

Vurderinger vedrørende utslipp av suspendert stoff fra Rekefjord Stone



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 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 Vurderinger vedrørende utslipp av suspendert stoff fra Rekefjord Stone	Løpenummer 7791-2022	Dato 02.12.2022
Forfatter(e) Hilde C. Trannum, Bibiana G. Crespo, Anne Deininger, Paulo Fernandes, Federico G. Håland, Rita Næss, Emelie Skogsberg, Endre Steigum, Øyvind Tangen Ødegaard	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Rogaland	Sider 26 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Rekefjord Stone AS	Kontaktperson hos oppdragsgiver Helga Lassen Bue
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 220223

<p>Sammendrag</p> <p>Rekefjord Stone har utslipp av suspenderte partikler til resipienten i Rekefjorden. Effekter av slike partikler på fisk, skalldyr og bunnmiljøet i fjorden er vurdert. Vurderingen er basert på data fra to feltinnsamlinger, analyser av partikler i vannmassene og bunnsediment sammenholdt med eksisterende kunnskap fra litteraturen.</p> <p>Partikler fra pukkverket ble observert både i vannmassene og på bunnen. Partikkelanalysen viste dominans av avlange partikler i alle prøvene. Selv om slike partikler i utgangspunktet kan medføre skade, var partikkelmengdene såpass lave at sannsynligheten for negativ effekt på fisk og skalldyr er ansett å være liten.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Pukkverk Partikler Fisk Skalldyr 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Quarry Particles Fish Shellfish
---	---

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

Hilde C. Trannum
Prosjektleder/Hovedforfatter

Paul R. Berg
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7527-8
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Vurderinger vedrørende utslipp av suspendert stoff fra Rekefjord Stone til Rekefjorden

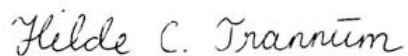
Forord

NIVA fikk i oppdrag av Rekefjord Stone AS å foreta en vurdering av utslipp av suspenderte partikler til Rekefjorden. I forbindelse med at det skal søkes om ny utslippstillatelse fra Statsforvalteren, ønsket bedriften å få kartlagt om pukkverkets virksomhet til nå har ført til nedslamming av resipienten, og hvordan blakkingen av vannet påvirker det marine miljøet i resipienten, med hovedfokus på fisk og skalldyr.

Feltarbeidet 8. november ble utført av Øyvind T. Ødegaard og Rita Næss, og 14. november av T. Ødegaard og Federico G. Håland. Laboratorieanalysene av partikkelantall og -form ble utført av Bibiana G. Crespo og Paulo Fernandes. Totalt suspendert materiale ble analysert på NIVAs kjemiske laboratorium. Rita Næss foretok analysene av bunnfauna og karakterisering av sedimentet. Akvaplan-niva AS foretok analysene av kornstørrelse og totalt organisk karbon og nitrogen i sedimentet. Forsker Gro van der Meeren på Havforskningsinstituttet har bidratt med informasjon om krabbe og hummer.

NIVA takker Rekefjord Stone for oppdraget og for godt samarbeid med kontaktperson Helga Lassen Bue og Arne Olsen, som var båtfører og bistod under feltarbeidet.

Grimstad, 02.12.2022



Hilde Cecilie Trannum

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
1.1	Beskrivelse av virksomheten og utslippet	6
1.2	Beskrivelse av resipienten og eksisterende data.....	7
2	Feltarbeid	9
3	Vurdering av effekt i vannmassene.....	13
4	Vurdering av effekt på bunnmiljøet.....	19
5	Konklusjon.....	23
6	Referanser	24
7	Vedlegg	27

Sammendrag

Rekefjord Stone AS er et pukkverk i Sokndal kommune som har utslipp av suspenderte partikler i Rekefjorden. Det tilføres partikler til resipienten både gjennom direkte utslipp og diffus avrenning. Ved større nedbørshendelser blakkes vannet i fjorden.

I forbindelse med at det skal søkes om ny utslippstillatelse fra Statsforvalteren, ønsket bedriften å få kartlagt om pukkverkets virksomhet til nå har ført til nedslamming av resipienten, og hvordan de suspenderte partiklene påvirker det marine miljøet i resipienten. Hovedfokuset skulle være vurdering av effekter på fisk og skalldyr. Vurderingen er basert på målinger foretatt gjennom to feltinnsamlinger assosiert med ulik grad av nedbør, analyser av partikler i vannmassene og bunnsediment, sammenholdt med eksisterende kunnskap hentet fra litteraturen.

Partikler fra pukkverket ble observert både i vannmassene og på bunnen. Det var større mengde partikler på stasjonen lengst inne i fjorden sammenliknet med stasjonen nærmest pukkverket, og også høyere antall partikler i overflatevannet enn i dypere vannlag. Partikkelmengden er ansett å være høyere enn i kystvann uten noen spesifikk påvirkning, men samtidig var nivåene under verdier som er påvist å gi effekter i litteraturen. Partikkelanalysen viste dominans av avlange partikler i alle prøvene. Selv om slike partikler i utgangspunktet kan medføre skade, var partikkelmengdene såpass lave at sannsynligheten for negativ effekt på fisk er ansett å være liten.

På bunnen synes det å være en viss fortykning av næring, men uten at dette gir noen utarmet bunnfauna. Det antas at effekt også på skalldyr i fjorden er ubetydelig, men her foreligger det svært lite litteratur om effekter.

1 Innledning

Rekefjord Stone AS er et pukkverk som har utslipp av suspenderte partikler i Rekefjorden i Sokndal kommune, sør i Rogaland. Det tilføres partikler til resipienten både gjennom direkte utslipp og diffus avrenning. Ved større nedbørshendelser blakkes vannet i fjorden.

I forbindelse med at det skal søkes om ny utslippstillatelse fra Statsforvalteren, ønsket bedriften å få kartlagt om pukkverkets virksomhet til nå har ført til nedslamming av resipienten, og hvordan blakkingen av vannet påvirker det marine miljøet i resipienten, og på fisk og skalldyr spesielt.

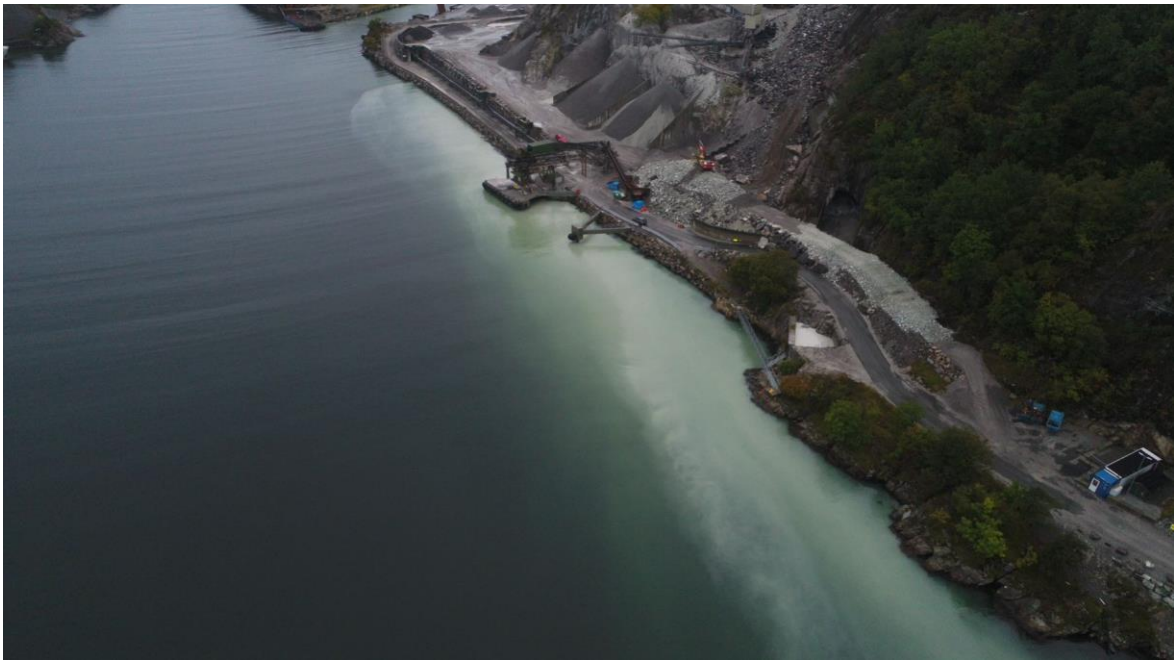
1.1 Beskrivelse av virksomheten og utslippet

Pukkverket ligger i den ytterste delen av Rekefjorden. Steinvirksomheten består av to brudd; et på østsiden og et på vestsiden av fjorden (Figur 1). Uttak av stein startet på østsiden i 1963, og ti år senere ble det produksjon på vestsiden. Rekefjord øst består av steintypen noritt, som har en mørk grå farge og er klassifisert som gabbronoritt. Rekefjord vest består av steinen ansitt, med en lysere gråfarge, og en bergart klassifisert som anortositt. Frem til 2021 er det produsert om lag 60 mill tonn stein fra bruddene i øst og vest. Det er forventet at steinproduksjonen kan fortsette i ytterligere 15 år.

Suspendert stoff tilføres fjorden både gjennom diffust og direkte utslipp. Tilførselen er størst i forbindelse med mye nedbør, hvor avrenningen da forårsaker turbiditet og blakking av vannet i nærheten av pukkverket. Dronebilde som viser en slik blakkingsepisode etter en nedbørsepisode i september 2022 er vist i Figur 2.



Figur 1. Bilde av pukkverket på begge sider av Rekefjorden (<https://rekefjord-stone.no/om-rekefjord-stone>).



Figur 2. Dronebilde som viser partikkelplumen etter en nedbørsepisode i Rekefjorden, september 2022 (foto, Rekefjord Stone).

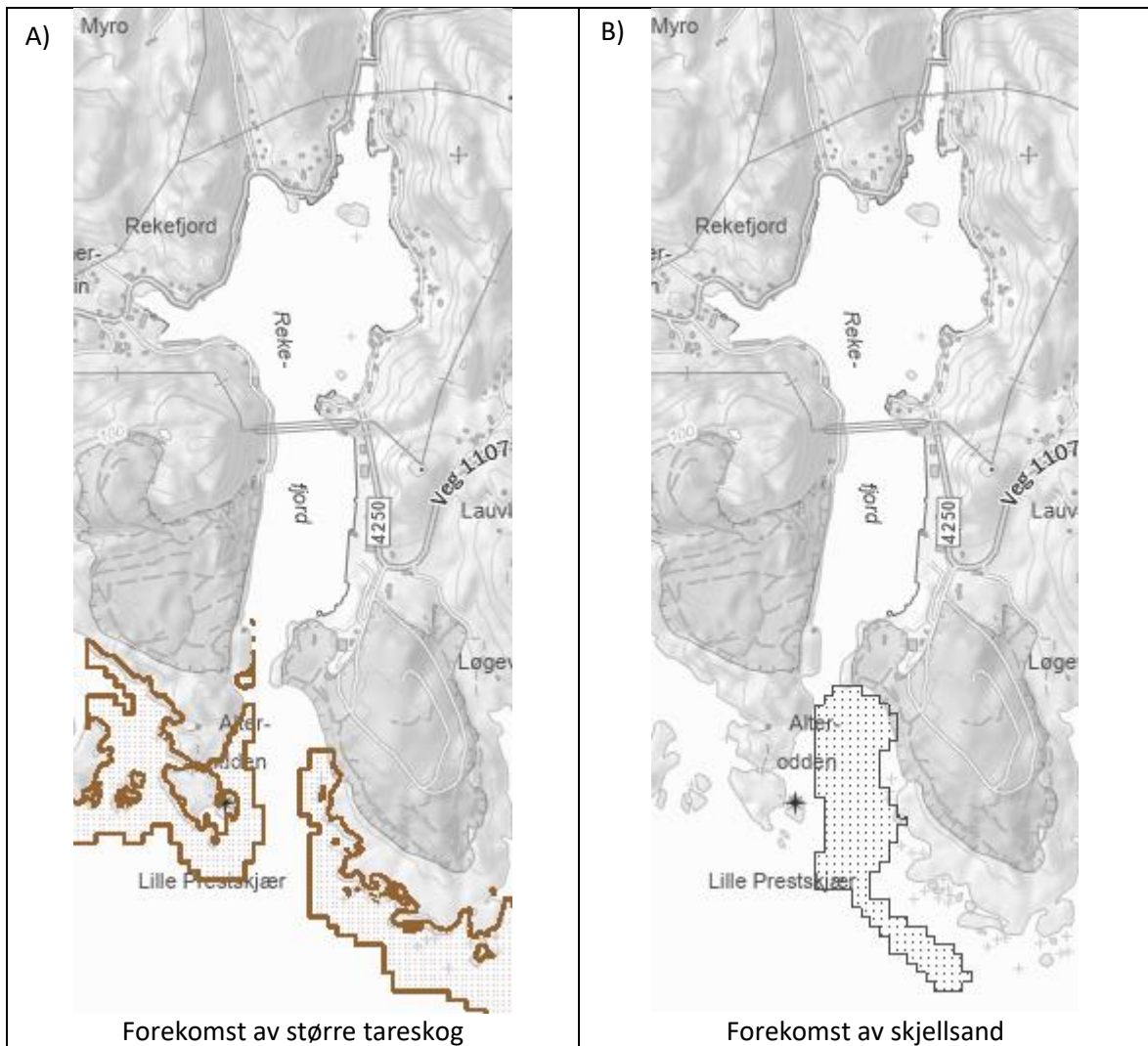
1.2 Beskrivelse av resipienten og eksisterende data

Vannforekomst Rekefjorden (ID 0240000400-C) er ytterst avgrenset av innsnevringen ved Alterodden, omtrent der pukkverket ligger. Lenger inn i fjorden er det en ny innsnevring rett sør for Stampholmen. Rekefjorden er grunn, med maksdyp på ca. 33 m i det ytterste bassenget og maksdyp på 22 m i det innerste bassenget. Vannforekomsten Dyngadypet-Sirevåg (ID 0240000030-C) er utenfor Rekefjorden.

Rekefjorden tilhører vanntype N3-beskyttet kyst/fjord. Det er lite tidevannsforskjell (< 1 m) og liten grad av eksponering. Vannforekomsten er angitt som euhalin (salinitet > 30 PSU). Både økologisk og kjemisk tilstand er i dag satt til «god». Påvirkning registrert i vannforekomsten er avrenning fra industri (slam fra pukkverket), men det er angitt at påvirkningen har liten effekt.

Det ble prøvetatt bløtbunnsfauna på en stasjon i Rekefjorden i 2021 i forbindelse med marin problemkartlegging i Dalana vannområde (Næss m.fl., 2021). Stasjonen var plassert på det dypeste punktet i det ytterste bassenget (33 m dyp), som er like innenfor steinbruddene. Det ble også målt siktedyp og oksygen i vannmassene. Begge disse parameterne fikk «svært god» tilstand, men dette er ikke en gyldig klassifisering da den er basert på en enkeltmåling. Bløtbunnsfaunaen fikk «god» tilstand. Det ble imidlertid registrert forhøyet individtetthet, som indikerte en viss påvirkning på faunaen. Innholdet av næring i sedimentet var lavere enn på de øvrige stasjonene i samme undersøkelser, og det ble i felt observert mineralske partikler, antakelig fra pukkverket.

I utløpet av fjorden er det registrert større forekomst av tareskog ifølge Naturbase (Figur 3a). Det er også registrert skjellsand på bunnen i samme område, og like sør for pukkverket (Figur 3b). Utover dette ligger det ikke inne noen registreringer av andre naturtyper.



Figur 3. Forekomst av tareskog (A) og skjellsand (B) ved Rekefjord, uttrekk fra Naturbase.

Når det gjelder fisk og fiskeri, er det ikke registrert verken gyteområder eller oppvekstområder i fjorden eller rett utenfor ([Fiskeri \(fiskeridir.no\)](http://fiskeri.fiskeridir.no)). Det er registrert fiske med bunntål utenfor fjorden. Det er også registrert fiske av reke inne i fjorden, men registreringen ble foretatt i 2011, og det er ikke kjent om det er fisket etter reke senere inne i fjorden. Det er også enkelte år fiske etter sild, da vårgytende sild sporadisk går inn i i fjorden (pers. med. fisker Frank Midtbø). Ellers er det noe yrkes- og hobbyfiske etter hummer i oktober og november, samt litt krabbefiske (pers. med. fisker Frank Midtbø). Sist er det ifølge lokale kilder noe fritidsfiske innenfor fyret, utenfor Rekefjord Stone.

2 Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført to ganger assosiert med ulik grad av nedbør (se Vedlegg 1 A, B):

- 8. November 2022: mye nedbør (~ 18 – 100 mm/døgn dagene før, som tilsvarer mest nedbør registrert i perioden juni-nov.)
- 14. November 2022: litt nedbør (<4 mm/døgn dagene før)

Målinger og prøver av vannmassene ble tatt begge ganger. Som avtalt ble det i første runde også tatt grabbprøver, dette for å få prøver til sedimentanalyse samt for å foreta en karakterisering av sedimentet og bunnfaunaen. Oversikt over stasjoner, målinger og prøvetaking i vannmassene og på bunnen er gitt i hhv. Tabell 1 og Tabell 2. Stasjonskart er vist i Figur 4. Det var til sammen sju stasjoner i Rekefjord og en i Nordfjord (Nor1), tiltenkt som referanse. Bilder fra feltarbeidet er vist Figur 5. Detaljer for hver prøvetaking er beskrevet nedenfor.

Detalj feltarbeid: Første feltarbeid fant sted 8. november 2022 med båt og båtfører skaffet til veie av Rekefjord Stone. Prøvetaking fant sted fire dager etter en intensiv nedbørsepisode (~100 mm/døgn; 4. November, Vedlegg 1 A, B). Det ble mye vind utover dagen (Vedlegg 1 B), og feltarbeidet ble avbrutt før alle prøver var tatt. Andre feltarbeid fant sted 14. november 2022, med lite nedbør dagene før prøvetakingen (< 4 mm regn/døgn), og ingen nedbør selve prøvetakingdagen (Vedlegg 1 A). Det ble notert mye vind også den dagen (Vedlegg 1 B).

Tabell 1. Oversikt over stasjoner, prøver og målinger tatt i vannmassene i Rekefjorden, november 2022 (fra ytterst til innerst i fjorden). Posisjoner er oppgitt i desimalgrader, WGS84.

Stasjons-ID	Stasjonsnavn	Nord	Øst	Dyp (m)	Målinger/prøver	8/11	14/11
Nor1	Nordfjorden	58,3252	6,2510	12	CTD, Turner (14/11)		x
Rek7	Rekefjord 7	58,3214	6,2592	50	CTD		x
Rek4	Rekefjord 4	58,3237	6,2595	34	CTD, vannprøve 0, 10, 20 m (x2)		x
Rek6	Rekefjord 6	58,3254	6,2587	30	CTD		x
Rek3	Rekefjord 3	58,3267	6,2582	19	CTD	x	x
Rek1	Rekefjord 1	58,3289	6,2588	30,6	CTD, vannprøve 0, 10, 20 m (x2), Turner (8/11)	x	x
Rek2	Rekefjord 2	58,3355	6,2573	20,2	CTD, vannprøve 0, 10, 20 m (x2), Turner (8/11)	x	x

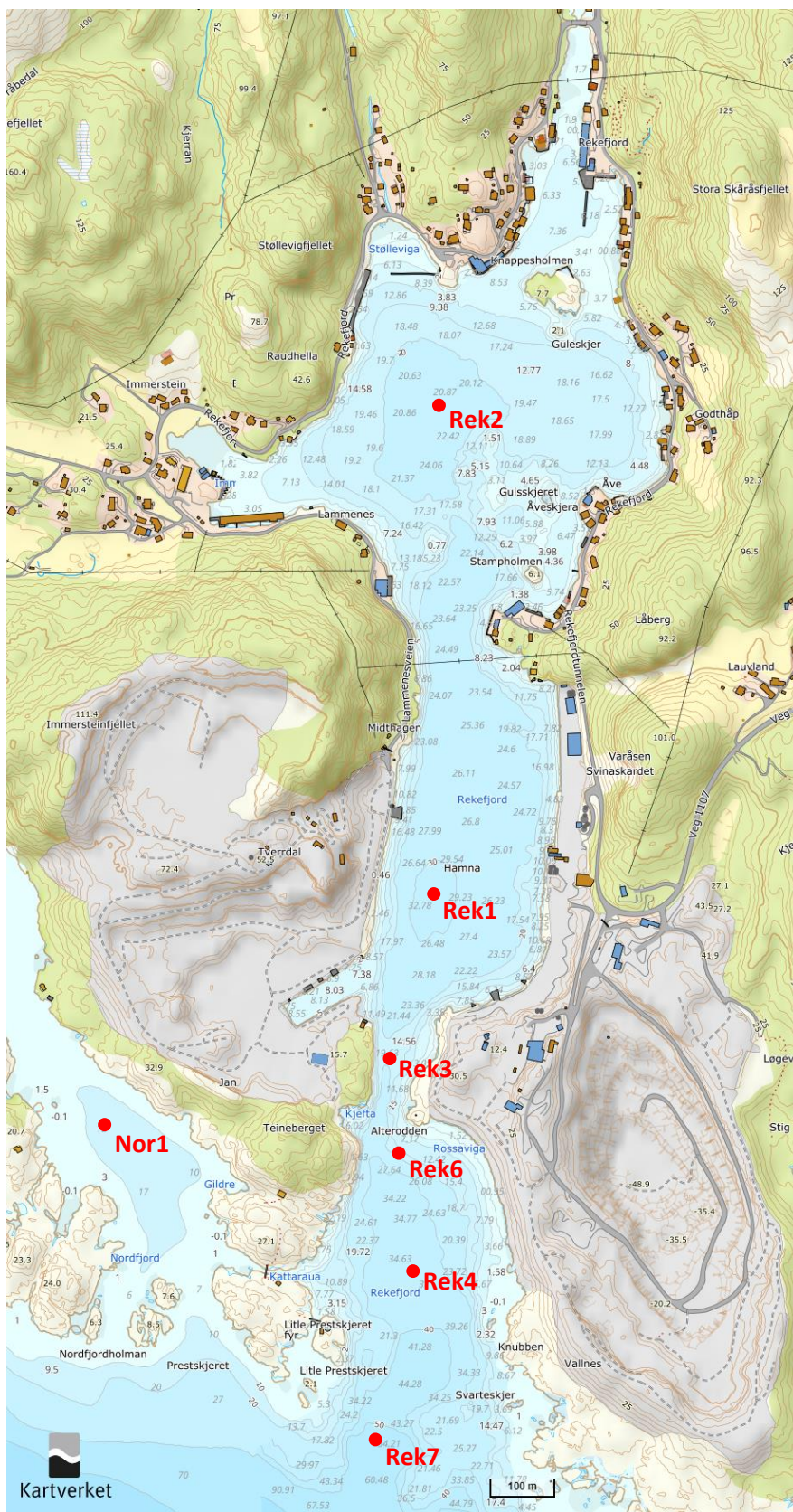
Detalj prøvetaking: Parameter i vannsøylen (temperatur, saltholdighet, tetthet gjennom hele vannsøylen) ble målt med en CTD-sonde med påmontert fluorescens- samt oksygensensor (for måling av hhv. klorofyll og oksygen), og et Turner C3 fluorometer (for måling av turbiditet), samt vannprøver tatt med en vannhenter. Vannprøver ble tatt fra overflaten, 10 og 20 m, dette for analyse av totalt suspendert materiale (TSM) og analyse av partikkelstørrelsesfordeling (PSD; Particle Size Distribution) og partikkelform (PSA; Particle Shape Analysis). Kun et utvalg av prøvene ble analysert av budsjettmessige hensyn. Detaljene til disse analysene er beskrevet nedenfor.

TSM, PSD og PSA: For TSM ble prøvene fra alle dyp (dvs. 0, 10 og 20 m) analysert fra stasjon Rek1 og Rek2; som er stasjonene inne i fjorden. De samme stasjonene ble valgt ut til PSD- og PSA-analyse. For disse analysene ble prøvene fra 0 m analysert på begge stasjoner. I tillegg ble prøvene fra stasjon Rek1 analysert for 10 m, for Rek2 for 20 m. Disse dypene ble valgt etter analyse av turbiditetsdatane innhentet med Turner-instrumentet. Dypene med mest partikler ble analysert (20 m-prøven fra stasjon Rek1 hadde en topp i turbiditeten, men dette skyldtes muligens at sensoren hadde vært i kontakt med bunnen og resuspendert partikler).

Sedimentprøver: Prøvene av sedimentet ble innhentet med en 0,025 m² grabb. Stasjon Rek1 og Rek2 ble prøvetatt 8. november mens stasjon Rek4 ble prøvetatt 14. november. Hver prøve ble inspisert visuelt, og fargen ble karakterisert iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter. Synlige dyr ble notert, og det ble også lagt noen dyr på sprit for nærmere analyse i laboratoriet. Sedimentprøver ble tatt fra 0-5 cm for analyse av kornstørrelse, og 0-1 cm for analyse av totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN), iht. NS-EN ISO 16665:2013. Notater fra feltarbeidet mht. sediment og synlige dyr er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Oversikt over stasjoner, prøver og målinger tatt på bunnen i Rekefjorden, november 2022. Posisjoner er oppgitt i desimalgrader, WGS84. Fargekoder iht. Munsells fargekart for jord og sedimenter.

Stasjons-ID	Stasjons-navn	Nord	Øst	Dyp	Sedimentbeskrivelse
Rek4	Rekefjord 4	58,3237	6,2595	37	Grov sand med mye skjellrester. Mørkegrå farge (Munsell 5Y 2,5/1).
Rek1	Rekefjord 1	58,3289	6,2588	31	Finkornet sediment. Brunt topplag (5Y 4/1), mørkegrått under (5Y 2,5/1). Innslag av små stein, samt knust stein (trolig fra bedriften). Synlig fauna bestående av slangestjerner og børstemark. Ingen lukt.
Rek2	Rekefjord 2	58,3355	6,2573	20	Finkornet sediment med innslag av skjellrester. Tynt, lysere topplag (5Y 4/2), mørkere grått lag under (5Y 2,5/1). Ingen synlige partikler av knust stein i sikten. Ingen lukt.



Figur 4. Kart over prøvetatte stasjoner i Rekefjorden, 2022.

Båten med pukkverket i bakgrunnen



Grabbprøvetaking, og sedimentets beskaffenhet på stasjonene Rek1 og Rek 2



Sikterest fra stasjon Rek2



Figur 5. Bilder fra prøvetakingen i Rekefjord, 2022 (foto, NIVA).

3 Vurdering av effekt i vannmassene

Sensordata/profiler

Ingen anomalier ble detektert for noen av parameterne målt med CTD-sonden (Chl-a fluorescens, oksygen, temperatur og saltholdighet).

Chl-a fluorescens ble brukt som proxy for klorofyll, og dermed planteplanktonbiomasse. Chl-a verdiene var innenfor grensen for «svært god» tilstand på alle målte stasjoner etter klassifiseringssystemet for parameteren klorofyll-a (<2,5 µg /L «svært god» tilstand for denne typen økoregion og vanntype).

Oksygennivået var høyt på alle stasjonene og var på minst 11 mg/L på alle stasjoner, tilsvarende «svært god» tilstand. Laveste verdier ble målt på innerste stasjonen Rek2 (~11,2 mg/L), noe høyere verdier på utslippspunktet, Rek1 (11,5 mg/L 14. november). Dette er en tid på året hvor det typisk er lave oksygenverdier, ettersom oksygenet gjerne blir brukt opp gjennom vekstsesongen. Det er altså ingen indikasjoner på at utslippet påvirker oksygenmengden i bunnvannet. Dette var heller ikke forventet siden utslippet består av uorganiske partikler. Det var heller ingen lukt i sedimentprøvene.

Turbiditet ble målt med Turner-instrumentet 8. og 14. november, men et problem med instrumentets loggefunksjon ga verdier som kun kan tolkes fra stasjonene Rek1 og Rek 2 den 8. november. Profilene var like for begge stasjonene. Høyeste turbiditetsverdier ble målt på overflaten (0-5 m: 14-18 RFU (Relative Fluorescence Units)) og bunnen (>20 m, 8-20 RFU), og laveste verdier mellom 5-20 m (4-10 RFU). Målinger ble også logget på referansestasjonen Nor1 den 14. november. Disse verdiene var lavere enn for Rek1 og Rek2. Verdiene kan imidlertid ikke sammenliknes med de andre stasjonene, da det er uklart om verdiene på Nor1 var lavere på grunn av status som referansestasjon, eller fordi målingene ble tatt ca. halvannen uke etter nedbørshendelsen.

Samtlige profiler er vist i Vedlegg 2.

Totalt suspendert materiale

TSM ble analysert på stasjon Rek1 og Rek2, fra 0 m (dvs. overflaten), 10 og 20 m, vha. en intern NIVA-metode basert på NS 4733 etter at prøvene var filtrert. Analysen ble foretatt på NIVAs kjemiske laboratorium i Oslo. Analysen gir partikler i mengden vekt pr. mL sjøvann.

Innholdet av TSM er vist i Tabell 3. I overflaten var det høyest partikkelkonsentrasjon på stasjon Rek2. Ved 10 m dyp var verdiene like, og det var også liten forskjell på verdiene fra 20 m dyp. Begge stasjonene hadde lavest nivå ved 20 m.

Tabell 3. Innhold av TSM (mg/L), Rekefjorden 2022.

	Rek1	Rek2
0 m	1,67	2,71
10 m	2,50	2,53
20 m	0,97	0,78

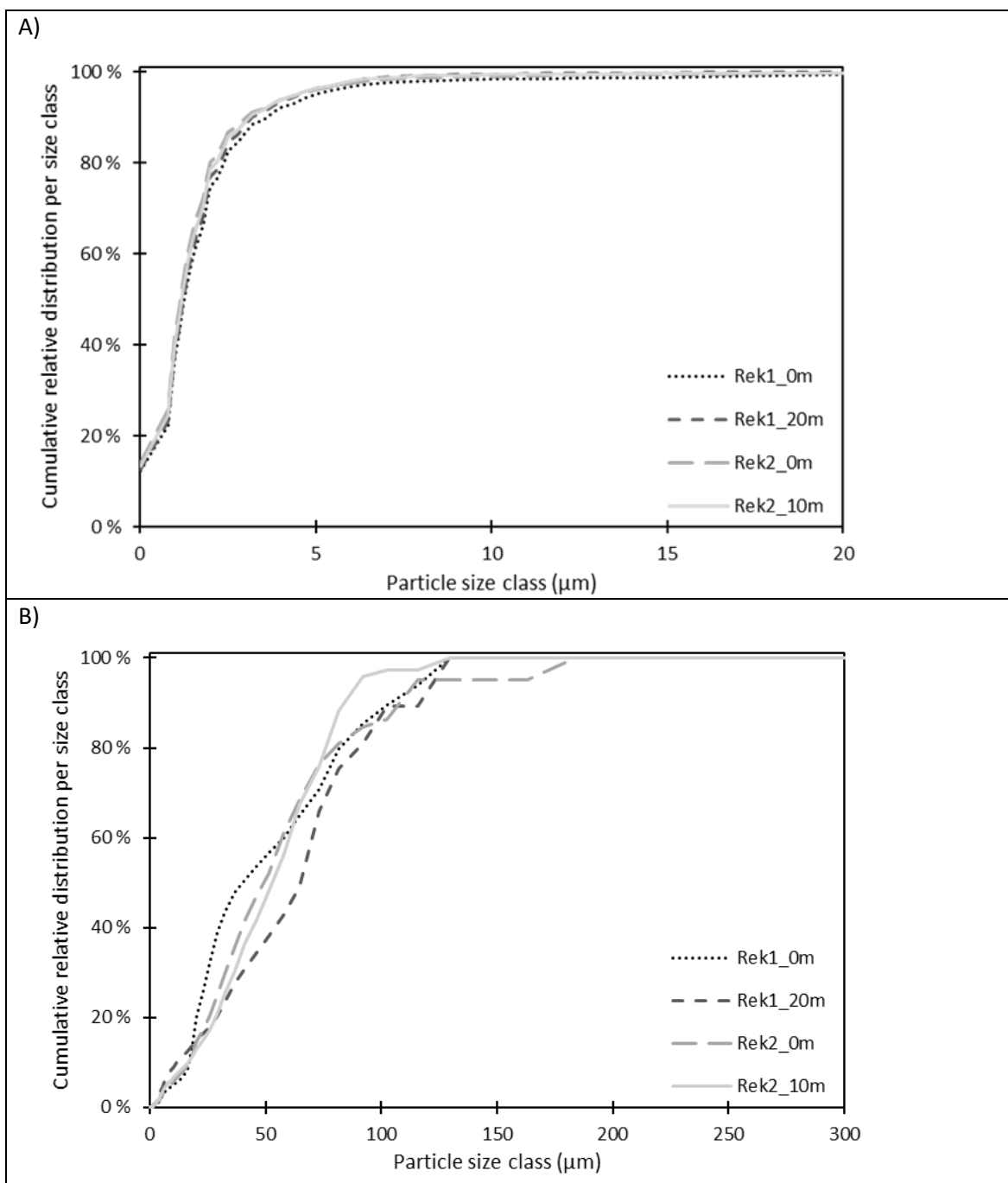
Partikkelstørrelsesfordeling

Prøvene som ble karakterisert mht. partikkelstørrelsesfordeling (PSD), ble behandlet og analysert med en PCS Fluid Lite partikkelteller. Instrumentet er utstyrt med en LDS 45/50 lasersensor, som måler partikler innenfor området 0,8-400 µm ved en bølgelengde på 780 nm. Dataene for hver prøve vises deretter og eksporteres med programvaren ProTrend 2017 (v.2.9.0.0). Denne analysen gir partikler som antall pr. mL sjøvann. I PSA-analysen blir alle partikler antatt som sfæriske, og oppsummert i form av partikkelkonsentrasjon (antall partikler/mL), partikkeloverflateareal (mm²/mL) og partikkelvolum (mm³/mL).

Partikkelkonsentrasjonen var høyest på stasjon Rek2, som er lenger inne i fjorden (*Tabell 4*). Dette samsvarer med funnet for TSM ovenfor. På begge stasjonene var mer enn 90 % av partiklene mindre enn 3,8 µm. Rek2-prøvene hadde en noe større andel mindre partikler enn Rek1 (90 % av partiklene mindre enn 3,0 og 3,2 µm på Rek2 versus 3,8 og 3,2 µm på Rek1). Overflateprøvene (Rek1_0 m og Rek2_0 m) hadde flere partikler enn prøvene fra dypere vannlag for samme stasjon (*Tabell 4*). Partikler større enn 200 µm ble ikke funnet i noen av prøvene. Den kumulative konsentrasjons- og volumfordelingen av partiklene i prøvene er vist i Figur 6 (A og B).

Tabell 4. Partikkelparametere målt i de fire vannprøvene fra Rekefjorden, 2022.

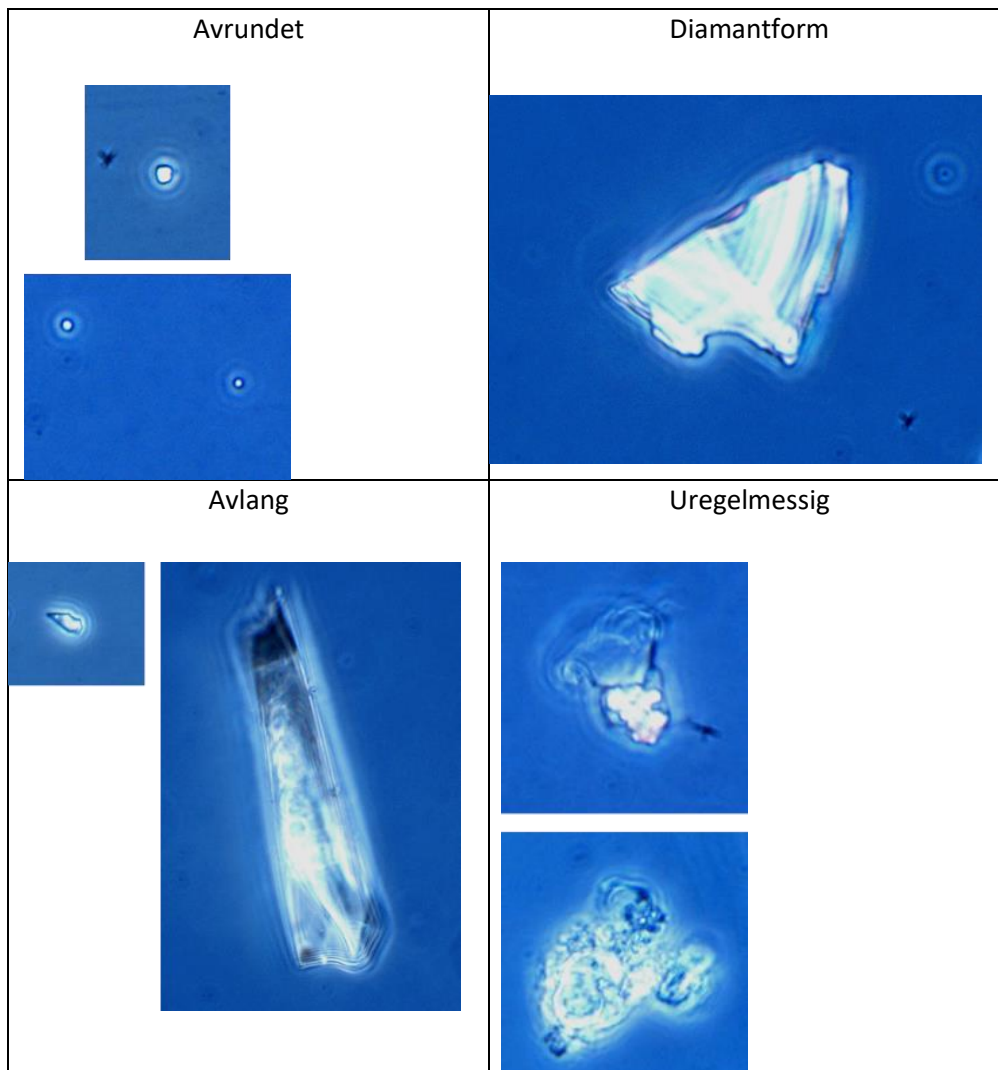
Parameter	Enheter	Rek1_0 m	Rek1_20 m	Rek2_0 m	Rek2_10 m
Partikkelkonsentrasjon	partikler/mL	9 534	6 607	14 376	10 614
	90 % grense	3,8	3,2	3,0	3,2
Partikkeloverflateareal	mm ² /mL	0,526	0,211	0,581	0,390
	90 % grense	64,6	73,0	64,6	64,6
Partikkelvolum	mm ³ /mL	0,0026	0,0010	0,0030	0,0020
	90 % grense	102,5	129,2	115,9	92,0



Figur 6. Kumulativ A) partikkelkonsentrasjon og B) partikkel volumfordeling av prøvene i Rekefjorden, 2022.

Partikkelformkarakterisering

En PSA-analyse av hver prøve ble utført med et lysmikroskop (LEICA DM6000 B), koblet til et digitalkamera (GXCAM-U3-5). Størrelse og form på partikler ble analysert med GXCapture -T bildebehandlings- og analyseprogram. Fokuset var på å identifisere og karakterisere formen til de uorganiske partiklene. De var lette å identifisere og godt synlig i mikroskopet (se Figur 7). Partiklene ble karakterisert på bakgrunn av deres form, som vist i Figur 7. Figur 7 er et eksempel bilde av analysen utført i prøve Rek1-0 m. Fra Rek1-0 m ble 57 stk. partikler karakterisert, Rek1-20 m 70 stk., Rek2-0 m 73 stk. og Rek2-10 m 60 stk., se også mer detaljer i Vedlegg 3.



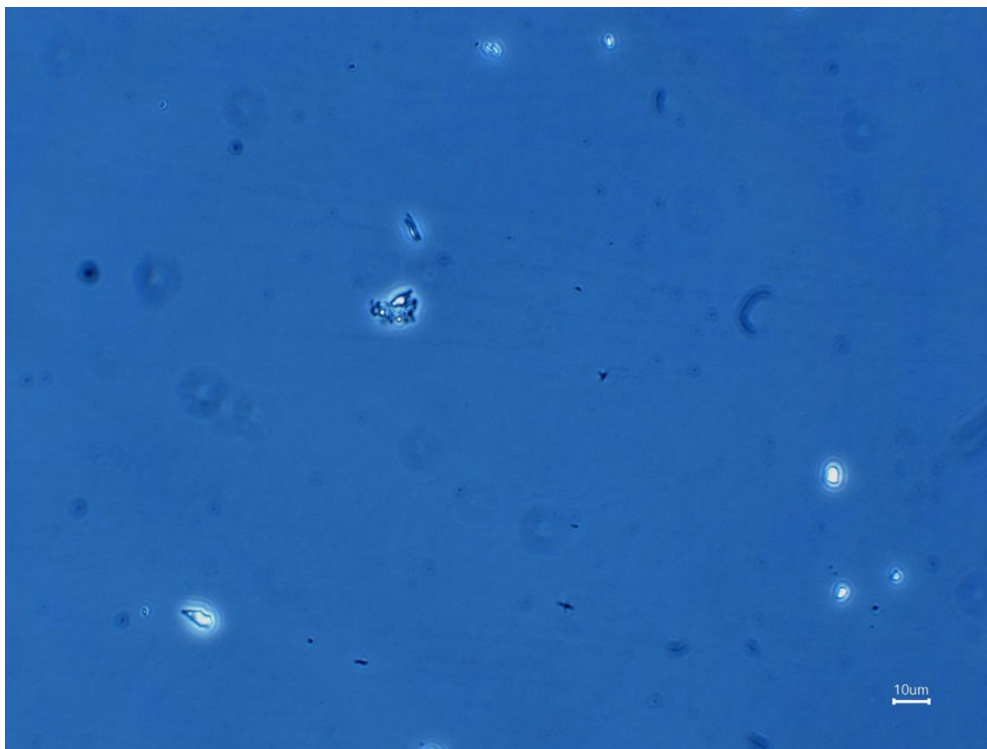
Figur 7. Oversikt over typiske partikkelformer funnet i de undersøkte prøvene i Rekefjorden, 2022 (her fra Rek1-0 m) (foto, NIVA).

Prøve Rek1-0 m inneholdt avlange og avrundede partikler med en gjennomsnittlig størrelse på henholdsvis 6,77 og 7,89 μm . Gjennomsnittlig og median partikkelstørrelse i denne prøven var hhv. 6,94 μm og 3,36 μm . De avlange partiklene dominerte, og utgjorde 77 % av totalantallet, etterfulgt av runde partikler, som utgjorde 21 %. For mer detaljer, se Vedlegg 3.

Prøve Rek1-20 m inneholdt avlange, avrundede, diamantformede og uregelmessige partikler med en gjennomsnittlig størrelse på hhv. 11,67, 2,11, 35,23 og 24,28 μm . Gjennomsnittlig og median partikkelstørrelse i denne prøven var hhv. 8,88 μm og 2,93 μm . Avlange partikler utgjorde 54 % av partiklene, etterfulgt av runde, som utgjorde 40 %. For mer detaljer, se Vedlegg 3.

Prøve Rek2-0 m inneholdt avlange, avrundede, diamantformede og uregelmessige partikler. med en gjennomsnittlig størrelse på hhv. 9,64, 4,05, 8,26 og 12,34 μm . Gjennomsnittlig og median partikkelstørrelse i prøven var hhv. 8,35 μm og 4,25 μm . Igjen dominerte avlange partikler, og utgjorde 66% av antallet, etterfulgt av runde partikler, som utgjorde 26 %. For mer detaljer, se Vedlegg 3.

Prøve Rek2-10 m inneholdt avlange, avrundede, diamantformede og uregelmessige partikler. med en gjennomsnittlig størrelse på hhv. 9,97, 3,19, 27,45 og 22,73 μm . Gjennomsnittlig og median partikkelstørrelse i denne prøven var hhv. 10,29 μm og 3,91 μm . De avlange partiklene utgjorde 62% av partikkelmengden, etterfulgt av runde partikler, som utgjorde 25%. For mer detaljer, se Vedlegg 3.



Figur 8. Mikroskopisk bilde av partikler tilstede i prøve Rek1-0m. (500x forstørrelse). Små og store skinnende partikler er uorganiske partikler (foto, NIVA).

Selv om analysen av partikkelform bare var et utvalgt av hele partikkelspekteret i hver prøve, samsvarer median- og gjennomsnittsverdiene fra PSA godt med 90 % grensen til partikkelanalysen fra PSD. Dette betyr at flesteparten av partiklene målt med partikkel-counter var av uorganisk forbindelse, som også ble observert med PSA-metoden.

Vurderinger og diskusjon

Analysen av partikkelkonsentrasjonen målt både som mengde og antall partikler viste at stasjonen lengst inne i fjorden (Rek2) hadde høyere mengde partikler enn stasjonen nærmest pukkverket (Rek1). Partikkelantallet var størst i overflaten på begge stasjonene, mens i vekt var det på stasjon Rek1 større mengde i dypere vannlag enn på overflaten. En mulig forklaring kan være at transporten av de små, uorganiske partiklene primært foregår i den øverste delen av vannmassene, mens de tyngre, større partiklene transporteres lenger ned. Analysen av partikkelformen viste dominans av avlange partikler (54-77 %). Disse partiklene var mer dominerende i overflaten enn i dypere vannlag, og andelen var aller størst i overflateprøven fra stasjon Rek1, som virker helt rimelig.

I fjorder uten noen spesifikk påvirkning er mengden totalt suspenderte partikler (TSM) normalt < 1 mg/L, men kan i forbindelse med mye elveavrenning være over 1 mg/L (se for eksempel Dale

m.fl., 2018). Her var verdiene mellom 0,78-2,7 mg/L, som indikerer et høyere nivå enn hva som anses som normalt, men likevel i samme størrelsesorden. På de dypeste prøvene er verdiene kun svakt høyere enn slike normalverdier.

Partiklene kan både direkte og indirekte skade fisk. Både letale, sub-letale og adferdsmessige effekter er påvist i litteraturen. Letale partikkeffekter på fisk spriker imidlertid mye. En modelleringsartikkel (Newcombe og Jensen, 1996) sammenstilte partikkeffekter på fisk fra tidligere vitenskaplige artikler, og fant at 1-6 dager ga letaleffekter ved henholdsvis >3000 og > 400 mg/L, mens 2-7 uker ga letaleffekter ved henholdsvis >400 og > 55 mg/L. Humborstad m.fl. (2006) studerte effekt av partikler på torsk, under kontekst av effekter av resuspenderte partikler fra tråling (dvs. «vanlige» sediment partikler). Her ble det vist subletale effekter ved en partikkelkonsentrasjon på 550 mg/L, med ulike skader på gjellene. De fleste veiutbyggingsprosjekter har en utslippstillatelse for partikler (suspendert tørrstoff, (STS)) på 400 mg/L i utslippsvannet til sjøvann, og noe lavere i sjøvannet. Utslippstillatelsene er først og fremst rettet mot fisk. Disse verdiene er basert på arbeid fra Alabaster og Lloyd (1980), Alabaster (1972), en rapport fra Norsk forening for fjellsprenningsteknikk (NFF, 2009) og EIFACs vurdering av vannkvalitetskriterier for ferskvannsfisk (EIFAC, 1964; Roseth m.fl., 2021). Ifølge EIFAC forventes ingen skadelig effekter på fisk ved en mengde på < 25 mg/L naturlige partikler, og her var verdiene en størrelsesorden lavere enn dette

Basert på litteraturen anses ikke de avrundede partiklene, ved de lave konsentrasjonene som ble observert i Rekefjorden, å medføre direkte skade for fisken. Potensielt kan de avlange, diamantformede og uregelmessige partiklene ha større skadepotensiale. Mekanisk skade på fiskegjeller, slimlag og skjell/hud, atferds- og orienteringsavvik, redusert reproduksjon og økt dødelighet er vist for asbestfiber og ekstremt kantete glasspartikler (Belanger m.fl., 1986a, 1986b; Belanger, Schurr, m.fl., 1986; Rodgers, 1969). Etersom det er en variasjon av partikkelformer i Rekefjorden, hvor de avlange dominerer, kan dette potensielt medføre større skade ved eksponering sammenlignet med mer runde partikler. Men ettersom det er målt såpass lave partikkelkonsentrasjoner i Rekefjorden (basert på målingene i dette prosjektet), anses det å være liten sannsynlighet for direkte skader på fisk. Det er samtidig viktig å være klar over at det foreligger få forsøk med partikler og fisk der partiklene har blitt analysert utover mengden som sådan, noe som sannsynligvis bidrar til at effektkonsentrasjoner varierer mye i litteraturen (Bilotta & Brazier, 2008; Newcombe & MacDonald, 1991), og begrenser tolkningen av dataene i dette prosjektet. I tillegg er eksponeringstiden en essensiell faktor som påvirker partikkeffekter (Newcombe & MacDonald, 1991), derfor kan disse dataene bare gi et øyeblikksbilde.

Utover direkte effekter har forsøk vist at fisk prøver å unngå vann med høyt partikkelinnhold, dvs. at man har en atferdsendring. Det er vist at suspenderte uorganiske partikler kan påvirke fiskens bevegelsesmønster (Robertson m.fl., 2007), vandringsmønster (Bisson & Bilby 1982, Whitman et al. 1982), reproduksjonsevne (gir ugunstige forhold på gytegrunner) (Walling m.fl., 2003, Greig m.fl., 2005) og både næringstilbud (Shaw & Richardson 2001) og evnen til å finne næring (Robertson m.fl., 2007). Humborstad m.fl. (2006) påpekte at torsk har stor mulighet til å unngå «skyer» av vann med høy turbiditet. Appelberg m.fl. (2005) viste at marine arter som torsk og sild opplever unnvikelse-/flukt-respons allerede ved ~3 mg/L av sedimenter. De observerte nivåene i Rekefjorden var akkurat under 3 mg/L, derfor kan det ikke utelukkes at fisk opplever en slik respons. Det er informasjon om at sild går sporadisk inn i fjorden. Det er ikke noe spesifikk informasjon om torsk, men dette er en såpass vanlig fisk langs kysten at den antas at det også finnes inne i fjorden. Det er altså en viss mulighet for at man har en atferdsmessig respons hos fisk fjorden assosiert med nedbørsepisodene.

En partikkelsky vil kunne gjøre vannet mindre klart, som kan redusere lysinnstrålingen og fotosyntesen til planteplanktonet. Videre kan dyreplankton bli påvirket gjennom klogging og fortynning av næring (Bilotta & Brazier, 2008). Det er også mulig at predatorer som bruker synet til å finne byttedyr, blir påvirket. Lys og synlighet gjennom vannet kan være viktige faktorer for funn av matressurser så vel som partnere, for eksempel for fisk som leppefisk. Det kan ikke utelukkes at man har slike effekter helt lokalt, men neppe i større deler av fjorden.

Det må påpekes at målingene representerer et øyeblikksbilde, og at det ikke fullstendig kan utelukkes at det kan være høyere nivåer av partikler helt lokalt for eksempel ved perioder med ekstremt mye nedbør og lite miksing i vannet. Som nevnt over er det til tider en synlig partikkelsky i fjorden (*Figur 2*), men denne ble ikke observert under feltarbeidet selv om feltarbeidet fant sted i etterkant av mest nedbør målt siste halvår (Vedlegg 1). Årsaken var antakelig mye vind og derav antatt stor grad av miksing. En slik spredning kan samtidig ha gitt en større partikkelmengde lengre unna utslippet, i tråd med at det ble observert mer partikler på stasjon Rek2 enn Rek1. Alle partikkelkonsentrasjonene som ble målt, er under verdier som er påvist å gi effekter i litteraturen.

4 Vurdering av effekt på bunnmiljøet

Sedimentparametere

På laboratoriet ble kornfordeling bestemt ved at prøven ble tørket, veid, tilsatt dispergeringsmiddel og våtsiktet slik at alle partikler mindre enn 63 µm ble vasket ut. Den gjenværende prøven ble overført til en sikteoppsats med tarerte sikter med maskevidder (øverst til nederst) 2 mm, 1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm og 63 µm. Etter sikting i ristemaskin ble vektprosent av hver siktefraksjon beregnet.

For analyse av TOC og TN ble tørr prøve vei inn i tinnkapsler som ble forbrent ved ca. 1800 °C. Forbrenningsgassene passerte deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene ble detektert i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene ble integrert, og integralverdiene beregnet. Resultatene regnes ut som prosent av total mengde analysert sediment.

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i bunnsedimentet er en støtteparameter som kan gi informasjon om graden av organisk belastning, men den inngår ikke i den endelige klassifiseringen av tilstand (Veileder 02:2018). Til klassifisering av TOC benyttes SFT-veileder 97:03, som er inkludert i Veileder 02:2018. Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment, og prøven standardiseres derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

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

F er andelen finstoff (partikkelstørrelse < 63 µm)

Totalt nitrogen (TN) inngår for å få en indikasjon på mengden næring, og videre kan forholdet mellom TOC og TN gi informasjon om opphavet til det organiske materialet. Det foreligger ingen klassifisering av TN.

Sedimentenes mengde finstoff, sedimentdefinisjon og innhold av TOC/nTOC og TN, samt C/N-forhold er vist i *Tabell 5*. Fullstendig analyserapport hvor også flere kornstørrelsesparametere er gitt, finnes i Vedlegg 4. Bilder av sikterest tatt i forbindelse med faunaanalyse, er vist i *Figur 9*.

På stasjon Rek4 ytterst var sedimentet grovt, med finfraksjon på kun 3,6 %. Sedimentet ble karakterisert som «fin sand». Dette er i tråd med skjellsandforekomsten registrert i Naturbase, og fremgår også av Figur 5 og Figur 9. Det ble ikke observert de typiske mineralske partiklene fra pukkverket i sikteresten. Innholdet av både totalt organisk karbon og totalt nitrogen var lavt, hhv. 1,0 og 0,16 mg/g (Tabell 5). Men siden sedimentet var såpass grovkornet, gjorde normaliseringen av TOC iht. mengden finstoff at mengden nTOC ble adskillig høyere (19,3 mg/g). Dette tilsvarte «svært god» tilstand, men helt i øvre sjikt av klassegrensen, som er på 20 mg/g.

På stasjon Rek 1, som er nærmest utslippet, var mengden finstoff ca. 60 %, og sedimentet ble karakterisert som «pelitt» (dvs. leire/silt). Det var høyere mengde av TOC og TN her enn på Rek4, selv om nTOC var noe lavere pga. normaliseringen (Tabell 5). Også her tilsvarte mengden nTOC «svært god» tilstand. Stasjonen ble også prøvetatt i mai 2021 (Næss m.fl., 2021), og viste tilsvarende verdier av kornstørrelse, TOC og TN. Dette viser at sedimentforholdene synes å være stabile både mht. kornstørrelse og innhold av næring. Ut fra dette kan man også anta at det ikke anses å ha vært noen vesentlig endring i sedimentasjon av partiklene fra pukkverket det siste halvannet året. Sikteresten viste at det var innslag av en del grovere, mineralske partikler begge gangene (Figur 9), som antakelig stammer fra pukkverket. Fordi det var adskillig større mengde næring lenger inne i fjorden, og fordi de omkringliggende fjordområdene alle hadde langt høyere næringsinnhold (Næss m.fl., 2021), er det rimelig å anta at det finner sted en fortykning av næring i nærheten av pukkverket.

Stasjon Rek2 innerst i fjorden hadde det fineste substratet, med finfraksjon på drøyt 80 %. Innholdet av både TOC og TN var høyt, og mengden nTOC tilsvarte «dårlig» tilstand (Tabell 5). Også her var det innslag av skjellrester mm i sikteresten (Figur 5 og Figur 9). Det var noe synlig mineralske partikler fra pukkverket, men kun i liten mengde.

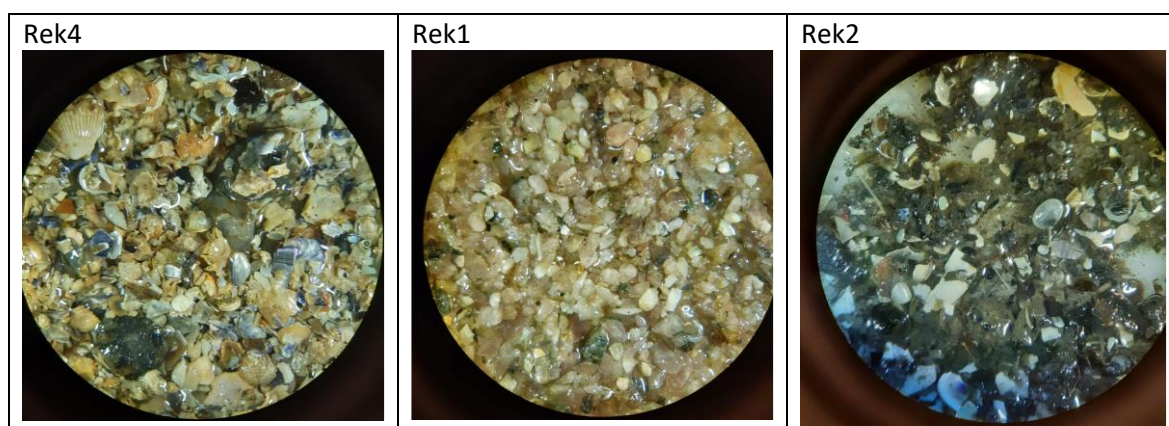
I kornstørrelsesanalysen ble det også beregnet «sorting». Dette er et uttrykk for grad av spredning i kornstørrelse omkring medianverdien, dvs. om det er homogent og stort sett inneholder korn med samme størrelse, eller om det er heterogent og inneholder korn med ulike størrelser. Høy verdi betyr at sedimentet er dårlig sortert (heterogent), og lav verdi betyr at sedimentet er godt sortert (homogent). Ofte gjenspeiles dette også i faunaen ved at bunnfaunaen blir rikere og har flere arter når sedimentet er heterogent. Her var denne parameteren høyest på stasjon Rek1, med verdi på 2,4. Dette tilsvarer «meget dårlig sortert», og derav heterogent. Det er altså ingen indikasjoner på at utslippet gir et homogent sediment, slik man typisk ser ved stor grad av nedslamming av partikler bestående av knust stein, slik som for eksempel av gruveavgang. Stasjon Rek2, som hadde det fineste sedimentet, hadde lavere verdi, men det var enda lavere på stasjon Rek4 som bestod av skjellsand.

C/N-forholdet (Tabell 5) indikerer at det først og fremst er marint materiale som sedimenterer på alle tre stasjonene. Forholdstallet var noe lavere på stasjon Rek1 enn på de to andre stasjonene. Dette indikerer at det trolig er mindre innslag av sedimenterende materiale av terrestrisk opphav her enn på de andre stasjonene, som kan henge sammen med at man her får mer fortykning av det sedimenterende materialet.

Tabell 5. Innhold av finstoff (% < 63 µm), sedimentdefinisjon og organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og normalisert organisk karbon (nTOC) (mg/g), Rekefjorden, 2022. Innholdet av nTOC er klassifisert iht. Veileder 02:2018.

Stasjon	Finstoff	Sediment-definisjon	TOC	nTOC	TN	C/N-forhold
Rek4	3,6	Fin sand	2,0	19,3	0,17	11,6
Rek1	59,5	Pelitt	11,3	18,6	1,19	9,5
Rek2	81,2	Pelitt	35,9	39,3	2,95	12,2

Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Svært god tilstand	God tilstand	Moderat tilstand	Dårlig tilstand	Svært dårlig tilstand



Figur 9. Bilder av sikterest fra de tre stasjonene i Rekefjorden, 2022 (foto, NIVA).

Faunaanalyse

Prosjektet har ikke inkludert noen full bunndyrsanalyse, men noe materiale ble tatt vare på for identifisering for å kunne få et inntrykk av faunaen.

På stasjon Rek4 lengst ut ble det funnet noen børstemark av slekten *Owenia* sp. Dette er en rørbyggende type, som foretrekker grove partikler til røret sitt. Funnet av denne arten i det sandige sedimentet er helt i tråd med det som er forventet. Det ble også funnet et par eksemplarer av kalkrørsmark (*Spirorbis spirorbis*), som er en art som lever på fast substrat slik som større skjellrester og liknende. Sist ble det observert en snegl (*Euspira nitida*) og to børstemark (*Sphaerosyllis hystrix* og *Chaetozone* sp.), samt noen døde muslinger.

På stasjon Rek1 nærmest utslippet ble det funnet flere eksemplarer av slangestjernen *Amphiura filiformis*. Videre ble muslingene *Kurtiella bidentata* og børstemarkene *Goniada maculata*, *Polyphysia crassa*, *Owenia* sp. og *Galathowenia oculata* observert. Det ble observert noen døde muslinger og noen tomme børstemark-rør. De samme artene ble observert i 2021 (Næss m.fl., 2021). Foruten *Kurtiella bidentata* er ingen av artene er typisk forurensningsindikerende arter. Det var også et høyt artstall på stasjonen i 2021. Både *Owenia* sp. og *Galathowenia oculata* er rørbyggende arter, og de bygger rør av sedimentpartikler med ulik kornstørrelse, som kan indikere at sedimentet er heterogent. Videre klarer de seg som regel ikke ved stor grad av nedslamming. Imidlertid var tettheten til faunaen forhøyet, som indikerer en form for forstyrrelse på stasjonen. Store mengden av slangestjernen *Amphiura filiformis* finnes for eksempel i Jøssingfjorden, som er mer påvirket av partikler enn Rekefjorden.

På stasjon Rek2 innerst i fjorden ble børstemarkene *Pista cristata* og *Goniada maculata* observert. Også her var det noen døde muslinger og tømme rør, hvilket er helt normalt.

Vurderinger og diskusjon

Mht. bunnmiljøet vurderes det at utslippet har en viss påvirkning på sedimentet og bunnfaunaen lokalt, men at man ikke observerer noen effekter verken lenger inn i fjorden eller ytterst. Utslipet synes å fortynne mengden næring like ved utslippet, og faunaen responderer med en forhøyet tetthet. Dette er en typisk respons på en forstyrrelse. Ettersom faunaen ikke utarmes, forventes det ikke å være noen effekter på arter lenger opp i næringskjeden. Armene til slangstjernen *Amphiura filiformis* er for eksempel en matkilde for flere arter av bunndyr. Funnene med svært begrensede effekter på bløtbunn, samsvarer også godt med at bløtbunnsfaunaen generelt sett er tilpasset å være nedgravd, og tåler sedimentering relativt godt. PNEC-verdien, dvs. terskelverdien for effekter, for nedgraving er på 6,5 mm sediment (Smit m.fl., 2008). Et slikt distinkt lag var ikke synlig i felt, da partiklene snarere var iblandet det ordinære sedimentet. Det er også vist at effektene synes å være størst når sedimentet er svært finkornet (Trannum m.fl., 2018), men i dette tilfellet var sedimentet grovere på stasjonen nærmest utslippet enn på stasjonen lengre inn i fjorden.

Som nevnt ovenfor finner sted fiske etter krabbe og hummer med teiner på hobbybasis i fjorden. Disse lever bl.a. av arter på bløtbunn. Fødegrunlaget anses som nevnt ovenfor ikke å være redusert, men det kan likevel tenkes at partiklene har en direkte effekt på disse artene. Det finnes lite litteratur på dette, og innspill er hentet fra forsker Gro van der Meeren på Havforskningsinstituttet.

Hummeren lever hovedsakelig på hardbunn med skjulesteder i steinrøyser, kløfter eller i huler under store steiner ([Hummer – europeisk | Havforskningsinstituttet \(hi.no\)](#)). Ved mangel på steinbunn graver den huler i fastpakket sand og leirbunn. Hummeren ligger ofte inne i hulen eller i en åpning mens den lager vannstrøm gjennom hulen ved å padle med haleføttene. Hummeren antas å tolerere en viss grad av partikler i vannet, om det ikke er for finpartikulært. Den jakter og orientere seg hovedsakelig med andre sanser enn synet. Finpartikulært sediment kan potensielt feste seg i gjellene, men dette er ikke kjent. Om forholdene ikke er levelige, ville antakelig hummeren ha trukket seg ut og fangstene være minimale. De tidlige livsstadier anses å være mer sårbare. Da har hummeren særlig behov for skjul. Det kan være en viss fare for at mye løst sediment vil kunne hindre naturlig rekruttering. Her var mengden partikler i de dypeste vannprøvene lav, og sedimentet var ikke unormalt bløtt. Videre var ikke sedimentet på stasjonen nærmest utslippet spesielt fint, da finfraksjonen var i underkant av 60 %. Sist nevnes at hummeren som fanges, ikke er misfarget eller spesielt nedslammet (pers. med. fisker Frank Midtbø).

Også taskekrabben foretrekker hard bunn, men kan vandre ut på bunn med skjellsand og leire innimellom steinbunn ([Taskekrabbe | Havforskningsinstituttet \(hi.no\)](#)). Den graver seg ned i sediment når den gjemmer seg på åpen bunn. Dersom materialet ikke er så finpartikulært at det tetter gjellehulene, antas den å tolerere finere bunnsediment bedre enn hummer. Heller ikke krabber som fanges i fjorden, synes å være nedslammet (pers. med. fisker Frank Midtbø). Som for hummer, antas det altså ikke å være noen vesentlig risiko for effekt på krabbe.

Det nevnes også at det ikke er noen tilsatte kjemikalier i utslippet, heller ikke tungmetaller i selve steinen. Således er det ikke risiko knyttet til miljøgifter ved inntak av sjømat.

Det ble ikke gjort noen undersøkelser av hardbunnssamfunnene. Dette gjøres som regel ikke mht. utslipp av suspendert stoff. Det kan imidlertid være effekter også her. Tang og tare er avhengig av lys for fotosyntese, og kan bli negativt påvirket av skyggeeffekter på linje med planteplankton. Videre kan hardbunnsfaunaorganismer bli negativt påvirket av partiklene gjennom nedslamming og fysiske effekter. Mange av dyreartene som lever på hardbunn, er filtrerende arter, som kan oppleve tilstopping og skader på respirasjons- og fødeorganer, samt fortynning av næring. Eksempler på slike arter er flere arter av muslinger (slik som blåskjell) og sekkedyr. Samtidig er det dokumentert at muslinger kan selektere hvilke partikler de fordøyer (se Dale m.fl., 2008 og referanser der), slik at en evt. fortynningseffekt ikke nødvendigvis blir så stor som partikkelmengden skulle tilsi. Ved et høyt innhold av partikler kan et skjells evne til selektiv partikkelseleksjon svekkes (Safi m.fl., 2007). I dette tilfellet ble nivåene ansett å være lave, og en slik respons virker ikke sannsynlig.

I følge lokale kilder (Arne Olsen) har det ikke vært blåskjell i området på flere år, hverken i Rekefjorden eller i fjordene rundt. Dette er en generell utvikling langs kysten nå, og fraværet i Rekefjorden kan ikke koples direkte til utslippet. Ifølge samme kilde finnes flatsøsters i fjorden, samt at stillehavsøsters har etablert seg utenfor fjorden. Dette er også filtrerende arter, men siden partikkelmengdene var lave, anses det ikke å være noen effekter av utslippet på østers. Det nevnes også at flatsøsters ikke lenger er kategorisert som «nært truet», slik den var tidligere. Stillehavsøsters er en fremmed, uønsket art i våre farvann.

5 Konklusjon

Partikler fra pukkverket ble observert både i vannmassene og på bunnen. Det var større mengde partikler på stasjonen lengst inne i fjorden sammenliknet med den stasjonen som er nærmest pukkverket, og også høyere antall partikler i overflatevannet enn i dypere vannlag. Partikkelmengden er ansett å være høyere enn i kystvann uten noen spesifikk påvirkning, men samtidig var nivåene under verdier som er påvist å gi effekter i litteraturen. Partikkelanalysen viste dominans av avlange partikler i alle prøvene. Selv om slike partikler i utgangspunktet kan medføre skade, var partikkelmengdene såpass lave at sannsynligheten for negativ effekt på fisk er ansett å være liten.

På bunnen synes det å være en viss fortynning av næring, men uten at dette gir noen utarmet bunnfauna. Det antas at effekt også på skalldyr i fjorden er ubetydelig, men her foreligger det svært lite litteratur om effekter.

6 Referanser

Alabaster, J. S. and Lloyd, R., 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. 297 s. London – Boston.

Alabaster, J. S., 1972. Suspended solids and fisheries. In: Proc. R. Soc. Lond.B 180, 395-406 (1972).

Appelberg, M., Holmqvist, M., Lagenfelt, I., 2005. Öresundsforbindelsens inverkan på fisk och fiske. Fiskeriverket, underlagsrapport 1992-2005.

Belanger, E. S., Cherry, S. D., & Cairns, J., 1986a. Seasonal, behavioral and growth changes of juvenile *Corbicula Fluminea* exposed to chrysotile asbestos. *Water Research*, 10, 1243-1250.

Belanger, E. S., Cherry, S. D., & Cairns, J., 1986b. Uptake of Chrysotile Asbestos Fibers Alters Growth and Reproduction of Asiatic Clams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43, 43-52.

Belanger, E. S., Schurr, K., Delmas, J. A., & Gohara, A. F., 1986. Effects of Chrysotile Asbestos on Coho Salmon and Green Sunfish: Evidence of Behavioral and Pathological Stress. *Environmental Research*, 39, 74-85.

Bilotta, G. S., & Brazier, R. E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, 42, 2849-2861

Bisson, P., Bilby, R., 1982. Avoidance of Suspended sediment by juvenile Coho salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 4, 371-374.

Dale, T., Kvassnes, A.J.S., Iversen, E.R., 2008. Risikoen for skader på fisk og blåskjell ved gruveaktivitet på Engebøneset. En litteratustudie om effekter av metaller og suspenderte partikler. NIVA-rapport 5689-2008. 38 s.

Dale, T., Fagerli, C.W., Trannum, H., Eikrem, W., Staalstrøm, A., Kristiansen, T., 2018. ØKOKYST Delprogram Nordsjøen Nord. Årsrapport 2017. Miljødirektoratet-rapport 1009. 91 s.

EIFAC Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish, 1964. Water quality criteria for European freshwater fish. Report on finely divided solids and inland fisheries. EIFAC tech. Pap., (1): 21 p.

Greig, S., Sear, D., Carling, P., 2005. The impact of fine sediment accumulation on the survival of incubating salmon progeny: Implications for sediment management. *SCI TOTAL ENVIRON* 344, 241-258

Herbert, D., Merkens, J., 1961. The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. *International Journal of Air and Water Pollution* 5, 46-55.

Humborstad, O., Jorgensen, T., Grotmol, S., 2006. Exposure of cod *Gadus morhua* to resuspended sediment: an experimental study of the impact of bottom trawling. *MAR ECOL-PROG SER* 309, 247-254.

Newcombe, C.P., Jensen, J.O., 1996. Channel Suspended Sediment and Fisheries: A Synthesis for Quantitative Assessment of Risk and Impact. *North American Journal of Fisheries Management*, 16: 693-727.

Newcombe, C. P., & Macdonald, D. D. (1991). Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(1), 72-82. doi:10.1577/1548-8675(1991)011<0072:Eossoa>2.3.Co;2

Norsk Forening for fjellsprengningsteknikk (NFF); Teknisk rapport, 2009. Behandling og utslipp avdriftsvann fra tunneldriving.

NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014).

NS 4733:1983. Vannundersøkelse - Bestemmelse av suspendert stoff i avløpsvann og dets gløderest.

Næss, R., Trannum, H.C., Borgersen, G., 2021. Marin problemkartlegging i Dalane vannområde i 2021. NIVA-rapport 7664-2021. 38 s + vedlegg.

Redding, J., Schreck, C., Everest, F., 1987. Physiological effects on *Coho salomon* and steelhead of exposure to suspended solids. *T AM FISH SOC* 116, 737-744.

Robertson, M., Scruton, D., Clarke, K., 2007. Seasonal effects of suspended sediment on the behavior of juvenile Atlantic salmon. *T AM FISH SOC* 136, 822-828.

Rodgers, A. B., 1969. Tolerance levels of four species of estuarine fishes to suspended mineral solids. (M. Sc.). University of Rhode Island, Rhode Island

Roseth, R., Sørli Heier, L., Heggland, A., Preus Hveding, Ø., Skrutvold, J., Rognan, Y., & Kjerkol, H., 2021. Avrenning av partikler i anleggsprosjekter; betydning for fisk og vannmiljø. *Vann*, 3; 215-233.

Safi, K., Hewitt, J., Talman, S., 2007. The effect of high inorganic seston loads on prey selection by the suspension-feeding bivalve, *Atrina zelandica*. *J EXP MAR BIOL ECOL* 344, 136-148.

Shaw, E., Richardson, J., 2001. Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. *CAN J FISH AQUAT SCI* 58, 2213-2221.

Smit, M.G.D., Holthaus, K.I.E., Trannum, H.C., Neff, J.M., Kjeilen-Eilertsen, G., Jak, R.G., Singsaas, I., Huijbregts, M.A.J., Hendriks, A.J., 2008. Species sensitivity distributions for suspended clays, burial and grain size change in the marine environment. *Environ. Toxicol. Chem.* 27: 1006–1012.

Trannum, H.C., Gundersen, H., Escudero-Oñate, C., Johansen, J.T., Schaanning, M.T., 2018. Effects of submarine mine tailings on macrobenthic community structure and ecosystem processes. *Sci. Total Environ.* 360: 189-202.

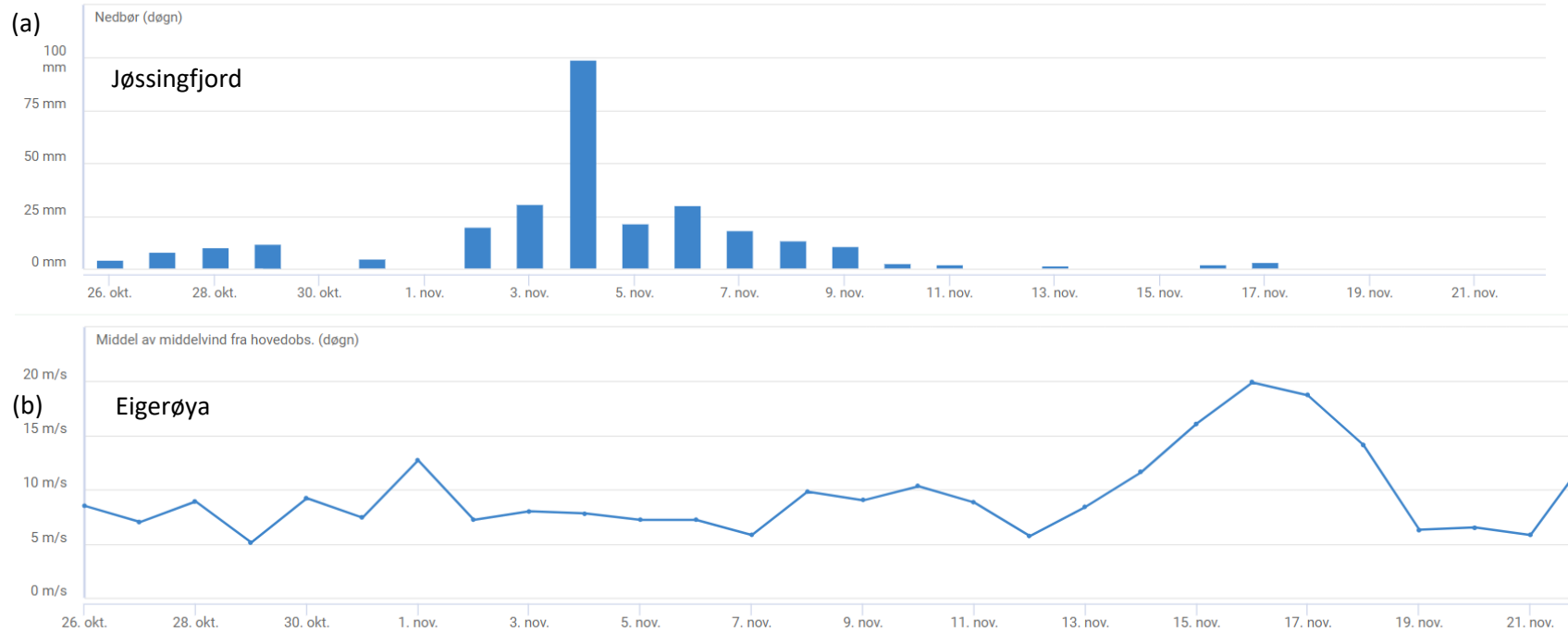
Walling, D., Collins, A., McMellin, G., 2003. A reconnaissance survey of the source of interstitial fine sediment recovered from salmonid spawning gravels in England and Wales. *HYDROBIOLOGIA* 497, 91-108.

Whitman, R., Quinn, T., Brannon, E., 1982. Influence of suspended volcanic ash on homing behaviour of adult Chinook Salmon. *T AM FISH SOC* 111, 63-69.

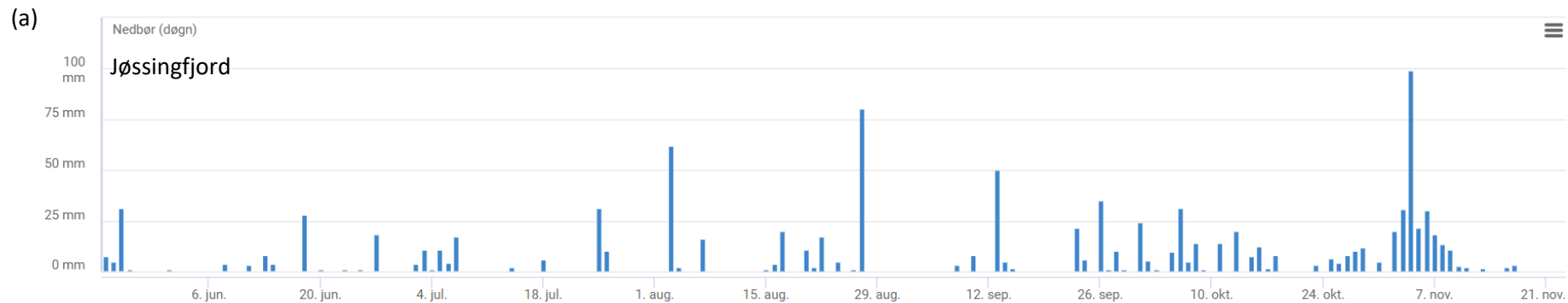
7 Vedlegg

Vedlegg 1

Vedlegg 1-A. November 2022 (a) Nedbør (per døgn i mm) og (b) Vind (middelvind per døgn i m/s) i Rekefjordområdet (nedbør: stasjon Jøssingfjord; vind: Eigerøya). Kilde: Norsk Klimaservicesenter (<https://seklima.met.no>).

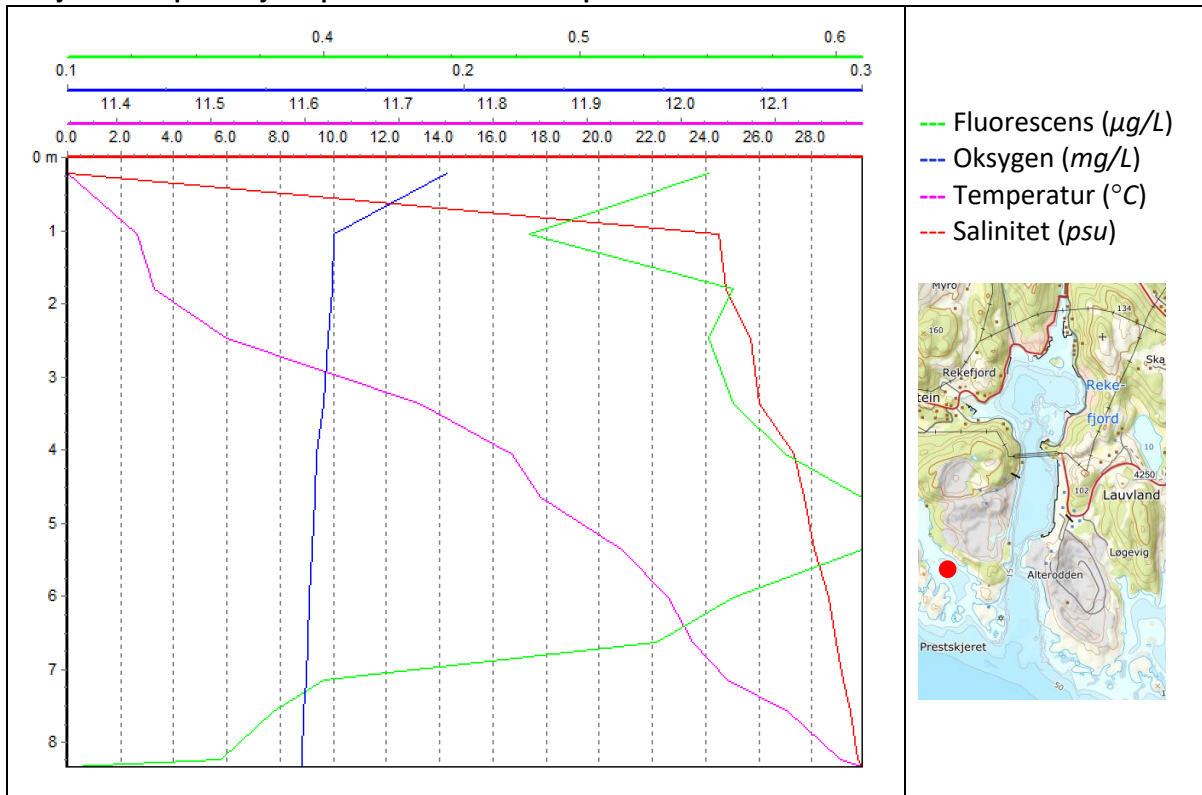


Vedlegg 1- B. Juni til November 2022 (a) Nedbør (per døgn i mm) og (b) Vind (middelvind per døgn i m/s) i Rekefjordområdet (nedbør: stasjon Jøssingfjord; vind: Eigerøya). Kilde: Norsk Klimaservicesenter (<https://seklima.met.no>).

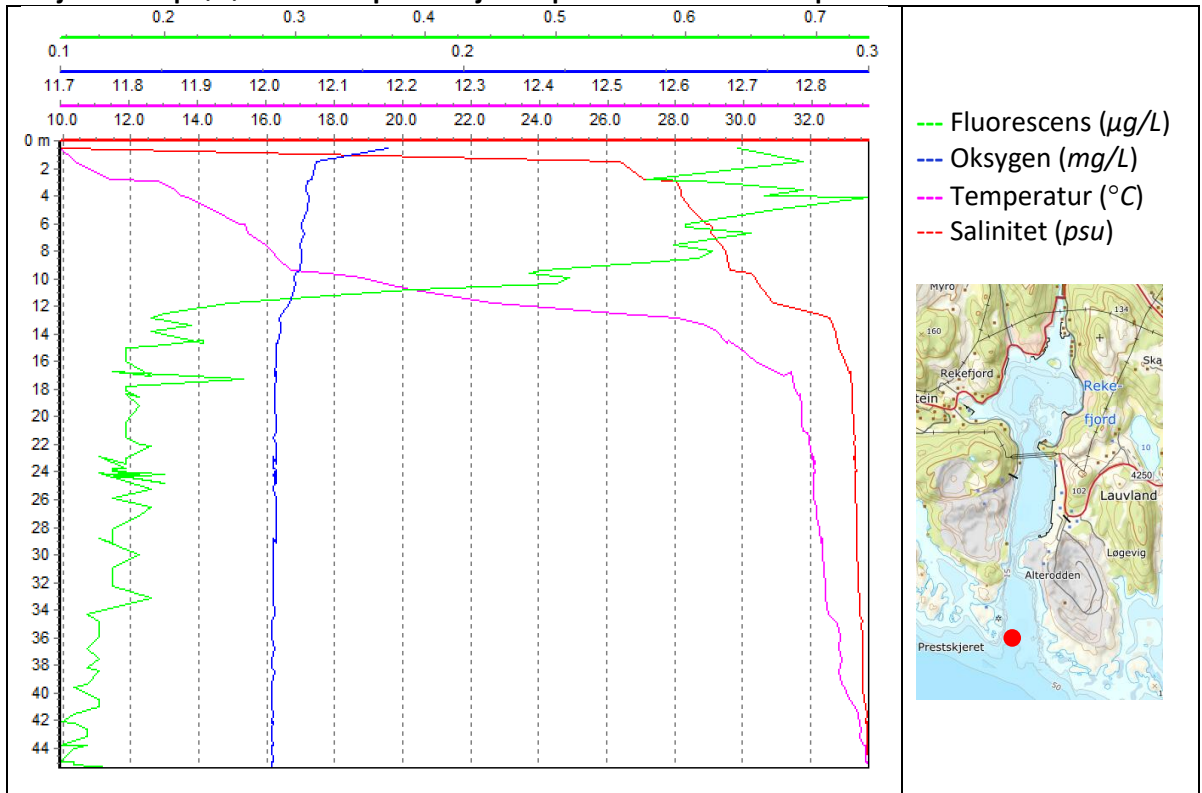


Vedlegg 2 CTD-profiler

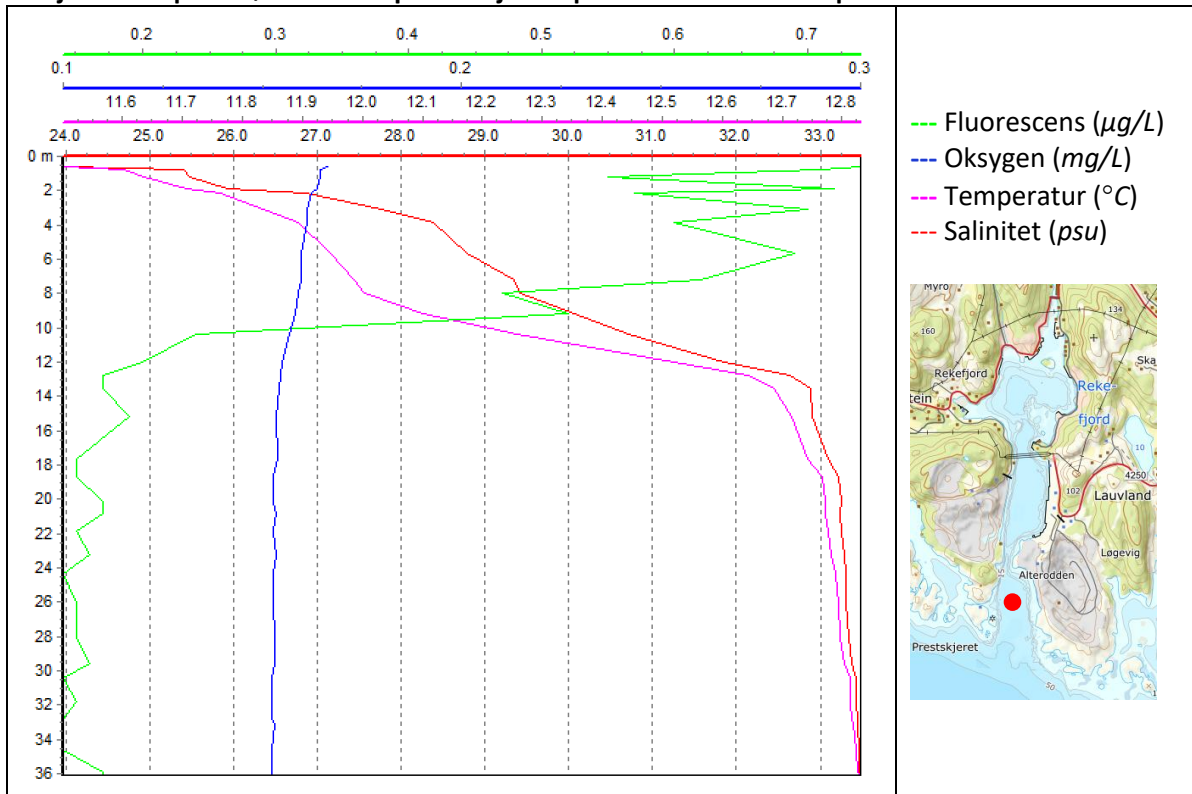
Stasjon Nor1 | Nordfjord | 14. november 2022 | 12:33



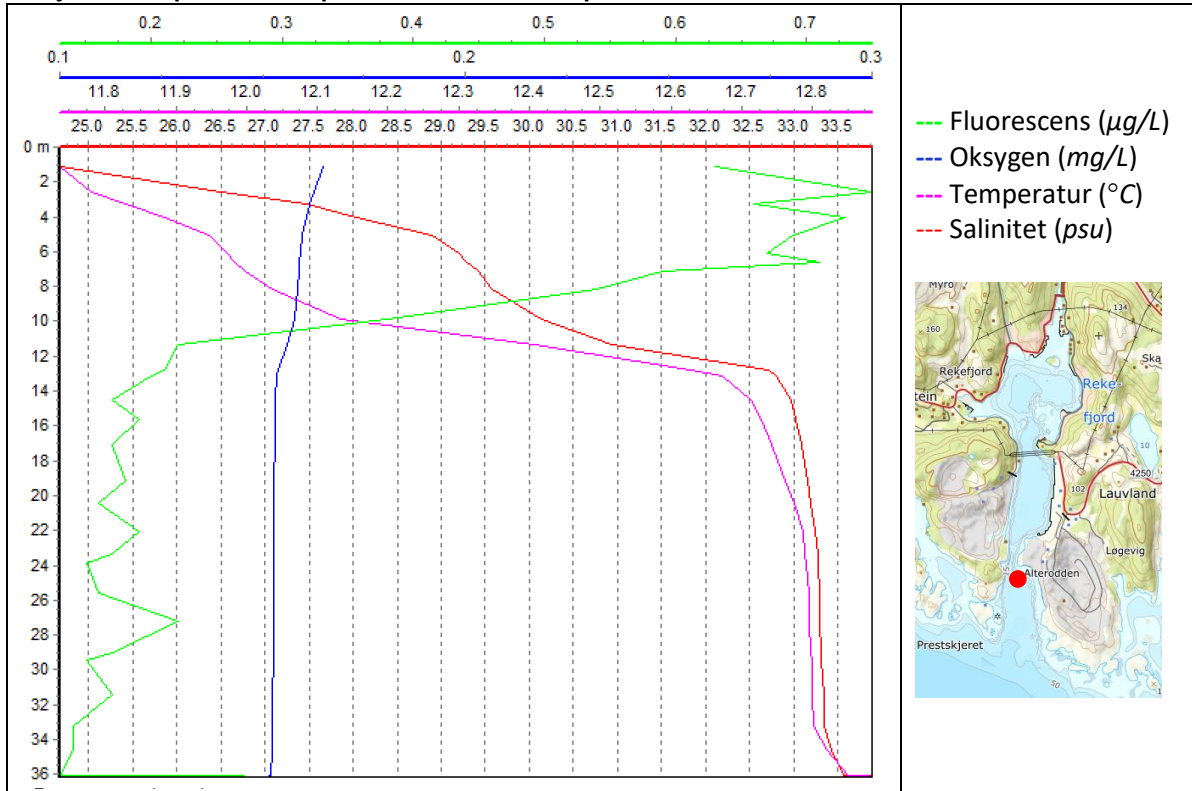
Stasjon Rek7 | Sørøst for Lille presteskjæret | 14. november 2022 | 13:16



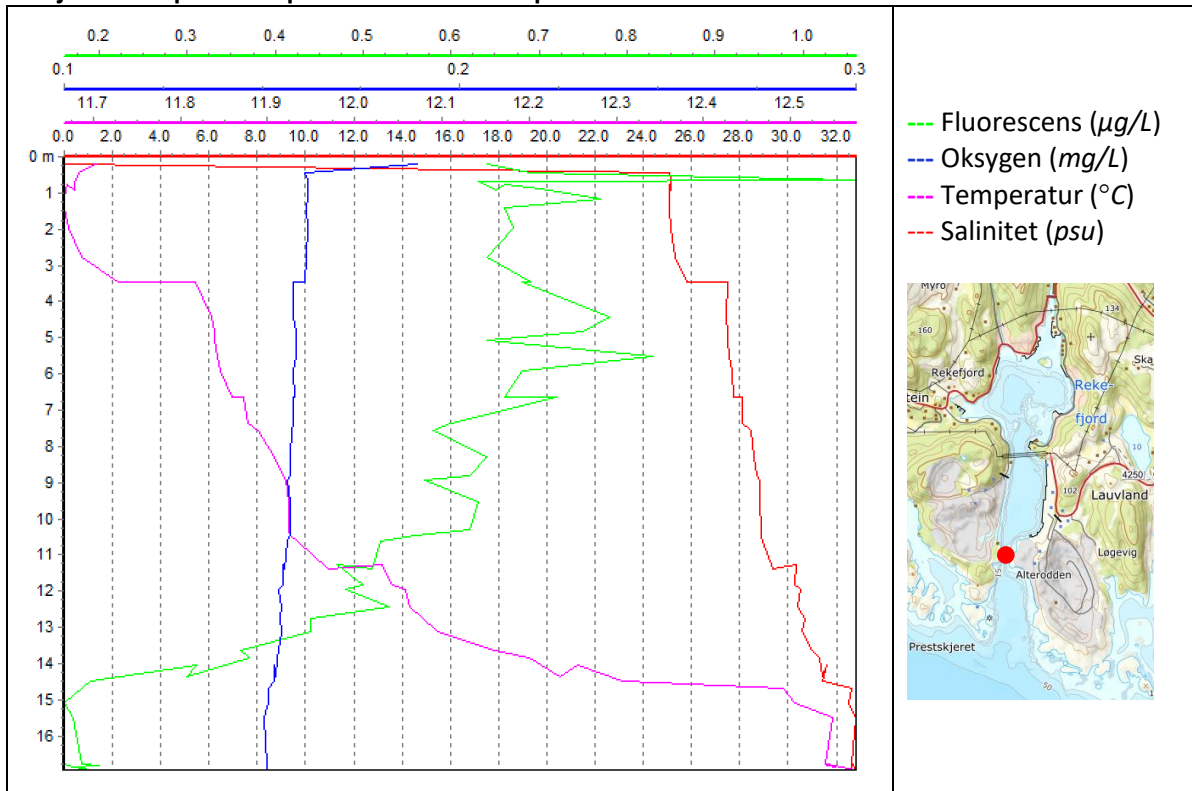
Stasjon Rek4 | Nordøst for Lille presteskjæret | 14. november 2022 | 14:02



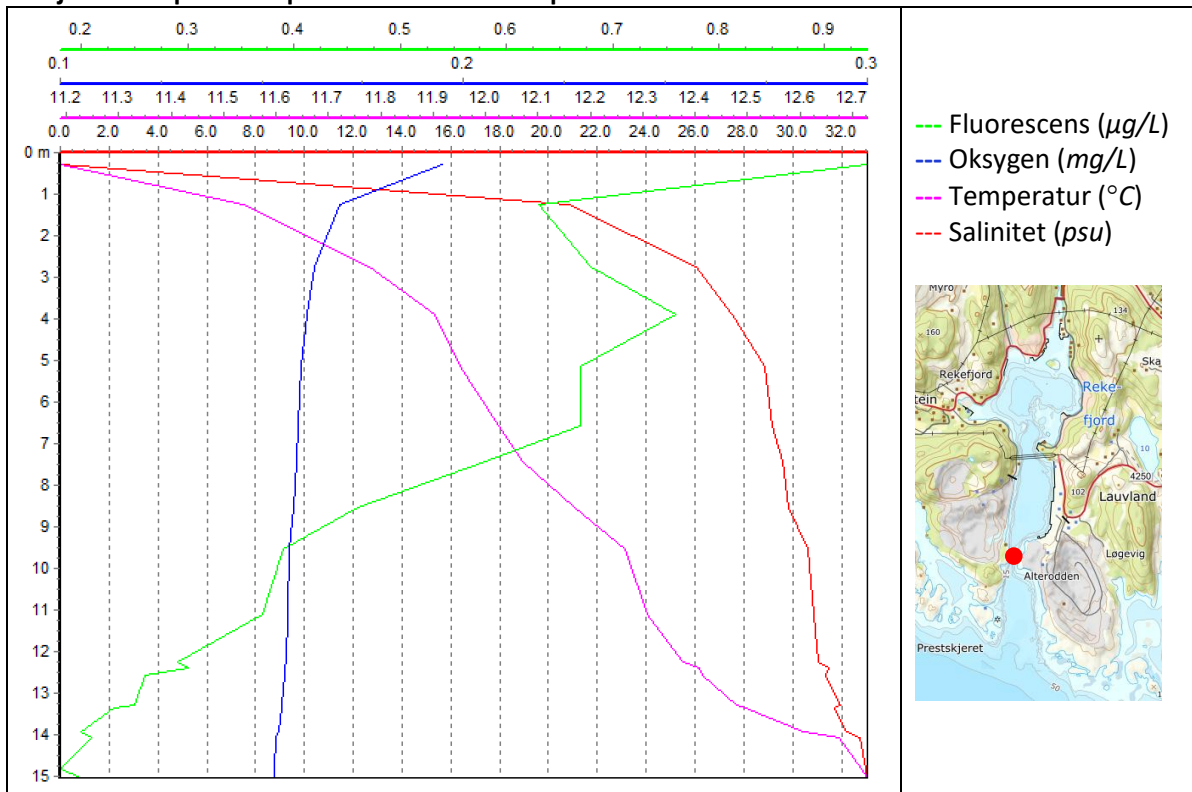
Stasjon Rek6 | Rossavika | 14. november 2022 | 14:26



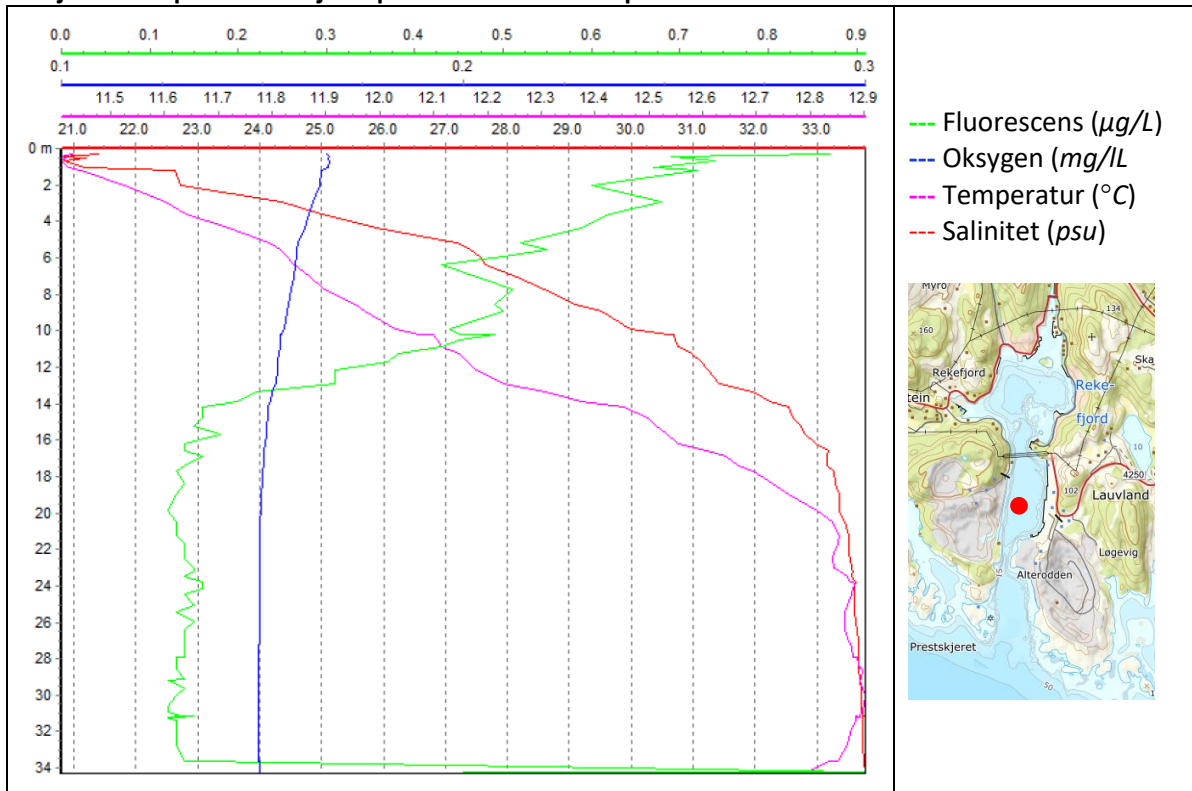
Stasjon Rek3 | Sundet | 8. november 2022 | 14:02



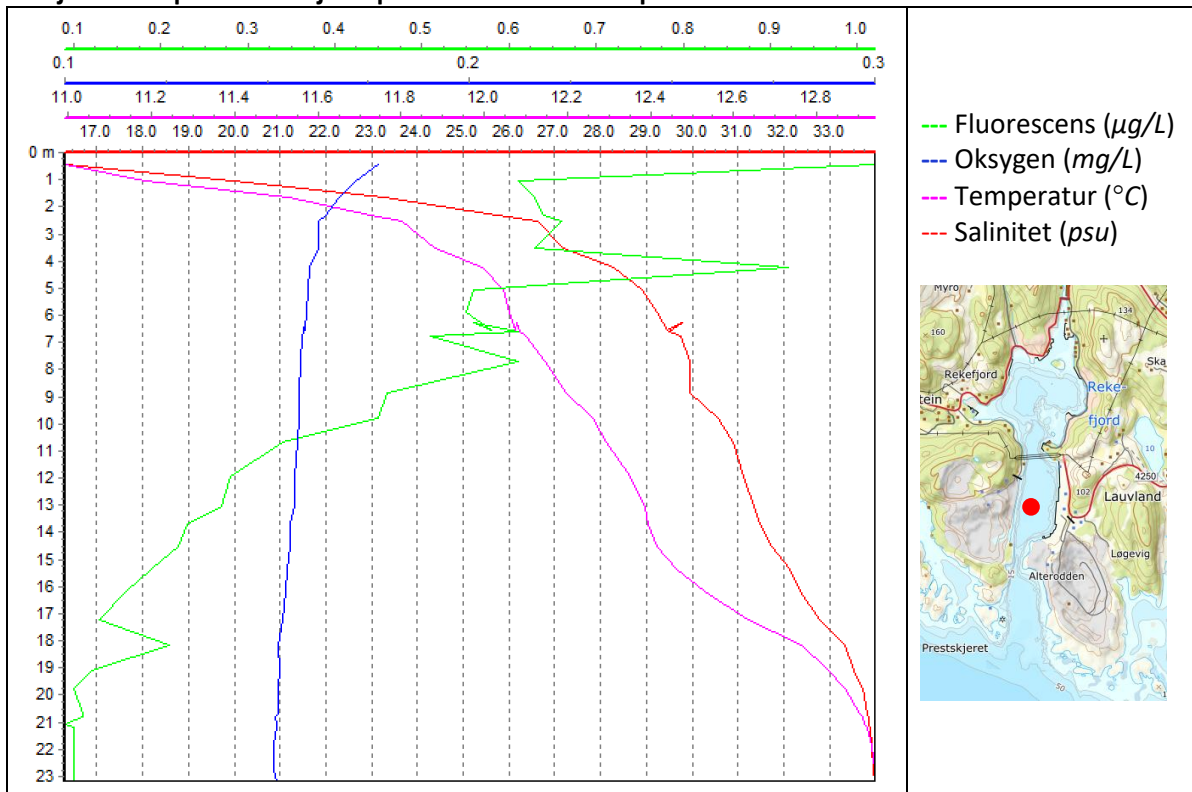
Stasjon Rek3 | Sundet | 14. november 2022 | 14:36



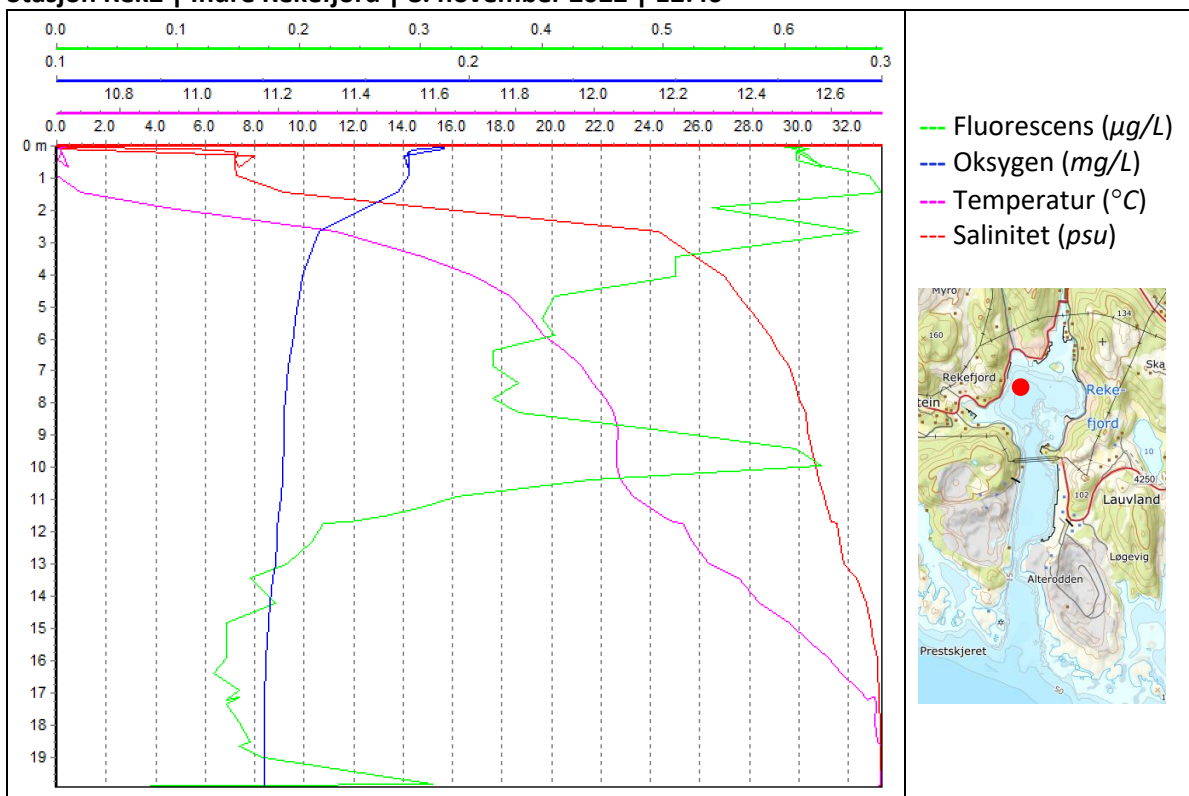
Stasjon Rek1 | Ytre Rekefjord | 8. november 2022 | 13:34



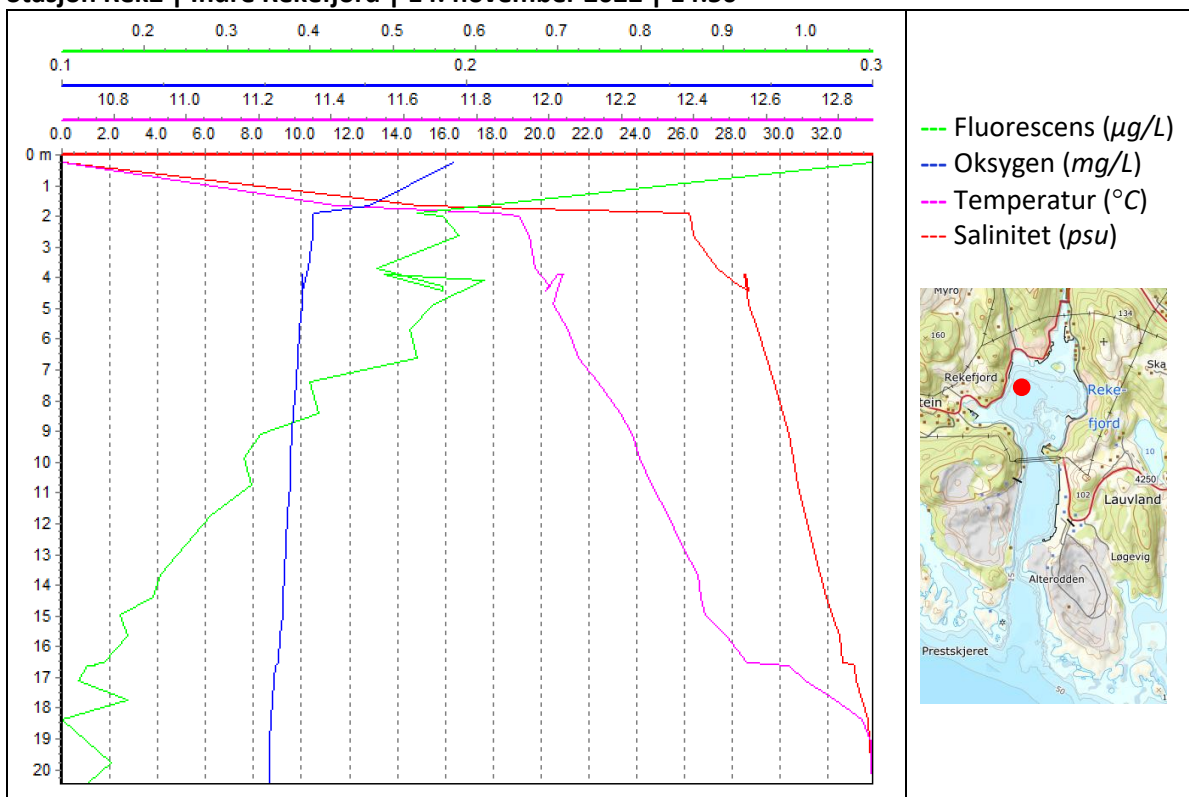
Stasjon Rek1 | Ytre Rekefjord | 14. november 2022 | 13:07



Stasjon Rek2 | Indre Rekefjord | 8. november 2022 | 12:46

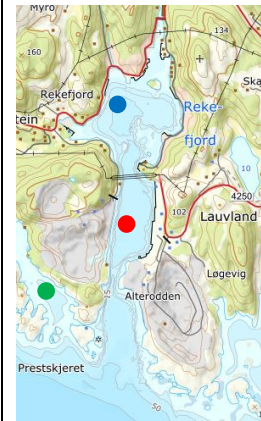
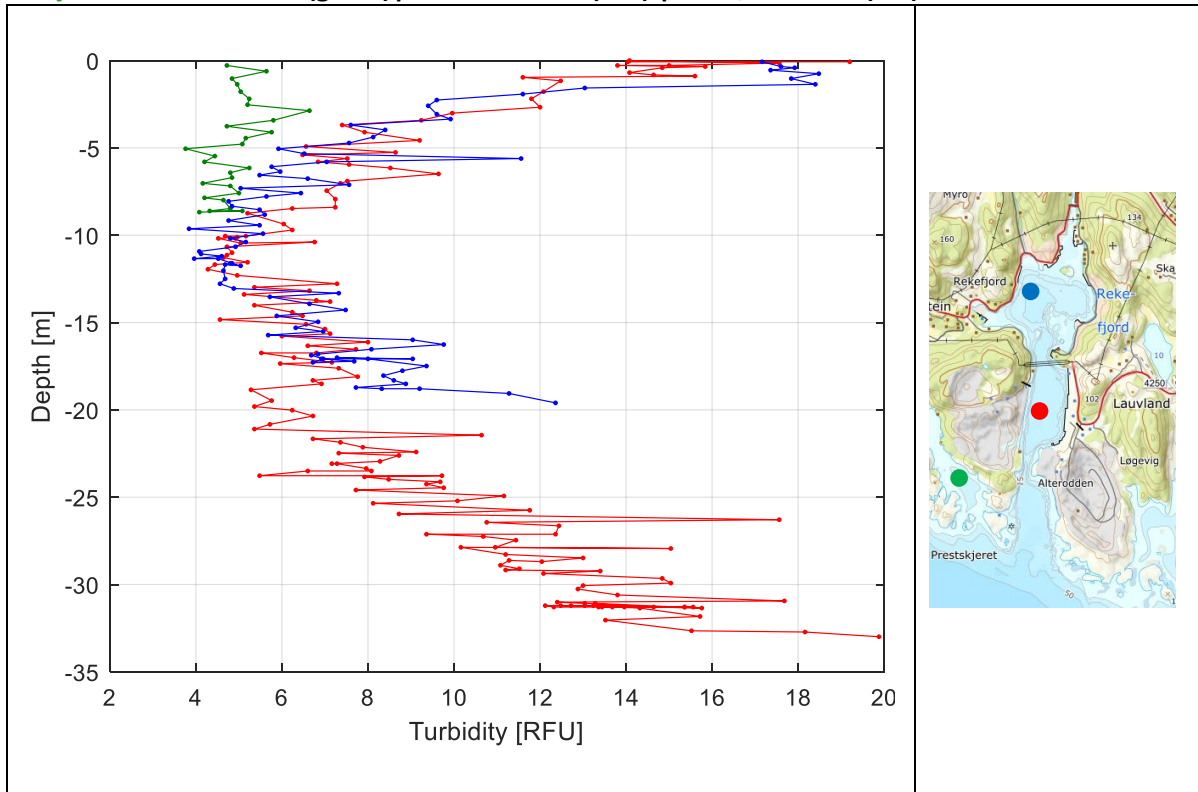


Stasjon Rek2 | Indre Rekefjord | 14. november 2022 | 14:50



Turbiditetsprofiler (Turner C3)

Stasjoner Nor1 14.11.22 (grønt) | Rek1 08.11.22 (rød) | Rek2, 08.11.22 (blå).



Vedlegg 3. Analyse av partikkelform

	Rek1 0m	Rek1 20m	Rek2 0m	Rek2 10m
Amount of particles analysed	57	70	73	60
Median size (μm)	3,36	2,93	4,25	3,91
Average size (μm)	6,94	8,88	8,35	10,29
Diamond				
Amount (number)	1	2	1	4
Fraction of total	2 %	3 %	1 %	7 %
Average size (μm)	2,97	35,23	8,26	27,45
Elongated				
Amount (number)	44	38	48	37
Fraction of total	77 %	54 %	66 %	62 %
Average size (μm)	6,77	11,67	9,64	9,97
Rounded				
Amount (number)	12	28	19	15
Fraction of total	21 %	40 %	26 %	25 %
Average size (μm)	7,89	2,11	4,05	3,19
Irregular				
Amount (number)	0	2	5	4
Fraction of total	0 %	3 %	7 %	7 %
Average size (μm)	n,a,	24,28	12,34	22,73

Vedlegg 4. Kornstørrelsesanalyse



ANALYSERAPPORT

Kunde: NIVA KORN
 Kundemerking: 62737
 Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkljacic
 Prosjektnr.: NIVA O-220223 Rekefjorden

Rapport nr.: P2200202
 Revisjon: 2
 Rapportdato: 2022-11-22
 Ankomst dato: 2022-11-16

Lab-id. P2200202-01

Objekt: Sediment
 Prøvested: 62737 Fullkorn NIVA
 Kundens ID: REK 1
 Notering:
 Mottatt lab: 2022-11-16

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
TOC	11 ±1.1	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	
TN _b	1.2 ±0.4	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	
C/N - forhold	9.5		2022-11-21	2022-11-21		
Vekt% 2 mm	2.2 ±0.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 1 mm	4.1 ±0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.500 mm	5.1 ±0.3	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.250 mm	4.8 ±0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.125 mm	7.3 ±0.4	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.063 mm	17.1 ±0.9	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% < 0.063 mm	59.5 ±3.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.063 mm	59.5	% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode	
Kum. vekt% 0.125 mm	76.6 ±3.8	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.25 mm	83.8 ±4.2	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.5 mm	88.6 ±4.4	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 1 mm	93.7 ±4.7	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 2 mm	97.8 ±4.9	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% > 2 mm	100.0 ±5.0	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Framsenteret
 Postboks 6606 Stakkevollan
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Analysereporten er digitalt undertegnet av:
 Lisa Torske

lit@akvaplan.niva.no

Side 1 av 5

Kunde: NIVA KORN
Kundemerking: 62737
Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkljacic
Prosjektnr.: NIVA O-220223 Rekefjorden

Rapport nr.: P2200202
Revisjon: 2
Rapportdato: 2022-11-22
Ankomst dato: 2022-11-16

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
Pelitt	59.5 ±3.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Sand	38.3 ±1.9	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Grus	2.2 ±0.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Median (D50)	4.624	φ	2022-11-22	2022-11-22		
Klassifisering	Pelitt		2022-11-22	2022-11-22	Wentworth	
Mean	4.494	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Sorting	2.438	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Skewness	-0.161	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Kurtosis	1.017	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	

Lab-id. P2200202-02

Objekt	Prøvested	Kundens ID	Notering	Mottatt lab
Sediment	62737 Fullkorn NIVA	REK 2		2022-11-16

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
TOC	36 ±3.6	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	
TNb	2.9 ±0.9	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	
C/N - forhold	12.2		2022-11-21	2022-11-21		
Vekt% 2 mm	1.2 ±0.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 1 mm	0.5 ±0.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.500 mm	0.3 ±0.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.250 mm	0.8 ±0.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.125 mm	3.6 ±0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.063 mm	12.3 ±0.6	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% < 0.063 mm	81.2 ±4.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Framsenteret
 Postboks 6606 Stakkevollan
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Analysereporten er digitalt undertegnet av:
 Lisa Torske

lit@akvaplan.niva.no

ANALYSERAPPORT

Kunde: NIVA KORN
 Kundemerkning: 62737
 Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkljacic
 Prosjektnr.: NIVA O-220223 Rekefjorden

Rapport nr.: P2200202
 Revisjon: 2
 Rapportdato: 2022-11-22
 Ankomst dato: 2022-11-16

Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
Kum. vekt% 0.063 mm	81.2	% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode	
Kum. vekt% 0.125 mm	93.5 ± 4.7	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.25 mm	97.1 ± 4.9	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.5 mm	98.0 ± 4.9	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 1 mm	98.3 ± 4.9	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 2 mm	98.8 ± 4.9	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% > 2 mm	100.0 ± 5.0	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Pelitt	81.2 ± 4.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Sand	17.6 ± 0.9	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Grus	1.2 ± 0.1	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Median (D50)	5.516	φ	2022-11-22	2022-11-22		
Klassifisering	Pelitt		2022-11-22	2022-11-22	Wentworth	
Mean	5.486	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Sorting	1.633	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Skewness	-0.083	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Kurtosis	0.859	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan niva
 Fransenteret
 Postboks 6606 Stakkevollan
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Analysereporten er digitalt undertegnet av:
 Lisa Torske

lit@akvaplan.niva.no

ANALYSERAPPORT

Kunde: NIVA KORN
 Kundemerking: 62737
 Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkdjacic
 Prosjektnr.: NIVA O-220223 Rekefjorden

Rapport nr.: P2200202
 Revisjon: 2
 Rapportdato: 2022-11-22
 Ankomst dato: 2022-11-16

Lab-id. P2200202-03

Objekt	Prøvested	Kundens ID	Notering	Mottatt lab
Sediment	62737 Fullkorn NIVA	REK 4		2022-11-16

Analyseresultat						
Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
TOC	2.0 ± 0.20	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	DIN 19539:2016	
TN _b	0.17 ± 0.1	mg/g TS	2022-11-16	2022-11-18	NS-EN 16168:2012	
C/N - forhold	11.6		2022-11-21	2022-11-21		
Vekt% 2 mm	5.4 ± 0.3	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 1 mm	4.5 ± 0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.500 mm	5.6 ± 0.3	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.250 mm	20.8 ± 1.0	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.125 mm	48.9 ± 2.4	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% 0.063 mm	11.2 ± 0.6	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Vekt% < 0.063 mm	3.6 ± 0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.063 mm	3.6	% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode	
Kum. vekt% 0.125 mm	14.8 ± 0.7	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.25 mm	63.7 ± 3.2	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 0.5 mm	84.6 ± 4.2	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 1 mm	90.2 ± 4.5	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% 2 mm	94.6 ± 4.7	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Kum. vekt% > 2 mm	100.0 ± 5.0	cum. wt%	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	

Tabellen fortsetter på neste side...

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Framsenteret
 Postboks 6606 Stakkevollan
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no
 tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Analysereporten er digitalt undertegnet av:
 Lisa Torske

lit@akvaplan.niva.no

Side 4 av 5

Kunde: NIVA KORN
Kundemerkning: 62737
Kontaktperson: Marijana Stenrud Brkljacic
Prosjektnr.: NIVA O-220223 Rekefjorden

Rapport nr.: P2200202
Revisjon: 2
Rapportdato: 2022-11-22
Ankomst dato: 2022-11-16

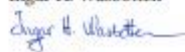
Fortsettelse av tabell fra forrige side.

Parameter	Resultat	Enhet	Analysedato start	Analysedato slutt	Standard	Prøvesvarnotering
Pelitt	3.6 ± 0.2	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Sand	91.0 ± 4.5	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Grus	5.4 ± 0.3	wt% TS	2022-11-16	2022-11-22	Intern metode (Bale/Kenny 2005)	
Median (D50)	2.281	φ	2022-11-22	2022-11-22		
Klassifisering	Fin sand		2022-11-22	2022-11-22	Wentworth	
Mean	2.095	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Sorting	1.235	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Skewness	-0.322	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	
Kurtosis	1.518	φ	2022-11-22	2022-11-22	Folk and Ward	

Analyseansvarlig:

Ingar H. Wasbotten

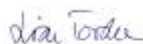
Signatur:



Lisa Torske

Underskriftsberettiget:

Signatur:



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 analysemetodene (målesikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

* = Ikke akkreditert resultat

Akvaplan-niva
 Framsenteret
 Postboks 6606 Stakkevollan
 9296 Tromsø

kjemi@akvaplan.niva.no
 www.akvaplan.niva.no

tel: +47 77 75 03 00
 NO 937 375 158 MVA

Analysereporten er digitalt undertegnet av:
 Lisa Torske

lit@akvaplan.niva.no

Side 5 av 5

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no