

Undersøkelser i bløtbunnsfauna, miljøgifter og metaller i sedimentene i Tingvollfjorden ved Raudsand



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Undersøkelser av bløtbunnsfauna, miljøgifter og metaller i sedimentene i Tingvollfjorden ved Raudsand	Løpenummer 7539-2020	Dato 07.10.2020
Forfatter(e) Marijana Stenrud Brkljacic Gunhild Borgersen Sigurd Øxnevad	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Molde kommune, Møre og Romsdal	Sider 33 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Bergmester Raudsand AS	Oppdragsreferanse Tore Frogner, Veidekke Entreprenør AS
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 190224

<p>Sammendrag</p> <p>Bergmesteren Raudsand AS planlegger utbygging av industriområdet ved Raudsand i Tingvollfjorden, noe som blant annet omfatter anleggsarbeider og oppstart av Deponi 2, og anleggsarbeider knyttet til sjøfylling og kaianlegg. I den forbindelse har det blitt utført undersøkelser av biologiske og kjemiske parametere i sedimentene ved stasjonene RU1, RU2, RU6 og RU7 i 2019 for å bestemme miljøtilstanden (iht. vannforskriften) i forkant av anleggsarbeidet. For vurdering av økologisk tilstand, inngikk det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna samt de vannregionspesifikke stoffene kobber, krom, sink og PCB7 i sediment. Bløtbunnsfauna oppnådde «god» tilstand på samtlige stasjoner, men den samlede økologiske tilstanden nedgraderes fra «god» til «moderat» på grunn av overskridelse av grenseverdier for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink og PCB7 i sedimentene. Selv om bløtbunnsfauna iht. klassifiseringen oppnådde «god» tilstand, er den påvirket på flere av stasjonene da både arts- og individtall var lave. For vurdering av kjemisk tilstand, ble konsentrasjon av de prioriterte stoffene bly, kadmium og nikkel målt i sedimentene. Både bly og kadmium viste «god» tilstand på alle stasjoner. Imidlertid var det overskridelse av grenseverdien for nikkel, slik at kjemisk tilstand ble klassifisert som «ikke god».</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Bergmesteren Raudsand AS Miljøtilstand Bløtbunnsfauna Miljøgifter i sediment 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Bergmesteren Raudsand AS Environmental status Soft-bottom fauna Contaminants in sediment
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Marijana Stenrud Brkljacic
Prosjektleder

Mats Walday
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7274-1

NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Undersøkelser av bløtbunnsfauna, miljøgifter og
metaller i sedimentene i Tingvollfjorden ved
Raudsand**

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelsene av bløtbunnsfauna, samt miljøgifter og metaller i sedimenter utenfor Raudsand i Tingvollfjordens dypål i 2019.

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Bergmesteren Raudsand AS. Kontaktpunkt mot oppdragsgiver har vært Tore Frogner ved Veidekke Entreprenør AS.

Følgende personer har arbeidet i prosjektet og takkes for sitt bidrag:

- Innsamling av bløtbunnsfauna og sedimenter: Siri Moy og Jarle Håvardstun og mannskapet på fartøyet «Finest», Magnus Angvik og Bjørnar Endresen.
- Opparbeidelse av bløtbunnsfauna: grovsortering ved Eli Johansen og artsidentifisering ved Rita Næss (bløtdyr), Gunhild Borgersen (børstemark) og Marijana S. Brkljadic (krepssdyr, pigghuder og varia).
- Kjemiske analyser: Tina Bryntesen m.fl. ved NIVAs laboratorium, og personell ved Eurofins (metaller og PCB) og Akvaplan-niva AS (kornfordeling).
- Rapportering: Marijana S. Brkljadic (beregning av bløtbunnsindekser og rapportering av økologisk- og kjemisk tilstand) samt Gunhild Borgersen og Sigurd Øxnevad (faglig kvalitetssikring av hhv. bløtbunnsdata og sedimentkjemi).
- Datahåndtering og overføring av data til Miljødirektoratets database Vannmiljø: Benno Dillinger ved seksjon for miljøinformatikk.
- Kvalitetssikring av rapporten er utført av forskningsleder Mats Walday.

Oslo, 5. oktober 2020

Marijana Stenrud Brkljadic

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	8
1.1	Bakgrunnen for undersøkelsen.....	8
1.2	Områdebeskrivelse og historikk	8
2	Vannforskriften og klassifisering av miljøtilstand.....	9
3	Metoder.....	11
3.1	Undersøkelse av bløtbunnsfauna, metaller og PCB7 i sediment.....	11
	Bløtbunnsfauna.....	11
	Metaller og PCB7 i sediment	12
	Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand ved undersøkte stasjoner	12
3.2	Feltinnsamling.....	13
3.3	Prøvetakingsmetodikk	14
3.3.1	Bløtbunnsfauna og støtteparametere.....	14
3.3.2	Metaller og PCB7 i sedimentene	14
3.4	Analysemetode	15
3.4.1	Bløtbunnsfauna og støtteparametere.....	15
3.4.2	Metaller og PCB7 i sediment	16
4	Resultater	18
4.1	Bløtbunnsfauna og støtteparametere	18
4.1.1	Bløtbunnsfauna	18
4.1.2	Støtteparametere i sediment	20
4.1.3	CTD – oksygen i bunnvann	21
4.2	Metaller og PCB7 i sedimentene	22
4.2.1	Vannregionspesifikke stoffer.....	23
4.2.2	Øvrige metaller	23
4.3	Klassifisering av tilstand.....	24
4.3.1	Klassifisering av økologisk tilstand	24
4.3.2	Klassifisering av kjemisk tilstand	24
5	Sammenlikning av dagens tilstand med tidligere undersøkelser.....	25
5.1	Bløtbunnsfauna.....	25
5.2	Metaller og PCB7 i sedimentene	28
6	Konklusjoner	31
7	Diskusjon mht. bløtbunnsfauna og miljøgifter	32
8	Referanser.....	33

Sammendrag

Bergmesteren Raudsand AS planlegger utbygging av industriområdet ved Raudsand i Tingvollfjorden, og ønsket i den forbindelse å få utført en undersøkelse av miljøtilstanden i fjorden utenfor Raudsand før anleggsarbeidet starter. Planarbeidet omfatter blant annet anleggsarbeider og oppstart av Deponi 2 samt anleggsarbeider knyttet til sjøfylling og kaianlegg. Denne rapporten omhandler resultatene av undersøkelsen av bunnfauna og et utvalg av metaller og miljøgifter i sedimentene som ble utført i 2019. Undersøkelsen har blitt gjennomført på en slik måte at en kan vurdere status for den økologiske og kjemiske tilstanden iht. vannforskriften, og sammenlikne resultatene med tidligere observasjoner.

Innsamling av bløtbunnsfauna og sedimenter ble utført på fire stasjoner, hhv. RU1, RU2, RU6 og RU7, langs fjordbassenget dypområde på rundt 320 m dyp. På hver stasjon ble det tatt fire grabbprøver for bløtbunnsfauna og tilhørende støtteparametere, CTD-målinger samt sedimentprøver til analyse av ti metaller og PCB7 i sediment fra de øverste 0-2 cm av havbunnen.

Vannforskriftens klassifiseringssystem er basert på konkrete klassegrenser av biologiske, kjemiske og fysiske parametere som har betydning for miljøforholdene. For klassifisering av den økologiske tilstanden har det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna samt konsentrasjoner av de vannregionspesifikke stoffene kobber, krom, sink og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentene blitt benyttet. Klassifisering av kjemisk tilstand i sedimentene har blitt vurdert på bakgrunn av konsentrasjoner av de prioriterte stoffene bly, kadmium og nikkel.

Bløtbunnsfauna oppnådde «god» tilstand på samtlige stasjoner og tilstanden på stasjon RU6 var i øvre del av klassen, på grensen til «svært god». Generelt var den registrerte artsdiversiteten på stasjonene i 2019 lav. Som støtteparameter for bunnfauna, ble det også utført analyser av sedimentets kornfordeling (% silt og leire, < 63 µm), innhold av nitrogen (TN) og total organisk karbon (TOC). Resultatene viser at alle stasjonene hadde finkornet sediment og innholdet av nitrogen var lavt. Organisk innhold i sedimentene, målt ved normalisert TOC, varierte fra «god» til «svært god» tilstand på de ulike stasjonene, unntagen RU7 som hadde «moderat» tilstand. Sammenliknet med sist undersøkelse i 2013, er tilstandsklassen for bløtbunnsfauna uendret på alle stasjoner unntagen stasjon RU6, som hadde tilstandsklasse «svært god» i 2013. Det må påpekes at tilstandsklassene som ble rapportert i 2013, var basert på den første versjonen av klassifiseringsveilederen (Veileder 01:2009). Veilederen har siden blitt revidert på bakgrunn av ny kunnskap, nye metoder og nye indekser. Med dette har flere av stasjonene som den gang ble klassifisert i tilstandsklasse «svært god», nå havnet i tilstandsklasse «god» iht. den nye klassifiseringsveilederen 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018).

Sedimentene på de undersøkte stasjonene hadde overskridelse av grenseverdier for ett eller flere av de vannregionspesifikke stoffene, og samtlige hadde det for kobber. De påviste kobberkonsentrasjonene tilsvarte klasse V (svært dårlig tilstand) og kan medføre omfattende toksiske effekter på sedimentlevende organismer. Det ble også påvist overskridelser for sink og PCB7 på stasjonene, unntagen stasjon RU2. Overskridelse av grenseverdiene for de vannregionspesifikke stoffene medfører at den samlede økologiske tilstanden nedgraderes fra «god» til «moderat» for de undersøkte stasjonene ved Raudsand.

Klassifisering av kjemisk tilstand har blitt vurdert på bakgrunn av konsentrasjoner av de prioriterte stoffene bly, kadmium og nikkel i sedimentene. Både bly og kadmium viste «god» tilstand på alle

stasjoner. Imidlertid var det overskridelse av grenseverdien for nikkel, slik at kjemisk tilstand klassifiseres som «ikke god».

Målinger av øvrige metaller viste høye konsentrasjoner av jern, aluminium, litium og vanadium i sedimentene. Resultatene er ikke uventede med tanke på historisk uttak av jernmalm (deriblant magnetitt (jernoksid) og vanadium) samt tidligere og nåværende aluminiumsindustri på Raudsand. Disse metallene regnes ikke som miljøgifter og aluminium og jern er vanlig forekommende grunnstoffer i jord og berggrunn.

Undersøkelsen av miljøtilstanden i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019 viser at vannforekomsten ikke oppnår vannforskriftens mål om minst «god» tilstand. Både økologisk og kjemisk tilstand ble klassifisert som «moderat» på samtlige undersøkte stasjoner.

Sammenliknet med forrige miljøundersøkelse i 2013, viser resultatene fra 2019 at tilstanden for bløtbunnsfauna er relativt uendret. Imidlertid er det en nedgang i antall registrerte arter- og individer på stasjonene. Det kan tenkes at høye konsentrasjoner av noen av miljøgiftene (især kobber) kan være en medvirkende årsak til de lave arts- og individtallene som har blitt observert hos bunnfaunaen i området. For miljøgifter i sedimentene viser tre av fire stasjoner en økning i konsentrasjonen av de fleste stoffene sammenliknet med 2013 (unntatt stasjon RU2), men tilstandsklassene er likevel mer eller mindre uendret.

Indeksene som benyttes for tilstandsklassifisering av bløtbunnsfauna kan derfor i områder med industriutslipp gi en bedre tilstandsklasse enn hva faglig skjønn tilsier. Undersøkelsen ved Raudsand er etter vår mening et eksempel på et industripåvirket område hvor fauna er fattig (lave arts- og individtall) grunnet industripåvirkningen, samtidig som indeksene klassifiserer fauna til «god» tilstand. Konklusjonen i Oug (2013) var at klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna ikke var egnet til å detektere eventuelle effekter av miljøgifter, og siden har dette kvalitetselementet stort sett ikke vært benyttet ved den type industripåvirkning. NIVA anbefaler derfor at undersøkelse av bløtbunnsfauna ikke bør inngå i fremtidig overvåking av Tingvollfjorden ved Raudsand, med mindre bedriftenes utslipp av suspendert stoff eller TOC øker vesentlig og utløser krav om overvåking knyttet til effekter av eutrofi og organisk belastning.

Summary

Title: Soft-bottom fauna, pollutants and metals in the sediments at Raudsand in Tingvollfjorden

Year: 2020

Author(s): Marijana S. Brkljacic, Gunhild Borgersen & Sigurd Øxnevad

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7274-1

Bergmesteren Raudsand AS plans to expand the industrial area at Raudsand in Tingvollfjorden, which includes, among other things, construction of a landfill (Deponi 2) and a rock fill and quay. In advance of the planned construction work, a survey has been carried out to assess the biological and chemical status in the fjord in accordance to the Norwegian Water Regulation (the national implementation of the Water Framework Directive). The survey was carried out in April 2019 at four stations (RU1, RU2, RU6 and RU7) in Tingvollfjorden. At each station soft-bottom fauna and sediments for analysis of metals and PCB7 were sampled.

Ecological status was assessed by the biological quality element (BQE) soft-bottom fauna and the water region-specific substances copper (Cu), chromium (Cr), zinc (Zn) and PCB7 in the sediment. Soft-bottom fauna was classified as having "good" ecological status at all stations, however, the overall ecological status was downgraded from "good" to "moderate" due to high concentrations of copper, zinc and PCB7 in the sediments. Although the status of soft-bottom fauna was classified as "good" in accordance to the classifying system, it was clearly disturbed at several stations, having a low number of species and individuals.

For the assessment of chemical status, the concentration of the priority substances (EU-priority pollutants) lead (Pb), cadmium (Cd) and nickel (Ni) were measured in the sediments. Both lead and cadmium showed "good" status at all stations. However, nickel concentrations exceeded the limit value (EQS), thus the overall chemical status was classified as "not good" at all stations.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunnen for undersøkelsen

Bergmesteren i Raudsand AS ønsker å etablere et mottaks- og gjenvinningsanlegg for uorganisk farlig avfall, noe som omfatter planer for oppstart av Deponi 2, utfylling av masser i sjø og utbygging av kaianlegg (dypvannskai). Utvidelsen inngår i en større reguleringsplan for industriområdet på Raudsand, og NIVA ble engasjert for å undersøke miljøtilstanden i fjorden i forkant av det planlagte anleggsarbeidet.

1.2 Områdebeskrivelse og historikk

Industriområdet til Bergmesteren på Raudsand ligger ved vannforekomsten «Tingvollfjorden ved Raudsand» (ID: 0303010902-6-C) i Molde kommune (tidl. Nesset kommune). Vannforekomsten befinner seg i økoregion «Norskehavet Sør» og vanntypen er ifølge Vann-Nett karakterisert som «Ferskvannspåvirket beskyttet fjord».

På Raudsand har det vært lange tradisjoner for bergverks- og gruvedrift som kan spores tilbake til slutten av 1800-tallet. Det har blitt tatt ut malmforekomster fra dagbrudd og underjordiske gruver. Gruvedriften ved Rødsand Gruber var særlig produktiv på 1950- og 1960-tallet, og året 1964 var uttaket av jernmalm mellom 130-150 000 tonn (Kilde: Planbeskrivelse-planident:201601). Etter at malmdriften ble avviklet på 1980-tallet, har industriområdet ved Raudsand blitt benyttet til diverse virksomheter. Blant disse er gjenvinning og behandling av ulike typer avfallsprodukter fra aluminiumsindustrien, som representerer dagens virksomhet på Raudsand.

Med over hundre års drift med blant annet gruvevirksomhet, masseuttak og avfallsdeponi, har industriaktivitetene naturlig nok satt sitt preg på området. Sedimentene i fjorden er tidligere påvist å være forurenset med gruveavgang, og fjordbunnen utenfor Raudsand har vært sterkt forurenset med kobber. Selv etter at utslippene fra gruveavgangen opphørte, har konsentrasjonene av kobber, vanadium og jern i området vært langt høyere enn normalt (Rygg & Næs, 1989, Rygg m.fl. 2003). I tillegg har virksomhet tilknyttet gjenvinning av aluminiumsavfall vært i drift i ca. 20 år. Denne virksomheten har utslipp av metaller som løste forbindelser og partikkelbundet aluminium til fjorden. Tidligere undersøkelser har også påvist at bunnfaunaen i det mest forurensete fjordpartiet utenfor Raudsand har vært fattig og forureningspreget (Rygg & Næs, 1989, Rygg m.fl. 2003).

Miljøtilstanden i Tingvollfjorden ved Raudsand ble sist undersøkt av NIVA i 2013 for Aleris Aluminium Norway AS, Raudsand (Berge m.fl. 2013). Det ble den gang gjort undersøkelser av alger og dyr på hardbunn, bløtbunnsfauna og miljøgifter i sediment. Hardbunnsundersøkelsene viste god økologisk tilstand i området. Tilsvarende ble det registrert gode forhold for bløtbunnsfauna, selv om det riktignok var relativt få arter og lav individtetthet på stasjonene. Konsentrasjonene av miljøgiftene bly, kadmium, krom, sink og til dels PCB7 i sedimentene var relativt lave, mens det ble observert høye nivåer av nikkel (tilsvarende «markert forurenset»). Sedimentene på samtlige stasjoner var «sterkt forurenset» til «meget sterkt forurenset» av kobber. Klassifisering av kjemisk tilstand var den gang iht. den nasjonale klassifiseringsveilederen TA- 2229/2007.

2 Vannforskriften og klassifisering av miljøtilstand

Vannforskriften, forskrift om rammer for vannforvaltningen, har som hovedformål å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet. Miljømålet er at alle vannforekomster skal ha minst *god tilstand*. Tilstanden måles både ut fra økologiske og kjemiske forhold. Vannforskriften gis nå med hjemmel i både forurensningsloven, plan- og bygningsloven, vannressursloven og naturmangfoldloven. Hjemmel i naturmangfoldloven gjør det klarere at vannforskriften også gjelder for kystvannforekomster som utsettes for annen påvirkning enn det som klart kan anses som forurensning, for eksempel fysiske tiltak i kystvann som påvirker strømforhold og vannmengde, samt påvirkning fra levende dyr og planter som for eksempel fremmede organismer. De siste rettelsene i Vannforskriften ble gjort i januar 2019 (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446?q=vannforskriften>).

Grunnleggende i vannforskriften er karakteriseringen og klassifiseringen av vannforekomster. Karakteriseringen inndeler vannforekomster i vanntyper og identifiserer belastninger og miljøvirkninger av belastningene, mens klassifiseringen ved hjelp av systematisk overvåking definerer den faktiske tilstanden i en vannforekomst. Klassifiseringssystemet gir klassegrenser for en rekke kjemiske, fysiske og biologiske kvalitetselementer som sammen med overvåkingsdata og ekspertvurderinger, danner et kunnskapsbasert grunnlag for å avklare miljøtilstanden i en vannforekomst.

Tilstands-klasser	Økologisk tilstand
I. Svært god	Økologisk tilstand viser dagens miljøtilstand i vannforekomsten, både når det gjelder artssammensetning, struktur og virkemåte for økosystemet. Den beregnes ved en kombinasjon av parametere og indekser for ulike kvalitetselementer, herunder biologiske kvalitetselementer (eksempelvis bunnfauna og makroalger), generelle fysisk-kjemiske støtteparametere (f.eks. næringssalter og oksygen), hydromorfologiske støtteparametere (f.eks. strøm og eksponering) samt vannregionspesifikke stoffer (dvs. kjemiske forbindelser som potensielt kan skade vannmiljøet, men som ikke står på EUs liste over prioriterte miljøgifter).
II. God	
III. Moderat	Klassifiseringssystemet for økologisk tilstand omfatter fem tilstandsklasser: svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig tilstand, der svært god tilstand også kalles referansetilstand (naturtilstand). For hvert kvalitetselement er det utviklet metoder som angir i hvor stor grad den økologiske tilstanden avviker fra referansetilstanden. Avviket fra referansetilstanden uttrykkes som EQR-verdier (Ecological Quality Ratio). EQR-verdiene normaliseres for hver parameter eller indeks slik at de kan sammenliknes og kombineres.
IV. Dårlig	
V. Svært dårlig	

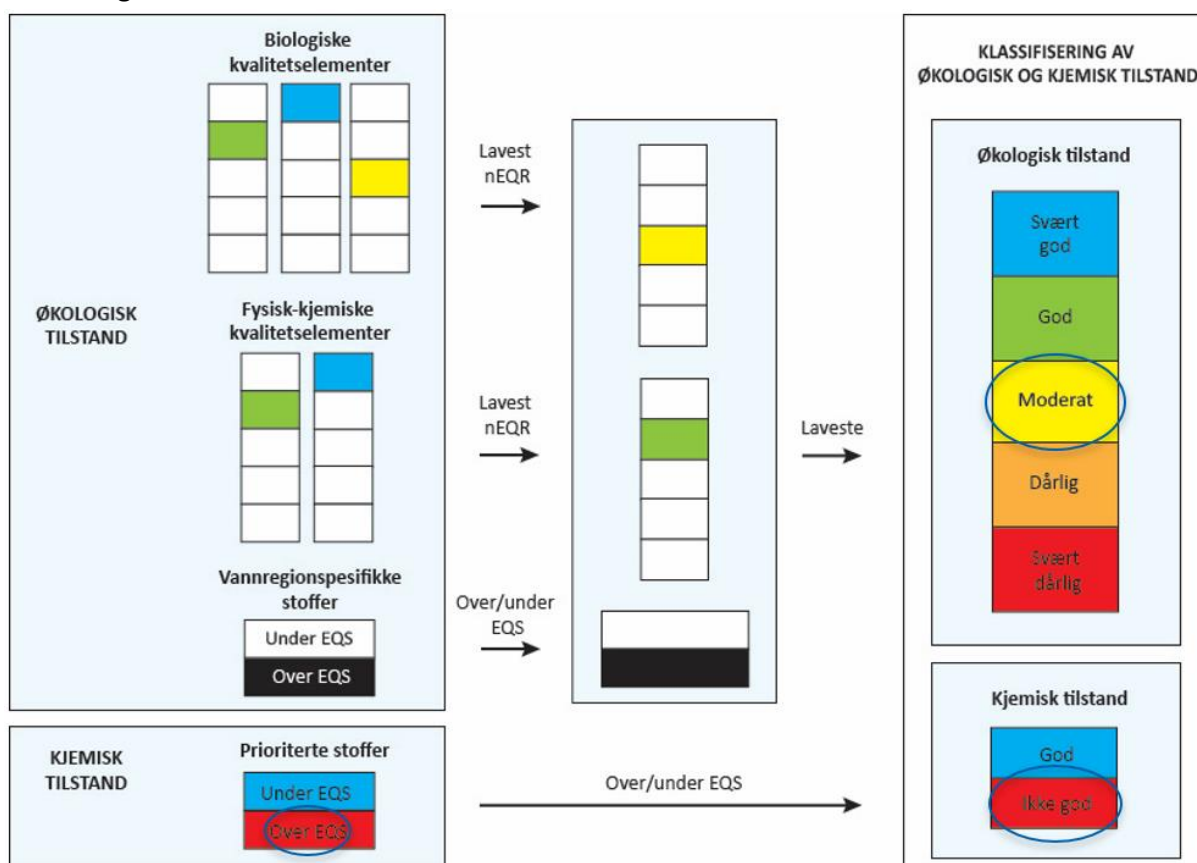
Grenseverdiene for de normaliserte EQR-verdiene (nEQR) er like for alle parametere og indekser, og gir en tallverdi på en skala fra 0 til 1 der 1 tilsvarer referansetilstand. **Tabell 1** viser grenseverdiene mellom de ulike tilstandsklassene.

Tabell 1. Tilstandsklasser med verdier for normalisert EQR (nEQR) for økologisk tilstand.

Svært god 0,8-1,0	God 0,6-0,8	Moderat 0,4-0,6	Dårlig 0,2-0,4	Svært dårlig 0-0,2
----------------------	----------------	--------------------	-------------------	-----------------------

Kjemisk tilstand	Kjemisk tilstand bestemmes på bakgrunn av konsentrasjoner av prioriterte stoffer målt i vann, sediment eller biota. I vannforskriften er det nå 45 stoffer og stoffgrupper som er definert som prioriterte stoffer. Dette er stoffer som utgjør vesentlig risiko for eller via vannmiljøet. For disse stoffene er det utviklet grenseverdier eller miljøkvalitetsstandarder (EQS: environmental quality standard), som er en grense mellom «god» og «ikke god» kjemisk tilstand. Er de målte konsentrasjonene av prioriterte stoffer under grenseverdien settes tilstand til «god», og er den over settes tilstand til «ikke god». Det er nå grenseverdier for 45 prioriterte stoffer i vann, 23 stoffer i biota og 28 stoffer i sediment.
God - under EQS -	
Ikke god - over EQS -	

Dersom det er utslipp eller forekomst av andre stoffer utover listen over prioriterte stoffer, er det viktig å vurdere disse for å gi et helhetlig bilde av miljøtilstanden. I henhold til vannforskriften skal forurensning fra andre stoffer enn de prioriterte, som er påvist tilført vannforekomsten i betydelige mengder, inngå som kvalitetselement i klassifisering av økologisk tilstand. Disse stoffene omtales som *vannregionspesifikke stoffer*. Disse stoffene klassifiseres ved bruk av grenseverdier på samme måte som for prioriterte stoffer, men inngår i klassifisering av vannforekomster som et økologisk støtteelement. I vannforskriften inngår således miljøgifter i klassifiseringen av både kjemisk og økologisk tilstand. En oversikt over klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i en vannforekomst er vist i **Figur 1**.



Figur 1. Prinsippskisse som viser klassifisering av miljøtilstand i en vannforekomst. Flere kvalitetselementer inngår i vurdering av økologisk tilstand, inkludert konsentrasjoner av vannregionspesifikke stoffer, mens prioriterte stoffer legges til grunn for kjemisk tilstandsvurdering. Konsentrasjonene måles mot fastsatte miljøkvalitetsstandarder, såkalte EQS-verdier (Environmental Quality Standards), også kalt grenseverdier. Det kvalitetselementet som har dårligst tilstand styrer utfallet av den økologiske tilstandsklassifiseringen. Dersom biologiske kvalitetselementer er bestemt til «god» eller «svært god» kan den økologiske tilstanden nedgraderes til «moderat» dersom det er overskridelse av grenseverdi for vannregionspesifikke stoffer.

3 Metoder

3.1 Undersøkelse av bløtbunnsfauna, metaller og PCB7 i sediment

Miljøundersøkelsen ved Raudsand i 2019 omfatter analyser av bunnfauna og ti utvalgte metaller samt PCB7 i sedimentene. Den har blitt gjennomført på en slik måte at en kan vurdere status for vannforekomsten iht. vannforskriften. Resultatene skal kunne sammenliknes med de fra tidligere undersøkelser, og gi et oppdatert bilde av miljøtilstanden.

Bløtbunnsfauna

Bløtbunnsfauna er et av de biologiske kvalitetselementene som inngår i klassifiseringssystemet for miljøtilstand i kystvann og benyttes som indikator for påvirkningstypene eutrofiering, organisk belastning og sedimentering (Veileder 02:2018). Bløtbunn finnes i alle dypere sjøområder og på steder beskyttet fra strøm- og bølgepåvirkning. Artene man finner på bløtbunn er relativt stasjonære slik at artssammensetningen i stor grad gjenspeiler miljøforholdene på en lokalitet. I områder med stor påvirkning fra for eksempel avløpsvann, avrenning fra land og annen forurensning, kan ømfintlige arter bli borte og medføre dominans av forurensningstolerante arter og dermed redusert biodiversitet (artsmangfold). Klassifiseringssystemet er utviklet for å fange opp slike endringer i artssammensetningen. For tilstandsklassifisering av bløtbunnsfauna brukes ulike indekser, hvorav noen er basert på artsmangfold, mens andre også tar i betraktning graden av ømfintlighet til artene som er til stede.

Til hjelp for tolkning av artssammensetning brukes sedimentets kornstørrelse og innhold av organisk karbon og nitrogen som støtteparametere. Sedimentets kornstørrelse gir informasjon om hvor grovt- eller finkornet sedimentet er, hvilket kan ha stor betydning for faunaens artssammensetning. Den sier også noe om strømforholdene nær bunnen, der grove sedimenter tyder på erosjon mens fine sedimenter tyder på overveiende sedimentasjon (akkumulering).

Totalt organisk karbon (TOC) er en støtteparameter som kan gi informasjon om graden av organisk belastning. Kunnskap om mengdeforholdet mellom organisk karbon og nitrogen i sedimentet (C:N-forholdet) kan gi informasjon om det tilførte organiske materialet i en vannforekomst stammer fra landbasert aktivitet eller marin produksjon (plankton og makroalger).

Innholdet av TOC, kornfordeling og TN i sedimentet benyttes som støtteparametere for bløtbunnsfauna, men inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand.

Målinger av temperatur, saltholdighet og oksygen i vannmassene kan også gi informasjon som er viktig for å forstå bløtbunnsfaunaen på en lokalitet. Særlig vil oksygenforholdene i det bunn-nære vannet gi grunnlag for å forstå og vurdere resultatene ettersom lave oksygenforhold kan påvirke bunnfaunaen negativt.

Metaller og PCB7 i sediment

Miljøgifter i sediment er et av elementene som benyttes for vurdering av kjemisk tilstand, især i områder med forurenset sjøbunn. Ved innsamling tas prøver fra overflatesedimentet, og helst fra områder der partikler fra vannsøylen akkumulerer på bunnen mer eller mindre uforstyrret. Sedimenteringshastigheten kan variere mye, men er ofte mellom 1 og 2 mm per år. Ved innsamling av 0-2 cm fra overflatelaget må det derfor gå mellom 10 til 20 år før man kan ta to uavhengige prøver fra samme sted for å overvåke tidstrend. Prøvetaking av sediment er like fullt godt egnet for vurdering av nåtilstand i en vannforekomst.

Forbindelsene som ble undersøkt i 2019, har også blitt analysert ved tidligere undersøkelser og sist i 2013. Disse er bly (Pb), kadmium (Cd), nikkel (Ni), kobber (Cu), krom (Cr), sink (Zn), aluminium (Al), jern (Fe), litium (Li), vanadium (V) og polyklorerte bifenyl (PCB7). Forbindelsene er ansett som miljøgifter, med unntak av metallene aluminium, jern, litium og vanadium.

Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand ved undersøkte stasjoner

I undersøkelsene ved Raudsand i 2019 er miljøtilstand vurdert på bakgrunn av biologiske og kjemiske parametere i sedimentene. For klassifisering av den *økologiske tilstanden* har det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna samt konsentrasjoner av de vannregionspesifikke stoffene kobber, krom, sink og polyklorerte bifenyl (PCB7) blitt benyttet. Den *kjemiske tilstanden* har blitt klassifisert på grunnlag av konsentrasjon av de prioriterte stoffene bly, kadmium og nikkel (**Tabell 2**).

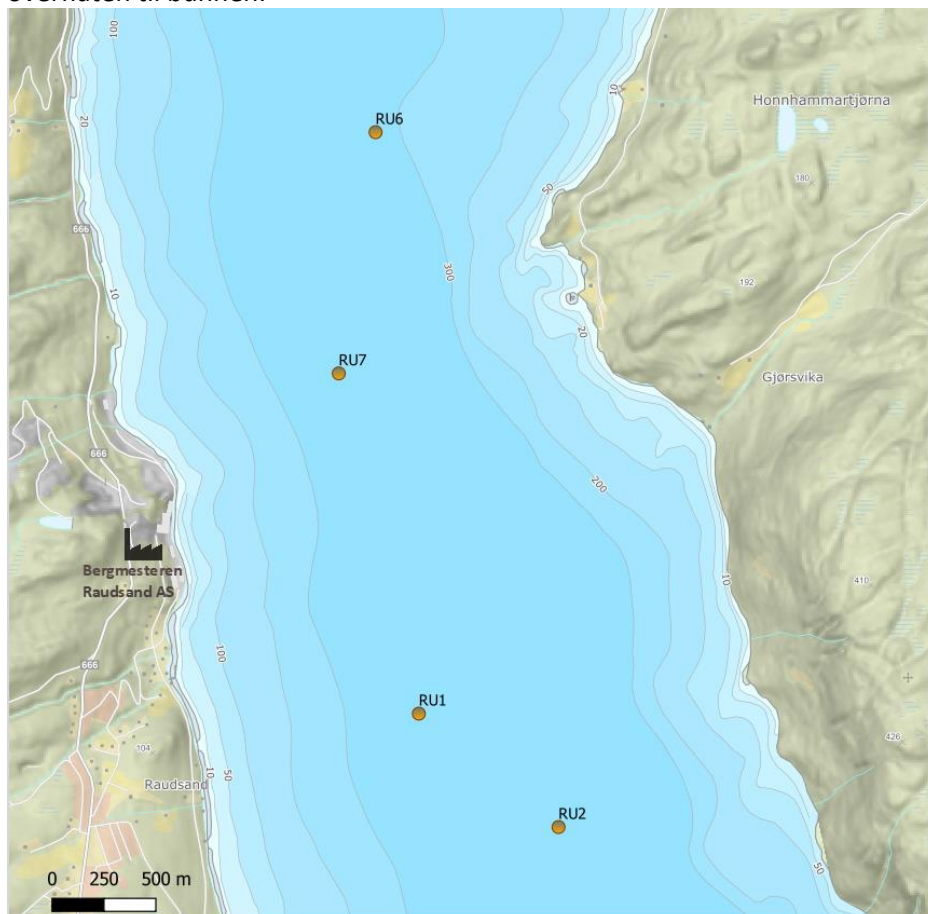
Tabell 2. Oppsummering av undersøkte parametere som inngår i klassifisering av miljøtilstand i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019.

	Parameter	Element	Habitat/Matriks	Antall stasjoner
Økologisk tilstand	Bløtbunnsfauna	Biologisk kvalitetselement	Bløtbunn	4
	TOC og kornstørrelse*	Støtteparameter for bunnfauna	Sediment	4
	Kobber (Cu)	Vannregionspesifikke stoffer		
	Krom (Cr)			
	Sink (Zn)			
PCB7				
Kjemisk tilstand	Bly (Pb)	Prioriterte stoffer	Sediment	4
	Kadmium (Cd)			
	Nikkel (Ni)			

* Kun forklaringsvariabler - inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand

3.2 Feltinnsamling

Prøvetaking av bløtbunnsfauna og sedimenter ble utført av NIVA 3. og 4. april 2019 om bord fartøyet «Finest». Det ble foretatt undersøkelser på fire stasjoner langs fjordbassengetts dypområde; RU1, RU2, RU6 og RU7. Stasjonenes plassering er vist i **Figur 2** og dyp og koordinater er gitt i **Tabell 3**. På samtlige stasjoner ble det også målt salinitet, temperatur og oksygen i vannmassene i en profil fra overflaten til bunnen.



Figur 2. Kart med prøvetakingsstasjoner i Tingvollfjorden ved Raudsand. Det ble tatt prøver av bunnfauna og sediment samt måling av temperatur, salinitet og oksygen i hele vannsøylen på stasjonene RU1, RU2, RU6 og RU7.

Tabell 3. Posisjoner og dyp for prøvetaking av bløtbunnsfauna og sediment i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019.

Vannforekomst	Økoregion	Vanntype	Stasjon	Dyp (m)	Prøvetakingsdato	Posisjon (WGS84)	
						N	Ø
Tingvollfjorden ved Raudsand	Norskehavet Sør (H)	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord (4)	RU1	320	03.04.2019	62,83585	8,15045
			RU2	321	04.04.2019	62,83100	8,16477
			RU6	324	04.04.2019	62,86018	8,13913
			RU7	323	03.04.2019	62,84947	8,13925

3.3 Prøvetakingsmetodikk

Metodikken for innsamling av prøver ble utført iht. retningslinjene i standarden for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (NS-EN ISO 16665:2013) og sedimentprøvetaking i marine områder (NS-EN ISO 5667-19).

3.3.1 Bløtbunnsfauna og støtteparametere

Bløtbunnsprøvene ble samlet inn med en van Veen-grabb med prøvetakingsareal på 0,1 m². Det ble tatt fire parallelle prøver til fauna på hver stasjon. Kun grabber med tilstrekkelig prøvevolum og en uforstyrret sedimentoverflate ble godkjent. Hver prøve ble beskrevet visuelt mht. sedimentets karakter, for eksempel konsistens, lukt, lagdeling, farge, tilstedeværelse av synlige dyr og innslag av terrestrisk materiale. Bunnmaterialet ble siktet gjennom 5 mm og 1 mm sikter og sikteresten ble så konserverert i en 10-20 % formalin-sjøvannsløsning.

Prøver til analyse av sedimentets kornfordeling (< 63 µm) og innhold av nitrogen (TN) og total organisk karbon (TOC) ble tatt fra en separat grabbprøve med uforstyrret sedimentoverflate. Prøver for TOC og TN ble tatt fra sjiktet 0-1 cm og kornfordeling fra sjiktet 0-5 cm.

Temperatur, salinitet og oksygenkonsentrasjon i vannmassene ble målt fra overflaten og ned til bunnen med en CTD-sonde (SAIV) med en påmontert oksygensensor. CTD-målingen ble tatt på samme posisjon som prøvetaking av fauna.

3.3.2 Metaller og PCB7 i sedimentene

Sedimentprøver til analyse av metaller og PCB7 ble prøvetatt med en van Veen-grabb. Kun de øverste 0-2 cm ble samlet inn for å få med det nyeste sedimenterte materialet fra sjøbunnen. På hver stasjon ble sedimentprøver hentet fra to separate grabbprøver som ble slått sammen til én blandprøve.

3.4 Analysemetode

3.4.1 Bløtbunnsfauna og støtteparametere

Sikteresten fra grabbprøvene ble grovsortert i hovedgrupper ved NIVAs laboratorium, henholdsvis flerbørstemark, bløtdyr, krepsdyr, pigghuder og andre («varia»). Dyrene ble overført til 80 % sprit og deretter artsbestemt til lavest mulig taksonomiske nivå av spesialister på de respektive hovedgruppene. Sortering og artsidentifisering ble utført i henhold til standarden NS-EN ISO 16665:2013.

Bunnsfaunaen karakteriseres ved totalt antall arter, totalt antall individer og artssammensetning. På grunnlag av artslistene ble det regnet ut indekser for artsmangfold og ømfintlighet. Følgende indekser ble beregnet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannon-indeksen) og ES_{100} (Hurlberts diversitetsindeks). ES_{100} er et anslag på hvor mange arter man kan forvente å finne dersom det plukkes ut 100 individ tilfeldig fra prøven.
- ømfintlighet ved indeksene ISI_{2012} (Indicator Species Index) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen $NQI1$ (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Faunatilstanden klassifiseres ut fra indeksene etter vannforskriftens system med fem tilstandsklasser fra «svært god» til «svært dårlig» tilstand. Det benyttes klassegrenser som er differensiert mellom vanntyper og økoregioner. I dette tilfellet er stasjonene plassert i vanntypen H4. Grenseverdiene for denne vanntypen er vist i Tabell 4. Ut fra hver enkelt indeks beregnes normaliserte EQR-verdier ($nEQR$), som gir en samlet tilstand basert på alle de fem indeksene. $nEQR$ beregnes etter følgende formel:

$$nEQR = (\text{Indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) / (\text{Klassens øvre indeksverdi} - \text{Klassens nedre indeksverdi}) * 0.2 + \text{Klassens normEQR basisverdi}$$

Tabell 4. Grenseverdier for bløtbunnsindeksene for vanntype H 4-5, inkl. normalisert EQR ($nEQR$) fra Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018). $NQI1$ =Norwegian Quality Index; H' =Shannons diversitetsindeks; ES_{100} =Hurlberts diversitetsindeks; ISI_{2012} =Indicator Species Index; NSI =Norwegian Sensitivity Index.

Indeks	Vanntype H 4-5				
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0,91 - 0,73	0,73 - 0,64	0,64 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,5 - 3,7	3,7 - 2,9	2,9 - 1,8	1,8 - 0,9	0,9 - 0
ES₁₀₀	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
ISI₂₀₁₂	13,4 - 8,7	8,7 - 7,8	7,8 - 6,4	6,4 - 4,7	4,7 - 0
NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
nEQR	1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	0,4-0,2	0,2-0

Sedimentets kornstørrelse gir informasjon om hvor grovt- eller finkornet sedimentet er. Analyser av kornstørrelse ble utført ved Akvaplan-nivas kjemilaboratorium, der sedimentets finfraksjon (% < 63 μm) ble bestemt ved våtsikting. I tillegg ble fraksjoner grovere enn 63 μm også beregnet, henholdsvis 63-125 μm , 124-250 μm , 250-500 μm , 500-1000 μm , 1000-2000 μm , >2000 μm .

Totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) er støtteparametere som gir en indikasjon på graden av organisk belastning i sedimentet. Begge parametere ble analysert ved NIVAs kjemilaboratorium med en elementanalysator etter at uorganiske karbonater fjernes i syredamp.

Organisk innhold i sediment inngår som nevnt ikke i klassifiseringssystemet i Veileder 01:2018. For likevel å få en indikasjon på graden av organisk belastning, benyttes Miljødirektoratets Veileder 97:03 (Molvær m.fl.1997). Denne klassifiseringen er basert på andel finfraksjon (andel silt og leire, dvs. > 63 µm). For klassifiseringen av TOC standardiseres prøven derfor 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 5**.

Tabell 5. Miljødirektoratets klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. Karbonverdiene skal korrigeres for innhold av finstoff forut for klassifiseringen (kilde: Molvær m.fl.1997).

Parameter	Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment				
	Svært dårlig V	Dårlig IV	Moderat III	God II	Svært god I
Organisk karbon (mg/g)	>41	34-41	27-34	20-27	<20

3.4.2 Metaller og PCB7 i sediment

Kjemiske analyser av metaller og PCB7 i sediment ble utført av Eurofins akkrediterte analyselaboratorium, og tilfredsstillende krav gitt i EU Direktiv 2009/90/EC for kjemiske analyser og overvåking av tilstand i sedimenter. En oversikt over metoder og kvantifiseringsgrenser er gitt i analyserapporten i Vedlegg A, og en liste over stoffene er vist i **Tabell 6**.

Tabell 6. Oversikt over stoffene som ble analysert i sedimentene i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019. Kjemisk tilstand bestemmes på bakgrunn av konsentrasjoner av de prioriterte stoffene. Vannregionspesifikke stoffer inngår i klassifisering av økologisk tilstand.

Parameter	Type stoff	Vurdering
Bly (Pb)	Prioritert stoff	Kjemisk tilstand
Kadmium (Cd)		
Nikkel (Ni)		
Kobber (Cu)	Vannregionspesifikt stoff	Støtteelement for økologisk tilstand
Krom (Cr)		
Sink (Zn)		
PCB7		
Aluminium (Al)		Inngår ikke i vurdering av kjemisk- eller økologisk tilstand
Jern (Fe)		
Litium (Li)		
Vanadium (V)		

Resultatene er vurdert mot Miljødirektoratets fastsatte tilstandsklasser og EQS-verdier gitt i vannforskriften (Veileder 02:2018, Direktoratgruppen 2018). Kjemisk tilstand blir bestemt til «god» eller «ikke god» avhengig av om konsentrasjon av prioriterte stoffer i sedimentet overstiger EQS-verdi (dvs. grenseverdi) eller ikke. Likeledes klassifiseres vannregionspesifikke stoffer ved bruk av grenseverdier, men de legges imidlertid ikke til grunn for vurdering av kjemisk tilstand i vannforekomsten, men heller som støtteelement for vurdering av økologisk tilstand. Ved overskridelse av grenseverdier for de vannregionspesifikke stoffene kan ikke økologisk tilstand bli bedre enn moderat, selv om biologiske kvalitetselementer gir en bedre tilstand isolert sett.

I klassifiseringssystemet som gjelder for konsentrasjoner av miljøgifter i sediment, representerer klassene en forventet økende grad av skade på organismesamfunnet i sedimentene. Klassegrensene er basert på tilgjengelig informasjon fra laboratorietester, risikovurderinger og dossierer om akutt og kronisk toksisitet på organismer. Utdrag av klassifiseringssystemet er vist i **Tabell 7**.

Tabell 7. Klassifiseringssystem for sediment. Tabellen er hentet fra Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018).

Klasse I Bakgrunn	Klasse II God	Klasse III Moderat	Klasse IV Dårlig	Klasse V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidseksponering	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-EQS, PNEC	Øvre grense: MAC-EQS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} * AF ¹⁾	

1) AF: sikkerhetsfaktor

PNEC: predikert konsentrasjon for ingen effekt

Øvre grense for klasse I representerer bakgrunnsverdier, og naturtilstanden der slike data foreligger. For de fleste av de menneskeskapte miljøgiftene, og der miljøgiften ikke har en naturlig kilde, er øvre grense for klasse I satt til null. Kriteriene for øvre grense for klasse II og III i klassifiseringssystemet er i samsvar med vannforskriftens miljøkvalitetsstandarder for henholdsvis AA-EQS (kroniske effekter ved langtidseksponering) og MAC-EQS (grenseverdi for akutt toksiske effekter ved korttidseksponering). Øvre grense for klasse IV er basert på akutt toksisitet uten sikkerhetsfaktorer, og er grensen for mer omfattende toksiske effekter. Alle klassegrensene utenom øvre grense for klasse I er beregnet ut fra risiko/effekt.

4 Resultater

4.1 Bløtbunnsfauna og støtteparametere

4.1.1 Bløtbunnsfauna

En oversikt over antall arter og individer, bløtbunnsindeksene og normaliserte EQR-verdier (nEQR) for de undersøkte stasjonene er gitt i **Tabell 8**. Her vises også hvilken tilstandsklasse hver stasjon har fått på grunnlag av kvalitetselementet bløtbunnsfauna. En oversikt over de mest dominerende artene på hver stasjon er presentert i **Tabell 9**. En fullstendig artsliste er gitt i Vedlegg B, og absolutte indeksverdier for hver grabbprøve er gitt i Vedlegg C.

Samtlige av de undersøkte stasjonene ved Raudsand ble klassifisert til «god» tilstand (**Tabell 8**). Bløtbunnsfaunaen var dominert av muslinger og børstemark, og det ble funnet svært få pigghuder og til dels få krepsdyr på de fleste stasjonene. Generelt var faunaen relativt arts- og individfattig, noe som ikke fanges opp av tilstandsindeksene.

Tabell 8. Gjennomsnittlige indeksverdier (for de fire grabbprøvene) for den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian Quality Index), Shannon-Wiener indeksen (H'), Hurlberts diversitetsindeks (ES100) og sensitivitetsindeksene ISI2012 (Indicator Species Index) og NSI (Norwegian Sensitivity Index) for de undersøkte bløtbunnsstasjonene i Tingvollfjorden ved Raudsand, 2019. Normaliserte EQR-verdier (nEQR) er beregnet for hver indeks, og gjennomsnittet av disse gir nEQR for stasjonen. Gjennomsnittlig antall arter (S) og individer (N) per grabbprøve er også vist. Blå = Svært god tilstand, Grønn = God tilstand og Gul = Moderat tilstand.

Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna								
RU1	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	11,5	40	0,661	2,76	*	8,5	22,7	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,647	0,575	*	0,753	0,710	0,671
RU2	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	15,25	34	0,692	3,41	*	9,0	22,2	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,715	0,728	*	0,812	0,687	0,735
RU6	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	27,75	95	0,732	4,01	23,5	9,3	22,6	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,802	0,834	0,805	0,827	0,703	0,794
RU7	S	N	NQI1	H'	ES ₁₀₀	ISI ₂₀₁₂	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	19,25	76,75	0,714	3,16	16,0	9,0	22,1	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,765	0,664	0,600	0,814	0,684	0,705

* Ikke tilstrekkelig antall individer for beregning av indeks

Tabell 9. Navn og antall individer av de ti mest dominerende artene per stasjon i Tingvollfjorden ved Raudsand 2019 (0,1 m²). Prosent av totalt antall individer er også vist.

RU1	Dyregruppe	Art/Takson	Antall	%	RU6	Dyregruppe	Art/Takson	Antall	%
	MUSLINGER	<i>Thyasira equalis</i>	54	34		MUSLINGER	<i>Thyasira equalis</i>	83	22
	BØRSTEMARK	<i>Nephtys hystricis</i>	41	26		BØRSTEMARK	<i>Spiophanes kroyeri</i>	35	9
	BØRSTEMARK	<i>Heteromastus filiformis</i>	10	6		BØRSTEMARK	<i>Heteromastus sp.</i>	31	8
	MUSLINGER	<i>Kelliella miliaris</i>	6	4		PØLSEORMER	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	28	7
	BØRSTEMARK	<i>Pectinaria belgica</i>	5	3		BØRSTEMARK	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	7
	MUSLINGER	<i>Thyasira obsoleta</i>	5	3		BØRSTEMARK	<i>Nephtys hystricis</i>	25	7
	BØRSTEMARK	<i>Nephtys paradoxa</i>	4	3		MUSLINGER	<i>Kelliella miliaris</i>	19	5
	MUSLINGER	<i>Thyasira sp. juvenil</i>	4	3		MUSLINGER	<i>Yoldiella lucida</i>	16	4
	BØRSTEMARK	<i>Neogyptis rosea</i>	3	2		MUSLINGKREPS	<i>Philomedes (Philomedes) lilljeborgi</i>	9	2
	BØRSTEMARK	<i>Augeneria sp.</i>	3	2		BØRSTEMARK	<i>Chirimia biceps</i>	8	2
RU2	Dyregruppe	Art/Takson	Antall	%	RU7	Dyregruppe	Art/Takson	Antall	%
	MUSLINGER	<i>Thyasira equalis</i>	27	20		MUSLINGER	<i>Thyasira equalis</i>	110	36
	BØRSTEMARK	<i>Heteromastus filiformis</i>	21	15		MUSLINGER	<i>Kelliella miliaris</i>	39	13
	BØRSTEMARK	<i>Nephtys hystricis</i>	18	13		BØRSTEMARK	<i>Nephtys hystricis</i>	37	12
	MUSLINGER	<i>Yoldiella lucida</i>	14	10		MUSLINGER	<i>Thyasira sp. juvenil</i>	25	8
	BØRSTEMARK	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	8	6		MUSLINGER	<i>Yoldiella lucida</i>	12	4
	BØRSTEMARK	<i>Heteromastus sp.</i>	5	4		MUSLINGER	<i>Mendicula ferruginosa</i>	8	3
	BØRSTEMARK	<i>Augeneria sp.</i>	4	3		BØRSTEMARK	<i>Augeneria sp.</i>	7	2
	BØRSTEMARK	<i>Lumbrineris cf. cingulata</i>	4	3		BØRSTEMARK	<i>Heteromastus filiformis</i>	5	2
	MUSLINGER	<i>Kelliella miliaris</i>	4	3		BØRSTEMARK	<i>Terebellides stroemii</i>	5	2
	BØRSTEMARK	<i>Spiophanes kroyeri</i>	3	2		SLIMORMER	<i>Nemertea indet</i>	4	1

RU1

Stasjon RU1 ligger på 320 m dyp og befinner seg ca. 1,3 km sør for Raudsand. Stasjonen hadde det laveste registrerte artsantallet med i snitt kun 11,5 arter per grabbprøve (**Tabell 8**). Med totalt 24 arter og 160 individer (per 0,4 m²) kan faunaen på stasjonen betegnes som arts- og individfattig. De lave arts- og individtallene gjenspeiles i de beregnede indeksene for artsmangfold H' og ES₁₀₀. Tilstanden ble moderat ut fra indeksen H' mens ES₁₀₀ ikke kunne beregnes ettersom individtallet var under 100 for alle fire grabbprøver. De øvrige indeksene, sensitivitetsindeksene ISI₂₀₁₂ og NSI samt den sammensatte indeksen NQI1, viste imidlertid god tilstand. Samlet tilstand ble «god». Den vanligste arten på stasjonen er muslingen *Thyasira equalis* (**Tabell 9**), som ansees å være en tolerant art. Høyt på listen over de mest dominerende artene, finner vi også børstemarken *Heteromastus filiformis* som er betegnet som en opportunistisk art. Såkalte «opportunistiske arter» er de med særlig evne til rask kolonisering eller tilpasning.

RU2

Stasjon RU2 ligger på omtrent samme dyp som RU1 (321 m), men befinner seg noe lenger inn i fjorden. Her ble det registrert et større antall arter, men færre antall individer enn på RU1, med henholdsvis 33 arter og 136 individer totalt. Samtlige indekser viste «god» tilstand, med unntak av sensitivetsindeksen ISI_{2012} som viste «svært god» tilstand. Samlet tilstand på stasjonen ble «god» (**Tabell 8**). Artssammensetningen viste innslag av tolerante- og opportunistiske arter, slik som de tidligere nevnte *Thyasira equalis* og *Heteromastus filiformis*, i tillegg til den rørbyggende børstemarken *Spiochaetopterus typicus* (**Tabell 9**).

RU6

Stasjon RU6 ligger på 324 m dyp og er den stasjonen som befinner seg lengst ut i fjorden. Med totalt 54 arter og 380 individer (per 0,4 m²), var dette stasjonen hvor det ble registrert flest antall arter og individer. Dette tilsvarer et normalt til høyt artsantall og moderat individtall. Indeksene viste «svært god» tilstand med unntak av sensitivetsindeksen NSI, som viste «god» tilstand (**Tabell 8**). Samlet tilstand ble imidlertid «god», men da i øvre del av klassen og på grensen til «svært god». Lik de øvrige stasjonene var faunaen hovedsakelig bestående av muslinger og børstemark, med den forurensningstolerante muslingen *Thyasira equalis* på topp (**Tabell 9**), men det var flere registrerte krepsdyrarter. Blant de mest dominerende artene på stasjonen, finner vi snabelormen *Onchnesoma steenstrupii steenstrupii* som er ansett å være sensitiv mot forstyrrelser som forurensning og organisk belastning (dvs. ikke-tolerant). Det er likevel innslag av flere arter som anses å være tolerante og opportunistiske, som f.eks. børstemarkene *Spiophanes kroyeri* og *Heteromastus filiformis*.

RU7

Stasjon RU7 ligger på 323 m dyp og var moderat arts- og individrik, med totalt 43 arter og 307 individer (per 0,4 m²). Tilstanden ble «moderat» ut fra diversitetsindeksen ES_{100} , «svært god» for sensitivetsindeksen ISI_{2012} og «god» for de resterende indeksene (**Tabell 8**). Samlet tilstand for stasjonen ble «god». Det ble registrert få pigghuder og krepsdyr på stasjonen, og blant de ti hyppigst forekommende artene utgjorde muslingene *Thyasira equalis* og *Kelliella miliaris*, som begge ansees for å være tolerante, hele 47 % av faunaen (**Tabell 9**).

4.1.2 Støtteparametere i sediment

En oversikt over sedimentparametrene er gitt i **Tabell 10**. Alle stasjonene hadde finkornet sediment som klassifiseres til pelitt. Andelen leire og silt (finfraksjon < 63 µm) var relativt lik på stasjonene og varierte fra 86,9 % i RU1 til 91,9 % i RU6.

Innholdet av normalisert organisk karbon var lavest på stasjon RU1 og tilsvarte «svært god» tilstand (klasse I). På stasjonen RU2 og RU6 var innholdet av TOC i sedimentet noe høyere og tilsvarte tilstanden «god» (klasse II), hvorav RU2 var på grensen til «svært god» tilstand. Stasjon RU7 fikk «moderat» tilstand, men den var tett oppimot grensen til «god».

Tabell 10. Kornstørrelse (andel finstoff, < 0,063 mm), innhold av TOC og normalisert TOC på bløtbunnstasjonene i Tingvollfjorden ved Raudsand, 2019. Klassifisering av tilstand er basert på Veileder 97:03 (Molvær m.fl.1997), se **Tabell 5**.

Stasjon	Kornfordeling (% <63 µm)	Totalt organisk karbon (TOC) mg/g	TOC normalisert	Totalt nitrogen mg/g	C/N forhold	Sediment klassifisering
RU1	86,9	13	15,4	1,4	9,3	Pelitt
RU2	91,2	19,1	20,7	2,16	8,8	Pelitt
RU6	91,9	21,2	22,7	2,28	9,3	Pelitt
RU7	90,8	26,2	27,9	2,88	9,1	Pelitt

C/N-forholdet (forholdstallet mellom karbon og nitrogen) kan gi indikasjon på opprinnelsen til det organiske materialet i sedimentet ettersom ulike typer materiale har ulikt innhold av nitrogen. Generelt vil sedimenter hvor detritusmaterialet hovedsakelig har sin opprinnelse i planteplankton, gi et C/N-forhold på 6-8 fordi planteplankton er relativt rikt på nitrogen. Derimot har bentiske makroalger (tang og tare) et C/N-forhold på 10-60 og terrestrisk plantemateriale >100. Sedimenter med stor tilførsel av terrestrisk plantemateriale har derfor gjerne et C/N-forhold >10-12. C/N-forholdet var relativt likt mellom stasjonene ved Raudsand og lå mellom 8,8 til 9,3, noe som tyder på lave tilførsler av terrestrisk (landbasert) materiale.

4.1.3 CTD – oksygen i bunnvann

CTD-målingene viste at oksygenforholdene i det bunn-nære vannet var svært gode på tidspunktet for prøvetakingen, med oksygenkonsentrasjoner på ca. 4,8 ml O₂/l og oksygenmetning på 73-74% på samtlige stasjoner (**Tabell 11**).

Målingene representerer et øyeblikksbilde som ikke sier noe om hvordan oksygenforholdene varierer gjennom året og kan dermed ikke benyttes i tilstandsklassifisering iht. vannforskriften. De viser likevel at oksygenforholdet i vannet var bra på tidspunktet for prøvetaking (3.- 4. april 2019). I tillegg ble det ifm. prøvetakingen av fauna ikke registrert noen lukt i sedimentene, noe som tyder på at også oksygenforholdene i sedimentene var gode. Begge tilfeller er positivt for bunnfauna. CTD-profiler som viser saltholdig, temperatur, oksygenkonsentrasjon og oksygenmetning fra målingene på stasjonene er gitt i Vedlegg D.

Tabell 11. Målt oksygenkonsentrasjon (ml O₂/l) og oksygenmetning (%) i bunnvann vha. oksygensonde i Tingvollfjorden ved Raudsand, 2019.

Stasjon	Dyp (m)	Prøvetakingsdato	Oksygen	
			ml/l	%
RU1	325,8	04.04.2019	4,80	73
RU2	322,5	04.04.2019	4,82	73
RU6	325,9	04.04.2019	4,84	74
RU7	320,2	03.04.2019	4,81	73

4.2 Metaller og PCB7 i sedimentene

En oversikt over konsentrasjoner og tilstandsklasser for metaller og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentene ved Raudsand i 2019, er vist i **Tabell 12**.

Det var varierende konsentrasjoner av metaller i sedimentprøvene, alt fra tilstandsklasse I (bakgrunn) til tilstandsklasse V (svært dårlig). Stasjonene RU1 og RU7, som ligger nærmest bedriftsområdet, hadde for de fleste miljøgifter (dvs. de prioriterte og vannregionspesifikke stoffene) gjennomgående høyere konsentrasjoner enn RU2 og RU6 som ligger lenger unna. Dette gir imidlertid ikke utslag i tilstandsklassene, som er mer eller mindre like mellom stasjonene. Stasjon RU2 viste gjennomgående lavere konsentrasjoner for samtlige metaller og PCB7, og er den eneste stasjonen som har «god» tilstandsklasse for sink og PCB7.

Samtlige stasjoner hadde sediment med kobberkonsentrasjoner tilsvarende klasse V (svært dårlig tilstand). Dette forurensningsnivået kan medføre omfattende toksiske effekter på sedimentlevende organismer. De høye kobberkonsentrasjonene har i tidligere undersøkelser blitt nevnt som mulig årsak til at bunnfauna har vært påvirket (Rygg & Næs, 1989, Rygg m.fl. 2003) og kan trolig forklare det lave artsmangfoldet som er observert i nåværende undersøkelse. Kobber er et av de såkalte prioriterte farlige stoffene som myndighetene har som mål å stanse utslipp av til sjø fra norsk industri.

Tabell 12. Konsentrasjoner av metaller og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentprøver fra Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019. Resultatene er klassifisert i henhold til klassifiseringssystem i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018). Metaller og støtteparametere som ikke inngår i klassifiseringssystemet for sediment er inkludert (ikke fargede celler). Merk at enhet for PCB7 er gitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ = mikrogram pr kg ($1000 \mu\text{g} = 1 \text{mg}$).

		Klasse I Bakgrunn	Klasse II God tilstand	Klasse III Moderat tilstand	Klasse IV Dårlig tilstand	Klasse V Svært dårlig tilstand
Parameter	Element	Enhet	Stasjoner			
			St. RU1	St. RU2	St. RU6	St. RU7
Bly (Pb)	Prioritert stoff	mg/kg	59	30	43	86
Kadmium (Cd)			0,12	0,05	0,091	0,13
Nikkel (Ni)			100	63	74	74
Kobber (Cu)			570	190	240	490
Krom (Cr)	Vannregion- spesifikt stoff		85	57	77	100
Sink (Zn)			210	120	160	220
Polyklorerte bifenyler (PCB7)			$\mu\text{g}/\text{kg}$	14	0,6	4,4
Aluminium (Al)	Øvrige metaller	mg/kg	42 000	26 000	32 000	42 000
Jern (Fe)			51 000	34 000	50 000	44 000
Litium (Li)			45	33	43	51
Vanadium (V)			190	130	160	160
Kornstørrelse < 63 μm	Støtteparameter	% TS	86,9	91,2	91,9	90,8
Totalt organisk karbon (TOC)		mg/g	13	19,1	21,2	26,2
Totalt nitrogen (TN)			1,4	2,16	2,28	2,88
Tørrstoff (TTS)			%	38,1	33,2	32,8

4.2.1 Vannregionspesifikke stoffer

Sedimentene hadde overskridelse av grenseverdier for ett eller flere av de vannregionspesifikke stoffene på samtlige stasjoner (**Tabell 13**). Overskridelse av grenseverdi betyr dermed at stasjonene ikke oppnår miljømålet for vannregionspesifikke stoffer. Alle stasjonene viste overskridelser av grenseverdiene for kobber. Det var også overskridelser for miljøgiftene sink og PCB7 på stasjonene, unntagen RU2.

Tabell 13. Vurdering av vannregionspesifikke stoffer i sediment fra Raudsand mot grenseverdier (EQS) gitt i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018). Konsentrasjoner som overstiger EQS er markert med svart.

Parameter	Enhet	Grenseverdi (EQS)	St. RU1	St. RU2	St. RU6	St. RU7
Kobber (Cu)	mg/kg	84	570	190	240	490
Krom (Cr)		660	85	57	77	100
Sink (Zn)		139	210	120	160	220
PCB7	µg/kg	4,1	14	0,6	4,4	39

Bergmesteren Raudsand oppgir at de påviste konsentrasjonene av kobber, sink og PCB7 i sedimentene ikke samsvarer med målte utslipp fra deres virksomhet, men kan komme fra annen industri og historiske utslipp fra gruvedrift.

Industriområdet ved Raudsand ligger ved det nedlagte gruveområdet, og det har ved tidligere undersøkelser blitt påvist en markert kobberforurensning av fjordbunnen selv etter at utslippene av gruveavgang opphørte i 1983 (Rygg & Næs, 1989, Rygg m.fl. 2003, Berge m.fl. 2013). Likeledes har det tidligere blitt påvist høye konsentrasjoner av sink i fjordens dypområde (nær stasjon RU7 i 2013). NIVAs undersøkelser fra 2013 viste at et område utenfor Raudsand (deriblant stasjon RU7) var sterkt forurenset med PCB (Berge m.fl. 2013). Kilden til PCB er ikke kjent, og ifølge Berge m.fl. (2013) finnes det ingen informasjon som tyder på at PCB kan ha blitt tilført fra produksjonen som ulike bedrifter har drevet på Raudsand. I rapporten ble det imidlertid påpekt at PCB, som finnes i eldre transformatoroljer, elektroniske komponenter (kondensatorer) og spesialmørtel, kan lekke ut og bli transportert ut i fjorden dersom slikt materiell brukes eller lagres på bedriftsområdet.

4.2.2 Øvrige metaller

Analyseresultatene for metallene aluminium, jern, litium og vanadium viste høye konsentrasjoner (**Tabell 12**). Resultatene er ikke uventede med tanke på historisk uttak av jernmalm (deriblant magnetitt (jernoksid) og vanadium) samt tidligere og nåværende aluminiumsindustri på Raudsand. Disse metallene regnes ikke som miljøgifter og aluminium og jern er vanlig forekommende grunnstoffer i jord og berggrunn.

Foruten lokale utslipp fra industribedriftene ved Raudsand (Bergmesteren Raudsand AS og Real Alloy Norway AS), finnes det flere kilder som kan påvirke miljøtilstanden i Tingvollfjorden i dag. Av disse kan nevnes avrenning fra jordbruk og utslipp fra kommunalt avløp, akvakultur og annen industri hvorav Hydro Aluminium på Sunndalsøra har mange av de samme utslippskomponentene til fjorden som de ved Raudsand.

4.3 Klassifisering av tilstand

4.3.1 Klassifisering av økologisk tilstand

På bakgrunn av det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna samt de vannregionspesifikke stoffene kobber, krom, sink og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentene, klassifiseres den økologiske tilstanden som «moderat» ved samtlige undersøkte stasjoner ved Raudsand i 2019 (**Tabell 14**). Stasjonene oppnår «god» tilstand for bløtbunnsfauna, men ettersom sedimentene hadde overskridelse av grenseverdier for de vannregionspesifikke stoffene, nedgraderes den samlede økologiske tilstanden fra «god» til «moderat».

Tabell 14. Vurdering av økologisk tilstand på stasjonene i Tingvollfjorden ved Raudsand basert på det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna og vannregionspesifikke stoffer (miljøgifter) i sediment (støtteelement). Parameterne er klassifisert iht. Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018), der Blå = Svært god tilstand, Grønn = God tilstand, Gul = Moderat tilstand, Oransje = Dårlig tilstand og Rød = Svært dårlig tilstand.

Parameter		STASJONER			
		St. RU1	St. RU2	St. RU6	St. RU7
Bløtbunnsfauna	Biologisk kvalitetselement	God	God	God	God
Miljøgifter i sediment Kobber, krom, sink og PCB7	Vannregionspesifikke stoffer	Overskrider grenseverdi (EQS)	Overskrider grenseverdi (EQS)	Overskrider grenseverdi (EQS)	Overskrider grenseverdi (EQS)
Økologisk tilstand		Moderat	Moderat	Moderat	Moderat

4.3.2 Klassifisering av kjemisk tilstand

Kjemisk tilstand bestemmes som nevnt utfra konsentrasjoner av de prioriterte stoffene. Resultatene viser at nivåene av både bly og kadmium i sedimentene er lave, men ettersom det var overskridelse av grenseverdien for nikkell på samtlige stasjoner, ble kjemisk tilstand klassifisert som «ikke god» (**Tabell 15**).

Tabell 15. Kjemisk tilstand for sediment fra Tingvollfjorden ved Raudsand. Kjemisk tilstand klassifisert basert på prioriterte stoffer. Klassifiseringen er gjort i henhold til grenseverdier (EQS) gitt i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018). Tilstand er angitt som «god» (blått) eller «ikke god» (rødt) i forhold til om konsentrasjonene er under eller over fastsatt grenseverdi (EQS).

Parameter	Enhet	Grenseverdi (EQS)	St. RU1	St. RU2	St. RU6	St. RU7
Bly (Pb)	mg/kg tørrvekt	150	59	30	43	86
Kadmium (Cd)		2,5	0,12	0,05	0,091	0,13
Nikkel (Ni)		42	100	63	74	74
Kjemisk tilstand			ikke god	ikke god	ikke god	ikke god

5 Sammenlikning av dagens tilstand med tidligere undersøkelser

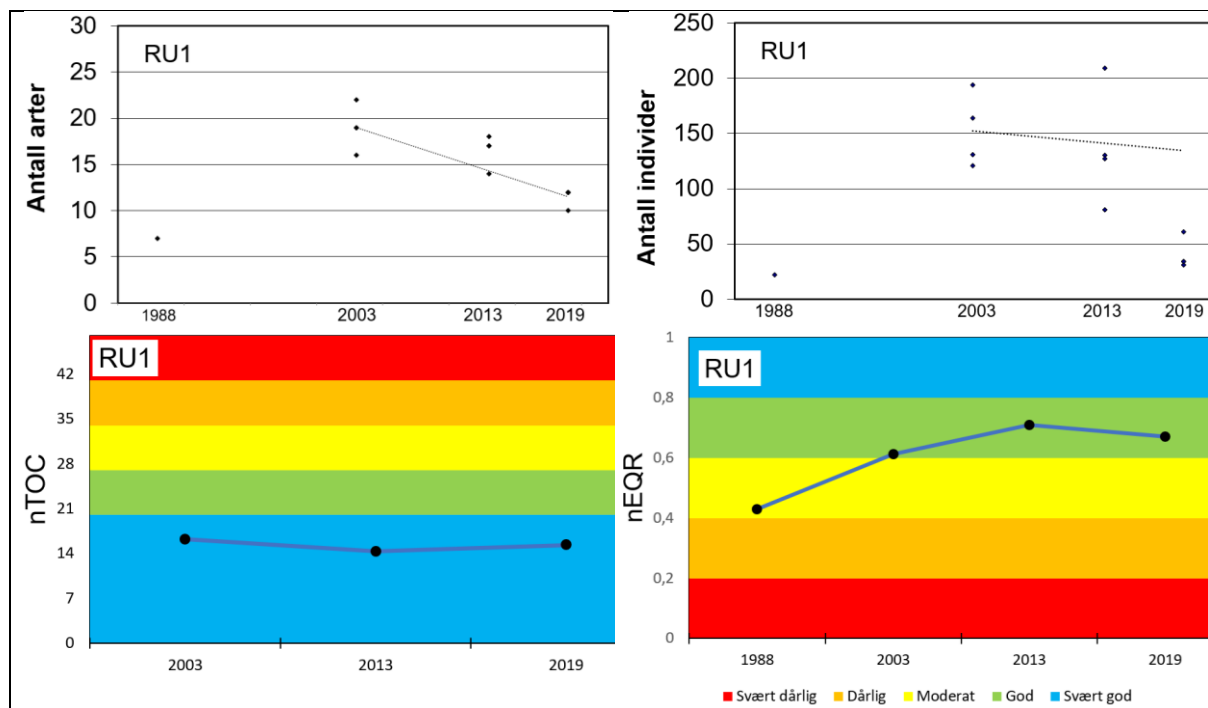
5.1 Bløtbunnsfauna

Stasjonene i denne undersøkelsen har blitt prøvetatt flere ganger og så langt tilbake som i 1988. Etter dette har samtlige stasjoner blitt undersøkt i årene 2003, 2013 og nå sist i 2019, unntagen RU6 som ikke ble prøvetatt i 2003. En sammenlikning av resultatene fra alle år er gitt i **Figur 3-Figur 6** og alle stasjoner og år er klassifisert etter grenseverdiene i revidert Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen 2018).

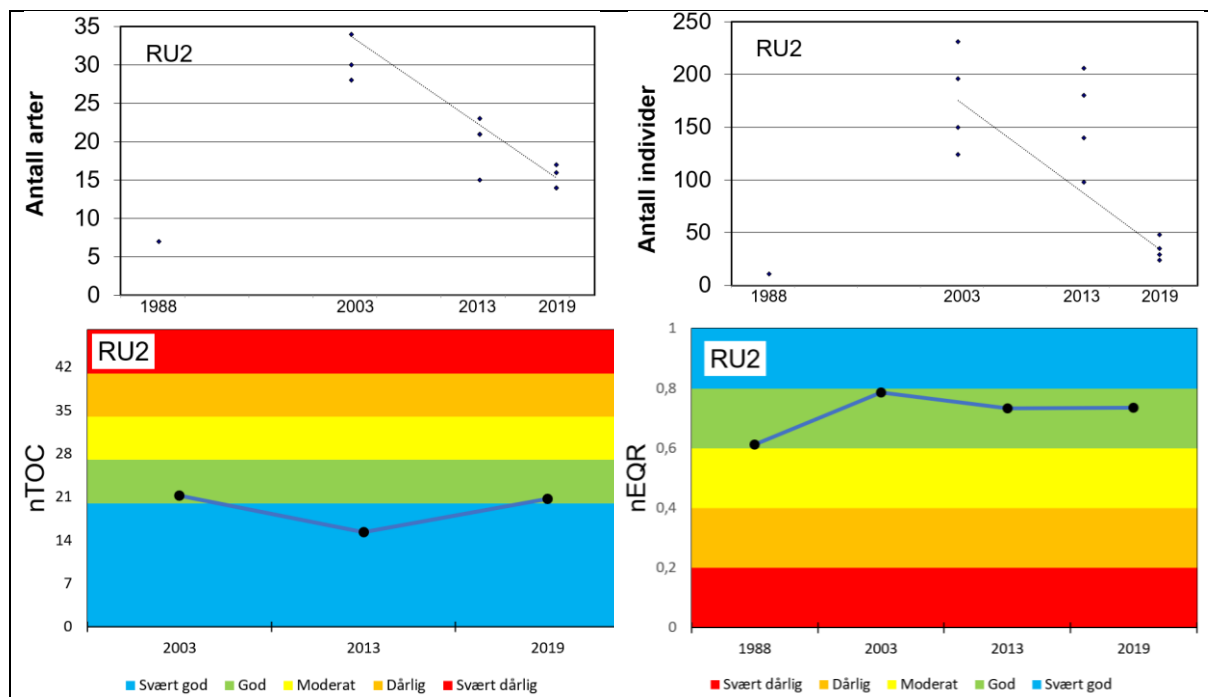
Siden de første undersøkelsene i 1988, har den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna (målt som gjennomsnittlige nEQR-verdier) blitt bedre på alle stasjoner. For stasjonene RU1 og RU6 har forbedringen gitt utslag i endret tilstandsklasse, fra «moderat» til «god» økologisk tilstand for RU1, og for RU6 i grensen mellom «god» og «svært god» (**Figur 5**). I 2013 ble tilstanden for bløtbunnsfauna klassifisert som «svært god» iht. den daværende veilederen (01:2009). Avviket mellom tilstandsklassene som presenteres i denne rapporten sammenliknet med rapporten fra 2013, skyldes at veilederen i mellomtiden har blitt revidert på bakgrunn av ny kunnskap, herunder nye metoder og nye indekser. Mens den tidligere veilederen vektla indeksen NQ11 ved klassifisering, gir Veileder 02:2018 en samlet tilstand basert på alle de fem indeksene (nEQR). Når den gjeldende veilederen legges til grunn for utregningen av tilstandsklassene, havner alle stasjonene fra undersøkelsen i 2013 i tilstandsklasse «god», unntagen RU6 som fremdeles ville havnet i tilstandsklassen «svært god».

Resultatene viser en vesentlig nedgang i antall arter fra 2013 til 2019 på stasjonene RU1 og RU2 (**Figur 3** og **Figur 4**), mens det for RU6 og RU7 er noenlunde uendret i den samme perioden (**Figur 5** og **Figur 6**). En nedgang i antall individer observeres imidlertid på samtlige stasjoner.

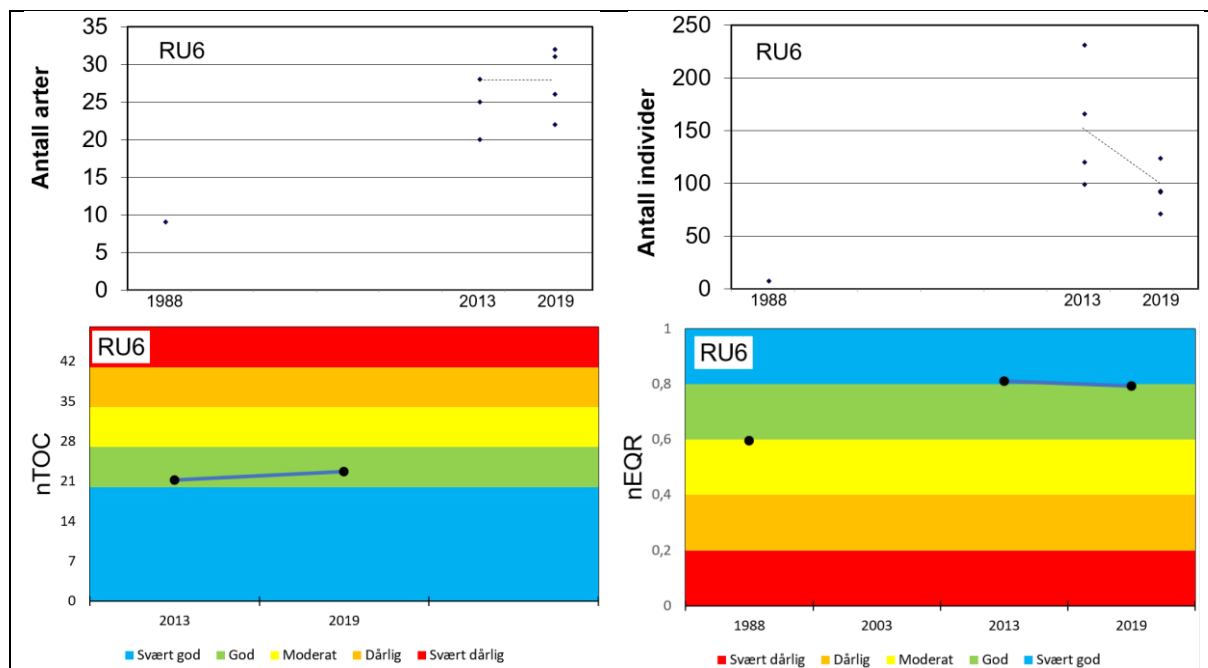
Normalisert, organisk karbon (nTOC) har data fra og med 2003 og viser små svingninger gjennom årene og tilstanden basert på nTOC har vært uendret gjennom perioden, tilsvarende «svært god» tilstand for RU1 og «god» tilstand for RU2 og RU6. Stasjon RU7 viser imidlertid en jevn forverring i tilstanden, fra «svært god» tilstand i 2003 til «moderat» tilstand i 2019, noe som indikerer at sedimentene på stasjonen har blitt mer organisk belastet oppigjennom årene (**Figur 6**).



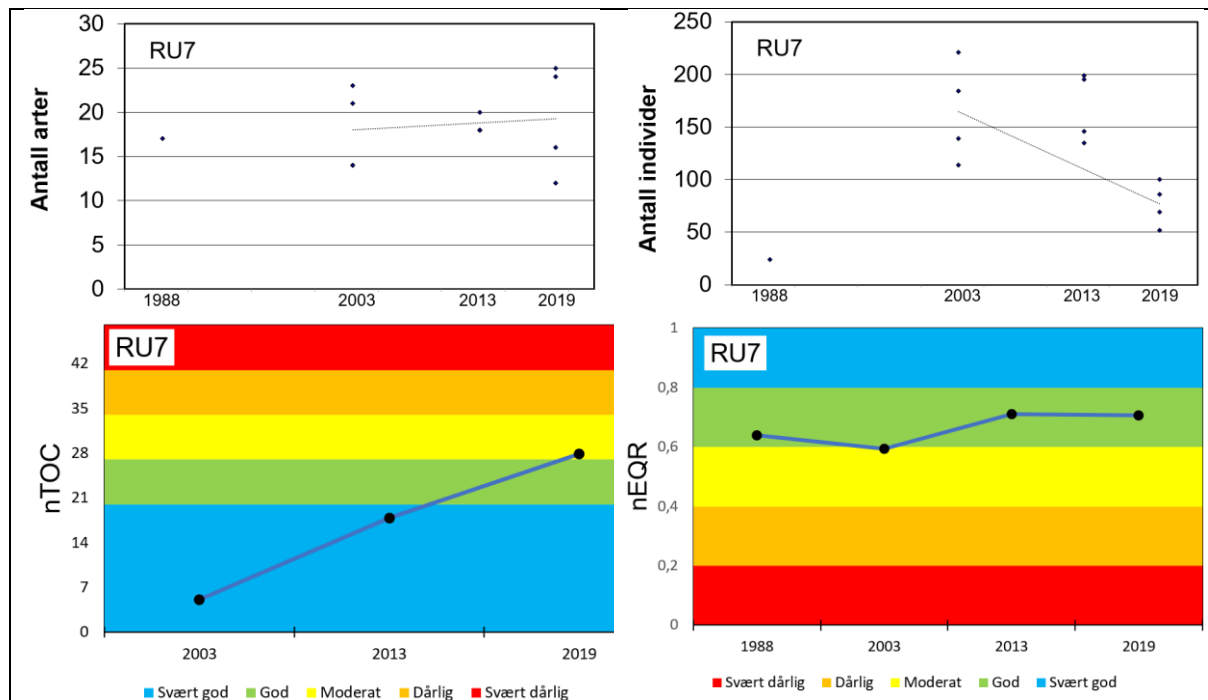
Figur 3. Antall arter og individer (per grabb), innhold av normalisert organisk karbon (nTOC) og nEQR for bløtbunnsfauna i tidsrommet 1988-2019 for stasjon RU1 utenfor Raudsand. Punkter: verdier per grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nTOC og nEQR angir tilstandsklasse iht. hhv. Molvær m.fl.1997 og Veileder 02:2018. I 1988 mangler data for normalisert organisk karbon og for resterende parametere er data kun fra stasjonsnivå fra dette året (antall individer per grabb er omregnet).



Figur 4. Antall arter og individer (per grabb), innhold av normalisert organisk karbon (nTOC) og nEQR for bløtbunnsfauna i tidsrommet 1988-2019 for stasjon RU2 utenfor Raudsand. Punkter: verdier per grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nTOC og nEQR angir tilstandsklasse iht. hhv. Molvær m.fl.1997 og Veileder 02:2018. I 1988 mangler data for normalisert organisk karbon og for resterende parametere er data kun fra stasjonsnivå fra dette året (vist verdi for antall individer per grabb er omregnet).



Figur 5. Antall arter og individer (per grabb), innhold av normalisert organisk karbon (nTOC) og nEQR for bløtbnnsfauna i tidsrommet 1988-2019 for stasjon RU6 utenfor Raudsand. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nTOC og nEQR angir tilstandsklasse iht. hhv. Molvær m.fl.1997 og Veileder 02:2018. I 1988 mangler data for normalisert organisk karbon og for resterende parametere er data kun fra stasjonsnivå fra dette året (antall individer per grabb er omregnet). RU6 ble ikke prøvetatt i 2003.



Figur 6. Antall arter og individer (per grabb), innhold av normalisert organisk karbon (nTOC) og nEQR for bløtbnnsfauna i tidsrommet 1988-2019 for stasjon RU7 utenfor Raudsand. Punkter: verdier pr grabb. Linjer: gjennomsnitt for alle parallelle grabber. Fargen for nTOC og nEQR angir tilstandsklasse iht. hhv. Molvær m.fl.1997 og Veileder 02:2018. I 1988 mangler data for normalisert organisk karbon og for resterende parametere er data kun fra stasjonsnivå fra dette året (antall individer per grabb er omregnet).

5.2 Metaller og PCB7 i sedimentene

En sammenlikning av resultatene for metaller og PCB7 i sedimentene fra årene 2003, 2013 og 2019 er gitt i **Tabell 16 - Tabell 19** og tilstandsklassene for alle stasjoner er klassifisert etter grenseverdiene i Veileder 02:2018. Resultatene viser en generell nedgang i konsentrasjoner fra 2003 og fram til 2019, selv om dette ikke nødvendigvis gjør utslag i tilstandsklassene. Analyseresultatene fra 2019 viser dog en økning for de fleste stoffene når sammenliknet med siste undersøkelse fra 2013.

For de prioriterte stoffene bly, kadmium og nikkel, som inngår i klassifiseringen av kjemisk tilstand, er tilstandsklassen for alle stasjoner uendret i perioden 2003-2019. Unntaket er kadmium som har endret tilstandsklasse fra «moderat» i 2003 til «svært god» i både 2013 og 2019 på stasjonene RU1 og RU7 (**Tabell 16** og **Tabell 19**).

For de vannregionspesifikke stoffene kobber, krom, sink og PCB7, som inngår i klassifiseringen av økologisk tilstand, varierer tilstandsklassene fra år til år på de ulike stasjonene unntagen stasjon RU7 (**Tabell 19**). På stasjon RU1 er tilstanden også uendret gjennom årene for de ulike stoffene, unntagen krom som har svingt mellom «god» og «svært god» tilstand, hvorav siste måling i 2019 ga tilstandsklasse «god». På stasjon RU2 er tilstandsklassen uendret mellom årene for kobber og PCB7, mens konsentrasjonene av både krom og sink har blitt redusert og tilstandsklassene forbedret fra 2003 til 2013 og 2019 fra hhv. «god» til «svært god» for krom og «moderat» til «god» for sink (**Tabell 17**). På stasjon RU6 er tilstandsklassen for kobber uendret, mens tilstandsklassene ellers varierer og med en forverring av tilstand fra «god» til «moderat» for sink og PCB7.

Før de øvrige metallene aluminium, jern, litium og vanadium, er det en generell nedgang i konsentrasjonene fra 2003 og fram til 2019 for alle stasjoner. Det er imidlertid en økning for nesten samtlige metaller fra 2013 til 2019. Jern skiller seg ut fra de øvrige metallene og viser en markant økning fra 2013 til 2019 for alle stasjoner unntagen stasjon RU2 (**Tabell 17**). Imidlertid er jern ikke å regne med som en miljøgift.

Tabell 16. Konsentrasjoner av metaller og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentprøver fra stasjon RU1 utenfor Raudsand i 2003, 2013 og 2019 (denne undersøkelsen). Resultatene er klassifisert i henhold til klassifiseringssystem i Veileder 02:2018. Metaller og støtteparametere som ikke inngår i klassifiseringssystemet for sediment er ikke farget.

Stasjon	Parameter		Enhet	2003	2013	2019	
St. RU1	Bly (Pb)	Prioritert stoff	mg/kg	68,6	35	59	
	Kadmium (Cd)			0,3	0,087	0,12	
	Nikkel (Ni)			106	87	100	
	Kobber (Cu)	Vannregion-spesifikt stoff		677	360	570	
	Krom (Cr)			94	53	85	
	Sink (Zn)			227	150	210	
	PCB7			µg/kg	28,8	6,6	14
	Aluminium (Al)	Øvrige metaller	mg/kg	45 600	20 000	42 000	
	Jern (Fe)			49 100	36 000	51 000	
	Litium (Li)			62,4	22	45	
	Vanadium (V)			240	35	190	
	Kornstørrelse < 63 µm	Støtteparameter	%	TS	89	90	86,9
	Totalt organisk karbon (TOC)			mg/g	14,3	11,1	13
	Totalnitrogen (TN)			<1	<1,0	1,4	
Tørrstoff (TTS)	%			27,5	36	38,1	

Tabell 17. Konsentrasjoner av metaller og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentprøver fra stasjon RU2 utenfor Raudsand i 2003, 2013 og 2019 (denne undersøkelsen). Resultatene er klassifisert i henhold til klassifiseringssystem i Veileder 02:2018. Metaller og støtteparametere som ikke inngår i klassifiseringssystemet for sediment er ikke farget.

Stasjon	Parameter		Enhet	2003	2013	2019	
St. RU2	Bly (Pb)	Prioritert stoff	mg/kg	38,3	26	30	
	Kadmium (Cd)			0,2	0,046	0,05	
	Nikkel (Ni)			79,2	63	63	
	Kobber (Cu)	Vannregion-spesifikt stoff		215	190	190	
	Krom (Cr)			89,1	54	57	
	Sink (Zn)			149	120	120	
	PCB7			µg/kg	N.A.	1,75	0,6
	Aluminium (Al)	Øvrige metaller	mg/kg	32 700	17 000	26 000	
	Jern (Fe)			47 300	34 000	34 000	
	Litium (Li)			39,7	18	33	
	Vanadium (V)			178	26	130	
	Kornstørrelse < 63 µm	Støtteparameter		% TS	87	93	91,2
	Totalt organisk karbon (TOC)			mg/g	17,3	12,4	19,1
	Totalnitrogen (TN)			<1	1,1	2,16	
Tørrstoff (TTS)	%			34,2	40	33,2	

Tabell 18. Konsentrasjoner av metaller og polyklorerte bifenyler (PCB7) i sedimentprøver fra stasjon RU6 utenfor Raudsand i 2003, 2013 og 2019 (denne undersøkelsen). Resultatene er klassifisert i henhold til klassifiseringssystem i Veileder 02:2018. Metaller og støtteparametere som ikke inngår i klassifiseringssystemet for sediment er ikke farget.

Stasjon	Parameter		Enhet	2003	2013	2019	
St. RU6	Bly (Pb)	Prioritert stoff	mg/kg	43,7	30	43	
	Kadmium (Cd)			0,2	0,043	0,091	
	Nikkel (Ni)			86,7	58	74	
	Kobber (Cu)	Vannregion-spesifikt stoff		338	180	240	
	Krom (Cr)			80	49	77	
	Sink (Zn)			166	120	160	
	PCB7			µg/kg	N.A.	1,75	4,4
	Aluminium (Al)	Øvrige metaller	mg/kg	35 600	16 000	32 000	
	Jern (Fe)			48 600	34 000	50 000	
	Litium (Li)			38,9	18	43	
	Vanadium (V)			206	30	160	
	Kornstørrelse < 63 µm	Støtteparameter		% TS	91	93	91,9
	Totalt organisk karbon (TOC)			mg/g	16,3	16,5	21,2
	Totalnitrogen (TN)			<1	1,6	2,28	
Tørrstoff (TTS)	%			41,1	33	32,8	

Tabell 19. Konsentrasjoner av metaller og polyklorete bifenyl (PCB7) i sedimentprøver fra stasjon RU7 utenfor Raudsand i 2003, 2013 og 2019 (denne undersøkelsen). Resultatene er klassifisert i henhold til klassifiseringssystem i Veileder 02:2018. Metaller og støtteparametere som ikke inngår i klassifiseringssystemet for sediment er ikke farget.

Stasjon	Parameter		Enhet	2003	2013	2019	
St. RU7	Bly (Pb)	Prioritert stoff	mg/kg	176	67	86	
	Kadmium (Cd)			0,59	0,15	0,13	
	Nikkel (Ni)			123	60	74	
	Kobber (Cu)	Vannregion-spesifikt stoff		1220	490	490	
	Krom (Cr)			159	76	100	
	Sink (Zn)			338	180	220	
	PCB7			µg/kg	N.A.	17,9	39
	Aluminium (Al)	Øvrige metaller	mg/kg	69 100	26 000	42 000	
	Jern (Fe)			37 900	25 000	44 000	
	Litium (Li)			65,7	25	51	
	Vanadium (V)			204	67	160	
	Kornstørrelse < 63 µm	Støtteparameter		% TS	80	88	90,8
	Totalt organisk karbon (TOC)			mg/g	14,5	17,7	26,2
	Totalnitrogen (TN)			<1	2,2	2,88	
	Tørrstoff (TTS)			%	34	28	26,7

6 Konklusjoner

Undersøkelsen av miljøtilstanden i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019 viser at vannforekomsten ikke oppnår vannforskriftens mål om minst «god» tilstand. Både økologisk og kjemisk tilstand ble klassifisert som «moderat» på samtlige undersøkte stasjoner.

Økologisk tilstand, basert på det biologiske kvalitetselementet bløtbunnsfauna, ble klassifisert som «god» på alle stasjoner. Imidlertid blir den samlede økologiske tilstanden nedgradert til «moderat» på grunn av høyt innhold av miljøgiftene kobber, sink og PCB7 i sedimentene.

Kjemisk tilstand ble vurdert på bakgrunn av bly, kadmium og nikkel i sedimentene, hvorav nikkel hadde konsentrasjonsmålinger over grenseverdien og tilstanden ble dermed klassifisert som «ikke god».

De påviste konsentrasjonene av kobber i sedimentene kan medføre omfattende toksiske effekter på sedimentlevende organismer. Nivåene av nikkel, sink og PCB i sedimentene kan også ha kronisk negative effekter på sedimentlevende organismer. Det kan dermed tenkes at de høye konsentrasjonene av disse miljøgiftene kan være en medvirkende årsak til de lave arts- og individtallene som har blitt observert hos bunnfaunaen.

Det ble påvist høye konsentrasjoner av metallene aluminium, litium, vanadium og jern (regnes ikke som miljøgifter).

Bunnsedimentenes tilstand var for øvrig god mht. oksygenforhold (basert på lukt og farge) og organisk innhold i sedimentene (målt ved normalisert TOC). CTD-målingene viste også svært gode oksygenforholdene i det bunn-nære vannet.

Sammenliknet med forrige miljøundersøkelse i 2013, viser resultatene fra 2019 at tilstanden for bløtbunnsfauna er relativt uendret. Imidlertid er det en nedgang i antall registrerte arter- og individer på stasjonene. For miljøgifter i sedimentene viser tre av fire stasjoner en økning i konsentrasjonen for de fleste stoffene (unntagen RU2), men tilstandsklassene er likevel lite endret.

7 Diskusjon mht. bløtbunnsfauna og miljøgifter

Resultatene fra Raudsand viste at bløtbunnsfauna ble klassifisert til «god» tilstand, til tross for at fauna er både arts- og individfattig på flere av stasjonene. En slik utarmet fauna er typisk ved industriforurensning, liten tilgang på næring eller oksygenvinn (Borgersen m.fl. 2019). Det er tidligere vist at det generelt er dårlig samsvar mellom biologisk og kjemisk tilstandsklassifisering i industriforurensede fjorder (Oug, 2013).

Dette skyldes dels at de to klassifiseringssystemene er utviklet med ulikt grunnlag og forutsetninger, og dels at indeksene som benyttes for klassifisering av bløtbunnsfauna i hovedsak responderer på organisk belastning og eutrofi. Denne type belastning fører ofte til dominans av tolerante eller opportunistiske enkeltarter og økt individtetthet. Ved Raudsand viser resultatene derimot en parallell reduksjon i antall arter og individer, noe som ikke fanges opp av indeksene. Dette gjelder særlig diversitetsindeksene H' og ES100, hvor individfordelingen mellom artene (jevnhet) er utslagsgivende. Stress som medfører parallell reduksjon i både antall arter og individer vil øke jevnheten og fremstå som positivt ved at indeksverdiene for diversitetsindeksene øker (Cao og Hawkins, 2005).

Indeksene som benyttes for tilstandsklassifisering av bløtbunnsfauna kan derfor i områder med industriutslipp gi en bedre tilstandsklasse enn hva faglig skjønn tilsier. Undersøkelsen ved Raudsand er etter vår mening et eksempel på et industripåvirket område hvor fauna er fattig (lave arts- og individtall) grunnet industripåvirkningen, samtidig som indeksene klassifiserer fauna til «god» tilstand. Konklusjonen i Oug (2013) var at klassifiseringssystemet for bløtbunnsfauna ikke var egnet til å detektere eventuelle effekter av miljøgifter, og siden har dette kvalitetselementet stort sett ikke vært benyttet ved den type industripåvirkning. NIVA anbefaler derfor at undersøkelse av bløtbunnsfauna ikke bør inngå i fremtidig overvåking av Tingvollfjorden ved Raudsand, med mindre bedriftenes utslipp av suspendert stoff eller TOC øker vesentlig og utløser krav om overvåking knyttet til effekter av eutrofi og organisk belastning.

8 Referanser

- Angvik Prosjektering AS. Reguleringsplan Bergmesteren Raudsand-BMR, Nesset kommune, Planbeskrivelse. Planident:201601. Dato: 09.02.2018, revidert 24.05.2019.
- Berge, J.A., Borgersen, G. og Gitmark, J. (2013). Miljøundersøkelser i Sunndalsfjorden utenfor Raudsand 2013. (NIVA-rapport; 6578).
- Borgersen, G., Trannum, H.C., Gundersen, H., Vedal, J. (2019). Oppdatering av bløtbunnsartenes sensitivetsverdier. (NIVA-rapport; 7366)
- Cao, Y. and Hawkins, C.P. (2005). Simulating biological impairment to evaluate the accuracy of ecological indicators. *Journal of Applied Ecology*, 42: 954-965.
- Direktiv 2009/90 EC, Technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 3 s.
- Direktoratsgruppen (2018) Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver
- Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J. & J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning 97:03. ISBN 82-7655-367-2, 36 s.
- NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014)
- NS-EN ISO 5667-19. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004)
- Oug, E., 2013. Klassifisering av miljøtilstand i industrifjorder. Hvor godt samsvarer miljøgifter og bløtbunnsfauna? Miljødirektoratets rapportserie M-75.
- Rygg B., Næs, K. 1989. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Raudsand. Undersøkelser i 1988. Overvåkingsrapport nr. 349/89. NIVA-rapport 2266, 29s.
- Rygg B., Pedersen, A., Uriansrud, F., 2003. Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved Raudsand, Sunndalsfjorden 2003. Undersøkelser utført for Aluvest AS. NIVA-rapport 4727, 57s.

Vedlegg A.

Analyserapport for kjemiske analyser av sediment i Tingvollfjorden ved Raudsand i 2019: totalt nitrogen (TN), totalt organisk karbon (TOC), bly (Pb), kadmium (Cd), nikkel (Ni), kobber (Cu), krom (Cr), sink (Zn), aluminium (Al), jern (Fe), litium (Li), vanadium (V), polyklorerte bifenyler (PCB7), tørrstoff (TTS), og kornfordeling (< 63 µm).

Kunde: Marijana Brkljacic
Prosjektnummer: O 190055 - Raudsand

Analyseoppdrag: 917-7358
Versjon: 1
Dato: 22.05.2019

Prøvenr.: NR-2019-06871
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 30.04.2019 - 30.04.2019

Prøvemerkning: RU1 - 0-1
Stasjon : RU1 RU1
KjerneID/Replikat : A
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-1,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Total nitrogen	Intern metode (G6-2)	1,40	µg N/mg TS	21%	1,0	
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	13,0	µg C/mg TS	20%	1,0	

Prøvenr.: NR-2019-06872
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU1 - 0-2
Stasjon : RU1 RU1
KjerneID/Replikat : B
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Aluminium	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	42000	mg/kg TS TS	25%	10	Eurofins
Bly	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	59	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Jern	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	51000	mg/kg TS TS	25%	30	Eurofins
Kadmium	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	0,12	mg/kg TS TS	25%	0,01	Eurofins
Kobber	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	570	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Krom	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	85	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Litium	EN ISO 11885	45	mg/kg TS TS	30%	1	Eurofins
Nikkel	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	100	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Sink	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	210	mg/kg TS TS	25%	2	Eurofins
Vanadium	EN ISO 11885	190	mg/kg TS TS	35%	2	Eurofins
PCB 101	EN 16167	0,0024	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 118	EN 16167	0,0022	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

For biota og sediment: Dersom enhet er uten spesifikk basisangivelse, er resultatet oppgitt som vätvekt.

Prøvenr.: NR-2019-06872
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU1 - 0-2
Stasjon : RU1 RU1
KjerneID/Replikant : B
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
PCB 138	EN 16167	0,0025	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 153	EN 16167	0,0020	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 180	EN 16167	0,00063	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 28	EN 16167	0,0025	mg/kg TS TS	30%	0,0005	Eurofins
PCB 52	EN 16167	0,0017	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
Sum PCB 7	EN 16167	0,014	mg/kg TS TS	25%		Eurofins
Tørrestoff %	EN 12880: 2001-02	38,1	%	5%	0,1	Eurofins

Prøvenr.: NR-2019-06873
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 30.04.2019 - 30.04.2019

Prøvemerkning: RU2 - 0-1
Stasjon : RU2 RU2
KjerneID/Replikant : C
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-1,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Total nitrogen	Intern metode (G6-2)	2,16	µg N/mg TS	20%	1,0	
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	19,1	µg C/mg TS	20%	1,0	

Prøvenr.: NR-2019-06874
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 06.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU2 - 0-2
Stasjon : RU2 RU2
KjerneID/Replikant : D
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Aluminium	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	26000	mg/kg TS TS	25%	10	Eurofins
Bly	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	30	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Jern	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	34000	mg/kg TS TS	25%	30	Eurofins
Kadmium	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	0,050	mg/kg TS TS	25%	0,01	Eurofins
Kobber	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	190	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Krom	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	57	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Litium	EN ISO 11885	33	mg/kg TS TS	30%	1	Eurofins
Nikkel	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	63	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet

Analyserapporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

For biota og sediment: Dersom enhet er uten spesifikk basisangivelse, er resultatet oppgitt som vøtvekt.

Prøvenr.: NR-2019-06874
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 06.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU2 - 0-2
Stasjon : RU2 RU2
KjerneID/Replikant : D
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Sink	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	120	mg/kg TS TS	25%	2	Eurofins
Vanadium	EN ISO 11885	130	mg/kg TS TS	35%	2	Eurofins
PCB 101	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 118	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 138	EN 16167	0,00059	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 153	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 180	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 28	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 52	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
Sum PCB 7	EN 16167	0,00059	mg/kg TS TS	25%		Eurofins
Tørrstoff %	EN 12880: 2001-02	33,2	%	5%	0,1	Eurofins

Prøvenr.: NR-2019-06875
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 30.04.2019 - 30.04.2019

Prøvemerkning: RU6 - 0-1
Stasjon : RU6 RU6
KjerneID/Replikant : E
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-1,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Total nitrogen	Intern metode (G6-2)	2,28	µg N/mg TS	20%	1,0	
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	21,2	µg C/mg TS	20%	1,0	

Prøvenr.: NR-2019-06876
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU6 - 0-2
Stasjon : RU6 RU6
KjerneID/Replikant : F
Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Aluminium	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	32000	mg/kg TS TS	25%	10	Eurofins
Bly	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	43	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Jern	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	50000	mg/kg TS TS	25%	30	Eurofins
Kadmium	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	0,091	mg/kg TS TS	25%	0,01	Eurofins
Kobber	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	240	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

For biota og sediment: Dersom enhet er uten spesifikk basisangivelse, er resultatet oppgitt som vøtvekt.

Prøvenr.: NR-2019-06876
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU6 - 0-2
 Stasjon : RU6 RU6
 KjerneID/Replikant : F
 Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
 Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Krom	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	77	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Litium	EN ISO 11885	43	mg/kg TS TS	30%	1	Eurofins
Nikkel	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	74	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Sink	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	160	mg/kg TS TS	25%	2	Eurofins
Vanadium	EN ISO 11885	160	mg/kg TS TS	35%	2	Eurofins
PCB 101	EN 16167	0,00073	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 118	EN 16167	0,00076	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 138	EN 16167	0,00077	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 153	EN 16167	0,00073	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 180	EN 16167	< 0,00050	mg/kg TS TS		0,0005	Eurofins
PCB 28	EN 16167	0,00084	mg/kg TS TS	30%	0,0005	Eurofins
PCB 52	EN 16167	0,00053	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
Sum PCB 7	EN 16167	0,0044	mg/kg TS TS	25%		Eurofins
Tørrestoff %	EN 12880: 2001-02	32,8	%	5%	0,1	Eurofins

Prøvenr.: NR-2019-06877
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 30.04.2019 - 30.04.2019

Prøvemerkning: RU7 - 0-1
 Stasjon : RU7 RU7
 KjerneID/Replikant : F
 Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-1,00 cm
 Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Total nitrogen	Intern metode (G6-2)	2,88	µg N/mg TS	20%	1,0	
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	26,2	µg C/mg TS	20%	1,0	

Prøvenr.: NR-2019-06878
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU7 - 0-2
 Stasjon : RU7 RU7
 KjerneID/Replikant : F
 Prøvetakingsdyp : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
 Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Aluminium	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	42000	mg/kg TS TS	25%	10	Eurofins
Bly	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	86	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Jern	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed . 1	44000	mg/kg TS TS	25%	30	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet

Analyserapporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

For biota og sediment: Dersom enhet er uten spesifikk basisangivelse, er resultatet oppgitt som vøtvekt.

Prøvenr.: NR-2019-06878
Prøvetype: SEDIMENT
Prøvetakningsdato: 04.04.2019 00.00.00
Prøve mottatt dato: 26.04.2019
Analyseperiode: 07.05.2019 - 07.05.2019

Prøvemerkning: RU7 - 0-2
Stasjon : RU7 RU7
KjerneID/Replikant : F
Prøvetakingsdybde : 0,00 m Snitt: 0,00-2,00 cm
Prøvetakingsmetode: Van Veen grab

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Kadmium	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	0,13	mg/kg TS TS	25%	0,01	Eurofins
Kobber	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	490	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Krom	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	100	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Litium	EN ISO 11885	51	mg/kg TS TS	30%	1	Eurofins
Nikkel	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	74	mg/kg TS TS	25%	0,5	Eurofins
Sink	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1	220	mg/kg TS TS	25%	2	Eurofins
Vanadium	EN ISO 11885	160	mg/kg TS TS	35%	2	Eurofins
PCB 101	EN 16167	0,0075	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 118	EN 16167	0,0060	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 138	EN 16167	0,0057	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 153	EN 16167	0,0051	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 180	EN 16167	0,0014	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
PCB 28	EN 16167	0,0073	mg/kg TS TS	30%	0,0005	Eurofins
PCB 52	EN 16167	0,0056	mg/kg TS TS	25%	0,0005	Eurofins
Sum PCB 7	EN 16167	0,039	mg/kg TS TS	25%		Eurofins
Tørrestoff %	EN 12880: 2001-02	26,7	%	5%	0,1	Eurofins



Norsk institutt for vannforskning

Tomas Adler Blakseth

Forsker

Rapporten er elektronisk signert

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet

Analyserapporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

For biota og sediment: Dersom enhet er uten spesifikk basisangivelse, er resultatet oppgitt som vøtvekt.



Framsenteret, Postboks 6606, 9296 TROMSØ
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 50 e-post: kjemi@akvaplan.niva.no



ANALYSERAPPORT

Kornfordelingsanalyse

Kunde: NIVA
Kunde referanse: Sandsfjorden - O-180389
Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkljacic
Adresse: Gaustadalléen 21
Postnr./sted: 0349 OSLO
Tlf.: **Dato:** 29.04.2019
e-post: Marijana.Brkljacic@niva.no

Rapport nr.: 60882/63-66
Analyseparameter(e): Full kornfordeling med statistiske parametere
Kontaktperson: Lisa Torske

Analyseansvarlig: *Lina Torske* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Jørgen H. Wasbotten* (sign.)

Lab id.	Kundens id.	Matrix	Prøvens beskaffenhet ved mottak	Mottatt Lab	Analyseperiode
60882/63	RU1	Sediment	Frossen	10.04.2019	10.04. - 25.04.2019
60882/64	RU2	Sediment	Frossen	10.04.2019	10.04. - 25.04.2019
60882/65	RU6	Sediment	Frossen	10.04.2019	10.04. - 25.04.2019
60882/66	RU7	Sediment	Frossen	10.04.2019	10.04. - 25.04.2019

Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat. Nærmere informasjon om metodeprinsipp, måleusikkerhet etc fås ved henvendelse til laboratoriet.

Resultater

Kundens id.:		RU1	RU2	RU6	RU7
Parameter	Enhet	60882/63	60882/64	60882/65	60882/66
< 0,063	vekt%	86.9	91.2	91.9	90.8
0.063	vekt%	9.5	4.7	4.5	2.9
0.125	vekt%	2.0	1.9	1.0	0.7
0.25	vekt%	0.7	0.9	0.8	1.1
0.5	vekt%	0.7	1.3	1.2	2.5
1	vekt%	0.1	0.0	0.6	2.0
2	vekt%	0.0	0.0	0.0	0.0

Kumulativ vekt% (vekt % av total masse som er finere enn angitt diameter =siktgjennomgang)

Kundens id.:		RU1	RU2	RU6	RU7
Partikkeldiam., mm	Enhet	60882/63	60882/64	60882/65	60882/66
0.063	kum. vekt%	86.9	91.2	91.9	90.8
0.125	kum. vekt%	96.3	95.8	96.4	93.7
0.25	kum. vekt%	98.4	97.8	97.4	94.3
0.5	kum. vekt%	99.1	98.7	98.2	95.5
1	kum. vekt%	99.9	100.0	99.4	98.0
2	kum. vekt%	100.0	100.0	100.0	100.0

Statistiske parametere*:

		RU1	RU2	RU6	RU7
Median, D50	ϕ	5.677	5.784	5.803	5.776
MEAN	ϕ	5.677	5.784	5.803	5.776
SORTING	ϕ	1.475	1.434	1.407	1.704
SKEWNESS	ϕ	-0.052	-0.070	-0.061	-0.189
KURTOSIS	ϕ	0.823	0.859	0.840	1.185
Klassifisering**		Pelitt	Pelitt	Pelitt	Pelitt

*) Beregning av statistiske verdier er utført ved bruk av programmet "Gradistat v8"
© Copyright Simon Blott (2010). Programmet er Excel-basert og kan lastes ned fra
Internett på <http://www.kpal.co.uk/index.html>. Programmet gir en detaljert beskrivelse av
beregningene som utføres.
Input-data er vekt% av hver siktefraksjon og gjeldende siktestørrelse (i millimeter).

**) Klassifiseringen er basert på Median D50 (ϕ). For verdier mellom +4 og +8
klassifiseres sedimentet som pelitt (evt silt).

Vedlegg B.

Fullstendige artslister for bløtbunnsfauna fra stasjonene som inngikk i undersøkelsene ved Raudsand i 2019. Antall individer er angitt for hver grabbprøve; G1=grabbprøve 1, G2=grabbprøve 2, G3=grabbprøve 3 og G4=grabbprøve 2.

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3	G4
RU1	NEMERTEA		Nemertea indet		2		
RU1	POLYCHAETA	Hesionidae	Neogyptis rosea			2	1
RU1	POLYCHAETA	Nereididae	Ceratocephale loveni	1	1		
RU1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystricis	14	9	11	7
RU1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys paradoxa		1	3	
RU1	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Augeneria sp.	1		2	
RU1	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1	2		
RU1	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri		1		1
RU1	POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	1	1		
RU1	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet	1			
RU1	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis			2	8
RU1	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.			1	
RU1	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria belgica		1	2	2
RU1	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus laubieri	1	2		
RU1	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella lucida	2			
RU1	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa			2	
RU1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	8	8	30	8
RU1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta	1	2	2	
RU1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sarsii			2	
RU1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp. juvenil				4
RU1	BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	2	1	2	1
RU1	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus	1			
RU1	ISOPODA	Parasellidae	Eurycope cornuta				1
RU1	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil				1
RU2	NEMERTEA		Nemertea indet			1	1
RU2	POLYCHAETA	Nereididae	Ceratocephale loveni				1
RU2	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystricis	4	9	4	1
RU2	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys paradoxa		1		
RU2	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra fiordica	1			
RU2	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra quadricuspis	1			
RU2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	1			
RU2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Augeneria sp.	2		1	1
RU2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineridae indet		1		
RU2	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cf. cingulata			2	2
RU2	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	1			
RU2	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	1	1		1
RU2	POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	3	1	1	3

RU2	POLYCHAETA	Cirratulidae	Aphelochaeta sp.				1
RU2	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	11	2	6	2
RU2	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	2		1	2
RU2	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria belgica	1	1		
RU2	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus laubieri			1	
RU2	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii		1		
RU2	POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae indet	1			
RU2	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet		1		
RU2	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella lucida		10	2	2
RU2	BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus				1
RU2	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	1			1
RU2	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	3	16	6	2
RU2	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta			1	1
RU2	BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	1	2	1	
RU2	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus		1	1	
RU2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon saussurei			1	
RU2	DECAPODA	Hippolytidae	Eualus gaimardii	1			
RU2	DECAPODA	Crangonidae	Pontophilus norvegicus				1
RU2	SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii steenstrupii		1		
RU2	OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica				1
RU6	NEMERTEA		Nemertea indet	3	1	3	
RU6	POLYCHAETA	Hesionidae	Neogyptis rosea				1
RU6	POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra woodsholea			1	
RU6	POLYCHAETA	Hesionidae	Oxydromus flexuosus		1		
RU6	POLYCHAETA	Nereididae	Ceratocephale loveni			1	
RU6	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystricis	8	4	8	5
RU6	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra fiordica			1	
RU6	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra quadricuspis	1			
RU6	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Abyssoninoe hibernica	1		1	
RU6	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Augeneria sp.	2	1	1	1
RU6	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Augeneria cf. tentaculata				1
RU6	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineridae indet			1	
RU6	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cf. cingulata	2	1	3	1
RU6	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera		1		
RU6	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio multibranchiata				2
RU6	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri	12	8	8	7
RU6	POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	1	1	3	1
RU6	POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta polyonyx		1		
RU6	POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx killariensis			1	
RU6	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina abranchiata			1	
RU6	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis	11	5	5	6
RU6	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.	13	10	4	4
RU6	POLYCHAETA	Maldanidae	Chirimia biceps	6	1		1
RU6	POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet				1

RU6	POLYCHAETA	Maldanidae	Maldanidae indet				1
RU6	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	1		3	1
RU6	POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria belgica				1
RU6	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharetidae indet			1	
RU6	POLYCHAETA	Ampharetidae	Anobothrus laubieri	1			1
RU6	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	2	3	1	2
RU6	POLYCHAETA	Siboglinidae	Siboglinidae indet				1
RU6	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			3	
RU6	CAUDOFOVEATA		Solenogastres indet				1
RU6	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella lucida	3	3	8	2
RU6	BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus	1	1		2
RU6	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	37	18	9	19
RU6	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira obsoleta	1	1	1	1
RU6	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp. juvenil	1		3	1
RU6	BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	5	3	1	10
RU6	BIVALVIA	Cuspidariidae	Tropidomya abbreviata			3	3
RU6	SCAPHOPODA	Dentaliidae	Antalis entalis	2			
RU6	SCAPHOPODA	Dentaliidae	Dentalium sp.	1			
RU6	SCAPHOPODA	Entalinidae	Entalina tetragona			1	
RU6	OSTRACODA	Cypridinidae	Philomedes (Philomedes) lilljeborgi	1	3	4	1
RU6	OSTRACODA	Cypridae	Macrocypris minna				1
RU6	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella emarginata		1		
RU6	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus				1
RU6	TANAIDACEA	Parathanidae	Tanaidacea indet	1			
RU6	ISOPODA	Parasellidae	Eurycope sp.			1	
RU6	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus			1	1
RU6	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium sp.	1			
RU6	SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	6	2	10	10
RU6	ASTEROIDEA	Goniopectinidae	Ctenodiscus crispatus		1		
RU6	OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica			1	1
RU7	ANTHOZOA		Kophobelemnion stelliferum			1	
RU7	NEMERTEA		Nemertea indet		1	1	2
RU7	POLYCHAETA	Amphinomidae	Paramphinome jeffreysii	1			
RU7	POLYCHAETA	Aphroditidae	Aphrodita aculeata			1	
RU7	POLYCHAETA	Polynoidae	Polynoidae indet			1	
RU7	POLYCHAETA	Sigalionidae	Neoleanira tetragona	2			
RU7	POLYCHAETA	Hesionidae	Neogyptis rosea			1	
RU7	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hystricis	5	9	8	15
RU7	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp.			1	
RU7	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera lapidum			1	1
RU7	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra fiordica	1		1	
RU7	POLYCHAETA	Onuphidae	Paradiopatra quadricuspis		1		1
RU7	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Augeneria sp.			6	1
RU7	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineridae indet				2

RU7	POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris cf. cingulata				1
RU7	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroyeri		2	1	
RU7	POLYCHAETA	Chaetopteridae	Spiochaetopterus typicus	1		2	1
RU7	POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet				2
RU7	POLYCHAETA	Cirratulidae	Macrochaeta polyonyx			2	
RU7	POLYCHAETA	Cirratulidae	Raricirrus beryli	1			
RU7	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	1			
RU7	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis			2	3
RU7	POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus sp.				1
RU7	POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet			3	
RU7	POLYCHAETA	Maldanidae	Maldanidae indet				1
RU7	POLYCHAETA	Ampharetidae	Sosane wahrbergi		1		1
RU7	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii	1	1	2	1
RU7	CAUDOFOVEATA		Solenogastres indet				1
RU7	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella lucida	3	2	4	3
RU7	BIVALVIA	Nuculanidae	Yoldiella solidula				1
RU7	BIVALVIA	Pectinidae	Delectopecten vitreus				2
RU7	BIVALVIA	Thyasiridae	Adontorhina similis				2
RU7	BIVALVIA	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	3	2	3	
RU7	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis	54	25	18	13
RU7	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp. juvenil	11	3	4	7
RU7	BIVALVIA	Kelliellidae	Kelliella miliaris	13	4	3	19
RU7	SCAPHOPODA	Dentaliidae	Antalis entalis			1	
RU7	CUMACEA	Diastylidae	Diastylodes serratus				1
RU7	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Bathymedon longimanus	1			
RU7	AMPHIPODA	Synopiidae	Syrrhoites pusilla				1
RU7	DECAPODA	Axiidae	Calocarides coronatus	1			
RU7	SIPUNCULIDA		Onchnesoma steenstrupii steenstrupii	1	1	1	
RU7	OPHIUROIDEA	Amphilepididae	Amphilepis norvegica			1	3

Vedlegg C.

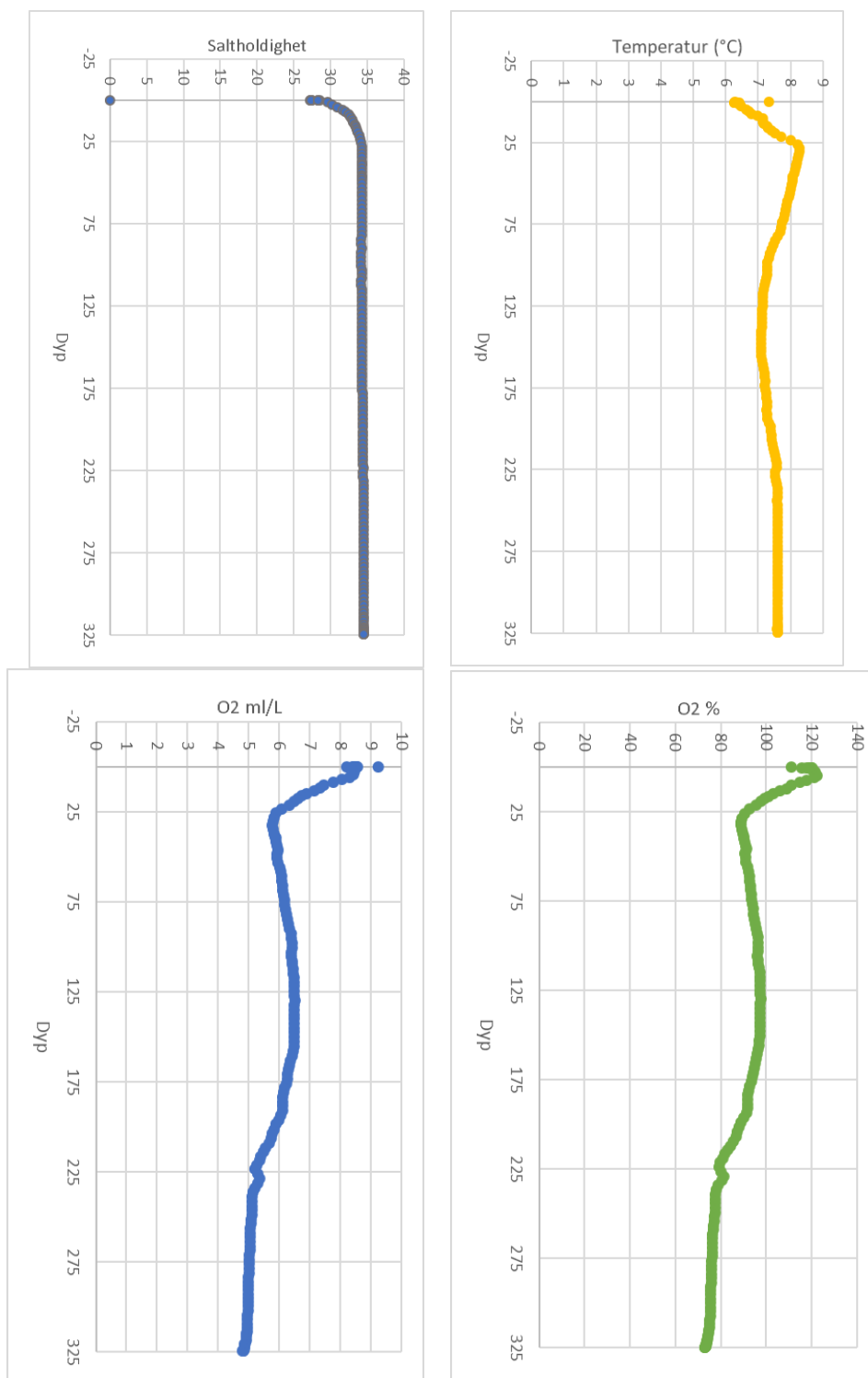
Bløtbunnsindekser per grabbprøve for stasjonene som inngikk i undersøkelsene ved Raudsand i 2019. S=antall arter, N=antall individer, NQI1=Norwegian Quality Index, H'=Shannons diversitetsindeks, ES100=Hurlberts diversitetsindeks, ISI2012=Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012.

Dato	NR_S	Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI2012
20190403	5241	RU1	G1	12	34	0,695	2,70		9,23	23,6
20190403	5242	RU1	G2	12	31	0,679	3,00		8,48	23,7
20190403	5243	RU1	G3	12	61	0,639	2,55		8,04	22,0
20190403	5244	RU1	G4	10	34	0,620	2,80		8,21	21,7
20190404	5245	RU2	G1	16	35	0,662	3,43		9,33	21,5
20190404	5246	RU2	G2	14	48	0,704	2,88		9,03	23,1
20190404	5247	RU2	G3	14	29	0,681	3,37		9,01	22,1
20190404	5248	RU2	G4	17	24	0,715	3,97		8,51	22,0
20190404	5249	RU6	G1	26	124	0,693	3,68	23,5	9,50	21,9
20190404	5250	RU6	G2	22	71	0,686	3,71		8,41	21,4
20190404	5251	RU6	G3	31	93	0,771	4,45		9,33	23,7
20190404	5252	RU6	G4	32	92	0,773	4,19		10,08	23,3
20190403	5253	RU7	G1	16	100	0,671	2,44	16,0	8,97	20,9
20190403	5254	RU7	G2	12	52	0,657	2,56		9,09	22,2
20190403	5255	RU7	G3	24	69	0,757	3,89		8,89	23,1
20190403	5256	RU7	G4	25	86	0,770	3,74		9,12	22,2

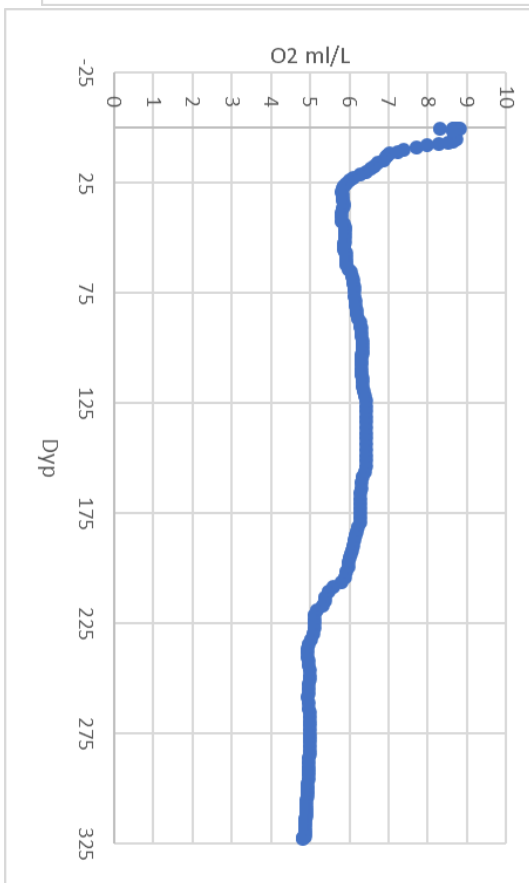
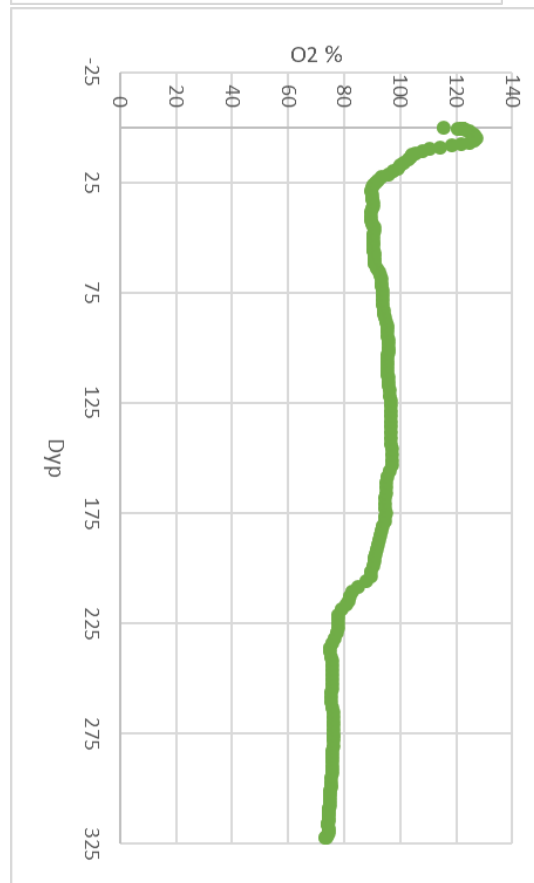
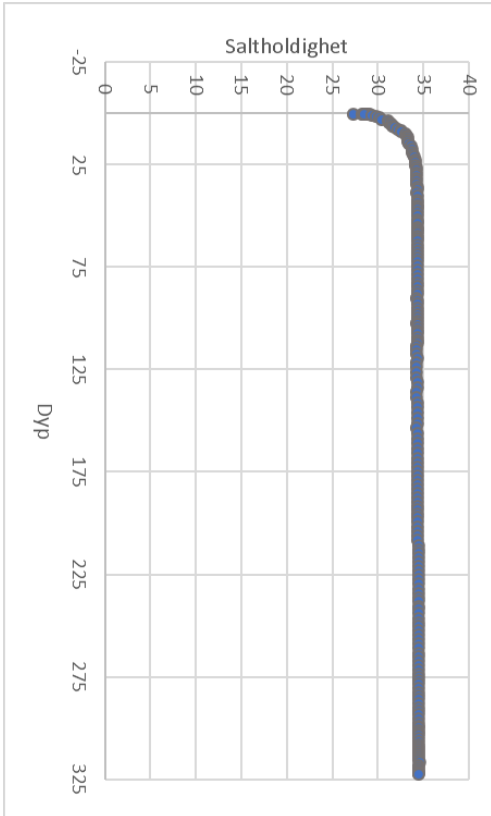
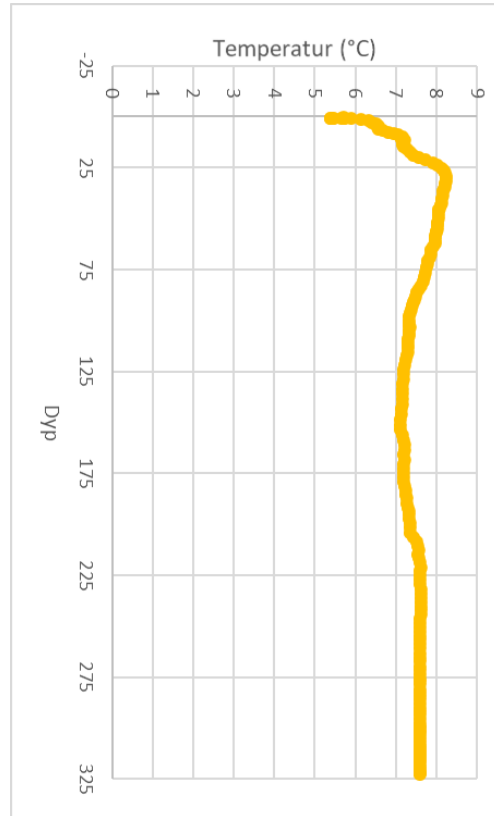
Vedlegg D.

Målinger av saltholdighet, temperatur (°C), oksygenkonsentrasjon (ml O₂/l) og oksygenmetning (%) fra profilerende CTD/STD-sonde på stasjonene RU1, RU2, RU6 og RU7 ved Raudsand i Tingvollfjorden, april 2019.

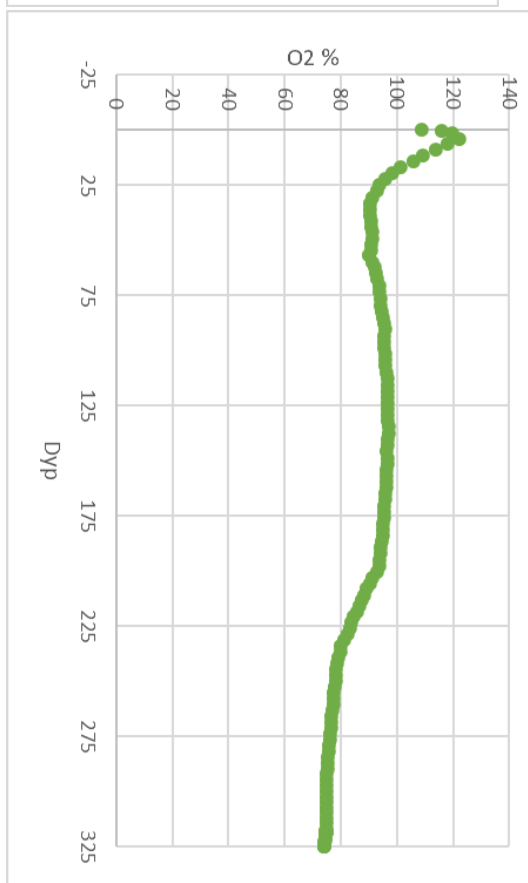
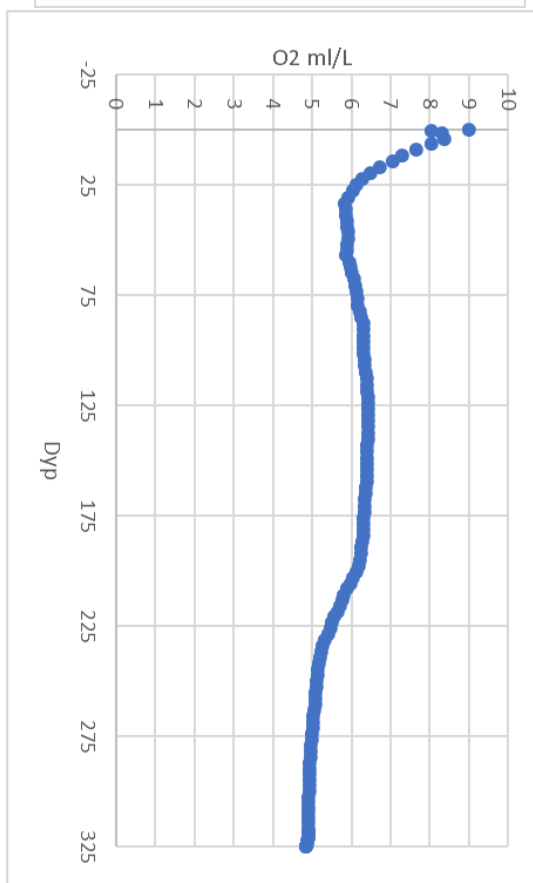
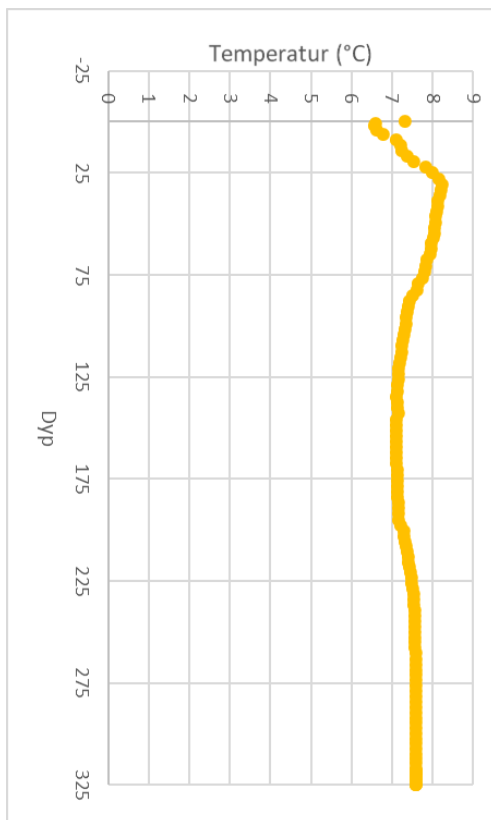
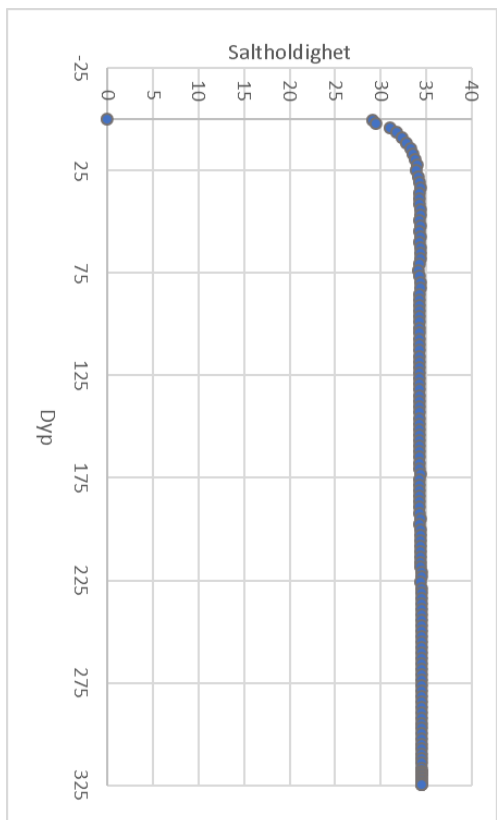
RU1



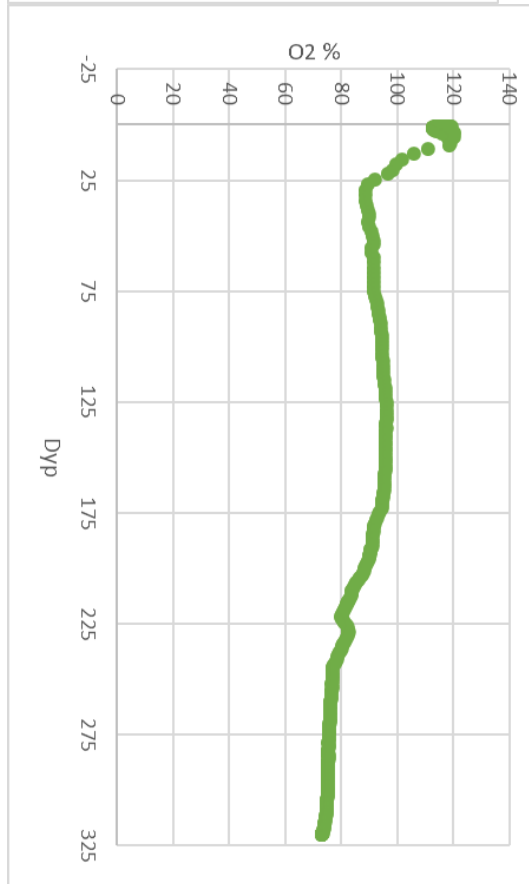
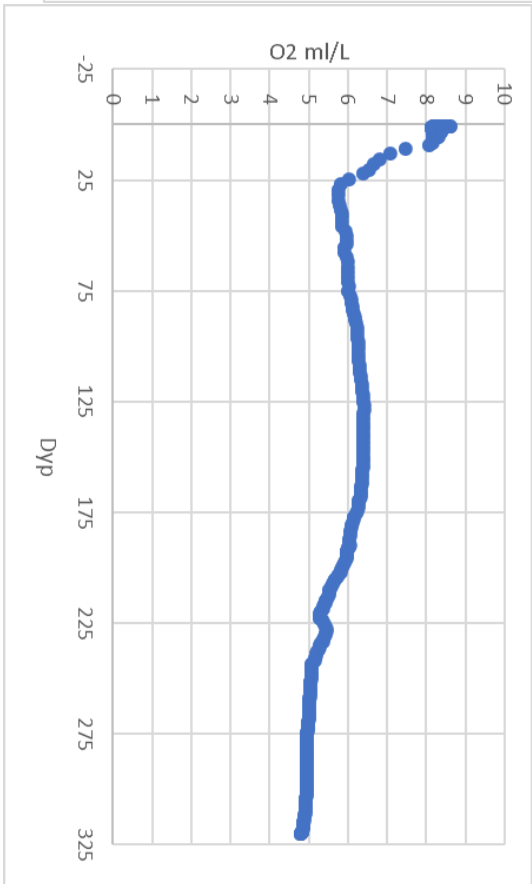
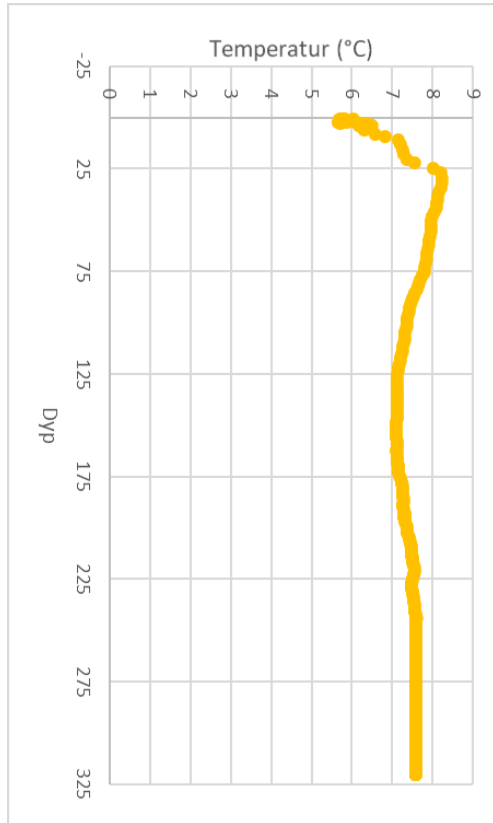
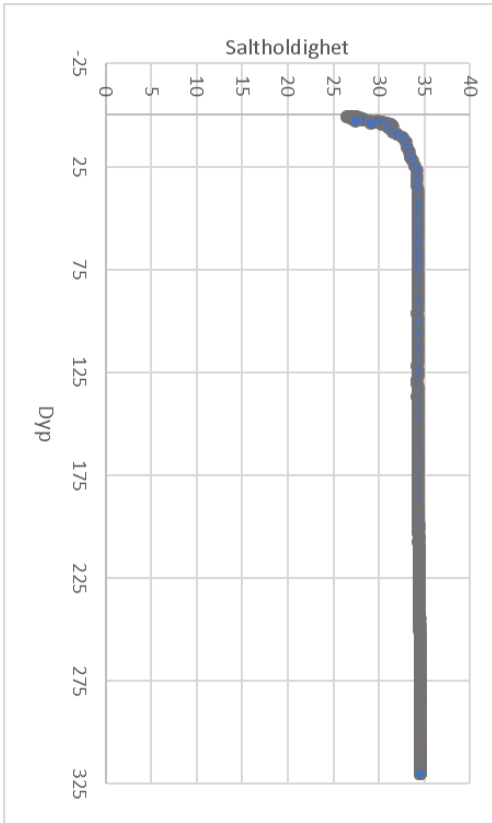
RU2



RU6



RU7



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