2		1
BL02	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista lornensis		2	3	

BL02	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp.	1	4	3	4
BL02	POLYCHAETA	Trichobanchidae	Terebellides stroemii		4	8	7
BL02	POLYCHAETA	Trichobanchidae	Trichobranthus roseus	1	3	3	4
BL02	POLYCHAETA	Sabellidae	Chone sp.	4	2	2	
BL02	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira caudata		1	1	
BL02	PROSOBRANCHIA		Gastropoda indet			1	
BL02	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Hyala vitrea		2	4	5
BL02	CAENOGASTROPODA	Naticidae	Polinicinae indet			1	
BL02	OPISTHOBANCHIA		Philinoidea indet				2
BL02	OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine sp.			1	
BL02	OPISTHOBANCHIA	Scaphandridae	Cylichna cylindracea			1	
BL02	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata		1	4	
BL02	BIVALVIA		Bivalvia			3	
BL02	BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis	23	28	13	16
BL02	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	10	5	7	4
BL02	BIVALVIA	Nuculanidae	Nuculana cf. minuta	3	2	2	2
BL02	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella sp.	22	26	25	29
BL02	BIVALVIA	Lucinidae	Myrtea spinifera				1
BL02	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. obsoleta		1	1	
BL02	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	83	77	40	36
BL02	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata		6	46	
BL02	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella sp.	1			
BL02	BIVALVIA	Cardiidae	Parvicardium minimum		4	4	2
BL02	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	80	36	58	50
BL02	BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba	1			
BL02	SCAPHOPODA		Scaphopoda			1	
BL02	OSTRACODA	Cylindroleberididae	Cylindroleberis mariae	1			
BL02	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella emarginata	3	10		2
BL02	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes sp.		1		
BL02	CUMACEA	Diastylidae	Leptostylis cf. longimana				1
BL02	CUMACEA	Diastylidae	Leptostylis sp.			1	
BL02	ISOPODA	Gnathidae	Gnathia maxillaris			2	
BL02	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca cf. tenuicornis				1
BL02	AMPHIPODA	Melitidae	Eriopisa elongata				1
BL02	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus	2			1
BL02	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula	1	1	2	
BL02	EUPHAUSIACEA		Euphausiacea indet				1
BL02	DECAPODA		Decapod larver		1		
BL02	DECAPODA		Galatea larve	1			
BL02	DECAPODA	Portunidae	Liocarcinus depurator			1	
BL02	SIPUNCULIDA		Golfingiidae indet		2		
BL02	SIPUNCULIDA		Thysanocardia procera			1	
BL02	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	3	4	6	3

BL02	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei			3	
BL02	OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.			5	
BL02	ECHINOIDEA		Irregularia indet			5	
STA	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3	G4
BL05	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	1	1		
BL05	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	1			
BL05	POLYCHAETA	Capitellidae	Capitella capitata	35	11	26	34
BL05	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	1	1		
BL05	POLYCHAETA	Ampharetidae	Pterolysippe vanelli	1			
BL05	DECAPODA		Galatea larve		1		
BL05	DECAPODA		Zoecalarve indet			1	
BL05	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei	1			
STA	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3	G4
BL10	ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsia sp.	3	3	5	1
BL10	ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsiidae indet		2	3	3
BL10	PLATYHELMINTHES		Turbellaria indet	1			
BL10	NEMERTEA		Nemertea indet	11	7	12	22
BL10	POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp.	6	7	8	8
BL10	POLYCHAETA	Pisionidae	Pisione remota	4	23	8	21
BL10	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone sp.		2		1
BL10	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllococe sp.	2	2	2	1
BL10	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Pseudomystides cf. limbata				1
BL10	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe assimilis				1
BL10	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica	3	6	4	7
BL10	POLYCHAETA	Hesionidae	Gyptis rosea			3	
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Exogone) naidina	9	8	19	9
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone (Parexogone) hebes	4	2		3
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Pionosyllis sp.				3
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Sphaerosyllis hystrix	8	10	5	13
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Syllidae indet	1	1		2
BL10	POLYCHAETA	Syllidae	Trypanosyllis sp.	2	2		4
BL10	POLYCHAETA	Nereidae	Platynereis dumerilii				1
BL10	POLYCHAETA	Nephtyidae	Aglaophamus agilis	1			
BL10	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum	4	7	6	2
BL10	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Protodorvillea kefersteini	9	29	70	35
BL10	POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos (Scoloplos) armiger	11	45	53	4
BL10	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	13	6	5	4
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Aonides paucibranchiata	1	3	1	1
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Aurospio banyulensis		2	1	2
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Dipolydora caulleryi	4	5	3	1
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice sarsi				3
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Laonice sp.		1	1	
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera		1		

BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio multibranchiata	8			
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora pulchra		1	2	2
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Spio filicornis	5	6	6	4
BL10	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes bombyx	1			
BL10	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cauleriella sp.			1	
BL10	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cauleriella zetlandica	1		1	
BL10	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone sp.	1			1
BL10	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet				1
BL10	POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta clavicornis	1	1	4	1
BL10	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum		1		1
BL10	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelia sp.		1	1	
BL10	POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	6	9	8	8
BL10	POLYCHAETA	Arenicolidae	Arenicola marina	1			
BL10	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	1		1	2
BL10	POLYCHAETA	Oweniidae	Myriochele sp.	1			
BL10	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria (Amphictene) auricoma	1			
BL10	POLYCHAETA	Terebellidae	Pista lornensis	2	1	1	1
BL10	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus norvegicus		1		
BL10	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp.		1		
BL10	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	1			
BL10	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira sp.	4			7
BL10	POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet	2	7	16	27
BL10	OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet	4	31	26	14
BL10	PROSOBRANCHIA		Gastropoda indet	2	1	9	3
BL10	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Rissoidae indet				4
BL10	OPISTOBRANCHIA	Cylichnidae	Cylichnidae indet			2	1
BL10	OPISTOBRANCHIA		Nudibranchia indet		1	1	
BL10	OPISTOBRANCHIA		Philinoidea indet		1	1	
BL10	OPISTOBRANCHIA	Retusidae	Retusidae indet			2	1
BL10	OPISTOBRANCHIA	Philineidae	Philine scabra	2			
BL10	OPISTOBRANCHIA	Philineidae	Philine sp.	2	3		1
BL10	POLYPLACOPHORA	Lepidochitonidae	Lepidochitona (Lepidochitona) cinerea				1
BL10	BIVALVIA		Bivalvia indet			4	
BL10	BIVALVIA	Mytilidae	Mytilidae indet				1
BL10	BIVALVIA	Lasaecidae	Kurtiella bidentata		2		3
BL10	BIVALVIA	Astartidae	Astarte montagui	3		2	
BL10	BIVALVIA	Cardiidae	Cardiidae indet		3	7	1
BL10	BIVALVIA	Veneridae	Dosinia exoleta	1			2
BL10	BIVALVIA	Veneridae	Timoclea ovata				1
BL10	BIVALVIA	Myidae	Mya sp.	1	4	3	3
BL10	BIVALVIA	Hiatellidae	Hiatella arctica		1		1
BL10	BIVALVIA	Thraciidae	Thracia sp.	1	2		3
BL10	TANAIDACEA	Parathanidae	Tanaidacea indet				1

BL10	ISOPODA	Cirolanidae	Eurydice pulchra		1		
BL10	AMPHIPODA	Lysianassidae	Hippomedon denticulatus	1	1		
BL10	AMPHIPODA	Lysianassidae	Lysianassidae indet		1		
BL10	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca sp.				1
BL10	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca typica	1	2	2	
BL10	AMPHIPODA	Melitidae	Cheirocratus sundevalli	3	6	2	11
BL10	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Monoculodes sp.		1		
BL10	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium sp.	1			
BL10	AMPHIPODA	Calliopiidae	Apherusa bispinosa		1	2	
BL10	AMPHIPODA	Calliopiidae	Gammarellus homari			1	
BL10	AMPHIPODA	Atylidae	Atylus vedlomensis		2	1	
BL10	AMPHIPODA	Dexamiinidae	Dexamine spinosa		3		3
BL10	AMPHIPODA	Ampithoidae	Ampithoe rubricata		1		1
BL10	AMPHIPODA	Aoridae	Aoridae indet	1			
BL10	AMPHIPODA	Corophiidae	Corophium sp.				1
BL10	AMPHIPODA	Ischyroceridae	Ericthonius punctatus		1		
BL10	AMPHIPODA	Ischyroceridae	Ischyroceridae indet		1		
BL10	AMPHIPODA	Ischyroceridae	Ischyrocerus sp.			1	
BL10	AMPHIPODA	Caprellidae	Caprellidae indet	1			
BL10	AMPHIPODA	Caprellidae	Phtisica marina				1
BL10	DECAPODA		Braciur larve	1			
BL10	DECAPODA	Hippolytidae	Hippolytidae indet		1		
BL10	DECAPODA	Galatheidae	Galathea sp.			1	1
BL10	DECAPODA	Paguridae	Pagurus sp.	1	2	2	2
BL10	DECAPODA	Portunidae	Carcinus maenas				1
BL10	DECAPODA	Majidae	Eurynome aspera		1		
BL10	SIPUNCULIDA		Phascolion (Phascolion) strombus strombus			1	
BL10	ASTEROIDEA		Asteroidea indet	3	1	1	
BL10	ASTEROIDEA	Astropectinidae	Astropecten irregularis		1		
BL10	ASTEROIDEA	Asteriidae	Asterias sp.	1			
BL10	OPHIUROIDEA		Ophiurida indet	1			
BL10	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	3		4	2
BL10	ECHINOIDEA		Irregularia indet	4	6	11	10
BL10	ECHINOIDEA		Carinacea juvenil	29	45	86	24
BL10	ECHINOIDEA	Fibulariidae	Echinocyamus pusillus	8	8	18	21
BL10	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium flavescens	1	1		1
BL10	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium sp.	1			
BL10	HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buskii		2		
BL10	HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Leptosynapta inhaerens	1			
BL10	LAMELLIBRANCHIATA		Branchiostoma lanceolatum	2	1	2	
BL10	PISCES		Cyclopterus lumpus		1		
BL10	VARIA		Vermiformis indet	2	3	2	

Vedlegg B. Analyserapport fra GE Healthcare: analyse av røntgenkontrastmiddel i porevann



GE Healthcare

Lindesnes Fabrikker
4521 Lindesnes
Norge

Tel +47 38 25 81 00
Fax +47 38 25 97 50

Memo

10. juli 2013

Analyserapport porevann 2013.docx

Til: NIVA w/Gunhild Borgersen **Kopi:** Tore Husby
Fra: Sigbjørn Stigen
Sak: Rapport analyse av kontrastmiddel i porevann

Det ble mottatt 10 prøver av porevann fra resipientundersøkelse av Ramslandsvågen i fra NIVA 25.juni.2013. Prøvene ble plassert i kjøleskap inntil HPLC analysen ble foretatt 26.juni. Prøvene ble analysert iht QC0300.002.4.0: Bestemmelse av kontrastmiddel i avløpsvann. Prøvene ble filtrert gjennom et 0,22 µm sprøytefilter før den ble injisert ufortynnet på HPLC.

Analysemetoden er GE Healthcare sin interne metode for analyse av utslipp til sjø.

Instrumentelle betingelser:

Instrument: TSP HPLC med autoinjektor og UV- detektor innstilt på 254 nm.

Kolonne: Adsorbosphere C18, 7 x 53 mm fra Alltech ("Rocket")

Mobil fase: -Reservoir A: Milli-Q vann
-Reservoir C: 50 % Acetonitrile i Milli-Q vann.

Gradient:

Tid, min	50 % ACN	% Milli-Q
0	0.5	99.5
13	23	77
16	23	77
17	0.5	99.5
20	0.5	99.5

Flow: 1,5 ml/min

Injeksjonsvolum: 10 µl

SST er en injeksjon av en standard med kontrastmidler i starten og slutten av sekvensen med krav til areal av toppene. SST var ok.

Resultater:

Analyse av porevannsprøvene BL01-I, BL01-II, BL01-III, BL02-I, BL02-II, BL02-III, BL05-I, BL05-II, BL05-III og BL10, blandeprobe, i fra resipientundersøkelsen Ramslandsvågen 2013, viste ved analyse ingen spor av kontrastmidler. Rådata er arkivert i internt analyseoppdrag 3367/13.

Sigbjørn Stigen 10/7-13
Sigbjørn Stigen
Fagansvarlig miljøanalyser

Vedlegg C. Økotoksikologisk vurdering av kontrastmiddel i porevann

NOTAT

2. desember 2013

Til: Gunhild Borgersen

Fra: ATO

Kopi:

Sak: Økotoksikologisk vurdering av et kontrastmiddel i porevann

Analysereport fra GE Healthcare oppgir at det etter analyse i henhold til intern prosedyre (QC03000.002.4.0 Bestemmelse av kontrastmiddel i avløpsvann) viste «ingen spor av kontrastmidler», i mail fra GE Healthcare så presiserer de at: «DL for kontrastmidler er ut i fra resultater i fra validering av analysemetoden, bestemt til **0,001 kg/m³**. » Det tilsvarer 1 mg/l. PEC (predicted exposure concentration) blir da = <1.0 mg/l

NIVA utførte i 1991 (NIVA rapport 2630) en økotoksikologisk karakterisering av kontrastmiddelrester fra Nycomed AS ved Lindesnes Fabrikker. I den testen ble en prøveblending med 30,7 g/l med kontrastmiddel testet på fisk, krepsdyr og alger.

Kronisk testing med krepsdyret *Tisbe furcata* ga den laveste EC50=11 mg/l og EC10=3 mg/l. Benyttes EU TGD (93/67EEC) skal man benytte en «assessment factor» på 10 på laveste tilgjengelige NOEC/EC10 for estimering av PNEC. $PNEC_{water}=3/10=0,3$ mg/l.

Siden dette dreier seg om vurdering av sediment så skal egentlig det etableres en spesifikk $PNEC_{marine-sediment}$, men da både PEC og PNEC er etablert for vannfasen så er ikke dette nødvendig.

Miljørisiko uttrykkes som $PEC/PNEC=<1.0/0.3=<3.3$ verdier >1 uttrykker at miljørisiko er tilstede.

Da deteksjonsgrensen for kontrastmiddel er større enn $PNEC_{water}$ kan man ikke si noe sikkert om det foreligger en miljørisiko for dette sedimentet.

August Tobiesen
Forsker
2.12.2013

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