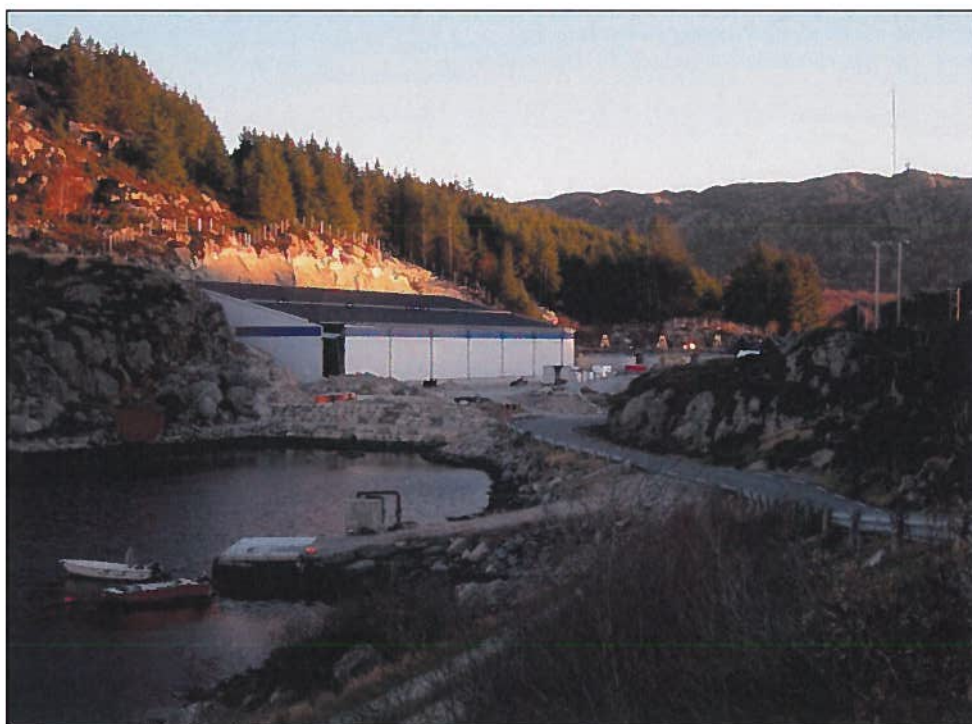


Resipientundersøkelse i
sjøområdene utenfor Grieg Seafood
Rogaland AS avd.
Trosnavåg i Bokn kommune
sommeren 2012.



R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS

1713



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg i Bokn kommune sommeren 2012.

FORFATTER:

Bjarte Tveranger, Mette Eilertsen & Hilde Eirin Haugsøen

OPPDRAKSGIVER:

Grieg Seafood Rogaland AS, Postboks 234 Sentrum 5804 Bergen

OPPDRAGET GITT:

april 2012

ARBEIDET UTFØRT:

juni 2012

RAPPORT DATO:

19. mars 2013

RAPPORT NR:

1713

ANTALL SIDER:

66

ISBN NR:

ISBN 978-82-7658-971-9

EMNEORD:

- Avløp i sjø
- Strømmålinger
- Sedimentkvalitet

- Bløtbunnsfauna
- Hardbunnsflora og fauna
- Miljøtilstand

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

Forsidefoto: Settefiskanlegget i Trosnavågen (Fra Grieg Seafood Rogaland AS V/Atle Jøsang).

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Grieg Seafood Rogaland AS utført en resipientundersøkelse i Trosnavågen. Settefiskanlegget har pr 13. desember 2009 tillatelse til en årlig produksjon av 5 millioner sjøklar smolt tilsvarende en årlig biomasse på 650 tonn. Undersøkelsen er utført med basis i krav i utlippstillatelsen fra Fylkesmannen i Rogaland datert 9. november 2009 om at det skal utføres en resipientundersøkelse hvert fjerde år, og at undersøkelsen skal utføres i sommerhalvåret ved full drift der prøvetakingen skal benytte samme stasjoner som undersøkelsen fra 2001 og 2007 – 2008. Forslag til undersøkelsesprogram ble utarbeidet og sendt til oppdragsgiver 20. mars 2012 og deretter videresendt til Fylkesmannen i Rogaland for godkjenning, som i E-post datert 27. mars 2012 ba om noen justeringer i undersøkelsesprogrammet. I samråd med oppdragsgiver ble disse justeringene tatt inn i resipientundersøkelsen og bekreftet av oppdragsgiver i E-post av 19. april 2012.

Det ble tatt hydrografi i vannsøylen og samlet inn prøver av sediment og bunndyr i og utenfor Trosnavågen 21. juni 2012. Kartlegging av marine naturtyper og biologisk mangfold ble gjennomført 21. og 22. juni 2012. Strømmålinger ble utført i perioden 21. juni – 19. juli 2012. Denne rapporten presenterer resultatene fra resipientundersøkelsen og strømmålingene.

Rådgivende Biologer AS takker Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg v/Atle Jøsang for oppdraget, samt for god assistanse i forbindelse med feltarbeidet. Modelleringene av avløpet er utført av siv. ing. Jan Langfeldt.

Bergen, 19. mars 2013.

INNHold

Forord	2
Innhold.....	2
Sammendrag.....	3
Område og lokalitetsbeskrivelse	6
Anlegget og omsøkt utslipp	7
Dagens utslipp	7
Metode.....	8
Modellering og spredning av avløpet.....	18
Miljøtilstand	19
Sjiktning og hydrografi	19
Strømmålinger	21
MOM C-Resipientundersøkelsen.....	28
Vurdering av tilstand	47
Status etter EUs vanndirektiv	47
Om utslippet	47
Referanser	54
Vedleggstabeller.....	57
Om Gytte strømmålere	62
Om fjorder og poller.....	63
Om marin flora og fauna	65

SAMMENDRAG

TVERANGER, B., M. EILERTSEN & H.E. HAUGSØEN 2013.

Resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg i Bokn kommune sommeren 2012.

Rådgivende Biologer AS, rapport 1713, 66 sider, ISBN 978-82-7658-971-9.

Rådgivende Biologer AS har, på oppdrag fra Grieg Seafood Rogaland AS, utført en resipientundersøkelse i Trosnavågen i Bokn kommune i forbindelse med gjeldende krav i utslippstillatelsen av 13. desember 2009 fra Fylkesmannen i Rogaland. Det er gjennomført strømmålinger utenfor avløpet i perioden 21. juni – 19. juli 2012, og det er også utført beregninger av innlagringsdyp, spredning og fortykning av avløpsvannet. Det ble tatt hydrografi i vannsøylen og samlet inn prøver av sediment og bunndyr på tre stasjoner i og utenfor Trosnavågen og fire stasjoner like utenfor avløpet den 21. juni 2012. Strandsoneundersøkelsen ble gjennomført på fire lokaliteter 21. og 22. juni 2012.

OMRÅDEBESKRIVELSE

Trosnavågen er en åpen og nordvestvendt våg som ligger ut mot Karmsundet der utslippet fra anlegget ligger på 37 m dyp ytterst i Trosnavågen. Her er det ingen terskler mot vest, slik at det alltid vil være god og kontinuerlig vannutskifting rundt utslippstedet og videre utover mot Karmsundet. Karmsundet er over 200 meter dypt utenfor Trosnavågen, og det dybdes gradvis sørover til over 300 meters dyp ved utløpet til Boknafjorden. Det er ingen definert terskel ved innløpet til Boknafjorden ute ved kysten hvor dybden vest for Kvitsøy og videre mot sørvest er over 200 meter. Dette sikrer en meget god utskifting av dypvann i Boknafjorden og Karmsundet.

Sjøområdet utenfor Trosnavåg tilhører vannforekomsten Karmsundet sør (fjordkatalognummer 02.42.04.01.01) i Karmøysystemet, og i henhold til EUs vannrammedirektiv er den av typen **CNs3** = *“beskyttet kyst/fjord”*. Resipienten kan klassifiseres som mindre følsomme iht. EUs avløpsdirektiv. Denne undersøkelsen viser at sjøområdet har trolig **“høy økologisk status”**.

AVLØPSMODELLERING

Modellering av avløpet viser at ved utslipp av både maksimal (15 m³/min) og middel vannmengde (7,5 m³/min) ved midlere strømhastighet, vil avløpsvannet ikke ha gjennomslag til overflaten, men innlagres på henholdsvis 10 og 12,8 m dyp. En km fra utslippet vil avløpsvannet være fortynt opp til 232 og 292 ganger.

STRØMMÅLINGER

Strømmålingene viste at det var en jevn og stabil strøm i hele vannsøylen fra overflaten og ned til bunnen rundt utslippspunktet. Strømmen rant mer eller mindre kontinuerlig på de ulike måledyp der det var få og relativt korte perioder med strømstille, noe som nok henger sammen med påvirkningen fra kyststrømmen. Strømretningen var noe variabel på det ulike dyp, men med en dominans av søroverrettet strøm og vanntransport på alle dyp. Strømmen var svak på 2 m dyp med en gjennomsnittlig hastighet på 3,6 cm/s men sterk på 15 og 30 m dyp med en gjennomsnittlig hastighet på henholdsvis 2,9 og 2,6 cm/s. Disse målingene tilsvarer det som en kan forvente siden målingene er utført ytterst i en våg som er lukket for gjennomstrømming innover, men som ligger ut mot åpne og friske vannmasser som passerer gjennom Karmsundet. Strømforholdene er likevel tilstrekkelige til å bidra til en meget god spredning og fortykning av avløpsvannet.

RESIPIENTUNDERSØKELSE

Resipientundersøkelsen i sjøområdet utenfor avløpet og videre utover i resipienten Trosnavågen og Karmsundet viste gode miljøforhold for samtlige undersøkte parametre. Sjøbunnen utenfor utslippet var dominert av hard fjell- og steinbunn, og der som en fikk opp sediment, bestod dette for det meste av skjellsand. Det var ingen synlige spor av oppdrettsvirksomheten utenfor utslippet. Det var god oksygenmetning i vannsøylen på de tre undersøkte stedene, der nivået av oksygen ved bunnen i Trosnavågen og Karmsundet tilsvarte SFTs miljøtilstandsklasse I = ”meget god”.

SEDIMENTKVALITET

Det var lite sedimenterende forhold på prøvestedene i Trosnavågen og i Karmsundet. Sedimentet var alle tre stedene grovkornet og med en lav andel silt og leire, noe som indikere gode strøm- og utskiftingsforhold ved bunnen i sjøområdene ved og utenfor utslippet. Glødetapet i sedimentprøvene var lavt på stasjonene C1 og C3 i Trosnavågen (henholdsvis 3,4 og 2,8 %) og C2 i Karmsundet (4,0 %). Nivået av normalisert TOC i sediment tilsvarte SFTs tilstandsklasse III = ”mindre god” for disse stasjonene. Omsetning i sedimentene synes imidlertid å være meget god, målt både som surhet, elektrodepotensial og innhold av nitrogen og fosfor i sedimentet, og tilsvarte beste klasse 1 (NS 9410). Samlet sett var sedimentkvaliteten meget god på alle stedene. Alle øvrige resultater indikerer at resipienten Trosnavågen – Karmsundet fungerer meget godt og er lite påvirket av dagens utslipp.

DETALJUNDERSØKELSE VED AVLØP

En undersøkelse utført etter MOM B-metodikk på fire stasjoner i økende avstand fra avløpet, viste at det er lite akkumulerende forhold for organiske utslipp fra anlegget. Bunnsubstratet utenfor avløpet består av hardbunn med innslag av skjellsand, og det var ingen stasjoner som var synlig påvirket av utslippene. Samtlige prøvesteder var lite påvirket av utslippene. Alle enkeltstasjoner og lokaliteten samlet ble karakterisert til MOM B-tilstandsklasse 1 = ”meget god” på bunnen i en avstand på 0 – 40 m fra avløpet.

MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

Marin bløtbunnsfauna

Kvaliteten på bunndyrs sammensetningen på stasjon C1 rundt 30 meter fra utslippet var preget av store forekomster av forurensningstolerante børstemakker, og dette gav svært dårlige miljøforhold i henhold til SFT klassifiseringen og artsindeksen. Sammenligninger med tidligere undersøkelse i 2008 viser omtrent samme belastningsbilde. Den forurensningstolerante bunnfaunaen som opptrer på stasjon C1 er et resultat av de organiske tilførselene fra settefiskanlegget, men det faktum at det likevel er svært høy tetthet av bunnfauna viser at det er høy nedbrytingsaktivitet av organisk materiale i sedimentene, og at tilførselene ikke er høyere enn at de tilstedeværende dyrene på en god og effektiv måte håndterer disse. Den gode vannutskiftingen og oksygenforholdene innerst i Trosnavågen er et viktig bidrag til at en slik bunnfauna kan eksistere under slike naturgitte og menneskeskapt forhold.

Kvaliteten på dyresamfunnet på stasjonen C2 ute i Karmsundet tilsvarte tilstandsklasse II/I = ”god”/”svært god” og er nokså representativ for tilsvarende åpne og kystnære sjøområder med god vannutskifting og lite påvirkete forhold. Kvaliteten på dyresamfunnet på stasjonen C3 inne i Trosnavågen omtrent ved det gamle utslippstedet tilsvarte tilstandsklasse I = ”svært god”, og er omtrent identisk med resultatet fra bunndyrsundersøkelsen i 2008.

Marin hardbunnsflora og fauna

I litoralsonen ble det registrert naturtypene *strandberg*, *fjæresone-vannstrand* og *stein-, grus og sandstrand*, samtlige naturtyper er vanlig forekommende. I sublitoralen ble det registrert *tareskogbunn*, *annen fast eufotisk fast saltvannsbunn*, *løs eufotisk saltvannsbunn* og naturtypen *ålegraseng*. Tareskogbunn er rødlistet og klassifisert som *nær truet (NT)* på grunn av negativ bestandsutvikling, men er fremdeles vanlig. Ålegraseng er en viktig naturtype, og fungerer som et oppvekstområde for fisk og krepsdyr.

Det var et "sunt og friskt" hardbunnsamfunn i ytre deler av Trosnavågen og forekomster og sammensetning av arter var relativt likt på de tre ytterste stasjonene. Artsmangfoldet var vanlig forekommende og representativt for distriktet. Det var eutrofierende forhold på den innerste stasjonen i Trosnavågen, mest tydelig var dette i øvre deler av sublitoralen med trådformede alger som dominerende vegetasjon. De eutrofierende forholdene i indre deler av Trosnavågen er trolig forårsaket av flere faktorer, herunder organiske tilførsler fra Gunnarstadvatnet og nærliggende landbruk. Det er lite trolig at dagens utslipp til settefiskanlegget har noen betydning for de eutrofierende forholdene i indre deler av Trosnavågen siden avløpet ligger helt ytterst i Trosnavågen hvor det er meget gode utskiftingsforhold.

Det er lite som tyder på at økte utslipp fra settefiskanlegget siden 2008 har hatt noen effekt på hardbunnsflora og fauna, men sammenligningsgrunnlaget med tidligere undersøkelser er for dårlig til å kunne si dette med sikkerhet.

KONKLUSJON

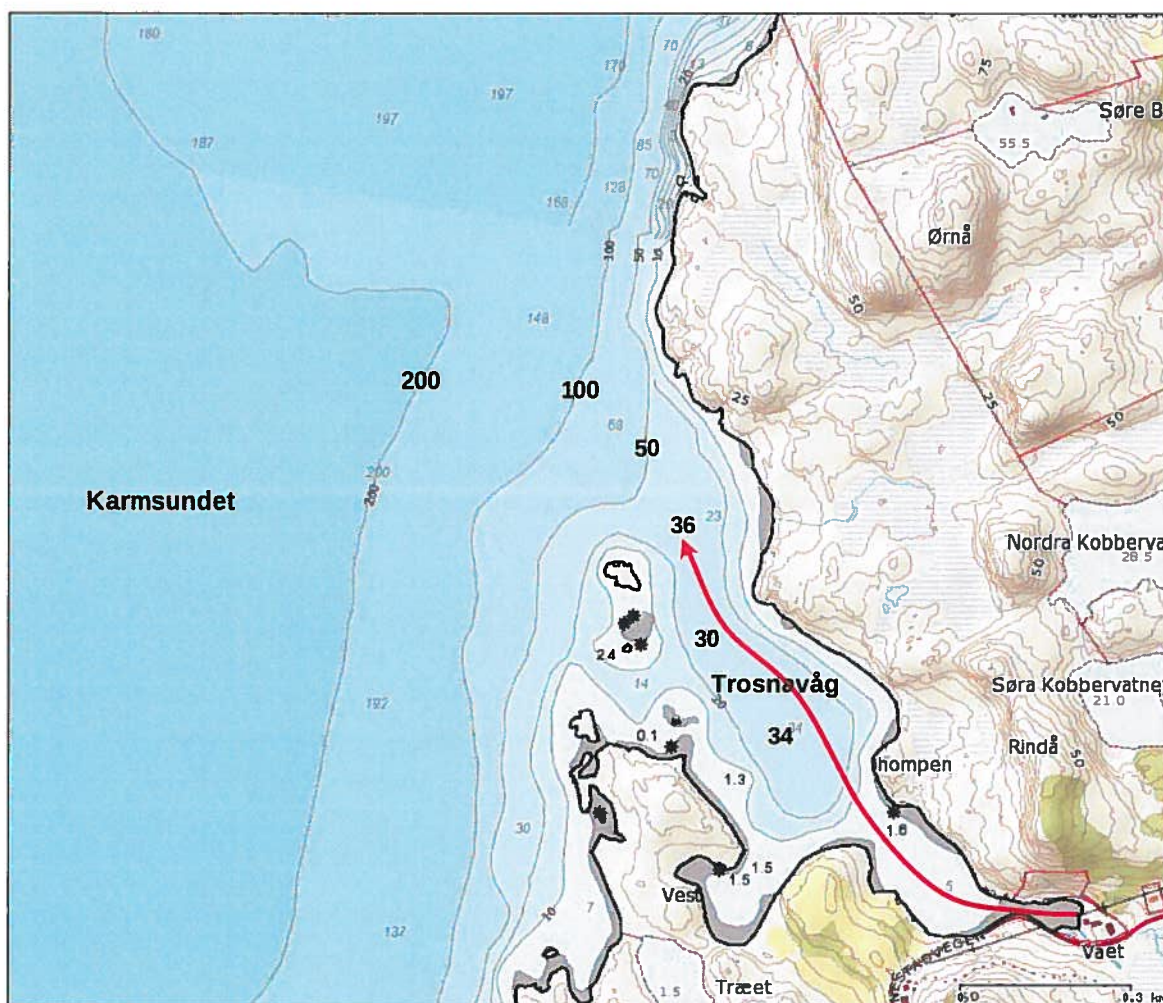
De undersøkte sjøområdene i vannforekomsten Karmsundet sør har trolig "høy økologisk status" i henhold til EUs vannrammedirektiv, og det var ingen av prøvestedene verken i avløpets nærsone, overgangssone eller fjernsone (resipienten) som var synlig påvirket av utslippene. MOM-B undersøkelsen viste tilstand 1= "meget god" i en avstand fra 0 – 40 meter fra avløpet. Bunnfaunaen var tydelig påvirket ved utslippet, men nær naturtilstand i Karmsundet og i område ved tidligere utslipp inne i Trosnavågen. Kartlegging av hardbunnsflora og fauna viser at det er "sunt og friskt" i ytre deler av Trosnavågen, men med eutrofierende forhold i indre deler.

Det er foretatt noenlunde tilsvarende undersøkelser i Trosnavågen i 2008. Resultatene viser at Trosnavågen i 2012 ikke synes mer påvirket av oppdrettsaktiviteten selv med en dobling av produksjonen siden 2008. Sjøområdet utenfor Trosnavågen framstår som tilnærmet upåvirket av oppdrettsaktiviteten og ligger nær opp til naturtilstanden i området.

OMRÅDE OG LOKALITETSBEKRIVELSE

Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavågen har ett 900 m langt utslipp til sjø ytterst i Trosnavågen (lok. nr 11453). Utslipet ligger på 36 meters dyp nordøst for Skruholmen rundt 100 m fra land (**figur 1**). I utslippstillatelsen er det krav om henholdsvis 50 % og 20 rensing av suspendert stoff og organisk stoff (BOF₅).

Fra avløpet dybdes det gradvis mot vest ut i Karmsundet hvor det rundt 500 meter vest for utslippet er 200 meter dypt (**figur 1**). Karmsundet dybdes gradvis i retning sør, og ved utløpet til Boknafjorden rundt 8 km sør for Trosnavågen er det over 300 m dypt. Den innerste delen av Trosnavågen er relativt grunn og smal med dybder under 10 m dyp. Vel 400 m utenfor anlegget blir vågen bredere og dypere, og vel 600 m ute i vågen er det 34 m dypt. Vel 800 m ute i vågen er det en "terskel" på 30 m dyp. Herfra dybdes det gradvis utover der det rundt utslippstedet 1 km utover i vågen er 36 meter dypt.



Figur 1. Enkelt dybdekart over Trosnavågen og Karmsundet med plassering av utslippet ytterst i Trosnavågen (fra <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>). Posisjon avløpet: N: 59° 13,230' Ø: 05° 22,674'.

Fra utslippet blir det gradvis dypere mot vest slik at utslippet drenerer til sjøområder med meget god vannutskifting og som har høy kapasitet for omsetning av organisk materiale. Dette innebærer liten risiko for akkumulering av organisk materiale utenfor utslippet der det kan forventes at utslippene spres effektivt bort fra utslippsstedet, omsettes og brytes ned i sedimentene utenfor.

ANLEGGET OG OMSØKT UTSLIPP

Settefiskanlegget med reg. nr. R/B 0002 har hatt konsesjon siden 20. juli 1983. Anlegget ble sist utvidet den 13. desember 2009 til en konsesjonsramme på 5,0 millioner sjøklar settefisk, og en samlet årlig biomasse på 650 tonn. Anlegget har en avløpsledning på 630 mm PEH, som munner ut på 36 meters dyp rundt en km utenfor anlegget i ytre del av Trosnavågen. Denne ledningen ble lagt ut i juli 2006. Fôrforbruk og produsert mengde fisk i perioden 2006 – 2012 har vært som følger (tabell 1):

Tabell 1. Anlegget sin driftshistorikk siden 2006 (data fra Atle Jøsang).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Pr 1. juli 2012
Fôrmengde (tonn)	131	175	164	197	182	318	244
Bruttoproduksjon (tonn)*	129	138	167	183	158	319	272

* Levert mengde fisk

I 2011 ble en stor del av biomassen produsert på resirkulering, og dette har økt i 2012 da det antas at rundt 75 % av biomassen vil bli produsert på resirkulering. Dette har også resultert i en lavere fôrfaktor på fisken da en holder en jevn temperatur i karene og kan holde fisken litt sulten uten å få finneslitasje.

DAGENS UTSLIPP

Utslipp fra fiskeanlegg tilsvarer en slamproduksjon på ca 1 tonn pr tonn produsert fisk, og med et tørrstoffinnhold 25-30 % tilsvarer dette 300 kg tørrstoff, eller omtrent 150 kg organisk karbon (TOC). Rense- og avløpskrav måles også gjerne i utslipp av stoff som gir "biologisk oksygenforbruk (BOF₇)", som er den mengden oksygen som forbrukes under gitte betingelser i løpet av en 7 døgns biokjemisk oksidasjon av løst og partikulært organisk stoff. Det finnes ikke noe standard omregningstall for forholdet mellom TOC og BOF₇, siden dette avhenger av sammensetningen av prøven med hensyn på mengde partikler og løst stoff, og partiklenes størrelse og løselighet og prøvens "alder" etter uttak. Men basert på målinger av kommunal avløpsvann viser det seg at 1 tonn TOC tilsvarer omtrent 1,75 tonn BOF₇, eller 1,5 tonn BOF₅ (BOF₇/ BOF₅=1,167).

Dagens drift gir tillatelse til en årlig produksjon på 650 tonn fisk, tilsvarende en fôrbruk på rundt 780 tonn. Dette tilsvarer følgende urensede utslipp:

- **Samlet utslipp er på omtrent 97,5 tonn TOC / 171 tonn BOF₇ / 146 tonn BOF₅.**

Utslipp av næringsstoff fra fiskeoppdrettsanlegg varierer med førets sammensetning og fôrfaktoren, men tilsvarer i størrelsesorden 12-15 kg fosfor pr. tonn fisk produsert. Med en samlet årlig produksjon i anlegget på 650 tonn, tilsier dette en totalmengde på 9,1 tonn fosfor i avløpet fra karene. Erfaringstall viser at i størrelsesorden 70 % av fosforet som tilføres via spillfôr og fiskeavføring er partikkelbundet, mens de resterende 30 % er løst.

- **Samlet utslipp blir da på omtrent 9,1 tonn fosfor hvorav 2,7 tonn er oppløst**

Fylkesmennenes behandling av oppdrettssaker (SFT veileder kapittel 5) har egne formler for beregning av utslipp basert på biologisk produksjon (her 650 tonn) og fôrbruk (omtrent 780 tonn) slik:

- **Nitrogen** = fôrbruk * 0,0736 – total produksjon * 0,0296 = **38,2 tonn årlig**
- **Fosfor** = fôrbruk * 0,013 – total produksjon * 0,0045 = **7,2 tonn årlig**
- **Organisk stoff** = fôrbruk * 0,8 * 0,15 = **93,6 tonn – uvisst hvilken enhet**

I utslippstillatelsen er det krav om henholdsvis 50 % og 20 % rensing av suspendert stoff (SS) og organisk stoff (BOF₅), noe som tilsier en god del lavere utslipp enn om utslippet ble sluppet ut urensert.

METODE

Det ble gjennomført en MOM C-resipientundersøkelse og en MOM B-undersøkelse 21. juni 2012 i sjøområdet fra utslippet til Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg i Trosnavågen og utover i Karmsundet i forbindelse med utredningen av miljøpåvirkningen i nærsonen og utover i resipienten.

Det ble utført hydrografiprofiler, prøvetaking av sediment for undersøkelser sedimentkvalitet med samt bunndyrsamfunnets sammensetning på tre steder i resipienten den 21. juni 2002 i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2005. Det er også utført en MOM B-undersøkelse utenfor avløpet i henhold til Norsk Standard NS 9410:2007. Det er også utført undersøkelser av litoral og sublitoral hardbunn (fastsittende alger og dyr) på fire steder den 21. og 22. juni 2012 i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 19493:2007. Det ble gjort strømmålinger om sommeren like ved utslippet i Trosnavågen, samt modellering av spredning og innblandingsdyp for utslippet. Vurdering av resultatene er i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær mfl. 1993, 1997) og Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009).

BEREGNING AV INNLAGRINGSDYP

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann, vil det derfor begynne å stige opp mot overflaten samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann og sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar på vei oppover, og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring. Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres (jf. **figur 30**). Dersom slike tilførsler når overflatevannet, vil effektene kunne måles ved vannprøvetaking ved utslippet.

For beregning av innlagringsdypet og spredning med fortykning etter innlagring, bruker vi den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al. 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, utslippsdyp, diameter for utslippsrøret, vertikalprofiler for temperatur og saltholdighet - samt strømhastigheten i resipienten. Vi bruker vanligvis en typisk "vinterprofil" og en typisk "sommerprofil", men en bør være oppmerksom på at det sannsynligvis utelater store variasjoner innenfor hver periode.

Ved stor diameter i avløpsledningen og liten vannmengde er det sannsynlig at avløpsvannet ikke alltid fyller opp røret. Utstrømningen blir da konsentrert i øvre del av tverrsnittet, og det blir sjøvannsinntrengning i tverrsnittets nedre del. Det blir en viss medrivning og blanding mellom avløpsvann og sjøvann i det siste stykket av ledningen, og den strålen som forlater ledningen vil derfor bestå av avløpsvann og en mindre andel sjøvann.

Dersom det ikke er noen vesentlig medrivning av sjøvann inne i røret, kan vannet i nedre del av tverrsnittet dynamisk sett betraktes som stillestående. Tverrsnittsarealet for utstrømning er da gitt av at det såkalte densimetriske Froude-tallet (F) har verdien 1. F er definert som:

$$F = \frac{U}{\sqrt{g \frac{\Delta \rho}{\rho} H}}$$

Der: U = strømhastighet, g = gravitasjonskonstanten (9.81 m/s²), $\Delta \rho / \rho$ = relativ tetthetsforskjell mellom ferskvann og omgivende sjøvann, og H = tykkelse av utstrømmende lag. Betingelsen $F = 1$ uttrykker at det er balanse mellom kinetisk energi og potensiell energi knyttet til trykket. Hvis $F \geq 1$ vil utstrømningen fylle hele røret. Når $F < 1$ vil ikke det utstrømmende avløpsvannet kunne fylle hele røret og det blir sjøvannsinntrengning.

STRØMMÅLINGER

I perioden 21. juni – 19. juli 2012 var det utplassert tre Gytre Strømmålere (modell SD-6000 produsert av Sensordata A/S i Bergen) i posisjon N 59°13,235' / Ø 05°22,647' i en rigg like ved utslippet ytterst i Trosnavågen **figur 2**). Det ble målt overflatestrøm på 2 meters dyp, spredningsstrøm på 15 meters dyp og bunnstrøm på 30 meters dyp. Riggeren var forankret til bunnen med betonglodd og dregg på til sammen 40 – 50 kg. Det var festet to trålkuler av plast i tauet over den øverste og en trålkule over den nederste strømmåleren for å sikre tilstrekkelig oppdrift og stabilitet på riggeren i sjøen, samt en blåse og en blink til overflaten i et slakt tau for å ta av for bølgepåvirkning. I tillegg var det knyttet et landtau til riggeren for å sikre at den ikke drev av sted. Det ble registrert strømhastighet, strømrretning og temperatur hvert 30. minutt. Det var 36 meter til bunnen der strømmåleren stod.

RESULTATPRESENTASJON

Resultatene av målinger av strømhastighet og strømrretning er presentert hver for seg, og kombinert i **progressiv vektoranalyse**. Et **progressivt vektorplott** er en figurstrek som blir til ved at man tenker seg en merket vannpartikkel som er i strømmålerens posisjon ved målestart og som driver med strømmen og tegner en sti etter seg som funksjon av strømstyrke og retning. (kryssene i diagrammet viser beregnet posisjon fra hvert startpunkt ved hvert døgnskifte). Når måleperioden er slutt har man fått en lang, sammenhengende strek, der **vektoren** blir den rette linjen mellom start- og endepunktet på streken. Dersom man deler lengden av denne vektoren på lengden av den faktiske linjen vannet har fulgt, får man **Neumann parameteren**. Neumann parameteren forteller altså noe om stabiliteten til strømmen i vektorretningen. Vinkelen til vektoren ut fra origo, som er strømmåleren sin posisjon, blir kalt resultatretningen. Dersom strømmen er stabil i vektorretningen, vil figurstreken være relativt rett, og verdien av Neumann parameteren vil være høy. Er strømmen mer ustabil i denne retningen er figurstreken mer «bulket» i forhold til vektorretningen, og Neumann parameteren får en lav verdi. Verdien av Neumann parameteren vil ligge mellom 0 og 1, og en verdi på for eksempel 0,80 vil si at strømmen i løpet av måleperioden rant med 80 % stabilitet i vektorretningen, noe som er en svært stabil strøm.

Vanntransporten (relativ fluks) er også en funksjon av strømstyrke og strømrretning, og her ser man hvor mye vann som renner gjennom en rute på 1 m² i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. Når man regner ut relativ fluks tar man utgangspunkt i alle målingene for strømstyrke i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. For hver måling innen en gitt sektor multipliserer man strømhastigheten med tidslengden, dvs. hvor lenge målingen var gjort innen denne sektoren. Her må man også ta hensyn til om tidsserien inneholder strømmålinger med forskjellig styrke. Summen av disse målingene i måleperioden gir relativ fluks for hver 15 graders sektor. Relativ fluks er svært informativ og forteller hvordan vannmassene blir transportert som funksjon av strømfart og – retning på lokaliteten.

KLASSIFISERING AV STRØMMÅLINGENE

Rådgivende Biologer AS har utarbeidet et klassifiseringssystem for overflatestrøm, vannutskiftingsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm med hensyn på de tre parametrene gjennomsnittlig strømhastighet, retningsstabilitet og innslag av strømsvake perioder (**tabell 2**). Klassifiseringssystemet er utarbeidet på grunnlag av resultater fra strømmålinger med Gytre Strømmåler (modell SD-6000) på ca 60 lokaliteter for overflatestrøm, 150 lokaliteter for vannutskiftingsstrøm og 70 lokaliteter for spredningsstrøm og bunnstrøm.

I denne sammenheng blir strømmen målt på 2 m dyp klassifisert og vurdert som overflatestrøm, strømmen målt på 15 m dyp blir klassifisert og vurdert som spredningsstrøm, mens strømmen ved bunnen på 30 m dyp blir klassifisert og vurdert som bunnstrøm.

Tabell 2. Rådgivende Biologer AS klassifisering av ulike forhold ved strømmålingene, basert på fordeling av resultatene i et omfattende erfaringsmateriale fra Vestlandet. Strømstille perioder er definert som strøm svakere enn 2 cm/s i perioder på 2,5 timer eller mer.

Tilstandsklasse gjennomsnittlig strømhastighet	I svært sterk	II sterk	III middels sterk	IV svak	V svært svak
Overflatestrøm (cm/s)	> 10	6,6 - 10	4,1 - 6,5	2,0 - 4,0	< 2,0
Vannutskiftingsstrøm (cm/s)	> 7	4,6 - 7	2,6 - 4,5	1,8 - 2,5	< 1,8
Spredningsstrøm (cm/s)	> 4	2,8 - 4	2,1 - 2,7	1,4 - 2,0	< 1,4
Bunnstrøm (cm/s)	> 3	2,6 - 3	1,9 - 2,5	1,3 - 1,8	< 1,3
Tilstandsklasse andel strømstille	I svært lite	II lite	III middels	IV høy	V svært høy
Overflatestrøm (%)	< 5	5 - 10	10 - 25	25 - 40	> 40
Vannutskiftingsstrøm (%)	< 10	10 - 20	20 - 35	35 - 50	> 50
Spredningsstrøm (%)	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80
Bunnstrøm (%)	< 25	25 - 50	50 - 75	75 - 90	> 90
Tilstandsklasse retningsstabilitet	I svært stabil	II stabil	III middels stabil	IV lite stabil	V svært lite stabil
Alle dyp (Neumann parameter)	> 0,7	0,4 - 0,7	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	< 0,1

MOM C-RESIPIENTUNDERSØKELSEN

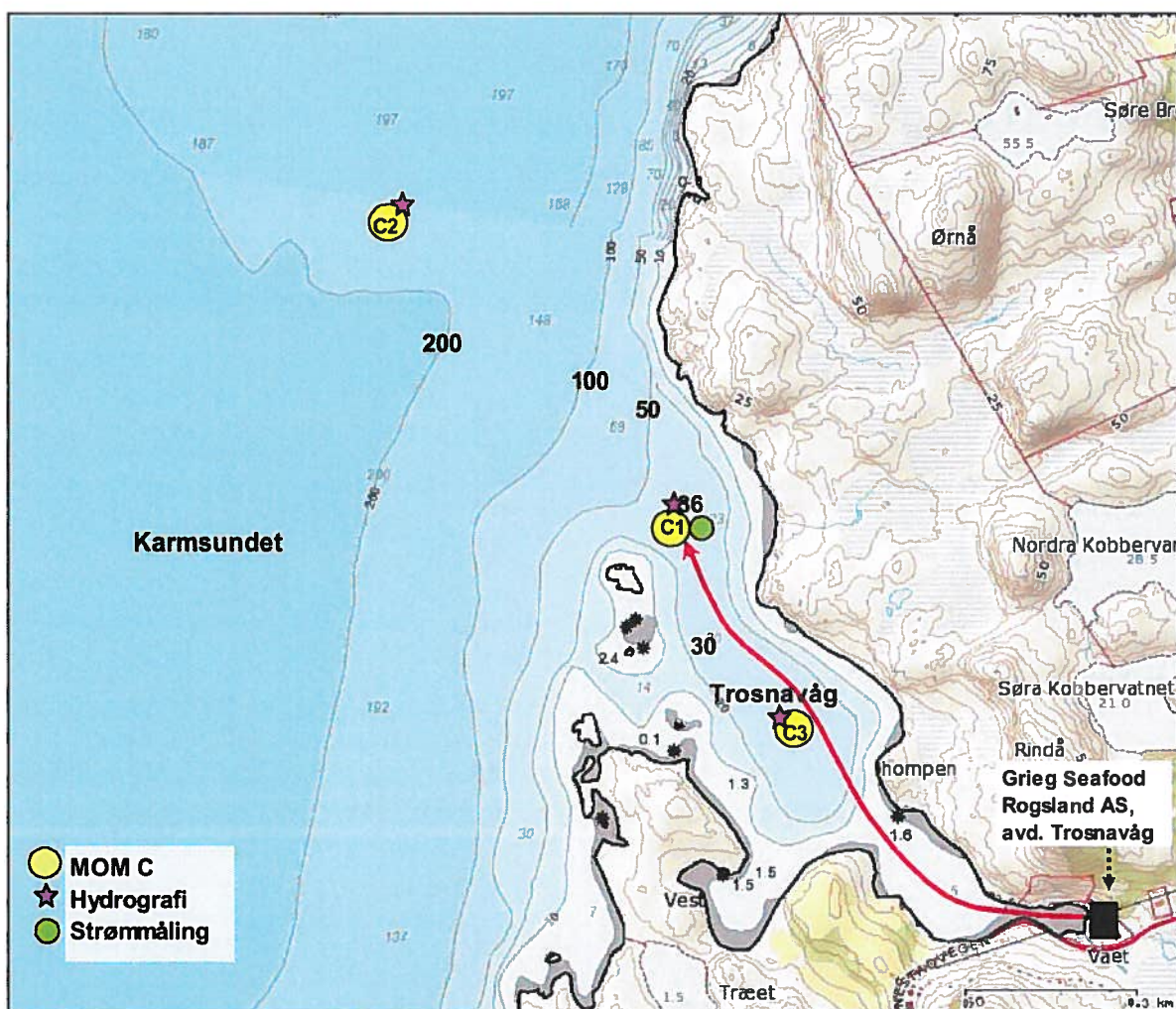
NS 9410:2007 gir en oversikt over hvilke undersøkelser som anbefales utført i forbindelse med undersøkelsens formål (**tabell 3**). Denne undersøkelsen tar utgangspunkt i utslippets påvirkning fra utslippspunktet (nærsonen) og videre utover i resipienten (overgangssonen og fjernsonen).

Tabell 3. Oversikt over soneinndelingen i MOM-systemet. Tabellen beskriver påvirkningskilde og potensiell påvirkning, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkningen og hvilke typer miljøstandarder som anvendes (fra NS 9410:2007).

	Nærsonen	Overgangssonen	Fjernsonen
Definisjon	Område under og i umiddelbar nærhet til et anlegg der det meste av større partikler vanligvis sedimenterer.	Område mellom nærsonen og fjernsonen der mindre partikler sedimenterer. På dype, strømsterke lokaliteter kan også større partikler sedimenteres her.	Område utenfor overgangssonen.
Påvirkningskilde	Akvakulturanlegget.	Akvakulturanlegget er hovedpåvirker, men andre kilder kan ha betydning.	Akvakulturanlegget er en av flere kilder.
Potensiell påvirkning	Endringer i fysiske, kjemiske og biologiske forhold i bunnen.	Vanligvis mindre påvirkning enn i nærsonen.	Økt primærproduksjon og oksygenforbruk i dypvannet. Oksygenmangel i resipienter med dårlig vannutskifting.
Undersøkelse	Primært B	Primært C	C
Miljøstandard	Egne grenseverdier gitt i NS 9410:2007	Egne grenseverdier gitt i NS 9410:2007	SFT: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt til bunns på stasjonene C1 – C3 den 21. juni 2012 ved hjelp av en SAIV SD 204 nedsenkbar sonde som logget hvert 2. sekund (jf. **figur 2**). Det ble målt siktedyp med en standard Secchi-skive på de samme stasjonene den samme dagen. Værforhold ble notert.

Det ble tatt to bunnprøver for analyse av bløtbunnsfauna og en bunnprøve for vurdering av sedimentkvalitet på tre ulike steder, dvs. på stasjon C1 ytterst i Trosnavågen rundt 30 m vest for utslippsstedet, på stasjon C2 i Karmsundet 750 m nordvest for utslippet, og på stasjon C3 inne i Trosnavågen rundt 400 m sørvest for utslippet, omtrent ved tidligere utslippssted (figur 2, tabell 4).



Figur 2. Stasjonene C1 – C3 i MOM C-resipientundersøkelsen av sjøområdene utenfor avløpet fra Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg 21. juni 2012.

Tabell 4. Posisjoner for stasjonene ved MOM C-resipientundersøkelsen i Trosnavågen og Karmsundet 21. juni 2012.

Stasjon:	Trosnavågen - C1	Karmsundet – C2	Trosnavågen – C3
Posisjon nord	59° 13,235'	59° 13,484'	59° 13,063'
Posisjon øst	05° 22,643'	05° 22,039'	05° 22,928'
Dybde (m)	37	188	32

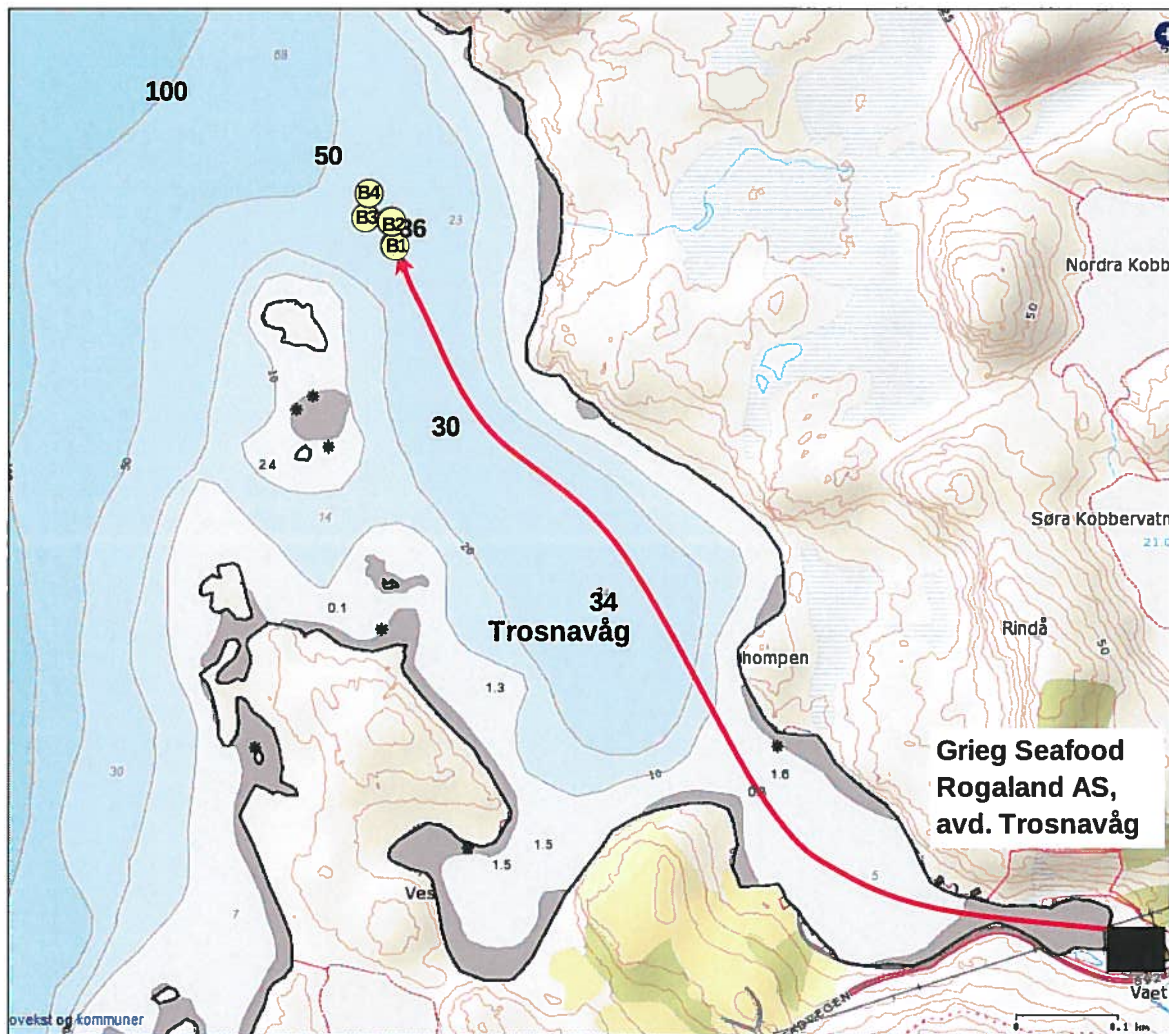
Det ble tatt ett grabbhogg på hver av de tre stasjonene med en 0,1 m² store vanVeen-grabb for uttak av sedimentprøve av de 2-3 øverste cm for vurdering av sedimentkvalitet på stasjonene C1 – C3 til kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser av tørrstoff, glødetap, total organisk karbon (TOC), total nitrogen (totN) og total fosfor (totP). Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet. Kornfordelingsanalyser og resterende kjemiske analyser blir utført i samsvar med NS-EN ISO 16665.

Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet ble analysert direkte etter AJ 31, men for å kunne benytte klassifiseringen i SFT (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter nedenforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven:

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

MOM B-UNDERSØKELSEN

For å få mer utfyllende informasjon om sedimenttilstanden utenfor avløpet i Trosnavågen ble det tatt grabbhogg med en liten grabb på fire ulike stasjoner fra umiddelbart ved avløpet og i økende avstand utover i nordvestlig retning, ytterst i Trosnavågen (**figur 3**). Det ble benyttet en 0,028 m² stor vanVeen grabb, og prøvene ble i hovedsak undersøkt etter standard MOM B-metodikk (NS 9410:2007).



Figur 3. Stasjonene B1 – B4 i MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet fra settefiskanlegget til Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg 21. juni 2012.

I tillegg til den standard MOM B-metodikken, ble det også forsøkt tatt ett grabbhogg på hvert sted for analyse av tørrstoff og glødetap, og ett grabbhogg for analyse av bunnfauna. På grunn av sparsomt med sediment på delvis hard bunn, fikk en ikke opp nok materiale til disse undersøkelsene.

I en standard MOM B-undersøkelse blir bunnsedimentet undersøkt med hensyn på tre sedimentparametre, som alle blir tildelt poeng etter hvor mye sedimentet er påvirket av tilførsler av

organisk stoff. **Fauna-undersøkelse (gruppe I)** består i å konstatere om dyr større enn 1 mm er til stede i sedimentet eller ikke. Ved denne undersøkelsen ble dyrene i tillegg tatt med og artsbestemt i laboratoriet. **Kjemisk undersøkelse (gruppe II)** av surhet (pH) og redokspotensial (Eh) i overflaten av sedimentet blir gitt poeng etter en samlet vurdering av pH og Eh etter spesifisert bruksanvisning i NS 9410:2007. **Sensorisk undersøkelse (gruppe III)** omfatter forekomst av gassbobler og lukt i sedimentet, og beskrivelse av sedimentets konsistens og farge, samt grabbvolum og tykkelse av deponert slam. Her blir det gitt opp til 4 poeng for hver av egenskapene. **Vurderingen** av lokalitetens tilstand blir fastsatt ved en samlet vurdering av gruppe I – III parametre etter NS 9410:2007.

Alle kjemiske analyser samt kornfordelingsanalyser er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen

MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

MARIN BLØTBUNNSFAUNA

For undersøkelse av bløtbunnfauna ble to parallelle sedimentprøver tatt med en 0,1 m² stor vanVeen-grabb på hver av de tre undersøkte stedene. Sedimentet i prøvene fra hver av de to parallellene ble vasket gjennom en rist med hull diameter på 1 mm, og gjenværende materiale ble fiksert med formalin tilsatt bengalrosa og tatt med til lab for utsortering av fauna.

Det utføres en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderingen av bunndyrs sammensetningen gjøres på bakgrunn av diversiteten og forekomst av ømfintlige eller tolerante arter i prøven. Diversitet omfatter to forhold, artsriktighet og jevnhet, som er en beskrivelse av fordelingen av antall individer pr art. Det blir brukt fire ulike indekser for å sikre best mulig vurdering av tilstanden på bunndyr (**tabell 5**). To av indeksene, Shannon Wieners indeks og indikatorartsindeksen blir nærmere beskrevet nedenfor.

Tabell 5. Oversikt over klassegrenser for ulike bunndyrindekser (veileder 01:09).

Indikativ parameter	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
H'	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES ₁₀₀	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI indeks	> 8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2

Komponentene artsriktighet og jevnhet er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949), og denne er brukt for å angi diversitet for de ulike prøvene:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av arten i , N = totalt antall individer og S = totalt antall arter.

Dersom artsantallet er høyt, og fordelingen mellom artene er jevn, blir verdien på denne indeksen (H') høy. Dersom en art dominerer og/eller prøven inneholder få arter blir verdien lav. Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god tilstandsklasse selv om det er få arter (Molvær m. fl. 1997). Diversitet er også et dårlig mål på miljøtilstand i prøver med mange arter, men hvor svært mange av individene tilhører en art. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling av individene (lav jevnhet), mens mange arter viser at det er gode miljøforhold. Ved vurdering av miljøforholdene vil en i slike tilfeller legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er til stede enn på diversitet.

Jevnheten av prøven er også kalkulert, ved Pielous jevnhetsindeks (J):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

der $H'_{\max} = \log_2 s$ = den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, S.

Det er etablert et klassifiseringssystem basert på forekomster av sensitive og forurensningstolerante arter (Rygg 2002, se **tabell 5**). En indikatorartsindeks (ISI = Indicator species index) kan vurdere økologisk kvalitet på bunnfauna på grunnlag av ulike arter sin reaksjon på ugunstige miljøforhold. Arter som er sensitive for miljøpåvirkninger har høye sensitivitetsverdier, mens arter med høy toleranse har lave verdier. Indikatorindeksen er et gjennomsnitt av sensitivitetsverdiene til alle artene som er til stedes i prøven. Den forurensningstolerante flerbørstemakken *Capitella capitata* har for eksempel en sensitivitetsverdi på 2,46, mens flerbørstemarken *Terebellides stroemi*, som en vanligvis finner i upåvirkede miljø, har en sensitivitetsverdi på 9,5.

Helt opp til utslippet vil man på grunn av den store lokale påvirkningen ofte kunne finne få arter med ujevn individfordeling i prøvene. Diversitetsindekser blir da lite egnet til å angi miljøtilstand. Helt opp til utslippet (i nærsonen) og i overgangssonen gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen etter nærmere beskrivelse i NS 9410:2007 (**tabell 6**).

Tabell 6. Grenseverdier benyttet i nærsonen og overgangssonen til vurdering av prøvestasjonens tilstandsklasse (fra NS 9410:2007).

Miljøtilstand 1	-Minst 20 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	-5 til 19 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	-1 til 4 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .
Miljøtilstand 4 (uakseptabel)	-Ingen makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²

Geometriske klasser

Da bunnfaunaen identifiseres og kvantifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Det vil si at alle arter fra en stasjon grupperes etter hvor mange individer hver art er representert med. Skalaen for de geometriske klassene er I = 1 individ, II = 2-3 individer, III = 4-7 individer, IV = 8-15 individer per art, osv (**tabell 7**).

For ytterligere informasjon vises til Gray og Mirza (1979), Pearson (1980) og Pearson et. al. (1983). Denne informasjonen kan settes opp i en kurve hvor geometriske klasser er presentert i x-aksen og antall arter er presentert i y-aksen. Kurveforløpet er et mål på sunnhetsgraden til bunndyrssamfunnet og kan dermed brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. En krapp, jevnt fallende kurve indikerer et upåvirket miljø og formen på kurven kommer av at det er mange arter, med heller få individer. Et moderat påvirket samfunn vil ha et mer avflatet kurveforløp enn i et upåvirket miljø. I et sterkt påvirket miljø vil kurveforløpet variere på grunn av dominerende arter som forekommer i store mengder, samt at kurven vil utvides med flere geometriske klasser.

Tabell 7. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall individer/art	Antall arter
I	1	15
II	2-3	8
III	4-7	14
IV	8-15	8
V	16-31	3
VI	32-63	4
VII	64-127	0
VIII	128-255	1
IX	256-511	0
X	512-1032	1

Bunndyrprøvene er sortert av Anette Skålnes og Ingrid Hellen, og Marine Bunndyr AS ved Cand. scient. Øystein Stokland har artsbestemt dyrene.

MARIN HARDBUNNSFLORA OG FAUNA

Undersøkelser av utvalgte litoralsoner og sublitoralsoner i Trosnavågen den 21 og 22. juni 2012 (**figur 4**), omfattet kartlegging av naturtyper etter NIN systemet (Halvorsen 2009), samt semikvantitativ kartlegging av flora og fauna i henhold til NS-EN ISO 19493:2007 ("Vannundersøkelse – Veiledning for marinbiologisk undersøkelse på litoral og sublitoral hardbunn"). Det ble i tillegg utført en befaring med vannkikkert i indre deler av Trosnavågen. I følge norsk standard skal en kontrollere flest mulige naturlige forhold som kan påvirke samfunnet i strand- og sjøsonen. Ulike parametere bør registreres, mellom annet bølgeeksponering, substrattype, himmelretning og helningsvinkel (**tabell 8**).

Tabell 8. Posisjoner, himmelretning, helningsvinkel og dominerende substrattype (L = litoralt, S = sublitoralt) for stasjoner kartlagt for marint biologisk mangfold i litoral og øvre sublitoral den 21 og 22. juni 2012.

Område	Trosnavågen			
	Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4
Posisjon N	59° 13, 222´	59°13, 173´	59°13, 071´	59°12, 985´
Posisjon Ø	05° 22, 810´	05°22, 879´	05°23, 083´	05°23, 243´
Himmelretning	Nord-vestvendt	Sør-vestvendt	Nord-vestvendt	vestvendt
Helningsvinkel	20-30°	20-30°	60-70°	10-30°
Eksponering	Middels til sterkt eksponert	moderat eksponert	moderat eksponert	Lite eksponert
Substrat (L)	Strandberg, Fjæresone-vannstrand	Strandberg, Fjæresone-vannstrand	Strandberg, Fjæresone-vannstrand	Strandberg, Fjæresone-vannstr., Stein-, grus og sandstrand
Substrat (S)	Tareskogsbunn Annen fast eufotisk saltvannsbunn	Tareskogsbunn Annen fast eufotisk saltvannsbunn	Tareskogsbunn Annen fast eufotisk saltvannsbunn	Annen fast eufotisk saltvannsbunn Løs eufotisk saltvannsbunn

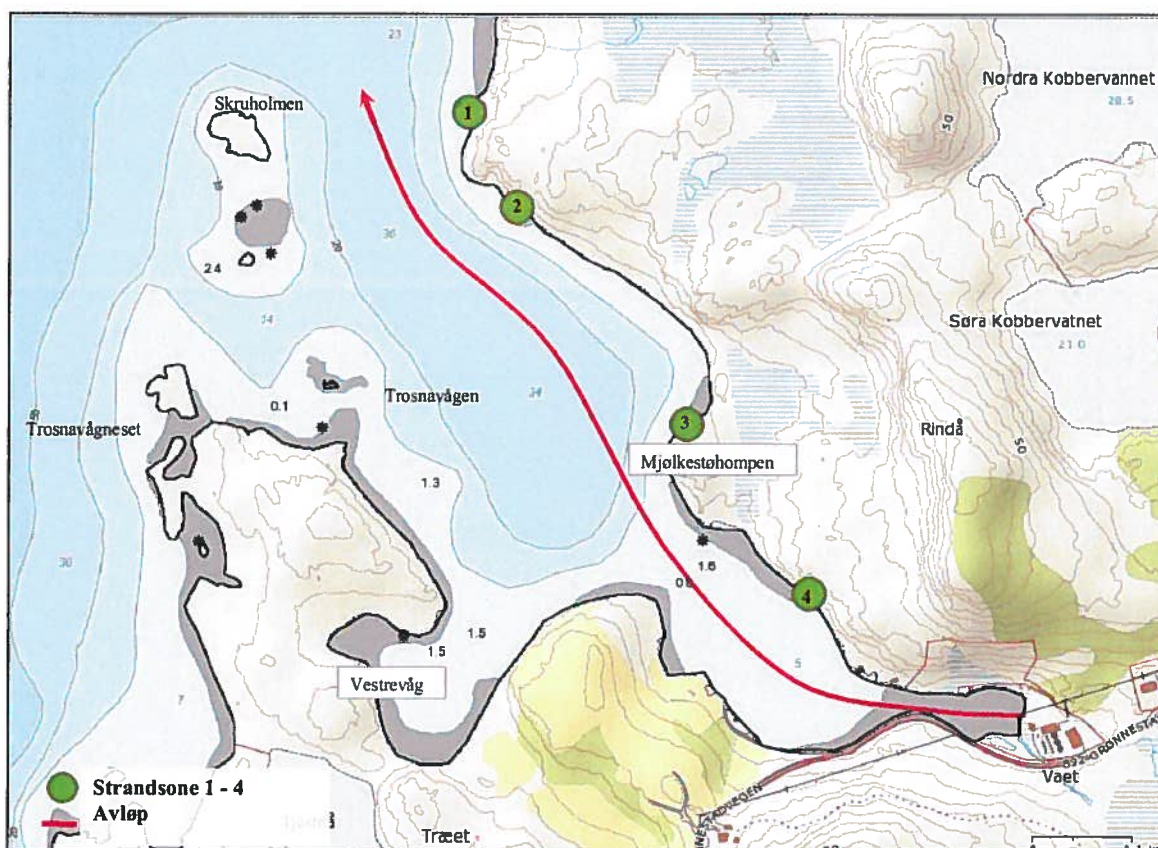
I et avgrenset område ble det utført en semikvantitativ analyse av litoralsonen (strandsone). Det ble lagt ut et måleband med en horisontal bredde på minst 8 m og undersøkelsesarealet var minst 8 m². Fastsittende makroalger og dyr (> 1 mm) ble undersøkt ved å registrere antall arter og dekningsgrad etter en 4-delt skala for hver art (**tabell 9**). Mobile dyr og større fastsittende dyr ble angitt i antall

individ, mens alger og mindre dyr ble angitt som dekningsgrad. Undersøkelsene i litoralsonen ble utført ved lavt tidevann. Dersom en art ikke lot seg identifisere i felt, tok en prøver for senere identifisering ved hjelp av lupe eller mikroskop. Som grunnlag for artsbestemmelse er blant annet "Norsk algeflore" (Rueness 1977) og "Seaweeds of the British Isles" (Maggs & Hommersand 1993) benyttet.

Ved semikvantitativ kartlegging i øvre deler av sublitoralsonen (sjøsonen) ble det utført fridykking en fast strekning langs strandkanten med en horisontal bredde på minst 8 m² og registrering av alle makroskopiske, fastsittende alger og dyr i 0-3 meters dybde. Dominerende arter og spesielle naturtyper ble fotografert og registrert. I tillegg til artsregistrering, ble forekomster (mengde) anslått etter følgende gradering som gitt nedenfor.

Tabell 9. Skala brukt i sammenheng med semikvantitativ analyse av flora og fauna i litoral og sublitoralsonen.

Mengde	Dekningsgrad i % (alger og dyr)		Antall individ per m ²
Dominerende	4	<80	>125
Vanlig	3	20-80	20-125
Spredt forekomst	2	5-20	5-20
Enkeltfunn	1	<5	<5
Ikke til stede	0	0	0



Figur 4. Oversikt over stasjonene 1–4 i Trosnavågen for kartlegging av hardbunnsflora og fauna i området ved avløpet fra settefiskanlegget til Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg 21. og 22. juni 2012. Kartgrunnlaget er hentet fra www.kystverket.no.

EUS VANNRAMMEDIREKTIV

Sjøområdene i Trosnavågen og Karmsundet ligger til økoregion "Nordsjøen" med tidevannsforskjell under 1 m. I henhold til Fjordkatalogen (DN) utgjør Karmsundet sør (02.42.04.01.01) en vannforekomst i Karmøysystemet, og standard typifisering i henhold til Moy m.fl. (2003) er benyttet sammen med Havforskningsinstituttets kart for Vestlandet for definering av saltholdighet, miksing og eksponerthet.

EUs Rammedirektiv for Vann trådte i kraft 22. desember 2000, og angir et rammeverk for beskyttelse av alle vannforekomster. Direktivet har som overordnet målsetting at alle vannforekomster skal oppnå minst "**God Økologisk Status**" (GØS) innen år 2015. Norge har fått utsettelse, og for de vannforekomstene der det viser seg at en ikke har minst "god økologisk status", skal det utarbeides tiltaksplaner innen 2015 med gjennomføring av tiltak for å nå målet innen 2021. Etter opprinnelig timeplan skulle alle vassdrag og kystvannforekomster i Norge innen utgangen av 2004 være karakterisert i henhold til de sentrale og nasjonale veiledere og retningslinjer som er utarbeidet. Ved karakteriseringen i forbindelse med EUs vanndirektiv, skal vannforekomstenes økologiske status anslås basert på en samlet vurdering av både **fysisk tilstand**, **kjemisk tilstand** (vannkvalitet) og **biologisk tilstand**.

For de vannforekomster der det viser seg at en ikke har minst "**god økologisk status**", skal det utarbeides en vassdragsplan med påfølgende iverksettelse av tiltak. Det er da "problemeier"/forurenser som skal betale for tiltakene, slik at en innen 2021 kan oppnå kravet. EUs vanndirektiv inkluderer i større grad vurdering av biologiske forhold enn KLIFs mer vannkvalitetsbaserte system.

Denne skala kan for så vidt også benyttes tilsvarende for vannkvalitetsmål. Ved fastsetting av **økologisk status** er det altså innbakt hensyn til naturtilstanden også for de biologiske forhold, slik at det ikke vil være en direkte kobling til SFTs tilstandsklassifisering og EUs statusklassifisering for den enkelte vannforekomst. Beskrivelse av **økologisk status** følger denne skala:

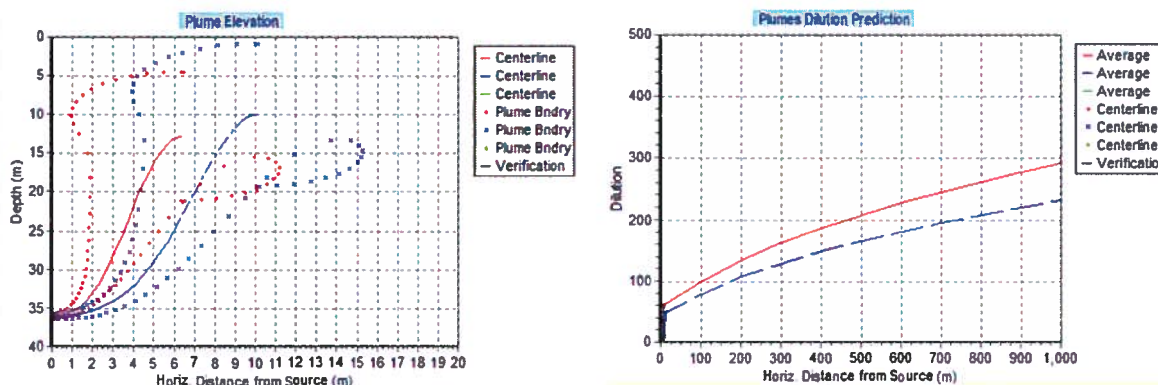
1	2	3	4	5
Høy status	God status	Moderat status	Dårlig status	Meget dårlig status

1="Høy status" betyr at vannforekomsten har en økologisk status tilsvarende eller meget nær opp til naturtilstand, mens 2="god status" avviker litt mer fra naturtilstanden. Samlet økologisk status for Storsundet og Høylandssundet utgjør en vektet vurdering av alle de ulike undersøkte elementene. Vannkvaliteten er stort sett sammenfallende i disse områdene med stor vannutveksling, mens forholdene ved og i sedimentet ved sjøbassengenes dypeste punkt varierer i forhold til lokale tilførsler og belastning. Ved vurdering av økologisk status legges det vanligvis størst vekt på forholdene knyttet til miljøgifter i sedimentet. Deretter vektlegges bunnfauna og miljøtilstand i sedimentene. Ved denne undersøkelsen er det ikke gjennomført analyser av miljøgifter i sediment, slik at vurderingen av økologisk status må betraktes som veiledende inntil slike miljøgiftanalyser foreligger.

For de vannforekomster der det er utført tekniske tiltak som i betydelige grad har påvirket enten hydrologi og/eller morfologi, slik at det er risiko for at økosystemene er så påvirket at de ikke vil kunne oppnå "god økologisk status", er det innført en egen kategori "**sterkt modifiserte vannforekomster**" (SMVF). Slike vannforekomster skal ikke nødvendigvis restaureres tilbake til minst "god økologisk status", men til "godt økologisk potensiale", som i utgangspunktet skal tilsvare "god økologisk status" i tilsvarende nærliggende naturlige system. Dette verktøyet er ikke ferdigutviklet for fjordområder.

MODELLERING OG SPREDNING AV AVLØPET

Innlagringsdyp og fortykning av avløpet til Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg er beregnet ut fra middel strømhastighet i måleperioden om sommeren og temperatur og saltinnhold i vannsøylen like ved avløpet i Trosnavågen 21. juni 2012. Tettheten på avløpet er satt til 1000 kg/m^3 , og temperaturen i avløpsvannet lik $14 \text{ }^\circ\text{C}$ sommerstid. Beregning av innlagringsdyp for et utslippsdyp på 36 m i en sommersituasjon er vist i **figur 5**.



Figur 5. Innlagringsdyp og fortykning av utslippet som ligger på 36 m dyp ytterst i Trosnavågen for en maksimal vannmengde på 250 l/s (**blå linje**) og for en middel vannmengde på 125 l/s (**rød linje**) for en typisk sommersituasjon. Figuren viser "strålebanene" for de to vannmengdene ved midlere strømhastighet.

Med utslipp av maksimal vannmengde ($15 \text{ m}^3/\text{min}$) ved midlere strømhastighet, vil avløpsvannet (plumen) i en sommersituasjon innlagres på 10 m dyp, mens toppen av "skyen" med avløpsvann vil kunne nå opp i overflatelaget men ikke ha gjennomslag til overflaten. Avløpsvannet vil være fortennet vel 50 ganger når det innlagres på 10 m dyp, og en km fra utslippet vil avløpsvannet være fortennet 232 ganger (**figur 5**). Med utslipp av middel vannmengde ($7,5 \text{ m}^3/\text{min}$) ved midlere strømhastighet, vil avløpsvannet (plumen) innlagres på 12,7 m dyp, mens toppen av "skyen" med avløpsvann vil kunne nå opp mot 5 m dyp. Avløpsvannet vil være fortennet vel 60 ganger når det innlagres på 12,7 m dyp, og en km fra utslippet vil avløpsvannet være fortennet 292 ganger.

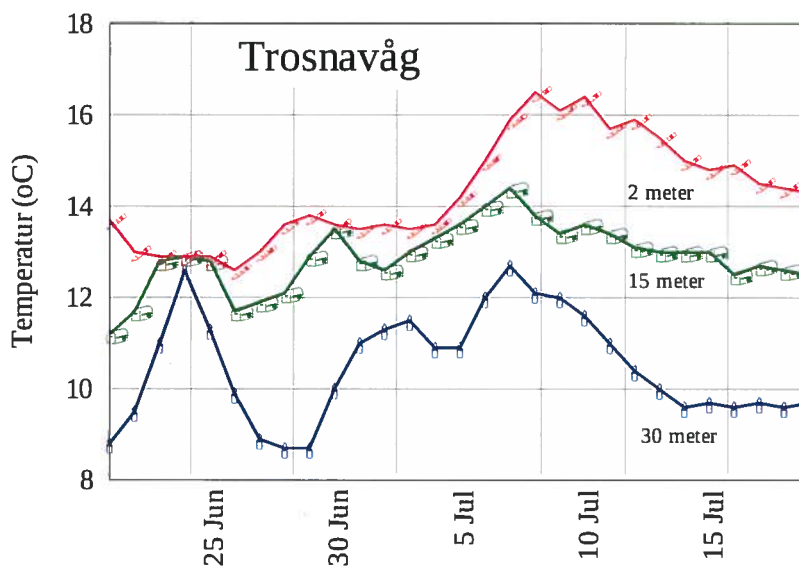
MILJØTILSTAND

SJIKTNING OG HYDROGRAFI

Temperaturmålingene fra strømmålingene er foretatt midtsommers, noe som vises gjennom en generell temperaturstigning på de ulike dyp. Det var periodevis betydelige temperatursvingninger på 30 m dyp, noe som nok skyldes vertikalforskyving av vannmasser med ulike temperatur på grunn av variabel tykkelse av de ulike strømførende lagene i ytre del av Trosnavågen (**figur 6**). Døgnmiddeltemperaturen på 2 m dyp økte totalt fra 13,4 °C ved målestert til 14,3 °C den 19. juli, med en minimumstemperatur på 12,6 °C den 26. juni og en maksimumstemperatur på 16,5 °C den 8. juli.

På 15 m dyp var temperaturutviklingen i måleperioden variabel, men jevnt over sammenfallende med 2 m dyp og rundt 0,0 – 2,7 °C lavere. Døgnmiddeltemperaturen på 15 m dyp økte fra 11,2 °C ved målestert til 12,5 °C den 19. juli, med en minimumstemperatur på 11,2 °C den 21. juni og en maksimumstemperatur på 14,4 °C den 7. juli.

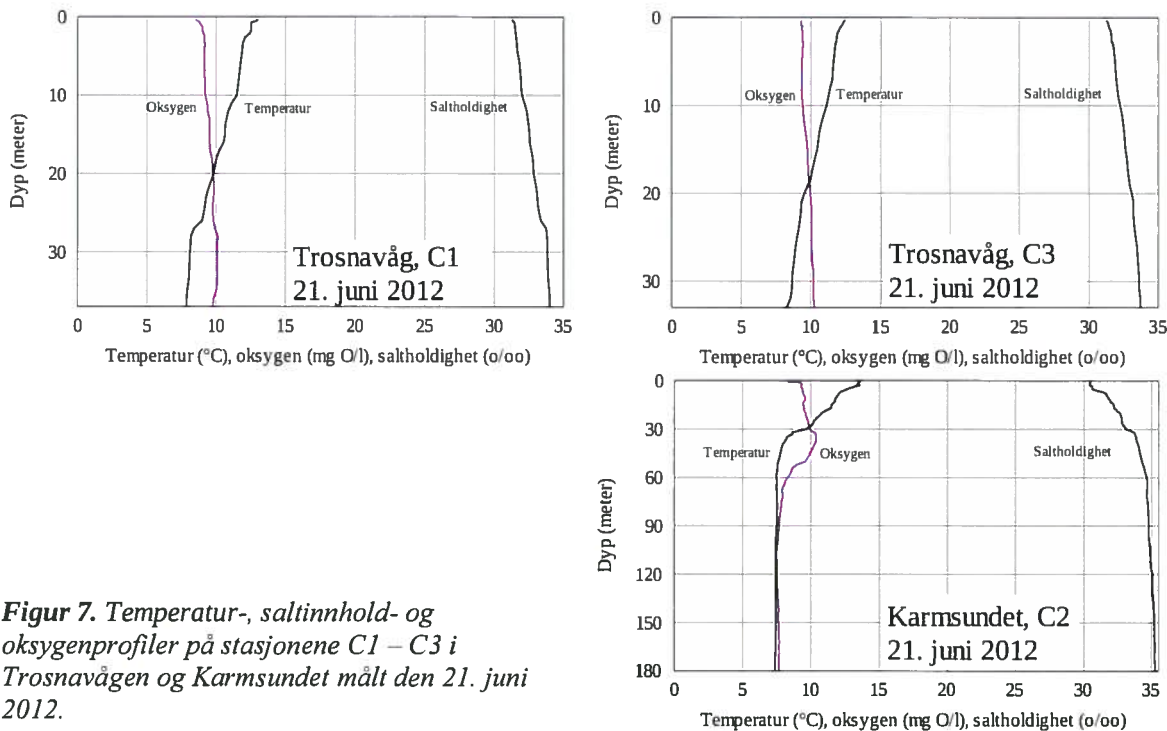
På 30 m dyp var det relativt store variasjoner i temperaturen i løpet av måleperioden, noe som i hovedsak skyldes vertikalforskyving av vannmasser med ulike temperatur grunnet endringer i dominerende vindretninger i løpet av måleperioden. Oppstuvingsvinder fra sør – sørvest vil normalt bidra til en temperaturøkning, mens nord-nordvestlige vinder vil bidra til utstrømming av overflate fjordvann og upwelling av kaldere vann langs kysten. Temperaturen var 8,8 °C ved målestert og steg bratt til 12,6 °C den 24. juni før den falt like bratt til 8,7 °C den 28. juni. Deretter steg temperaturen gradvis oppover til et maksimum på 12,7 °C den 7. juli før temperaturen på nytt falt til 9,6 °C den 14. juli, og lå deretter stabilt rundt dette fram til måleslutt den 19. juli 2012. Døgnvariasjonen i temperatur varierte mellom 0,7 og 3,3 °C i måleperioden (ikke vedlagt rapporten).



Figur 6. Døgnmidler for temperatur målt på 2 m dyp (rød strek), 15 m dyp (grønn strek) og 30 m dyp (blå strek) i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.

Hydrografimålingene (**figur 7**) er foretatt i kystnære farvann, og viste at vannsøylen alle steder var lite ferskvannpåvirket. Temperaturen var relativt normal for årstiden, det var ikke noen sterk og tydelig temperatursjiktning i vannsøylen, og alle steder var det var god oksygenmetning til bunns, noe som indikerer god omrøring og vannutskifting i hele vannsøylen, også i Karmsundet.

Temperaturen var henholdsvis 13 °C og 12,5 °C i overflaten på stasjon C1 og C3 i Trosnavågen, og begge steder var det et jevnt fall i temperaturen nedover i vannsøylen som ved bunnen var henholdsvis 7,9 °C og 8,3 °C på 37 og 33 m dyp. På stasjon C2 i Karmsundet var temperaturen 13,6 °C i overflaten, med et jevnt fall i temperaturen nedover i vannsøylen til 7,6 °C på 50 meters dyp. Herfra og ned mot bunnen var temperaturen mer stabil og falt kun 0,2 °C, til 7,4 °C ved bunnen på 180 meters dyp.



Figur 7. Temperatur-, saltinnhold- og oksygenprofiler på stasjonene C1 – C3 i Trosnavågen og Karmsundet målt den 21. juni 2012.

Saltinnholdet var henholdsvis 31,3 % og 31,2 % i overflaten på stasjon C1 og C3 i Trosnavågen, og begge steder var det en jevn økning i saltinnholdet nedover i vannsøylen som ved bunnen var henholdsvis 34,0 % og 33,7 % på 37 og 33 m dyp. På stasjon C2 i Karmsundet var saltinnholdet 30,4 % i overflaten, med en jevn økning i saltinnholdet nedover i vannsøylen til 34,6 % på 50 meters dyp. Herfra og nedover mot bunnen steg saltinnholdet mer moderat til 34,8 % på 100 meters dyp og 35,3 % ved bunnen på 180 meters dyp, noe som kan karakteriseres som høyt.

Oksygeninnholdet var henholdsvis 8,5 og 9,6 mg O/l i overflaten på stasjon C1 og C3 i Trosnavågen tilsvarende en metning på henholdsvis 98 og 106 %. Begge steder var det en jevn økning i oksygeninnholdet nedover i vannsøylen. På stasjon C3 inne i Trosnavågen ble det høyeste oksygeninnholdet målt til 10,3 mg O/l (7,3 ml O/l) ved bunnen på 33 m dyp tilsvarende en metning på 108 %. På stasjon C1 ytterst i Trosnavågen ble det høyeste oksygeninnholdet målt til 10,1 mg O/l på 28 m dyp. Ved bunnen på 37 m dyp ble oksygeninnholdet målt til 9,8 mg O/l (6,9 ml O/l) tilsvarende en metning på 102 %. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse I = "meget god" på begge stasjoner i Trosnavågen.

På stasjon C2 i Karmsundet var oksygeninnholdet 8,7 mg O/l i overflaten tilsvarende en metning på 100 %. Oksygeninnholdet steg nedover i vannsøylen til et maksimum 10,4 mg O/l på 35 m dyp tilsvarende en metning på 109 %. Videre nedover i vannsøylen var det et gradvis fall i oksygeninnhold til et minimum på 7,5 mg O/l på 110 m dyp. Videre nedover i vannsøylen var oksygeninnholdet relativt stabilt og ble målt til 7,6 mg O/l (5,35 ml O/l) ved bunnen på 180 m dyp. Dette tilsvarer en oksygenmetning på 79 % og tilsvarer SFTs tilstandsklasse I = "meget god".

STRØMMÅLINGER

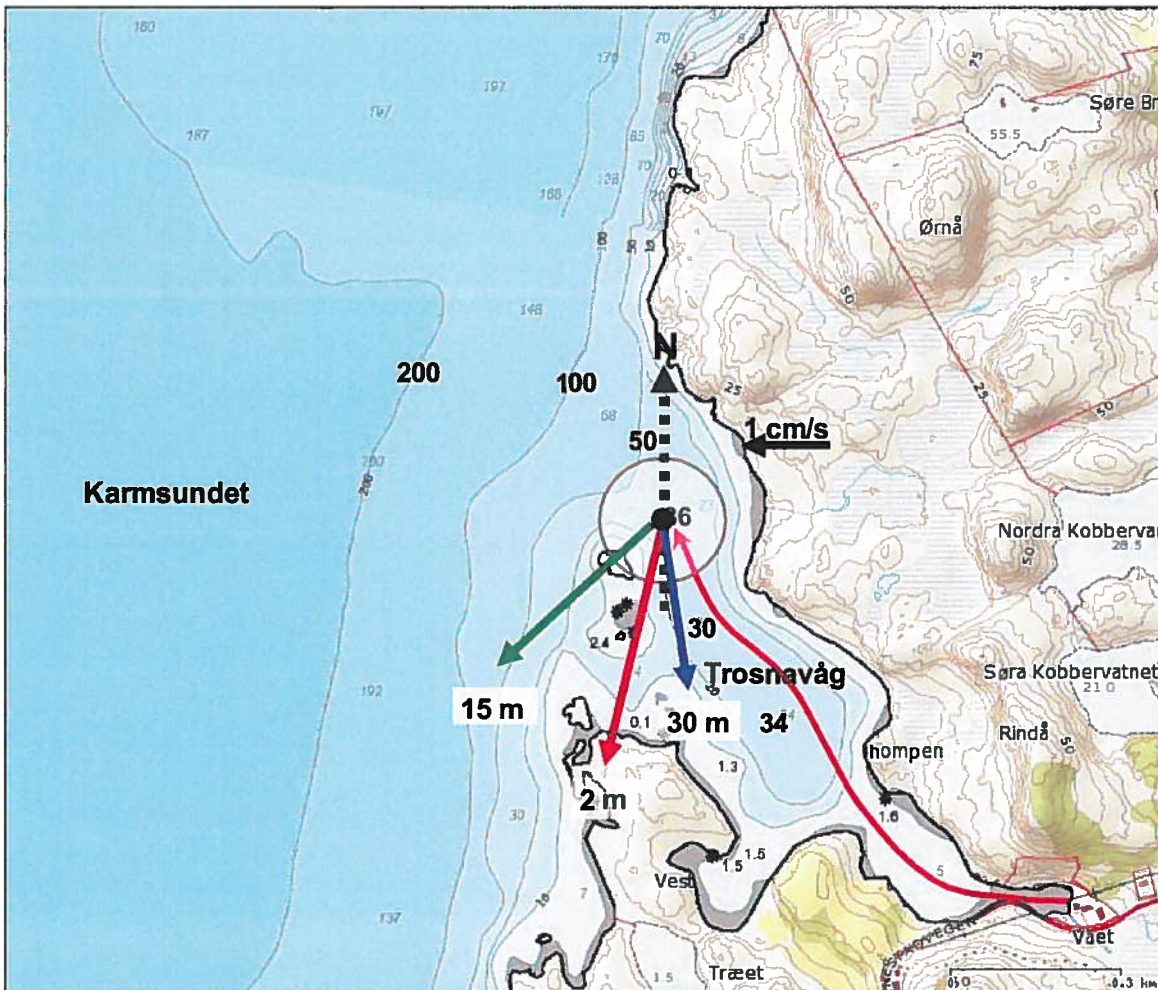
OVERSIKT OVER STRØMFORHOLDENE I TROSNVÅG.

Figur 8 er en forenklet skisse som viser gjennomsnittlig strømfart og omtrentlig hovedstrømretning (flux) i løpet av måleperioden på 2, 15 og 30 m dyp ytterst i Trosnavåg like ved utslippet. Den gjennomsnittlige strømhastigheten var svak på 2 m dyp og sterk på 15 og 30 m dyp (tabell 11).

Tabell 10. Beskrivelse av hastighet, varians, stabilitet, og retning til strømmen i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.

Måledyp	Middel hastighet (cm/s)	Varians (cm/s) ²	Neumann-parameter	Resultant retning
2 meter	3,6	3,752	0,276	162° = SSØ
15 meter	2,9	4,267	0,427	220° = SV
30 meter	2,6	1,319	0,178	132° = SØ

Dette er som forventet all den tid målingene er utført ytterst i en våg som er lukket for gjennomstrømming innover, men som ligger ut mot åpne og friske vannmasser som passerer gjennom Karmsundet.



Figur 8. Målt hovedstrømretning og strømstyrke på de ulike måledypene i Trosnavåg like ved avløpet til settefiskanlegget i Trosnavåg. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratet sine nettsider: www.fdir.no.

Det er således strømforholdene i Karmsundet som har størst betydning for strømhastigheten utenfor utslippet samtidig som målestedet til en viss grad ligger noe skjermet for de sterkeste strømmene gjennom Karmsundet. Strømforholdene og strømsstyrken i hele vannsøylen er totalt sett gode for et utslipp av denne størrelse, der strømmen med få unntak, rant kontinuerlig forbi målestedet utenfor utslippet. Dette sikrer en meget god spredning av avløpsvannet og gode omsetningsforhold for de organiske tilførselene i utslippet. På alle dyp var det en dominans av søroverrettet strøm/vannfluks i måleperioden, samtidig som en innimellom også hadde strøm som gikk mer i nordlig retning

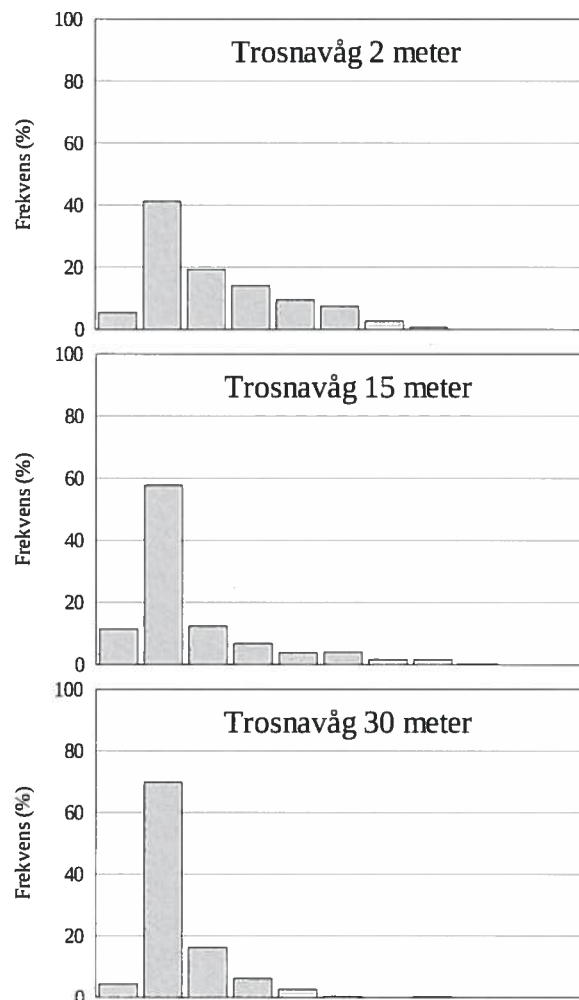
STRØMHASTIGHET

Strømmønsteret utenfor utslippet i Trosnavågen var noe variabelt nedover i vannsøylen, men samlet sett var det en dominans av søroverrettet strøm på de ulike dypene. Strømhastigheten var relativt jevn i hele vannsøylen og varierte lite mellom de ulike måledyp. Strømmen rant mer eller mindre kontinuerlig på de ulike måledyp der det var få og relativt korte perioder med strømstille, noe som nok henger sammen med påvirkningen fra kyststrømmen. Samtidig så en også den additive effekten av tidevannstrømmen på målingene fra overflaten og nedover i vannsøylen der en hadde 2-4 strømtopper i døgnet og korte perioder med svakere strøm innimellom strømtoppene ved tidevannskifte, men utslagene var periodevis moderate på 15 og 30 m dyp. Det ble ikke målt sterkere strøm rundt fullmåne og nymåne 4. og 19. juli enn det som ellers ble observert i måleperioden (**figur 10**).

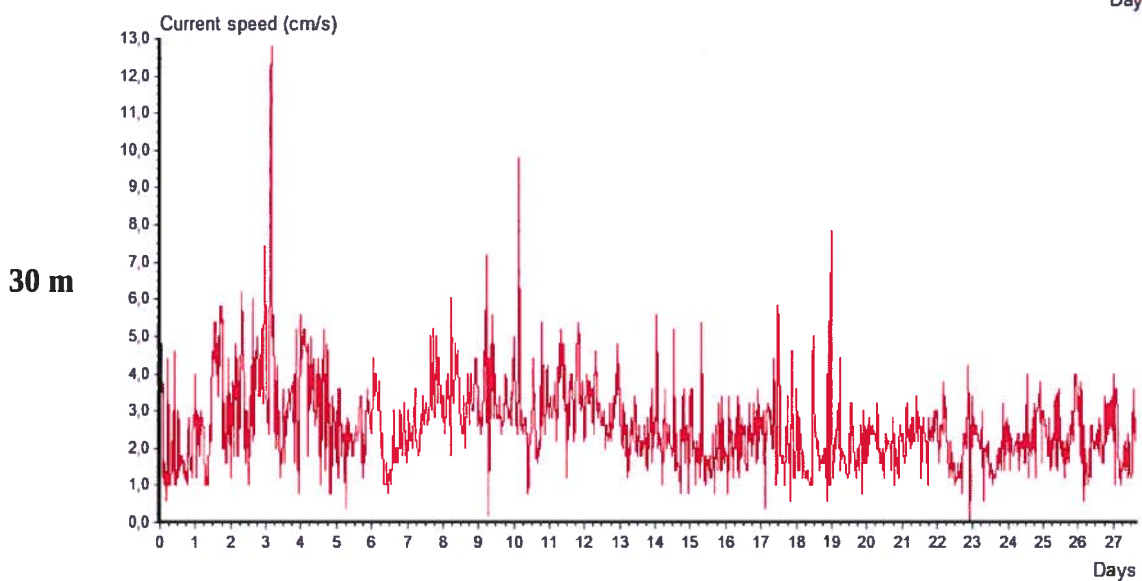
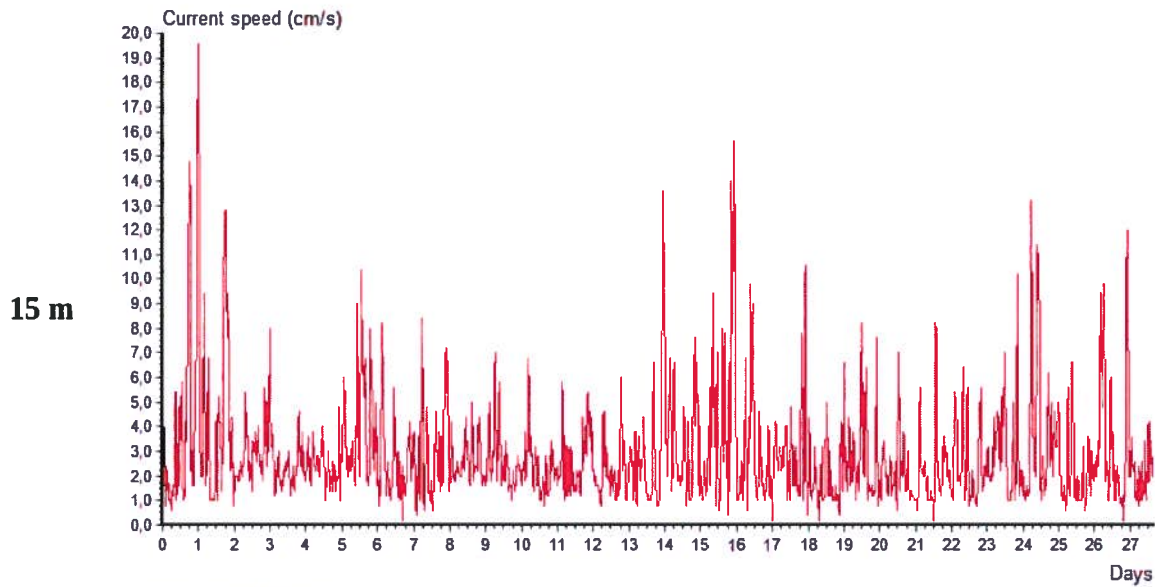
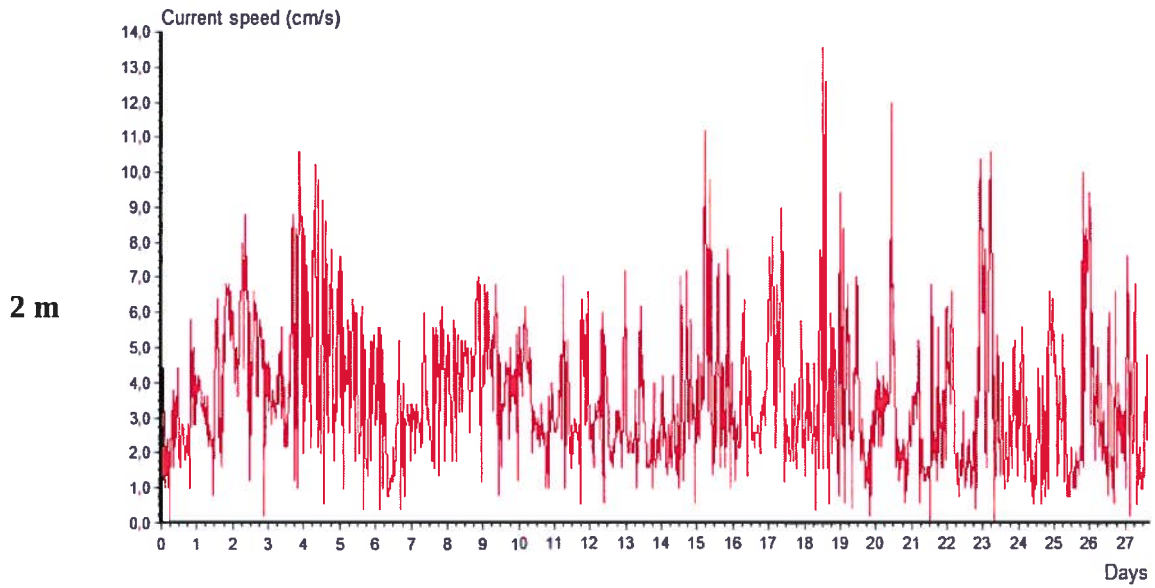
Overflatestrømmen på 2 meters dyp i Trosnavågen var svak og hadde en gjennomsnittlig hastighet på 3,6 cm/s. Målingene av strømsstyrke viste da også flest målinger av strøm i intervallet mellom 1-3 cm/s (41 %), og det var ellers en relativt jevnt fallende frekvens av strøm i intervallene mellom 3 og 15 cm/s. Kun 5 % av målingene viste helt strømstille forhold (strøm på 1 cm/s eller mindre, **figur 9**). Den maksimale strømhastigheten ble målt til 13,6 cm/s i sørlig retning (**figur 11**).

Det ble målt sterk strøm på 15 m dyp, med en gjennomsnittlig strømhastighet på 2,9 cm/s. Målingene av strømsstyrke viste flest målinger av strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (ca 58 %), og det var ellers en relativt jevnt fallende frekvens av strøm i intervallene mellom 3 og 25 cm/s (**figur 9**). 11,5 % av målingene viste helt strømstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 19,6 cm/s i nordvestlig retning (**figur 11**).

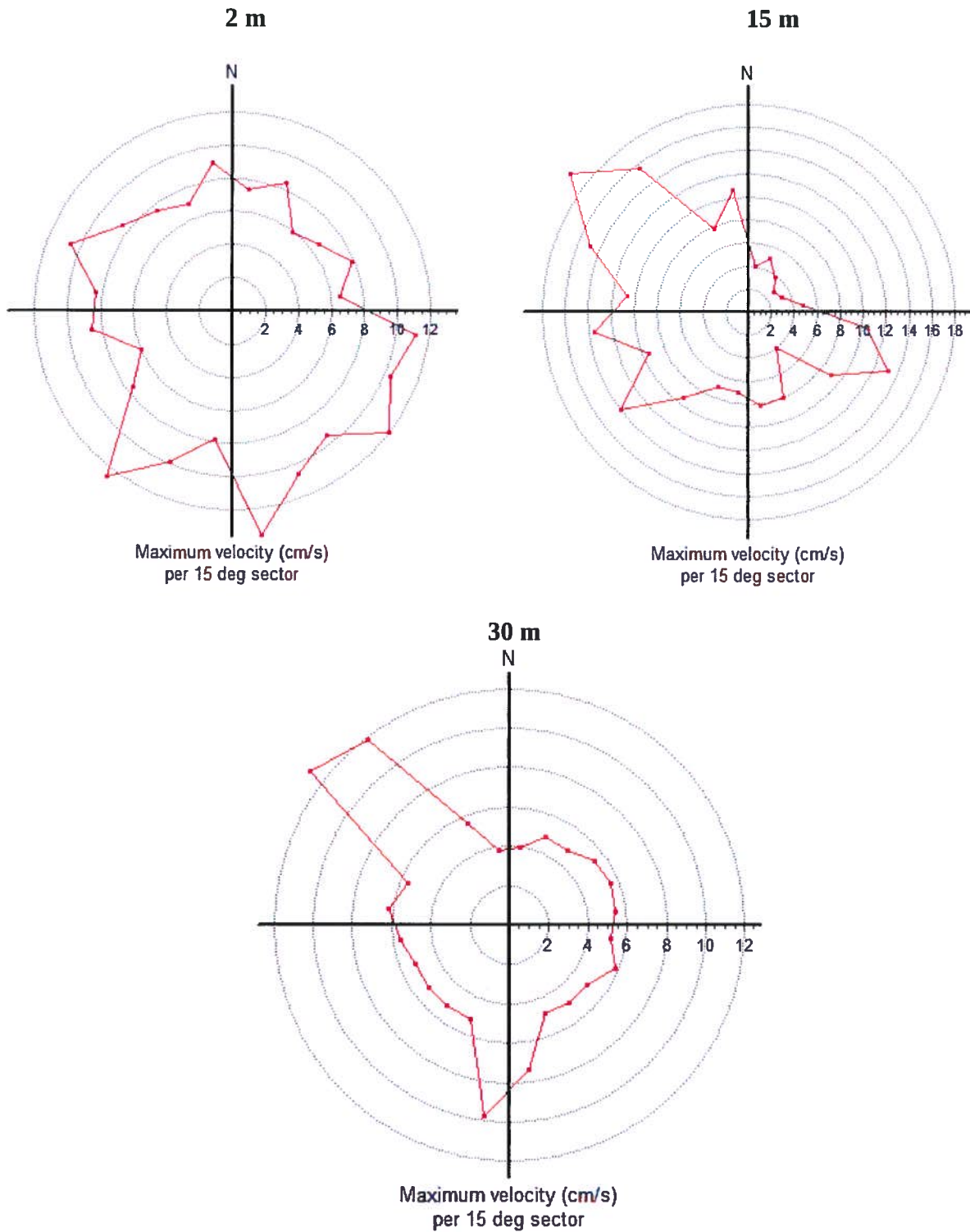
Det ble målt sterk strøm på 30 m dyp, med en gjennomsnittlig strømhastighet på 2,6 cm/s. Målingene av strømsstyrke viste flest målinger av strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (70 %), og det var ellers en relativt jevnt fallende frekvens av strøm i intervallene mellom 3 og 15 cm/s (**figur 9**). Kun vel 4 % av målingene viste helt strømstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 12,8 cm/s i nordvestlig retning (**figur 11**).



Figur 9. Fordeling av strømhastighet i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.



Figur 10. Strømhastighet i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.



Figur 11. Maksimal strømhastighet for hver 15° sektor på målestedet i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.

STRØMSTILLE PERIODER

På 2 m dyp var det ”svært lite” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 32,5 timer av totalt 664,5 timer med tilnærmet strømstille (under 2 cm/s) i perioder på 2,5 timer eller mer (4,9 %). Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 10**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 10 perioder på 2,5 timer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 5,5 og 4,5 timer.

På 15 m dyp var det ”svært lite” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 110,5 timer av totalt 664,5 timer med tilnærmet strømstille (under 2 cm/s) i perioder på 2,5 timer eller mer (16,6 %). Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 10**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 29 perioder på 2,5 timer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 7 og 5,5 timer (to stk).

På 30 m dyp var det også ”svært lite” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 70 timer av totalt 664,5 timer med tilnærmet strømstille (under 2 cm/s) i perioder på 2,5 timer eller mer (10,5 %). Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 10**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 14 perioder på 2,5 timer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 8 og 7,5 timer (to stk).

Tabell 11. Beskrivelse av strømstille utenfor avløpet oppgitt som antall observerte perioder av en gitt lengde med strømhastighet mindre enn 2 cm/s. Lengste strømstille periode er også oppgitt. Måleintervallet er 30 min på 2, 15 og 30 meters dyp, og målingene er utført i perioden 21. juni – 19. juli 2012.

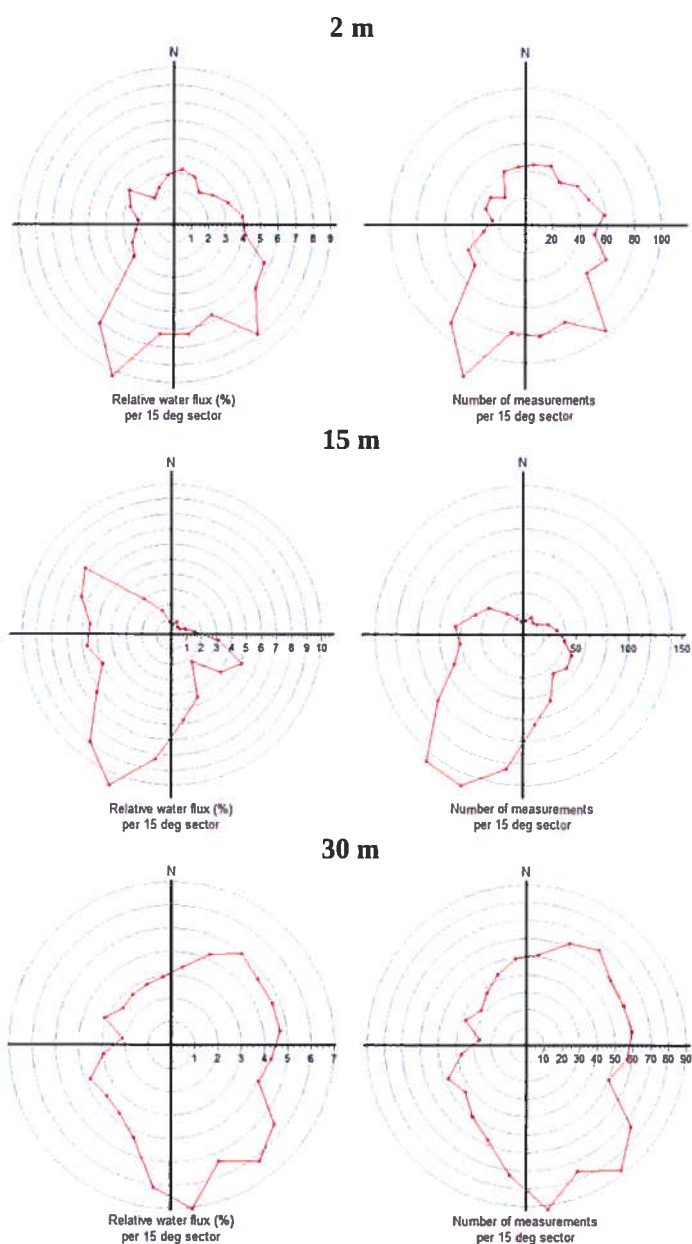
Dyp	0,5-2 t	2,5-6 t	6,5-12 t	12,5-24 t	24,5-36 t	36,5-48 t	48,5-60t	60,5-72t	> 72 t	Maks
2 m	128	10								5,5 t
15 m	155	29	1							7 t
30 m	136	9	5							8 t

STRØMRETNING OG VANNTRANSPORT

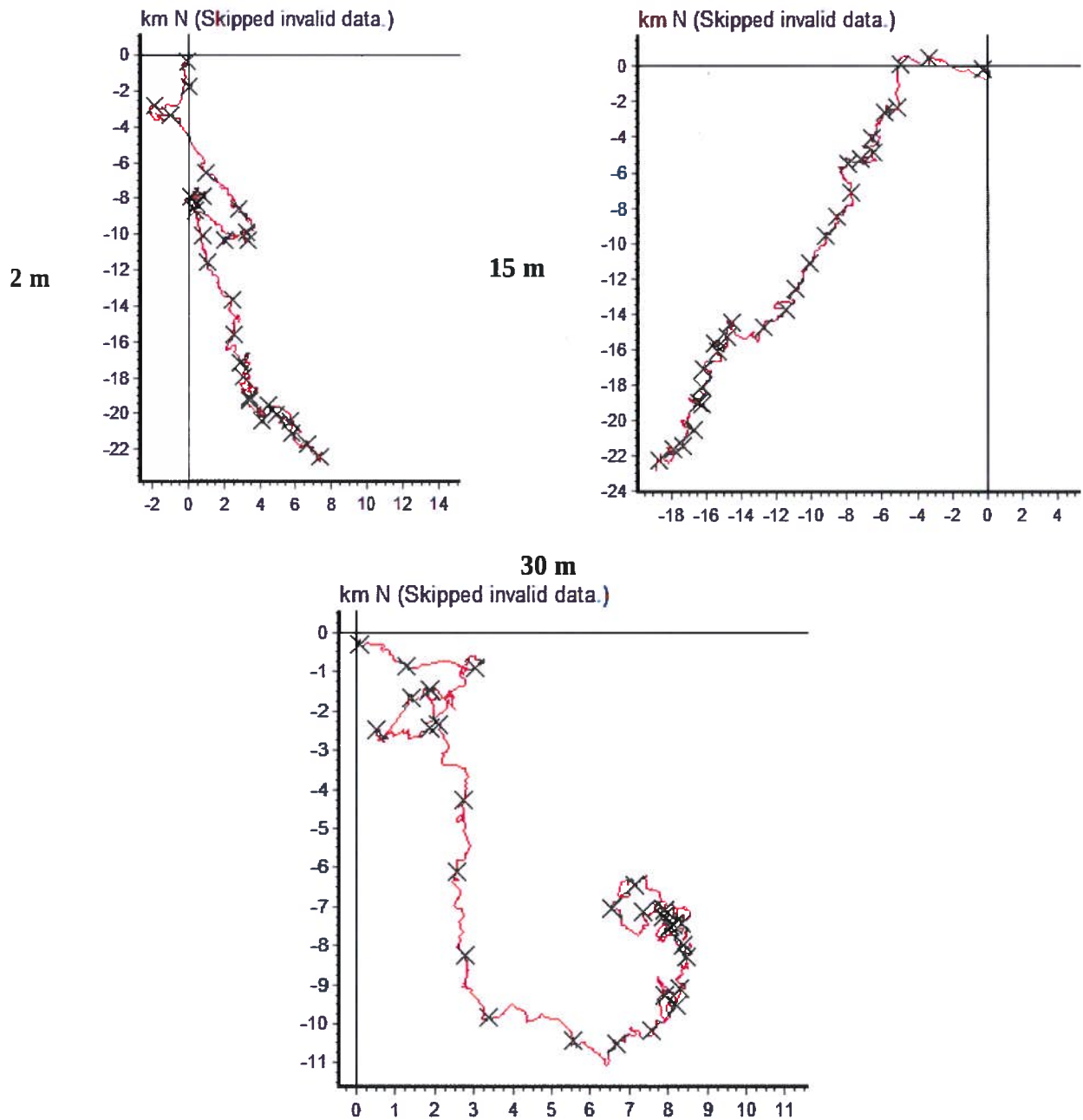
Strømretningen og vanntransporten i overflaten på 2 m dyp gikk klart mest i retningsområdet sørsørvest – sørøst, men det var også noe retur vanntransport i nordvestlig – nordøstlig retningsområde (figur 12). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i sørsørøstlig resultantretning (162°) var 0.276, dvs at strømmen var ”middels stabil” i denne retningen (tabell 11). Strømmen rant altså i løpet av måleperioden med ca 28 % stabilitet i sørsørøstlig retning. Det progressive vektorplottet viser at strømmens retning periodevis vekslet mellom sørsørøst og nordnordvest i måleperioden, men totalt sett var det en overvekt av strøm i østsørøstlig retning (figur 13).

Strømretningen og vanntransporten på 15 m dyp gikk klart mest mot sørsørvest, men det var også en tydelig komponent av vanntransport mot vest – nordvest (figur 12). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i sørvestlig resultantretning (220°) var 0.427, dvs at strømmen var ”stabil” i denne retningen (tabell 11). Det progressive vektorplottet viser også at strømmen rant mest i sørvestlig retning, men med periodevise avstikkere i vestlig – nordvestlig retning (figur 13).

Strømretningen og vanntransporten på 30 m dyp gikk noe variabelt i de fleste retninger, men med en viss dominans i sørlig retning. Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i sørøstlig resultantretning (132°) var 0.178, dvs at strømmen var ”lite stabil” i denne retningen. Det progressive vektorplottet viser da også at strømmen gikk rundt sin egen akse den første uken av måleperioden for deretter å renne mest mot sør den påfølgende uken. Deretter rant strømmen mer eller mindre rundt sin egen akse (målestedet) i resten av måleperioden og endte noe retningstilfeldig opp i sørøstlig resultantretning.



Figur 12. Strømroser som viser fordelingen av henholdsvis vanntransport og antall målinger (strømretning) for hver 15. grad for måleresultatene i Trosnavågen på 2, 15 og 30 m dyp i perioden 21. juni – 19. juli 2012.



Figur 13. Progressivt vektorplott for målingene på 2 og 15 m dyp (oppe til venstre og høyre) og 30 m dyp (nede) i Trosnavågen i perioden 21. juni – 19. juli 2012.

MOM C-RESIPIENTUNDERSØKELSEN

SEDIMENTKVALITET

Stasjon C1 ble tatt ute i Trosnavågen på 37 m dyp, omtrent 30 m vest for utslippstedet (figur 2). Det var lett å få opp representative prøver, og de to parallelle prøvene bestod av omtrent halvfulle grabber (6 liter) med et lyst, gulgrått, fast og luktfritt sediment bestående mest av skjellsand og litt sand (figur 14, tabell 12). Begge replikatene var av samme type.

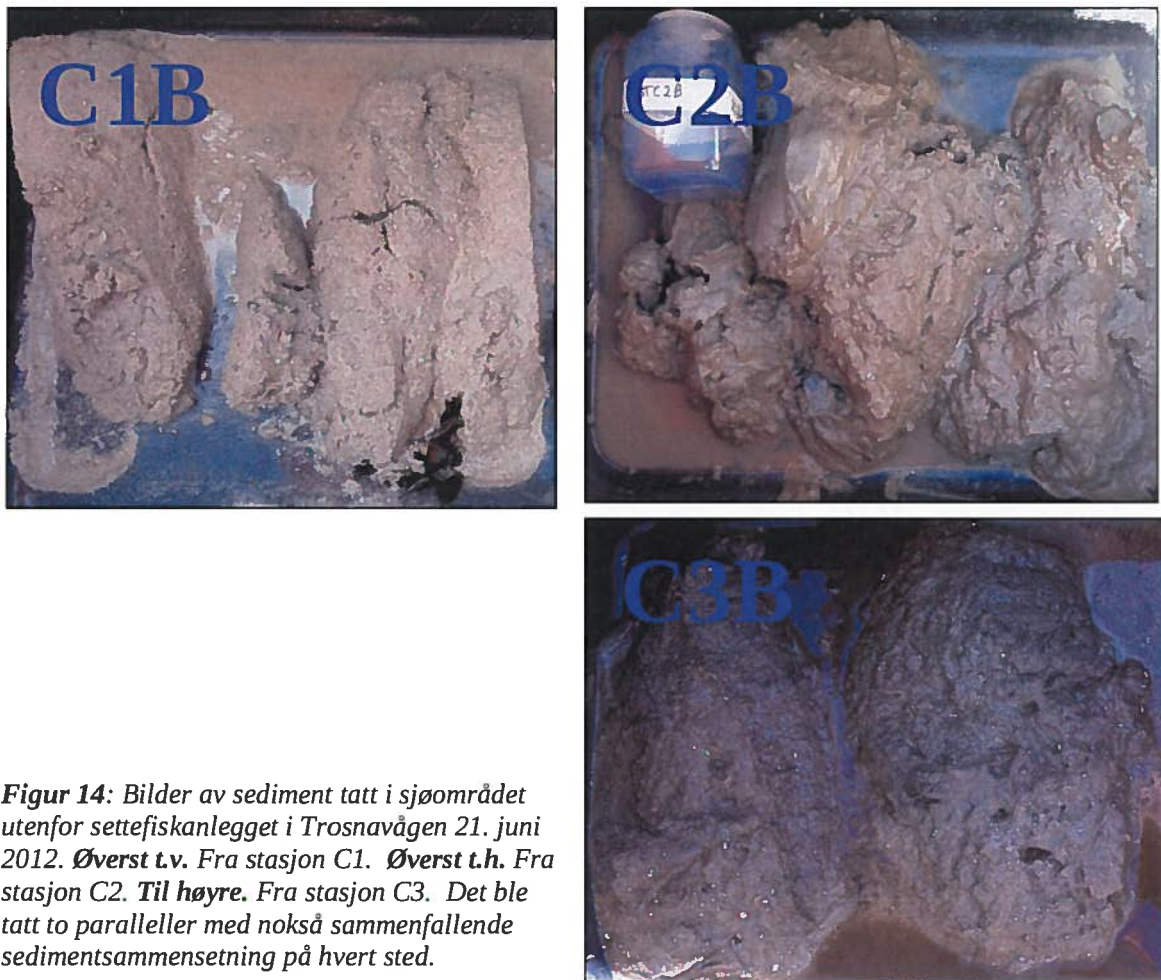
Stasjon C2 ble tatt i Karmsundet på 188 m dyp, omtrent 750 m nordvest for utslippet. Det var litt problematisk å få opp representative prøver. På 1. og 3. forsøk var det en stein i grabbåpningen. På 2. forsøk var grabben tom. Etter å ha flyttet stasjonen litt fikk en så opp to parallelle prøver bestående av nesten fulle grabber (10 liter) med et mykt til fast, brungrått og luktfritt sediment bestående av et brunlig, mykt og noe mudderaktig slør oppå en noe fastere såle av fin sand, leire og silt, småstein og grus (tabell 12). Begge replikater var av samme type, men med et større innslag av store steiner i den andre replikaten.

Tabell 12. Sensorisk beskrivelse av MOM-C prøver fra Trosnavågen og Karmsundet 21. juni 2012. Andel av de ulike sedimentfraksjonene er anslått i felt.

Stasjon	Trosnavågen C1	Karmsundet C2	Trosnavågen C3
Avstand fra utslipp	30 m	750 m	400 m
Antall replikater	2	2	2
Antall forsøk	2	5	2
Grabbvolum (liter)	6	10	4 – 5 og 6
Bobling i prøve	Nei	Nei	Nei
H ₂ S lukt	Noe	Nei	Nei
Skjellsand	90 %		40 %
Primær Grus		20 %	
sediment Sand	10 %	20 %	40 % (fin)
Silt		20 %	20 %
Leire		20 %	
Mudder		20 %	
Stein		Små – litt større stein	
TM			
Beskrivelse av prøven	Lyst, gulgrått, fast og luktfritt sediment av mest skjellsand.	Brungrått, mykt til fast og luktfritt finsediment med et tynt brunlig slør på toppen.	Grått, fast-mykt og luktfritt sediment av skjellsand og sand med et tynt brunlig slør øverst av organisk materiale

Stasjon C3 ble tatt på 32 m dyp inne i Trosnavågen rundt 400 m sørvest for utslippet, omtrent ved tidligere utslippsted. Det var lett å få opp representative prøver, og de to parallelle prøvene bestod av ca halvfulle grabber med et fast til mykt, grått, luktfritt sediment av hovedsakelig skjellsand, sand og silt, med et brunlig slør av organisk materiale på toppen. Begge replikater var av samme type.

Opgitt prosentandel av de ulike fraksjonene i prøvene på stasjon 3 og 4 er basert på ren visuell observasjon og ikke absolutte, målte verdier. De prosentvise anslagene er mer en indikasjon på hvilke type sediment man fant i prøvene.



Figur 14: Bilder av sediment tatt i sjøområdet utenfor settefiskanlegget i Trosnavågen 21. juni 2012. Øverst t.v. Fra stasjon C1. Øverst t.h. Fra stasjon C2. Til høyre. Fra stasjon C3. Det ble tatt to paralleller med nokså sammenfallende sedimentsammensetning på hvert sted.

Tabell 13. Resultat fra måling av siktedyp, surhet (pH) og elektrodepotensial (Eh) i sediment i de ulike replikatene fra Trosnavågen og Karmsundet 21. juni 2012. Forholdet mellom pH og Eh er hentet fra standard MOM-figur.

Parameter	Trosnavågen C1		Karmsundet C2		Trosnavågen C3	
Siktedyp (meter)	18		18		14	
pH	7,80	7,90	7,72	7,51	7,49	7,86
Eh	210	286	143	277	196	172
pH/Eh-poeng (MOM B)	0	0	0	0	0	0
pH/Eh-tilstand (MOM B)	1	1	1	1	1	1

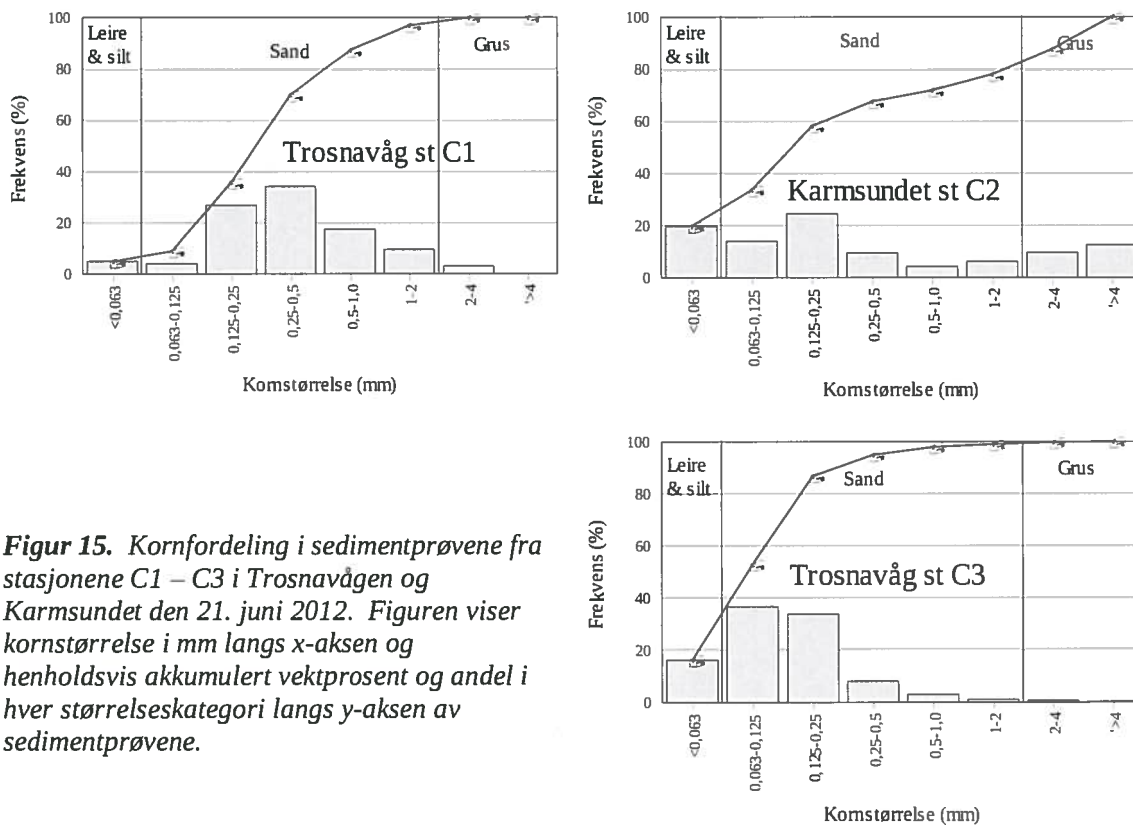
Siktedypet målt i vannsøylen på samtlige stasjoner lå mellom 14 og 18 m dyp i juni, noe som tilsvarer SFTs tilstandsklasse I= "meget god" på alle stasjoner (tabell 13).

Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. Sedimentet ble alle tre stedene klassifisert til tilstand 1 = "meget god" ihht NS 9410:2007, med verdier som indikerer gode nedbrytingsforhold med oksygenrike forhold i sedimentet (tabell 13).

Kornfordeling

Kornfordelingsanalyser viser at det var lite sedimenterende forhold på samtlige stasjoner der samtlige prøver inneholdt mest sand. Lavest andel pelitt (silt og leire) ble målt på stasjon C1 like vest for

utslippet, med 4,9 %, noe som indikerer gode strømforhold her. Andelen silt og leire var noe høyere på stasjon C2 i Karmsundet og C3 lenger inne i Trosnavågen, med henholdsvis 19,7 og 16,2 %. Andelen sand var høy på stasjon C1 og C3 i Trosnavågen med henholdsvis 82 og 82,8 %. Som forventet var andelen sand noe lavere på stasjon C2 i Karmsundet, med 58,5 %. Her var imidlertid andelen grus høy, med 22,1 % (**figur 15** og **tabell 14**). Disse resultatene indikerer at det er gode strøm- og utskiftingsforhold i Trosnavågen og i Karmsundet.



Figur 15. Kornfordeling i sedimentprøvene fra stasjonene C1 – C3 i Trosnavågen og Karmsundet den 21. juni 2012. Figuren viser kornstørrelse i mm langs x-aksen og henholdsvis akkumulert vektprosent og andel i hver størrelseskategori langs y-aksen av sedimentprøvene.

Tørrestoffinnholdet var relativt høyt på stasjonene C1 – C3, noe som skyldes at prøvene inneholdt mest mineralsk materiale i form av primærsediment og mindre organisk materiale. Dette samsvarer også med at sedimentet var relativt grovkornet, noe som normalt indikerer en lav andel organisk materiale i sedimentet.

Dette vises også ved et lavt glødetap i sedimentet. Stasjonene C1 og C3 i Trosnavågen hadde et lavt innhold av organisk materiale, med på henholdsvis 3,4 og 2,8 %. Glødetapet på stasjon C2 i Karmsundet var også lavt, med en verdi på 4,0 %. Dette indikerer gode nedbrytingsforhold for organiske tilførsler i sediment på samtlige steder.

Innholdet av (normalisert) TOC lå mellom 27,2 og 28,1 mg C/g på samtlige stasjoner i Trosnavågen og i Karmsundet (**tabell 14**). Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse III = “mindre god” for disse stasjonene.

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det ble målt en relativt lav konsentrasjon av nitrogen på samtlige stasjoner med nivåer under 0,5 g N/kg (**tabell 14**) tilsvarende SFTs’ tilstandsklasse I= “god” (SFT 1993). Ved gode nedbrytingsforhold er innholdet av fosfor omtrent det samme eller en del lavere enn innholdet av nitrogen, og resultatene samsvarer godt med dette på samtlige stasjoner i Trosnavågen og Karmsundet. Høyest nivå ble naturlig nok målt like vest for utslippet.

Tabell 14. Kornfordeling, tørrstoff og organisk innhold i sedimentet fra stasjonene C1 – C3 den 21. juni 2012. SFT-tilstanden for organisk karbon er markert i farger. Blå = meget god, grønn = god, gul = mindre god, oransj = dårlig og rød = meget dårlig.

Stasjon	Trosnavågen C1	Karmsundet C2	Trosnavågen C3
Leire & silt i %	4,9	19,7	16,2
Sand i %	82,0	58,5	82,8
Grus i %	3,1	22,1	1,0
Tørrstoff (%)	67,6	69,0	61,2
Glødetap (%)	3,43	4,04	2,83
TOC (mg/g)	10,1	13,0	13,0
Normalisert TOC (mg/g)	27,2	27,5	28,1
Fosfor (%)	0,11	0,058	0,066
Nitrogen (%)	<0,05	<0,05	<0,05

MOM B-UNDERSØKELSE VED AVLØP

Det var som forventet relativt hard bunn og sparsomt med sediment i prøvene tatt utenfor utslippet ytterst i Trosnavågen. Selv etter flere forsøk på hvert prøvested fikk en enten ikke opp noe materiale eller sparsomt med sediment, og der som en fikk opp materiale, bestod dette av skjellsand. Det var ingen synlige spor av oppdrettsvirksomheten i noen av prøvene, noe som indikerer god spredning av utslippene og god sedimentomsetning.

Tabell 15. Beskrivelse av de fire MOM B-prøvene tatt utenfor avløpet fra Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg den 21. juni 2012.

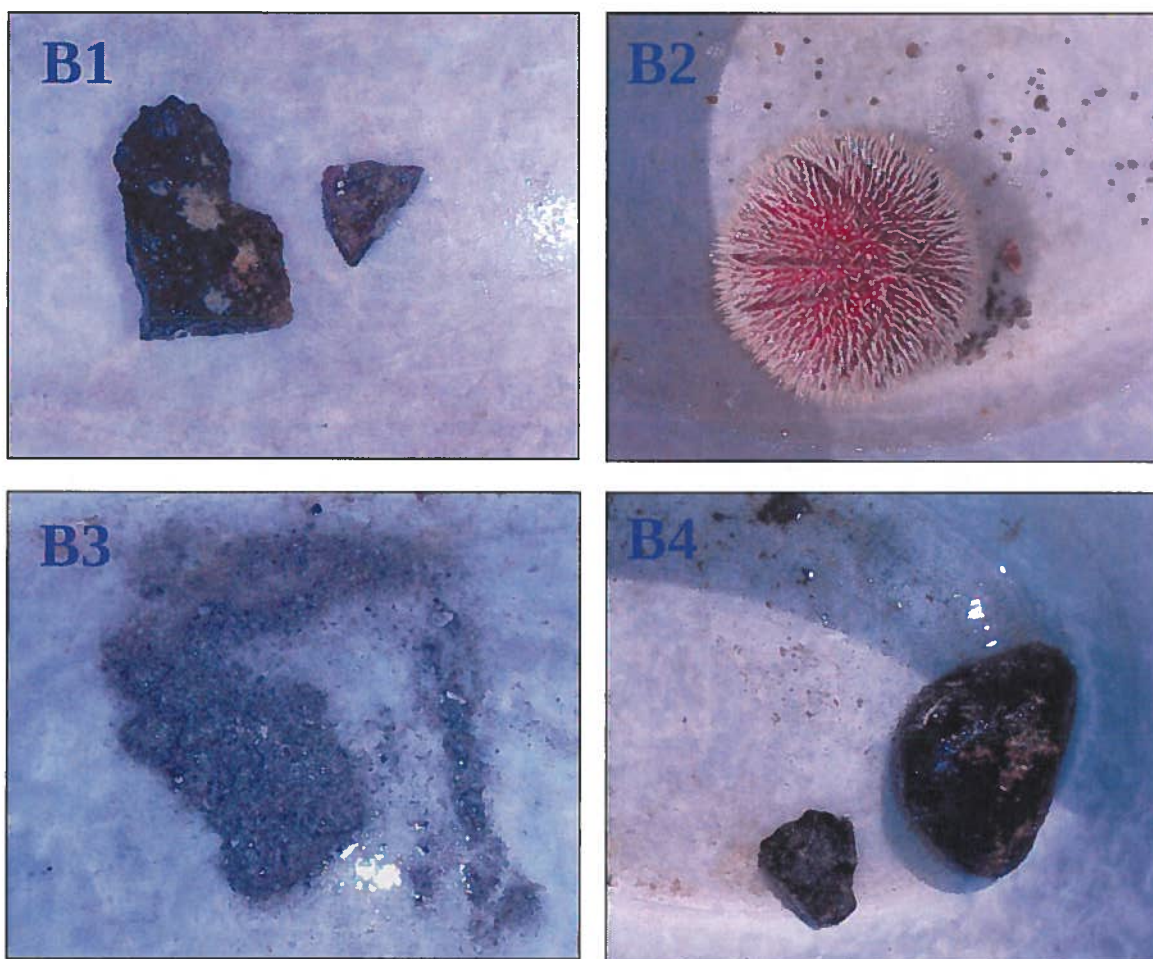
Prøvetaksstedssted:	B1	B2	B3	B4
Posisjon nord	59° 13,230'	59° 13,233'	59° 13,241'	59° 13,251'
Posisjon øst	05° 22,674'	05° 22,663'	05° 22,635'	05° 22,640'
Avstand fra avløp	Ved avløpet	Ca 10 meter	Ca 35 meter	Ca 40 meter
Dyp (meter)	37	32	36	40
Antall grabbhugg	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²	1 x 0,028 m ²
Spontan bobling	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling ved prøvetaking	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling i prøve	Ja	Nei	Nei	Nei
H ₂ S-Lukt	ingen	ingen	ingen	ingen
Primær sediment	Skjellsand	spor	spor	100 %
	Grus			
	Sand			
	Silt			
	Leire			
	Mudder			
	Fjellbunn	ja	ja	
Steinbunn	ja	ja	ja	ja
Sagmugg				
Fôr/fekalier	ja	nei	nei	nei
Fauna (synlig i felt)	-	10 stk	-	1
Grabbvolum	spor	En teskje	0,5 dl	3 dl

Stasjon B1 ble tatt på 37 meters dyp like ved utslippet (**figur 4 & tabell 15**). På første forsøk var det stein i grabbåpningen. På andre forsøk traff grabben fjellbunn. Spor av skjellsand i grabben. På tredje forsøk traff grabben fjellbunn og skled litt nedover. En fikk opp en tom grabb og noe småstein (**figur 16**). En fikk ikke opp dyr på noen av forsøkene.

Stasjon B2 ble tatt på 32 meters dyp omtrent 10 m utenfor utslippet. På første forsøk var det en kråkebolle i grabben (**figur 16**). På andre forsøk traff grabben fjellbunn og skled 2 – 3 meter. En fikk opp ca en teskje skjellsand og ca 10 børstemakker.

Stasjon B3 ble tatt på 36 m dyp omtrent 35 m fra avløpet. På første forsøk fikk en opp ca 0,5 dl med gul, fast og luktfri skjellsand. På andre forsøk var det kun noen stein i grabben.

Stasjon B4 ble tatt på 40 m dyp omtrent 40 m fra avløpet. På første forsøk fikk en opp ca 3 dl med gul, fast og luktfri skjellsand. På andre forsøk var det kun noen stein i grabben. På tredje forsøk traff grabben fjellbunn der det var spor av skjellsand i grabben samt en børstemakk.



Figur 16: Bilder av sediment fra MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet til Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg 21. juni 2012. Stasjon B1 – B4.

Gruppe I: UNDERSØKELSE AV FAUNA

Man fant representative sedimentgravende dyr på to stasjoner. Det kan ikke forventes at en finner dyr på stasjoner med hard stein- og fjellbunn, og slike prøver skal ihht NS 9410:2007 normalt ikke medregnes ved beregning av Gruppe I fauna. Stasjon 1 og 3 går derfor ut av beregningsgrunnlaget. Indeksen for gruppe I er dermed 0 og lokaliteten sin miljøtilstand med hensyn på fauna er A, dvs akseptabel, jf. prøveskjema (**tabell 16**).

Siden det ikke ble funnet noe særlig med dyr på de fire stasjonene, var det ikke grunnlag for å ta disse med for videre analyse til artsnivå.

Gruppe II: KJEMISK UNDERSØKELSE

Surhet og elektrodepotensial - pH/Eh

Det ble målt pH/Eh på fire stasjoner. Alle de målte verdiene av pH var høye, dvs mellom 7,75 og 7,89, noe som tilsvarer gode kjemiske forhold i sedimentet. Tilhørende redokspotensial (Eh) for disse prøvene ble avlest og låg mellom 295 og 357 mV etter tillegg for et referanseelektrodepotensial på + 200 mV. Sedimentet var altså kjemisk sett lite belastet på samtlige stasjoner.

Ut fra poengberegningen i **tabell 16** ser man at samlet poengsum for de fem prøvene var 0. Dette gir en samlet indeks på 0 for de fire prøvene, og måling av pH og Eh for hele lokaliteten tilsvarer tilstand 1= "meget god", dvs at bunnen ved og utenfor avløpet vurdert under ett er lite påvirket ut fra en vurdering av gruppe II parameteren.

Gruppe III: SENSORISK UNDERSØKELSE

Sedimenttilstand

Med hensyn på sedimenttilstand fikk ingen prøver noen poeng (**tabell 16**). Samtlige stasjoner var således lite påvirket (tilstand 1= "meget god"). En oppsummering av sedimenttilstanden tilsier at bunnen i en avstand på 0 – 40 meter fra avløpet var lite påvirket av utslippet.

Samlet poengsum for alle prøvene var 0, og korrigert sum er også 0. Dette gir en samlet indeks på 0 for de fire prøvene, og sedimenttilstanden tilsvarer tilstand 1= "meget god", dvs at hele bunnen ved og utenfor avløpet var lite påvirket ut fra en vurdering av gruppe III parameteren, jf. **tabell 16**.

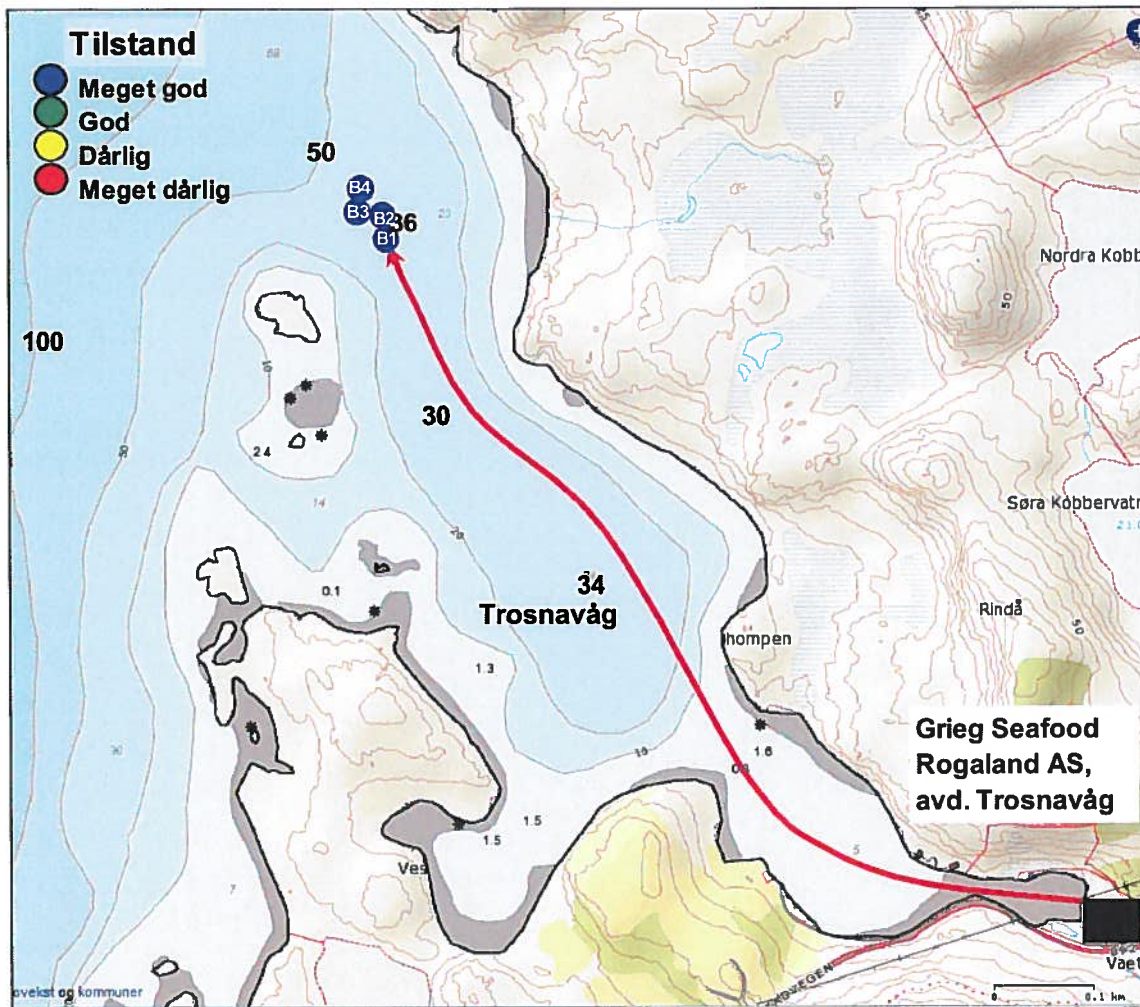
Bunnen sin tilstand

Samlet poengsum for middelverdien av samtlige fem prøver var 0. Dette gir samlet indeks på 0 for de fire prøvene, og tilstand for gruppe II (pH/Eh) og III (sedimenttilstand) vurdert under ett blir dermed 1, dvs "meget god", jf. «prøveskjema» (**figur 17, tabell 16**).

Basert på undersøkelse av dyr, pH/Eh og sediment er bunnen i en avstand på 0-40 m fra avløpet i beste tilstandsklasse, dvs tilstand 1= "meget god". Sjøbunnen var på prøvetakingstidspunktet i samsvar med vurderingskriteriene for en B-undersøkelse lite påvirket av oppdrettsvirksomheten.

Tabell 16. Prøveskjema for MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet til settefiskanlegget 21. juni 2012.

Gr	Parameter	Poeng	Prøve nr										Indeks																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																
	Dyr	Ja=0 Nei=1	0	0	0	0									0																													
I	Tilstand gruppe I		A																																									
II	pH	verdi	7,89	7,88	7,75	7,87																																						
	Eh	verdi	300	295	300	357																																						
	pH/Eh	frå figur	0	0	0	0									0																													
	Tilstand prøve			1	1	1	1																																					
Tilstand gruppe II			1		Buffertemp: 18,6 °C Sjøvasstemp: 15,4 °C Sedimenttemp: 12,7 °C pH sjø: 7,81 Eh sjø: 332 Referanseelektrode: +200 mV																																							
III	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0																																						
	Farge	Lys/grå=0	0	0	0	0																																						
		Brun/sv=2																																										
	Lukt	Ingen=0	0	0	0	0																																						
		Noko=2																																										
		Sterk=4																																										
	Konsistens	Fast=0	0	0	0	0																																						
		Mjuk=2																																										
		Laus=4																																										
	Grabb- volum	<1/4 =0	0	0	0	0																																						
		1/4 - 3/4 = 1																																										
		> 3/4 = 2																																										
	Tjukkelse på slamlag	0 - 2 cm =0	0	0	0	0																																						
		2 - 8 cm = 1																																										
> 8 cm = 2																																												
SUM:																																												
Korrigert sum (*0,22)			0	0	0	0									0																													
Tilstand prøve			1	1	1	1																																						
Tilstand gruppe III			1																																									
II +	Middelerverdi gruppe II+III		0	0	0	0									0																													
III	Tilstand gruppe II+III		1																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">"pH/Eh"</td> <td rowspan="4" style="width: 10%;"></td> <td rowspan="4" style="width: 10%; text-align: center;">Tilstand</td> <td colspan="2" style="width: 40%; text-align: center;">"Tilstand"</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">Lokalitetens</td> </tr> <tr> <td>"Korr.sum"</td> <td style="text-align: center;">Gruppe I</td> <td style="text-align: center;">Gruppe II & III</td> <td style="text-align: center;">tilstand</td> </tr> <tr> <td>"Indeks"</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">1, 2, 3, 4</td> <td style="text-align: center;">1, 2, 3, 4</td> </tr> <tr> <td>< 1,1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1, 2, 3</td> <td style="text-align: center;">1, 2, 3</td> </tr> <tr> <td>1,1 - 2,1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td>2,1 - 3,1</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>> 3,1</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															"pH/Eh"		Tilstand	"Tilstand"		Lokalitetens	"Korr.sum"	Gruppe I	Gruppe II & III	tilstand	"Indeks"	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	< 1,1	1	1, 2, 3	1, 2, 3	1,1 - 2,1	2	4	4	2,1 - 3,1	3			> 3,1	4		
"pH/Eh"		Tilstand	"Tilstand"		Lokalitetens																																							
"Korr.sum"			Gruppe I	Gruppe II & III	tilstand																																							
"Indeks"			A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4																																							
< 1,1			1	1, 2, 3	1, 2, 3																																							
1,1 - 2,1	2	4	4																																									
2,1 - 3,1	3																																											
> 3,1	4																																											
LOKALITETENS TILSTAND :													1																															



Figur 17. Oversikt over MOM B-tilstand (middelverdien av gruppe II og III parametere) for de fem grabbhoggene som ble tatt utenfor avløpet i Trosnavågen 21. juni 2012 (jf. tabell 18).

MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

MARIN BLØTBUNNSFAUNA

Trosnavågen C1

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en opp brukbart med prøvemateriale, dvs. 6 liter pr. parallell i grabben. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen var svært lavt med henholdsvis 6 og 8 arter for grabb A og grabb B. Samlet artsantall var også svært lavt med 10 (tabell 17). Individantallet i de to grabbene på stasjonen var svært høyt, med henholdsvis 8270 og 3877 for grabb A og grabb B. Totalt individantall var også svært høyt med 12147. Verdiene for artsmangfold lå innenfor tilstandsklasse V= "svært dårlig" for begge enkeltgrabber og samlet for begge indekser. Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med meget sterk dominans. Verdiene for ISI-indeksen lå innenfor tilstandsklasse III= "moderat" for begge enkeltgrabber og samlet. Verdiene for NQII-indeksen lå innenfor tilstandsklasse V= "svært dårlig" for begge enkeltgrabber og samlet.

Hyppigst forekommende art på stasjonen var den svært forurensningstolerante flerbørstemarken *Capitella capitata* (tabell 17), med omtrent 99 prosent av individene for begge grabber samlet. En stor del av individene var små og hadde trolig slått ned på bunnen relativt nylig.

Kombinasjonen svært lavt artsantall, svært høyt individantall, artsmangfold innenfor tilstandsklasse V= "svært dårlig", meget sterk dominans, ISI-sindeks i klasse "moderat" og NQI1-indeks i klasse "svært dårlig" samt en svært dominerende hyppigst forekommende art med høy forurensningstoleranse karakteriserte stasjon B1 i Trosnavågen per ultimo juni 2012. Den avvikende klassifikasjonen for ISI-indeksen tillegges mindre vekt i forhold til de øvrige statistiske resultatene da den ikke fanger opp den ekstreme sammensetningen av faunasamfunnet samtidig som vektlegging av tilstedeværende arter også inngår i verdien for NQI1-indeksen. Det er mulig at situasjonen på lokaliteten framsto som noe mer ekstrem på prøvetakingstidspunktet enn den ville gjort senere grunnet det store innslaget av juvenile *Capitella capitata*. Det er likevel såvidt stor margin i de statistiske resultatene at klassifikasjonene bortsett fra ISI-indeksen kan tillegges vekt. Stasjonen framstår på prøvetakingstidspunktet som sterkt påvirket, og best karakterisert ved tilstandsklasse V= "svært dårlig" (figur 18).

Karmsundet C2

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en opp godt med prøvemateriale, dvs. 10 liter pr. parallell i grabben. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen lå på relativt høyt nivå med henholdsvis 32 og 38 arter for grabb A og grabb B. Samlet artsantall var også relativt høyt med 46 (tabell 17). Individantallet i de to grabbene på stasjonen var relativt lavt, med henholdsvis 242 og 200 for grabb A og grabb B. Totalt individantall var også relativt lavt med 442. Verdiene for artsmangfold lå innenfor tilstandsklasse II= "god" for begge enkeltgrabber og samlet for Shannon-Wieners indeks, men nær klasse I= "Svært god" for grabb B og samlet. Verdiene for Hurlberts indeks lå innenfor klasse II= "god" for grabb A og samlet, mens grabb B lå i klasse I= "Svært god". Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med lite dominans. Verdiene for ISI-indeksen lå innenfor tilstandsklasse I= "svært god" både for enkeltgrabbene og samlet. Verdiene for NQI1-indeksen lå innenfor tilstandsklasse II= "god" både for enkeltgrabbene og samlet.

Tabell 17. Antall arter og individer av bunndyr i de to MOM-C grabbhoggene på hver av stasjonene C1 – C3 den 21. juni 2012, samt beregnet maksimal diversitet (H'-max), jevnhet (evenness), Shannon-Wieners diversitetsindeks og Hurlberts indeks med SFT-tilstandsklasse, ISI artsindeks (Rygg 2002) og ømfintlighet (NQI1). Enkeltresultatene er presentert i vedleggstabell 4 bak i rapporten. Fargekoder tilsvarende tilstandsklassifiseringen etter Vanndirektivets indekser (2009).

Stasjon	Antall arter	Antall individer	H'max	Jevnhet J	Hurlberts indeks	Diversitet, H'	ISI indeks	NQI1
C1 sum	10	12147	3,67	0,03	1,92 (V)	0,11 (V)	6,76 (III)	0,241 (V)
a	6	8270	2,66	0,03	1,67 (V)	0,08 (V)	6,79 (III)	0,224 (V)
b	8	3877	2,83	0,06	2,37 (V)	0,17 (V)	6,34 (III)	0,258 (V)
C2 sum	46	442	5,49	0,69	23,6 (II)	3,79 (II/I)	9,21 (I)	0,68 (II)
a	32	242	5	0,72	21,5 (II)	3,6 (II)	9,32 (I)	0,675 (II)
b	38	200	5,24	0,72	26,1 (I)	3,77 (II/I)	8,84 (I)	0,686 (II)
C3 sum	68	1014	6,07	0,72	27,2 (I)	4,37 (I)	8,06 (II)	0,733 (I)
a	58	307	5,82	0,67	23,7 (I)	3,9 (I)	7,97 (II)	0,737 (I)
b	45	707	5,47	0,85	30,9 (II)	4,65 (I)	8,11 (II)	0,729 (II/I)

Hyppigst forekommende arter på stasjonen var flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysi* og slekten *Aphelochaeta* av samme gruppe, som hver hadde omtrent 24 prosent av individene for de to grabbene samlet (tabell 18). Artene kan finnes tallrikt i upåvirkede områder, men kan også øke sine antall ved moderat organisk belastning.

Kombinasjonen relativt høyt artsantall, relativt lavt individantall, artsmangfold i grenseområdet mellom klasse I= "svært god" og II= "god", lite dominans, ISI-indeks i klasse I= "svært god", NQI1-indeks i grenseområdet i klasse II= "god" og ikke spesielt forurensningstolerante arter som hyppigst forekommende karakteriserer stasjon B2 i Trosnavågen per ultimo juni 2012. Stasjonen framstår som

upåvirket og tilstandsklasse II= "god", men nær klasse I= "svært god" synes å karakterisere stasjonen best på det aktuelle tidspunkt (figur 18).

Trosnavågen C3

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en opp noe sparsomt med prøvemateriale, dvs. henholdsvis 4–5 og 6 liter i de to parallellene. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen var høyt med henholdsvis 58 og 45 arter for grabb A og grabb B. Samlet artsantall var også høyt med 68 (tabell 17). Individantallet i de to grabbene på stasjonen var varierende fra relativt høyt til relativt lavt, med henholdsvis 707 og 307 for grabb A og grabb B. Totalt individantall var midlere med 1014. Verdiene for artsmangfold lå innenfor tilstandsklasse I= "svært god" for begge enkeltgrabber og samlet for begge indekser bortsett fra Hurlberts indeks for grabb A som lå i klasse II= "god". Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med middels til lite dominans. Både for enkeltgrabbene og samlet ble stasjonen klassifisert i tilstandsklasse II= "god" av ISI-indeksen. Verdiene for NQI1-indeksen lå i tilstandsklasse I= "svært god" for begge enkeltgrabber og samlet. For grabb B lå den nær klasse II= "god".

Hyppigst forekommende art på stasjonen var flerbørstemarken *Myriochele oculata* som hadde omtrent 19 prosent av individene for de to grabbene samlet. Arten kan øke sine antall noe ved moderat forurensningsbelastning. Flerbørstemarken *Owenia fusiformis* var nest hyppigst med omtrent 15 prosent av individene (tabell 16). Arten er generelt assosiert med upåvirkede forhold.

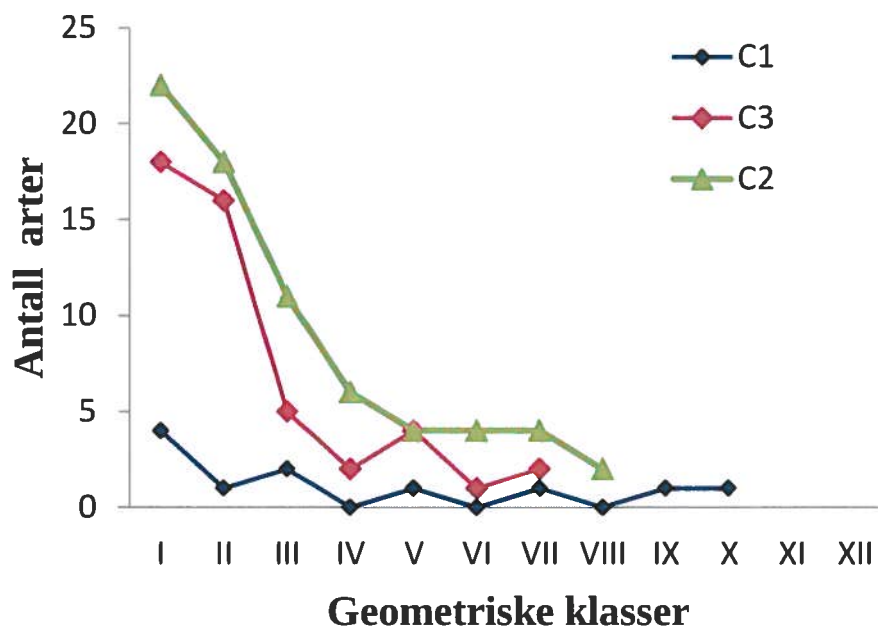
Tabell 18. De ti mest dominerende artene av bunndyr tatt på stasjonene C1–C3 i Trosnavågen og Karmsundet 21. juni 2012.

Arter st C1	%	Kum %	Arter st C2	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	95,64	99,99	<i>Paramphinome jeffreysi</i>	24,04	82,25
<i>Nematoda indet.</i>	3,19	4,35	<i>Aphelochaeta sp.</i>	23,60	58,20
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0,80	1,16	<i>Heteromastus filiformis</i>	7,87	34,61
<i>Eteone flava</i>	0,24	0,36	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	6,07	26,74
<i>Tryphosites longipes</i>	0,05	0,12	<i>Lumbrineris sp</i>	5,17	20,67
<i>Scoloplos armiger</i>	0,03	0,07	<i>Thyasira equalis</i>	4,72	15,51
<i>Chamelea striatula</i>	0,02	0,04	<i>Eclysippe vanelli</i>	3,82	10,79
<i>Nebalia bipes</i>	0,01	0,02	<i>Nemertea indet.</i>	3,15	6,97
<i>Westwoodilla caecula</i>	0,01	0,02	<i>Ceratocephale loveni</i>	2,47	3,82
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	0,01	0,01	<i>Notomastus latericeus</i>	1,35	1,35

Arter st C3	%	Kum %
<i>Myriochele oculata</i>	17,87	72,84
<i>Owenia fusiformis</i>	14,22	54,97
<i>Thyasira flexuosa</i>	7,66	40,75
<i>Foraminifera indet.</i>	7,38	33,09
<i>Prionospio cirrifera</i>	6,20	25,71
<i>Exogone hebes</i>	5,93	19,51
<i>Streblosoma intestinale</i>	3,56	13,58
<i>Macrochaeta clavicornis</i>	3,46	10,03
<i>Nemertea indet.</i>	3,28	6,56
<i>Typosyllis cornuta</i>	3,28	3,28

Kombinasjonen høyt artsantall, varierende individantall, artsmangfold stort sett innenfor tilstandsklasse I= "svært god", middels til lite dominans, ISI-sindeks i tilstandsklasse II= "god", NQI1-indeks i klasse I= "svært god" og hyppigst forekommende arter med liten til moderat forurensningstoleranse karakteriserer stasjon B2 i Trosnavågen per ultimo juni 2012. Stasjonen synes

best klassifisert i tilstandsklasse I= ”svært god”, samtidig som den ligger relativt nær klasse II= ”god”. Lokalteten framstår uansett som upåvirket på prøvetakingstidspunktet (**figur 18**).



Figur 18. Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for stasjonene C1 – C3 i Trosnavågen og Karmsundet 21. juni. 2012. Antall arter langs y - akse og geometriske klasser langs x-aksen.

HARDBUNNSFLORA OG FAUNA

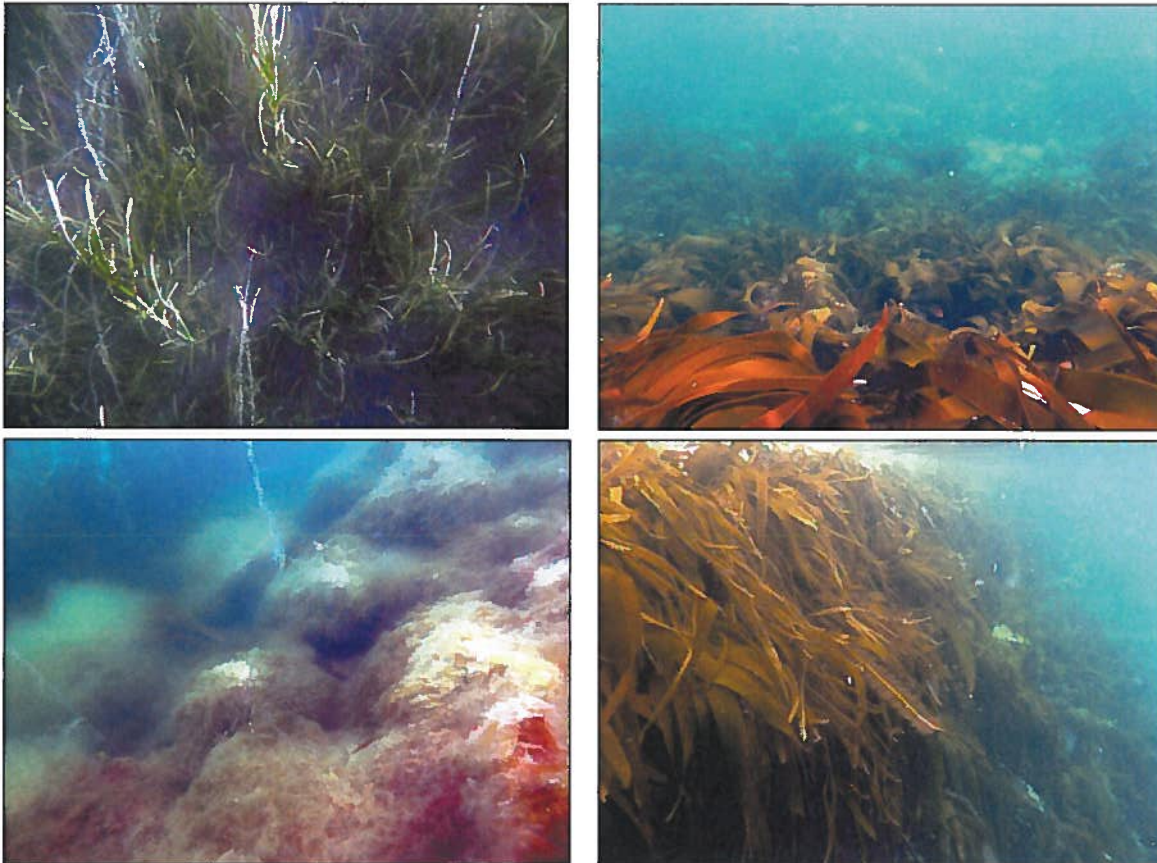
Marine naturtyper

I litoralsonen ble det etter NIN systemet registrert naturtypene *strandberg (S5)* og *fjæresonevannstrand (S4)* samt *stein-, grus og sandstrand (S6)*. Naturtypene er vanlige og representative for distriktet (**figur 19**).



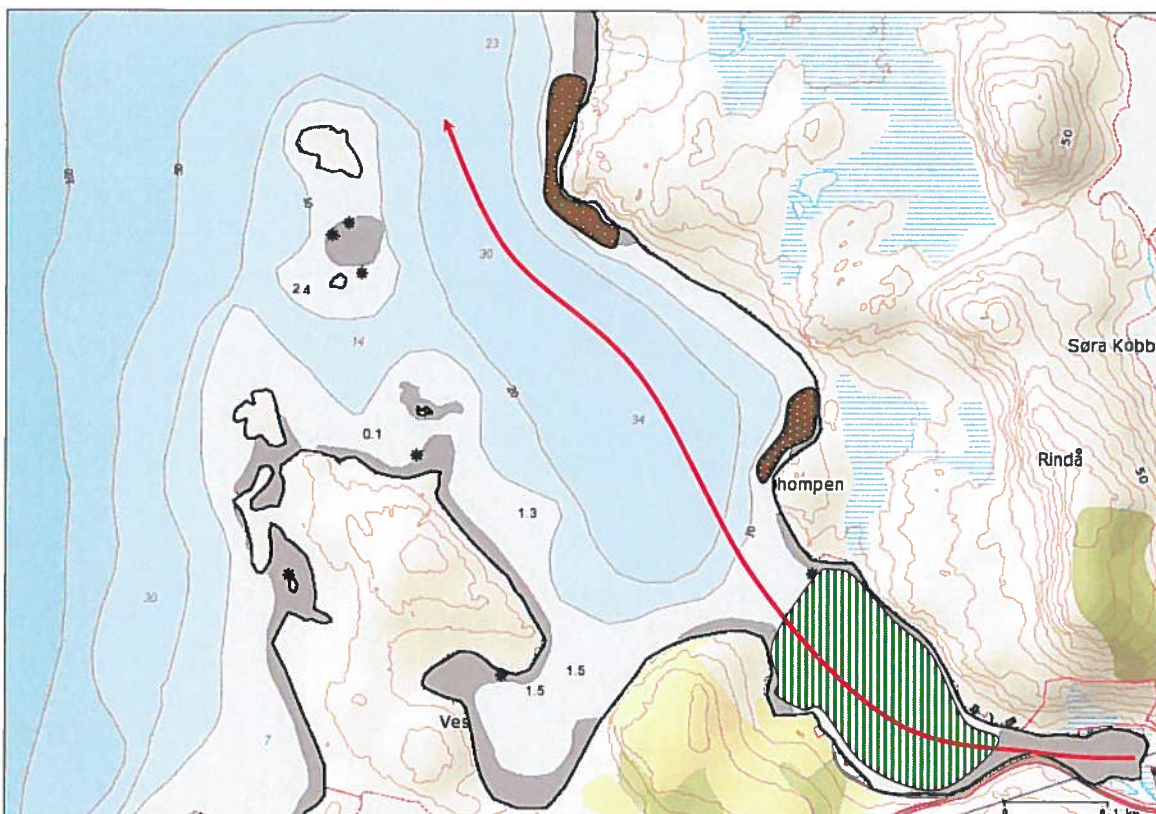
Figur 19. Oversiktsbilde av naturtypene *strandberg (S5)* og *fjæresonevannstrand (S4)* (til venstre/høyre) og noe forekomst av *stein-, grus og sandstrand (S6)* på stasjon 4 (til høyre). Foto: Mette Eilertsen

I øvre deler av sublitoralen ble det i hovedsak registrert naturtypen *tareskogsbunn (M13)* som omfatter områder dominert av tareskog eller en tilstandsutforming av tareskog (**figur 20**). Utformingen stortare var mest dominerende i ytre deler av Trosnavågen. Kriteriene for at området karakteriseres som tareskog er et sammenhengende område dominert av tarearter med et areal større enn 100 m² og med en bredde som er større enn 5 m. Naturtypen tareskogsbunn er rødlistet som *nær truet (NT)* på grunn av negativ bestandsutvikling, men er fremdeles vanlig (Lindgaard og Henriksen 2011). Av tarearter ble det registrert fingertare (*Laminaria digitata*) og stortare (*Laminaria hyperborea*), noe sukkertare (*Saccharina latissima*) og butare (*Alaria esculentus*). I områder der det ikke var god dekning av tareskogsbunn, hovedsakelig ved stasjon 4, ble det registrert naturtypen *annen fast eufotisk saltvassbunn (M11)*. Den sistnevnte naturtypen er vanlig og livskraftig.



Figur 20. Oversiktsbilde av naturtypene *løs eufotisk saltvannsbunn (M15)* med grunntype *ålegraseng (M15-3)* (*øverst t.v.*), *tareskogsbunn (M10)* med hovedtypen *stortareskogsbunn (M10-2)* (*øverst t.h.*), *annen fast eufotisk saltvassbunn (M11)* (*nederst t.v.*) og *tareskogsbunn (M10)* av ulike tare arter (*nederst t.h.*) i sublitoralsonen. Foto: Mette Eilertsen

Fra befaring i indre deler av Trosnavågen og ut til moloen ble det i sublitoralen registrert hovedtypen *løs eufotisk saltvannsbunn (M15)* som omfatter finpartikulært sediment (**figur 21**). Innenfor denne hovedtypen ble det registrert grunntypen *ålegraseng (M15-3)*, med tett voksende vanlig ålegras, samt noe maurtaum (*Chorda filum*) innimellom. Ålegraseng er en prioritert naturtype (I11) jf. DN-Håndbok 19. 2. utgave 2007. Ålegraseng kan forekomme under tidevannsmarket i bløtbunnsområder, vanligvis ned til 2-5 meters dyp. Ålegras produserer oksygen og organisk materiale, og er således svært produktiv. Naturtypen er regnet for å være et viktig marint økosystem på verdensbasis. Ålegraseng er rik på flora og fauna og fungerer som skjulested og oppvekstområde for larver og yngel og næringsøk for fisker og krepsdyr. Ålegraseng er vurdert som noe truet av Fremstad og Moen (2001). Naturtypen finner en ofte i grunne sund, beskyttede fjorder og poller, samt i områder med mer eller mindre brakkvannspåvirkning.



Figur 21. Oversikt og avgrensing av prioriterte naturtyper registrert i Trosnavågen fra semikvantitativ kartlegging og befaring. Tareskogsbunn (brunt område), Ålegraseng (grønt område).

Artsmangfold

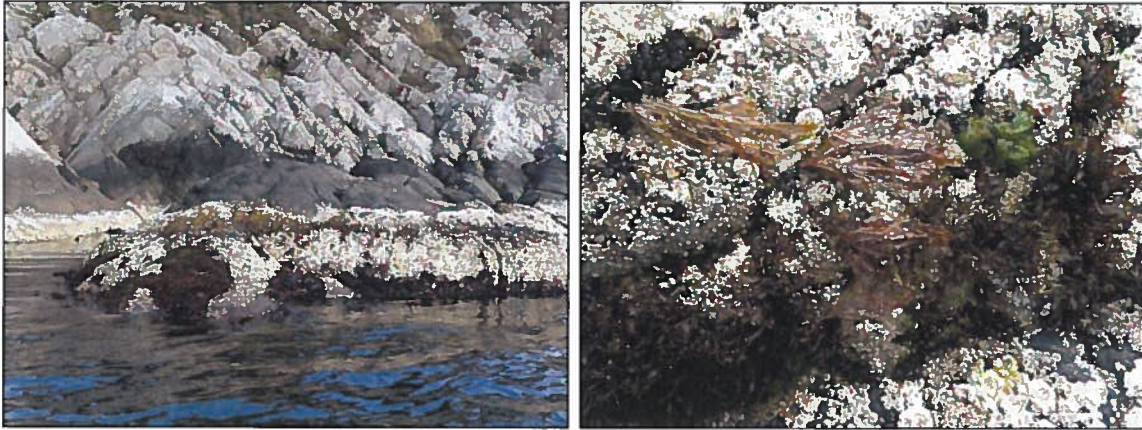
I litoralsonen og sublitoralsonen var det vanlige forekommende arter som er representative for distriktet. Artsmangfoldet vil bli mer skildret for de ulike stasjonene i Trosnavågen.

STASJON 1

Litoral

Litoralsonen på stasjon 1, i ytre del av Trosnavågen, består av naturtypene strandberg og fjæresonevannstrand som er moderat bratt og middels til sterkt eksponert. På lokaliteten var det et belte av lavarten marebek (*Verrucaria maura*) opp til minst 2 m ovenfor et rurbelte (figur 22). Rødalgen vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) var den mest dominerende algen som var til stede, etterfulgt av fjærehinne (*Porphyra umbilicalis*) og sagtang (*Fucus serratus*). Andre registrerte arter var røddokke (*Polysiphonia stricta*), penseldokke (*Polysiphonia brodiei*), silkegrønndusk (*Cladophora sericea*) og grønske (*Ulva sp.*). Det var noe spredt forekomster av spiraltang (*Fucus spiralis*) i øvre deler, samt kalkalgene vorterugl (*Lithothamnion cf. glaciale*), slettrugl (*Phymatolithon cf. lenormandii*) og krasing (*Corallina officinalis*) i nedre deler av litoralsonen.

Av fastsittende fauna dominerte fjærerur (*Semibalanus balanoides*) som dannet et ganske tett belte med en bredde på om lag 1–2 m, samt hyppige forekomster av albueskjell (*Patella vulgata*), unge blåskjellindivider (*Mytilus edulis*) og purpurnegl (*Nucella lapillus*). Amfipoder og tanglus ble registrert som til stede.



Figur 22. Oversiktbilde av arts og individmangfold fra litoralsonen ved stasjon 1. **Til venstre:** Dominerende fjærerurbelte i strandsonen med algevegetasjon som vorteflik, fjærehinne, og sagtang. **Til høyre:** Nærbilde av fjærerur, albuesnegl, blåskjell, fjærehinne og vorteflik. Foto: Mette Eilertsen.

Sublitoralt

I øvre deler av sublitoralen ble det registrert moderat bratt hardbunn med habitatbyggende algevegetasjon som butare (*Alaria esculentus*), fingertare (*Laminaria digitata*), sagtang, etterfulgt av stortare (*Laminaria hyperborea*). Stortare var den mest dominerende arten på lokaliteten. På stortare var det en del epifyttvekst av alger som eikeving (*Phycodrys rubens*), smalving (*Membranoptera alata*), søl (*Palmaria palmata*), rekelo (*Ceramium s. lat rubrum*) (figur 23). På fjell ble det registrert alger som kjøttblad (*Dilsea carnosa*), teinebusk (*Rhodomela convervoides*), rødlo (*Bonnemaisonia hamifera* (gametofytt), vanlig kjerringhår (*Desmarestia aculeata*), perlesli (*Pylaiella littoralis*), vorterugl, vanlig grønnsdusk (*Cladophora rupestris*), laksesnøre (*Chaetomorpha melagonium*), skolmetang (*Halidrys siliquosa*) og den introduserte arten japansk drivtang (*Saragassum muticum*). I Norsk svarteliste for fremmede arter er japansk drivtang under kategori "svært høy risiko" (Gederaas mfl. 2007). Arten er regnet for å ha høy risiko da den fortrenger andre arter som er naturlig tilhørende norsk flora.

Av dyreliv ble det registrert kolonisekkdyrene *Botryllus schlosseri* og *Botryllus leachii*, membranmosdyr (*Membranipora membranacea*) på tare, mosdyret (*Electra pilosa*) på epifytter og småalger, brødsvamp (*Halichondria panicea*), blomsterpolypp (*Tubularia indivisa*), bjellehydroider (*Obelia geniculata*) på tare og små anemoner på fjell som mest trolig er av arten sjønellik (*Metridium senile*).

Arter identifisert fra innsamlet materiale var blant annet grønalgene *Ulva cf. compressa*, silkegrønndusk og rødalgene havdun (*Aglaothamnion sepositum*) og pigget rekeklo (*Ceramium shuttleworthianum*).

STASJON 2

Litoral

Litoralsonen ved stasjon 2 består av naturtypene strandberg og fjæresone-vannstrand som er moderat bratt og var nokså lik stasjon 1 med hensyn på forekomster av arter, men noe mindre eksponert (figur 24). I øvre del av var det mer spredte forekomster av spiraltang og sagtang enn ved stasjon 1. Det var også noe mindre forekomster av fjærehinne (vedleggstabell 5).

Av fastsittende fauna dominerte fjærerur, som dannet et belte på mellom 1-1,5 m bredde. Arter som vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) og butt strandsnegl (*Littorina obtusata*) ble registrert i tillegg til purpurnegl. Noe mindre vorterugl og blåskjell i nederste del av litoralsonen i forhold til stasjon 1.



Figur 23. Bilder fra øverste del av sjøsonen i Trosnavågen på stasjon 1. Øverst t.v. Stortare med epifytten søl Øverst t.h. Fjellvegg i tareskogsbunn med algevegetasjon som vanlig grønndusk, laksesnøre og kalkalger. Nederst t.h. Butare, samt trådformede grønialger og brunialger. Foto: Mette Eilertsen.



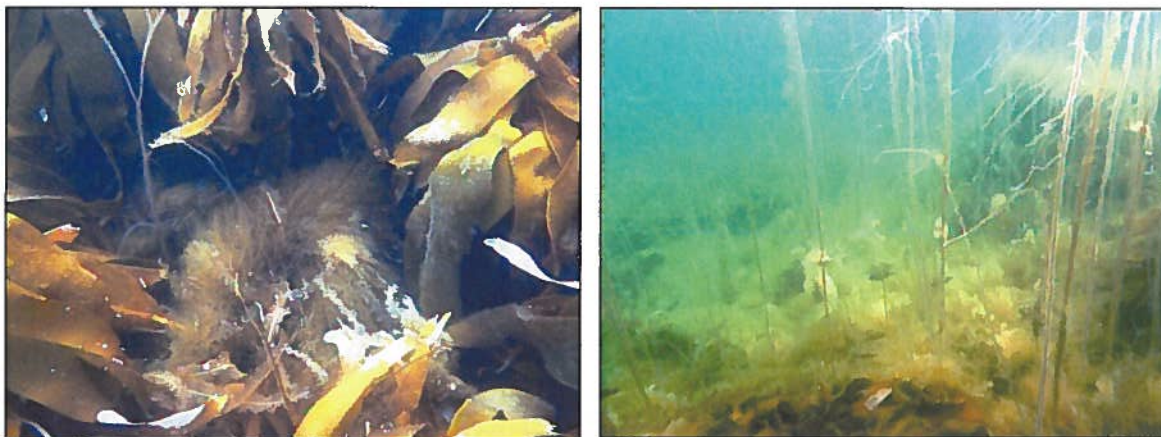
Figur 24. Oversiktsbilde av arts og individmangfold fra litoralsonen ved stasjon 2. Til høyre: Fjærerur med algevegetasjon som vorteflik, spiraltang, sagtang og fingertare. Til venstre: Fjærerurbelte og albuesnegl på berg, samt sparsom algevegetasjon. Foto: Mette Eilertsen.

Sublitoralt

Butare, fingertare og noe sagtang dominerer i øvre del av sjøsonen, etterfulgt av stortare. Det var noe mer forekomster av sukkertare (*Saccharina latissima*) og mindre stortare enn ved stasjon 1. I litt større avstand fra land var det mer innslag av trådformede alger som vanlig kjerringhår og maurtaum (*Chorda filum*). Det ble registrert mye små og trådformede alger som eikeving, teinebusk, smalving, fagerving (*Delesseria sanguina*) og rødlo (gametofyttstadiet) (figur 25). På bergvegg var det mye vorterugl og spredte forekomster av grønndusk.

Av fauna ble det registrert glatt kjeglesnegl (*Gibbula cineraria*), fjæresjørose (*Urticina eques*) og vanlig korstroll (*Asterias rubens*), ellers var det nokså likt arts mangfoldet som på stasjon 1 (vedleggstabell 5).

Arter identifisert fra innsamlet materiale var *Ulva cf. compressa*, silkegrønndusk, pigget rekeklo og tangdokke (*Polysiphonia fibrillosa*).



Figur 25. Bilder fra øverste del av sublitoralen på stasjon 2. Til venstre: Stortare, med kjerringhår i midten. Til høyre: Martaum, tarevegetasjon og trådformede alger. Foto: Mette Eilertsen.

STASJON 3

Litoral

Litoralsonen ved stasjon 3 består av naturtypene strandberg og fjæresone-vannstrand som er bratt og hadde generelt sparsomt med algevegetasjon. Det ble registrert spredte forekomster av kalkalgene vorterugl og krasing, samt litt trådformede alger som grønndusk, rekeklo (*Ceramium sp.*) og penseldokke i nedre deler av strandsonen (figur 26). Det er typisk mindre algevegetasjon på bratte og moderat eksponerte lokaliteter.

Av fauna var det vanlig forekommende arter i litoralsonen med et belte av fjærerur og albuesnegl på ca. 1 m bredde, samt en del blåskjell. Det var også hyppige forekomster av purpursnegl. Amfipoder og tanglus ble registrert som til stede.



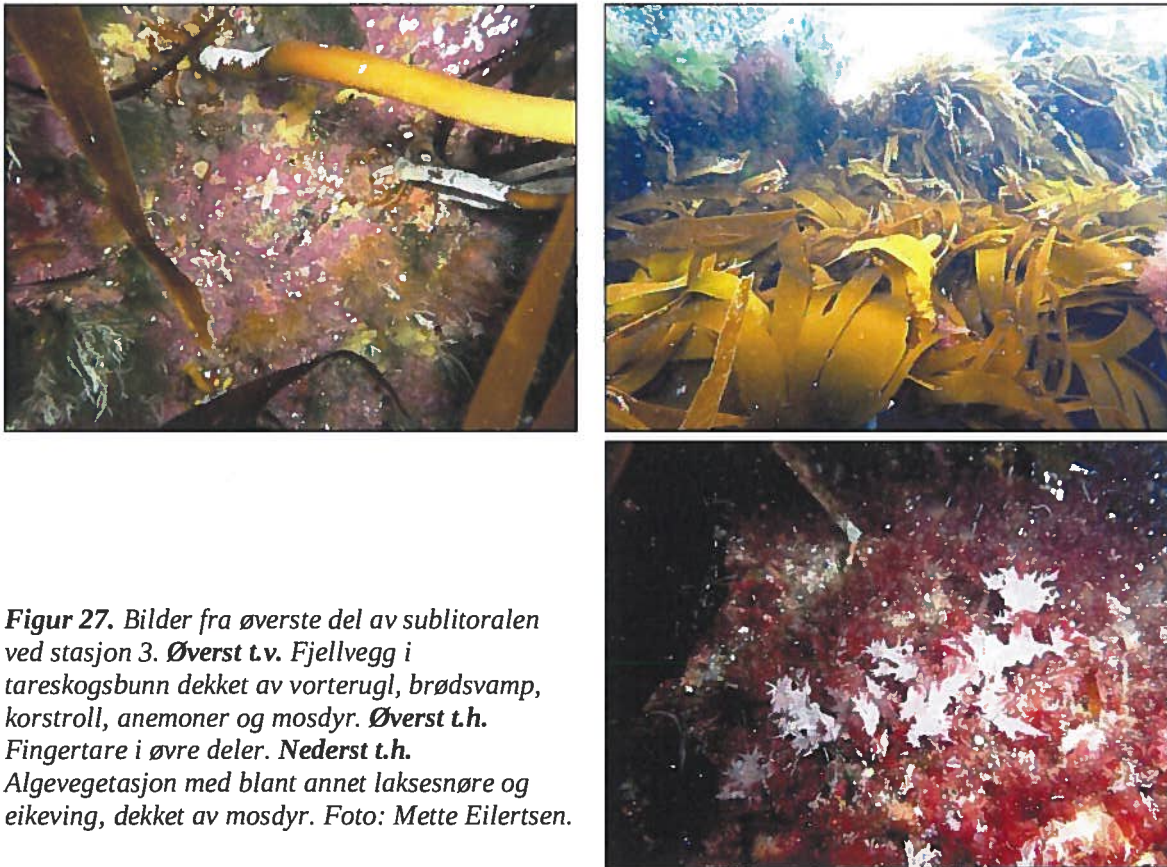
Figur 26. Oversiktsbilde av arts og individmangfold fra litoralsonen ved stasjon 3. **Til venstre:** Bratt fjellvegg med fjærerur. **Til høyre:** Fjærerur, små blåskjell og albuesnegl på berg med algevegetasjon som vanlig grønndusk, fjærehinne og grønnske. Foto: Mette Eilertsen.

Sublitoralt

I sublitoralen ble det registrert bratt fjell med spredte forekomster av butare, samt noe sagtang og tette forekomster av fingertare. Videre nedover var det forekomster av sukketare og stortare etterfulgt av steinblokker delvis eller fullstendig dekket av trådformede alger. Under taren ble det registrert vegetasjon bestående av eikeving, fagerving, tvebendel (*Dictyota dichotoma*), rødlo, grønndusk og søl (figur 27).

Av fauna var det vanlig forekommende arter som på stasjon 1 og 2. Arter som kan nevnes er bjellehydroide, brødsvamp, membranmosdyr og mosdyrene *Electra pilosa* og *Crisia eburnea*. Det ble og registrert flere individer av en anemone, som trolig er sjønellik (*Metridium cf. senile*).

Arter identifisert fra innsamlet materiale var japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*), butaretråd (*Litosiphon laminariae*), rødlo, laksesnøre, røddokke, mjukt kjerringehår (*Desmarestia viridis*) og hydroidene granpolypp (*Abietinaria abietina*) og tanghydroide (*Dynamena pumila*).



Figur 27. Bilder fra øverste del av sublitoralen ved stasjon 3. **Øverst t.v.** Fjellvegg i tareskogsbunn dekket av vorterugl, brødsvamp, korstroll, anemoner og mosdyr. **Øverst t.h.** Fingertare i øvre deler. **Nederst t.h.** Algevegetasjon med blant annet laksesnøre og eikeving, dekket av mosdyr. Foto: Mette Eilertsen.

STASJON 4

Litoral

Litoralsonen ved stasjon 4 er består av tidligere nevnte naturtyper i tillegg til naturtypen stein,- grus og sandstrand med moderat til slak helning. Lokaliteten er lite eksponert. (figur 28). Lavarten marebek dannet ett belte på opptil 1 m bredde. Grisatang (*Ascophyllum nodosum*) var den mest dominerende algevegetasjonen, med enkelte individer av spiraltang innimellom. Rødalgen fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*) dekker deler av berg og stein i deler av strandsonen. Det ble registrert

grisetangdokke (*Polysiphonia lanosa*) på grisetang, slettrugl, tarmgrønske (*Ulva intestinalis*) og krusflik (*Chondrus crispus*).

Av fauna var det vanlig forekommende arter i litoralsonen. Vanlig strandsnegl var den mest dominerende arten, etterfulgt av siksak hår (*Laomedea flexuosa*) på thallus av grisetang vendt inn mot berget. Det ble og registrert spredte forekomster av anemonen hesteaktine (*Acitina equina*) og posthornmark (*Spirorbis spirorbis*) på blant annet grisetangvegetasjon.



Figur 28. Oversiktsbilde av arts og individmangfold fra litoralsonen ved stasjon 4. **Til venstre:** Oversiktsbilde av litoralsonen dominert av grisetang på fjell og stein. **Til høyre:** Grisetang, vanlig strandsnegl og algeteppe av trådformede alger. Foto: Mette Eilertsen.

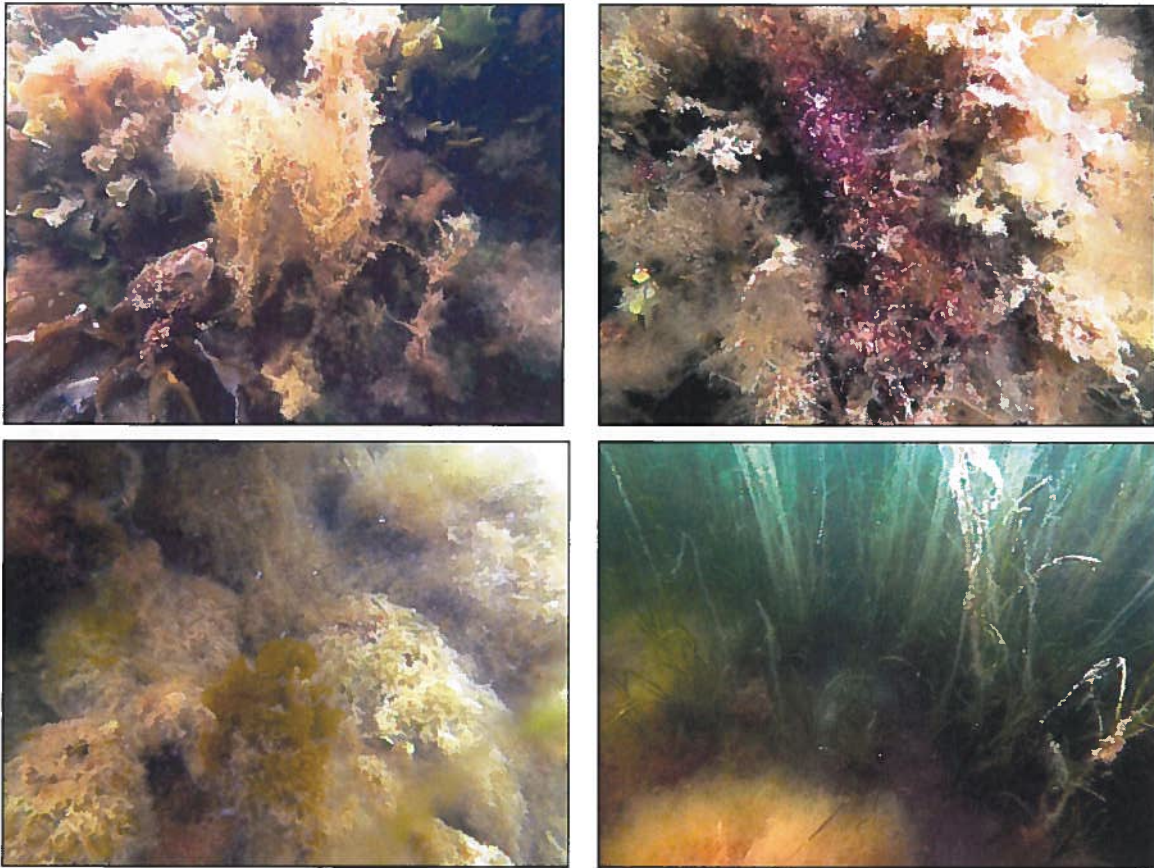
Sublitoralt

I øvre deler av sublitoralsonen ble det registrert fjell og steinblokker som omtrent var fullstendig dekket av trådformede alger (**figur 29**). Det var noe vanskelig å få oversikt over mangfoldet på grunn av de dominerende trådformede algene og det ble dermed tatt med en del materiale til nærmere artsbestemmelse.

Under den trådformede algevegetasjonen ble det registrert småalger som rødkluft (*Polyides rotundus*), stilkdokke (*Polysiphonia elongata*) og krusflik. Av større og habitatbyggende alger ble det registrert spredte forekomster av sukkertare og sagtang. Etter noen få meter nedover i vannsøylen ble det registrert sand/mudderbunn med ålegras (*Zostera marina*) og maurtaum. Andre forekommende arter som kan nevnes er krasing, japansk drivtang, bleiktuste (*Spermatochnus paradoxus*) og en del små og dominerende trådformede alger blant annet rekeklo (*Ceramium sp.*), krasing og krusflik. Oppå vannoverflaten fløt det algetepper.

Av fauna ble det registrert vanlige forekommende arter som membranmosdyr, *Electra pilosa*, *Crisia eburnea*, langhalssekkedyr (*Clavelina lepadiformis*) og posthornmark.

Arter identifisert fra innsamlet materiale var pepperalge (*Osmundea oederi*), rødkluft, kransrør (*Chylocladia vericillata*) og bred agaralge (*Gelidium spinosum*).



Figur 29. Bilder fra øverste del av sjøsonen i Trosnavågen 4. **Øverst t.v.** Algevegetasjon med blant annet japansk drivtang, sagtang, grisatang, bleiktuste og havsalat. **Øverst t.h.** Fjellvegg dekket av vorterugl, ulike trådformede alger og små individer av sjøpungen langhalssekkedyr. **Nederst t.v.** Annen fast eufotisk saltvannsbunn dekket av trådformede alger. **Nederst t.h.** Løse eufotisk saltvannsbunn med ålegressvegetasjon og maurtaum. Foto: Mette Eilertsen.

VURDERING AV TILSTAND

STATUS ETTER EUS VANNDIREKTIV

Sjøområdet utenfor Trosnavåg tilhører vannforekomsten Karmsundet sør (fjordkatalognummer 02.42.04.01.01) i Karmøysystemet. Resipienten kan klassifiseres som mindre følsomme iht. EUs avløpsdirektiv (Molvær m. fl. 2005) og er av typen *CNs3* = "beskyttet kyst/fjord" basert på følgende forhold:

- Økoregion Nordsjøen
- Polyhalin 18 – 30 ‰
- Moderat eksponert
- Delvis lagdelt
- Tidevann < 1 meter

Det er gode strøm- og vannutskiftingsforhold i området hvor utslippet er, og resultatene samlet sett tilsier at vannforekomsten etter all sannsynlighet vil ha "høy økologisk status", der påvirkningen fra utslippet heller ikke er synlig i nærsonen rundt utslippet ytterst i Trosnavågen selv på et tidspunkt av året hvor produksjonen i anlegget normalt er høy.

Biologiske forhold:

- Bløtbunnsfauna er tydelig påvirket på stasjon C1, nær utslippet. Tilstandsklasse V= "svært dårlig".
- Bløtbunnsfauna tilsvarte tilstandsklasse I= "meget god" i Trosnavågen nær det tidligere utslippet (stasjon C3) og tilsvarte tilstandsklasse II/I= "god"/"meget god" ved det dypeste i Karmsundet (stasjon C2).
- Siktedypet tilsvarte tilstandsklasse I = "meget god" alle tre stedene.
- Kartlegging av hardbunnsflora og fauna viste til gode forhold i ytre deler av Trosnavågen og til eutrofierende forhold i indre deler av Trosnavågen. Eutrofierende forhold var mest tydelig sublitoralt.

Kjemiske forhold:

- Omsetning i sedimentene er god og alle målte forhold tilsvarte beste klasse 1 (NS 9410:2007).
- TOC i sediment tilsvarende SFTs miljøtilstand III= "mindre god".

Fysiske forhold:

- God oksygenmetning til bunns i Trosnavågen og i Karmsundet, SFT tilstand I = "meget god",
- Lite omfattende fysiske inngrep i dette sjøområdet.

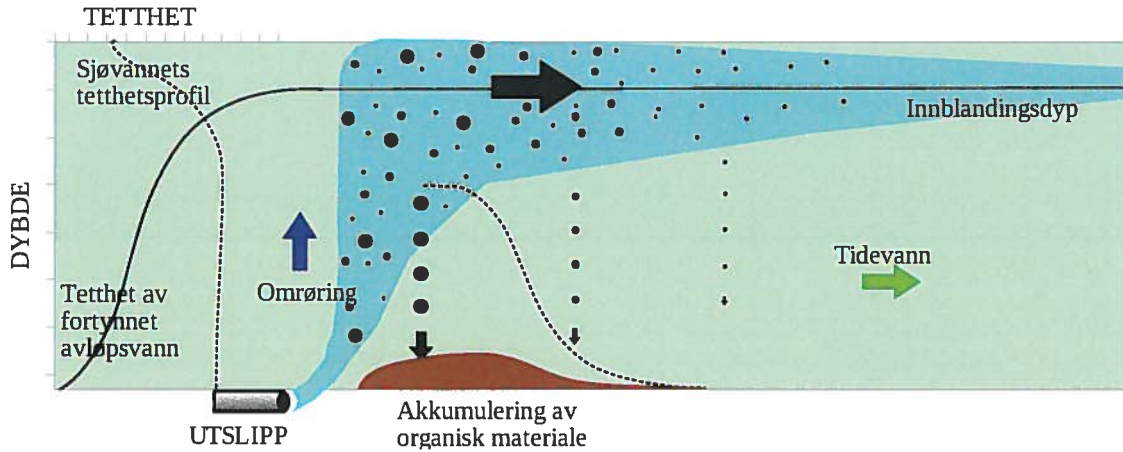
OM UTSLIPPET

Utslppsledningene fra Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg ligger på 36 m dyp ytterst i Trosnavågen, og dette er i tråd med gjeldende utslippstillatelse fra Fylkesmannen i Rogaland.

På grunn av de så pass dype utslippspunktene og de gode strømforholdene utenfor, vil det ved ordinær drift aldri være gjennomslag til overflaten. Utslippsvannet er lettere enn det omkringliggende sjøvannet, og blandes inn til sitt innlagringsdyp før det spres, fortynnes og transporteres bort og utover i Karmsundet via strømmen rundt utslippet, som for det meste er generert av tidevannsstrømmen og kyststrømmen utenfor. På denne måten vil de finpartikulære tilførselene spres effektivt vekk fra utslippstedet (figur 30).

Bare de største partiklene vil sedimentere helt lokalt ved selve utslippet, men siden utslippet har krav om henholdsvis 50 % og 20 % rensing av suspendert stoff (SS) og organisk stoff (BOF₅), vil mye av de største partiklene allerede være filtrert fra før avløpsvannet slippes ut i Trosnavågen. Det er vanlig å observere en svært avgrenset punktbelastning i forbindelse med slike utslipp dersom utslippet skjer på

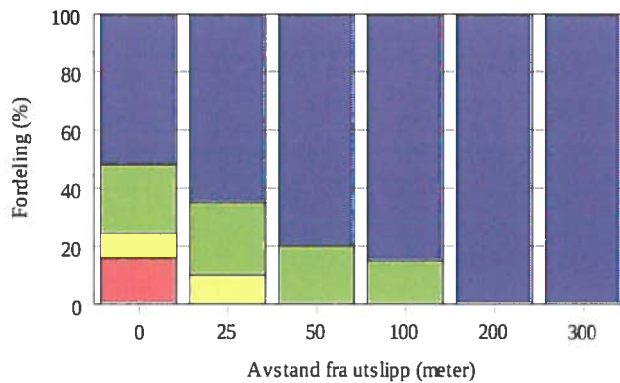
dybder med relativt god vannutskifting og gode nedbrytingsforhold, men her er det så gode strøm- og vannutskiftingsforhold at en heller ikke fant noen synlige spor fra utslippet i dets umiddelbare nærhet. Der vil naturlig nedbryting kunne holde tritt med tilførslene dersom det er god tilgang på oksygen ved tilførsel av friskt vann over sedimentet, slik som i Trosnavågen. Undersøkelser fra en rekke tilsvarende utslipp av denne type viser derfor at det kun er mulig å spore miljøeffekter i den umiddelbare nærhet av selve utslippet.



Figur 30. Prinsippsskisse for primærfortynningsfasen av innblanding av et ferskvannsutslipp i en sjøresipient, uten gjennomslag til overflaten og kun lokal sedimentering av organiske tilførsler i resipientens umiddelbare nærhet til utslippspunktet. Utslippet får økt sin tetthet ettersom det lettere ferskvannet stiger opp og blandes med sjøvannet (heltrukken linje og lyseblått).

Rådgivende Biologer AS har gjennomført undersøkelser ved avløp fra over 50 settefiskanlegg og kommunale avløp fra kloakk langs kysten. Der er benyttet NS 9410:2007-metodikk med en 0,025 m² stor grabb, og prøver er tatt i økende avstand fra eksisterende utslipp. Da får en et bilde på utbredelsen av miljøvirkningen på bunnen, der selv store utslipp sjelden har noen betydelig miljøvirkning mer enn 50 meter unna selve utslippspunktet (**figur 31**).

Figur 31. Sammenstilling av resultater fra Rådgivende Biologer AS undersøkelser ved utslipp til sjø fra over 50 settefiskanlegg og kommunale avløp, der det er benyttet MOM-B / NS 9410:2007-metodikk med grabbhogg i økende avstand fra selve utslippspunktet. Fargene er i henhold til NS 9410:2007: Blå = "meget god", grønn = "god", gul = "dårlig" og rød = "meget dårlig".



INNLAGRING, SPREDNING OG FORTYNNING.

I utslippstillatelsen fra Fylkesmannen i Rogaland kreves det at avløpsvannet fra anlegget skal føres i sjøen utenfor Trosnavåg på minst 36 m dyp ved middel vannstand i strømførende sjø. Det er utført modellering av innlagring, spredning og fortykning av utslippet på 36 m dyp ved maksimal (15 m³/min) og middel vannføring (7,5 m³/min) i et avløp på 630 mm PEH og middel strømhastighet for en måneds måleperiode om sommeren. Modelleringen viser at avløpsvannet (plumen) i en sommersituasjon innlagres på henholdsvis 10 og 12,7 m dyp ved maksimal og middel vannbruk, og at

avløpsvannet vil være fortennet henholdsvis vel 50 og 61 ganger når det innlagres på sine respektive dyp. En km fra utslippet vil avløpsvannet vil være fortennet henholdsvis vel 232 og 292 ganger.

Dette innebærer at næringssaltnivået i utslippsvannet allerede på innlagringadypet er kraftig fortennet, og at det i relativt kort avstand fra utslippet fortennes til sitt bakgrunnsnivå. Eventuelle partikler som følger med i strålebanen oppover i vannsøylen vil drive bort med vannstrømmen, spredes og sedimenterer til bunns fra avløpets nærområde og videre utover i resipienten.

HYDROGRAFI

Trosnavågen har en kystnær plassering og en god vannforbindelse ut mot det dype og brede Karmsundet. Her er det meget god vannutskiftings til bunns grunnet den gode og dype forbindelsen med Boknafjorden i sør, som heller ikke har noen definert terskel i munningen mot vest. Dette sikrer at det året gjennom vil være gode oksygenforhold i Trosnavågen og i Karmsundet.

Hydrografiprofilene viste at det var svært gode oksygenforhold ned til bunns på samtlige stasjoner i Trosnavågen og i Karmsundet. Disse forholdene sikrer gode nedbrytingsforhold for organiske tilførsler rundt utslippsstedet og utover i resipienten Karmsundet der det vil foregår normal nedbryting i oksygenrike vannmasser og sedimenter året rundt.

STRØMMÅLINGER

Strømmålingene viste at det var en jevn og stabil strøm i hele vannsøylen fra overflaten og ned til bunnen rundt utslippspunktet. Strømmen rant mer eller mindre kontinuerlig på de ulike måledyp der det var få og relativt korte perioder med strømstille, noe som nok henger sammen med påvirkningen fra kyststrømmen. Strømretningen var noe variabel på det ulike dyp, men med en dominans av søroverrettet strøm og vanntransport på alle dyp. Strømmen var svak på 2 m dyp, men sterk på 15 og 30 m dyp. Disse målingene tilsvarer det som en kan forvente siden målingene er utført ytterst i en våg som er lukket for gjennomstrømming innover, men som ligger ut mot åpne og friske vannmasser som passerer gjennom Karmsundet. Strømforholdene er likevel tilstrekkelige til å bidra til en meget god spredning og fortykning av avløpsvannet. Resultatene av resipientundersøkelsen viser også at strømforholdene er tilstrekkelige til å sikre en god spredning av organisk materiale fra anlegget, der det ikke var synlige spor fra oppdrettsvirksomheten utenfor utslippet I oksygenrike vannmasser året rundt kan en forvente en effektiv og god omsetning av organisk materiale fra avløpets nærområde og utover i resipienten.

SEDIMENTKVALITET

Det var lite sedimenterende forhold på prøvestedene i Trosnavågen og i Karmsundet. Sedimentet var alle tre stedene grovkornet og med en lav andel silt og leire, noe som indikerer gode strøm- og utskiftingsforhold ved bunnen i sjøområdene ved og utenfor utslippet. Andelen pellitt (silt og leire) var henholdsvis 4,9 og 16,2 % på stasjon C1 ved utslippet og C3 inne i Trosnavågen ved det gamle utslippstedet. På stasjon C2 i Karmsundet var andelen silt og leire 19,7 %. Tørrstoffinnholdet var jevnt over høyt på stasjonene C1 – C3, noe som skyldes at prøvene inneholdt mest mineralsk materiale i form av primærsediment og mindre organisk materiale.

Dette vises også ved et lavt glødetap i sedimentet på samtlige stasjoner med verdier under 5 %. Glødetapet angir mengden organisk stoff som forsvinner ut som CO₂ når sedimentprøven glødes, og er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet. En regner med at det vanligvis er 10 % eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Det lave glødetapet indikerer gode nedbrytingsforhold for organiske tilførsler i sediment på samtlige steder.

Innholdet av (normalisert) TOC lå mellom 27,2 og 28,1 mg C/g på samtlige stasjoner i Trosnavågen og i Karmsundet. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse III = "mindre god" for disse stasjonene. Disse resultatene tillegges ikke spesiell vekt da alle andre resultater indikerer at resipienten Trosnavågen – Karmsundet fungerer meget godt og er lite påvirket av dagens utslipp.

SFTs tilstandsklassifisering for organisk innhold i sedimentene er imidlertid ikke uten videre egnet til formålet. Det er vanskelig å forklare at sedimentkvaliteten skal være "mindre god" når de øvrige undersøkte parametre for sedimentkvalitet og dyr også er "meget gode", slik som f. eks på stasjon C2 i Karsundet og C3 inne i Trosnavågen. Bassenger og fjorder med lokal beskyttelse på Vestlandet har ofte et høyt organisk innhold (Moy m. fl. 1996). Sedimentene blir karakterisert som dårligere enn det de egentlig er. I undersøkelser fra andre områder har det gjentatte ganger blitt funnet at karakteristikken for sedimentene er dårligere enn for fauna (Kroglund m. fl. 1998). Dette samsvarer også med mange av våre resipientundersøkelser. Kvalitetskriteriene med hensyn på TOC er mer et uttrykk for mengden av organiske komponenter i miljøet, enn en generell miljøtilstand. Faunaen representerer et bedre mål for miljøtilstand i og med at artene må være tilpasset miljøet der de lever. Artsmangfoldet er en grunnleggende parameter, men for sikker karakteristik må også artssammensetning og innslag av karakterarter vurderes.

Sedimentet på alle tre stasjonene hadde normale pH-verdier med elektrodepotensial tilsvarende friske og oksygenrike forhold ved bunnen, klassifisert til beste tilstandsklasse I = "meget god" i henhold til NS 9410:2007. Dette gjaldt også alle parallellene. Totalt sett er nedbrytingsforholdene meget gode, med god tilgang på oksygen alle stedene.

Det ble målt en relativt lav konsentrasjon av nitrogen på samtlige stasjoner med nivåer under 0,5 g N/kg tilsvarende SFTs' tilstandsklasse I = "god" (SFT 1993). Ved gode nedbrytingsforhold er innholdet av fosfor omtrent det samme eller en del lavere enn innholdet av nitrogen, og resultatene samsvarer godt med dette på samtlige stasjoner i Trosnavågen og Karmsundet. Høyest nivå ble naturlig nok målt like vest for utslippet.

Ved resipientundersøkelsen i 2007 og 2008 ble sedimentet undersøkt for en rekke parametre (Børshheim 2008), og en har i **tabell 19** sammenlignet disse resultatene fra to av stasjonene med denne undersøkelsen.

For de parametrene som er direkte sammenlignbare mellom undersøkelsene, ser en at andelen leire og silt var omtrent det samme ved begge undersøkelsene på stasjon C1 like utenfor utslippet. På stasjon C3 ved det gamle utslippet i Trosnavågen var andelen silt og leire rundt 10 % lavere ved undersøkelsen i 2012. Dette kan imidlertid bero litt på tilfeldigheter ved prøvetakingen mellom undersøkelsene og viser uansett at en har lite sedimenterende forhold på dette stedet i Trosnavågen.

På stasjon C1 var glødetapet omtrent det samme i 2007 og 2012, mens glødetapet på stasjon C3 i 2012 var nesten 3 % lavere enn i 2008. Dette kan ha sammenheng med reduserte utslipp her da det gamle utslippet ble avvirket sommeren 2006 og lagt ut ytterst i Trosnavågen. Dette kan også forklares med tilfeldigheter ved prøvetakingen, og glødetapsnivået målt i 2008 var fortsatt lavt og indikerte gode nedbrytingsforhold her.

Tabell 19. Sammenligning av sedimentkvalitet på to sammenfallende steder i Trosnavågen ved de to undersøkelsene i 2007/2008 og 2012. Undersøkelsen i 2008 ble utført av FOMAS AS. Stasjon A1+A2 fra 2007 er den samme som vår stasjon C1. Stasjon C1+C2 fra 2008 er den samme som vår stasjon C3.

Forhold	Enhet	A1 + A2	C1	C1 + C2	C3
		2007	2012	2008	2012
Leire og silt	%	3,7	4,9	26,3	16,2
Sand	%	-	82,0	-	82,8
Grus	%	-	3,1	-	1,0
Glødetap	%	3,9	3,43	5,7	2,83
TOC	mg/g	15,6*	10,1	22,8*	13,0
Normalisert TOC	mg/g	32,9	27,2	36,1	28,1
Nitrogen	%	0,034	<0,05	0,11	<0,05
Fosfor	%	-	0,11	-	0,066

TOC er beregnet (0,4 glødetap)

Verdiene for TOC var lavere i 2012 enn i 2008, men resultatene er ikke uten videre sammelignbare da TOC innholdet i sedimentet i 2008 ble beregnet, mens TOC-innholdet i 2012 ble analysert direkte.

En MOM B-undersøkelse utført på fire stasjoner i en avstand fra 0 – 40 m fra avløpet viste at det er lite akkumulerende forhold i forbindelse med organiske utslipp fra anlegget. Bunnsubstratet utenfor avløpet bestod av hard fjell- og steinbunn der en innimellom fikk opp litt skjellsand. Det var ingen av stasjonene som var synlig påvirket av utslippene. Alle stasjonene var lite påvirket av utslippet og havnet i tilstandsklasse 1= ”meget god”. Lokaliteten ble samlet karakterisert til MOM B-tilstandsklasse 1= ”meget god” på bunnen i en avstand på 0 – 40 m fra avløpet.

Alle disse resultatene indikerer at det er gode nedbrytingsforhold i Trosnavågen med dagens utslippsarrangement og drift ved anlegget. Dette skyldes at Trosnavågen har gode strømforhold utenfor utslippet, noe som gir god spredning av avløpsvannet og god sirkulasjon og utskifting av vannmasser der sedimentene kontinuerlig blir tilført oksygenrike vannmasser, som muliggjør effektiv omsetning av tilført organisk materiale.

MARINT BIOLOGISK MANGFOLD

MARIN BLØTBUNNSFAUNA

På stasjonen Trosnavågen C1, i nærheten ca 30 meter fra utslippet, ble det funnet vel 12000 individer fordelt på 10 arter. Fra samtlige diversitetsindekser va tilstanden tilsvarende SFTs tilstandsklasse V = ”meget dårlig”. Verdiene for artsindeksen viste også til moderate/dårlige forhold hos bunnfaunaen. Generelt får en lav verdi av artsindeksen der faunaen har et høyt innslag av forurensningstolerante arter. Dyresamfunnet var artsfattig og den svært forurensningstolerante flerbørstemakken *Capitella capitata* var den mest dominerende arten med 95,6 % av individantallet. Den forurensningstolerante bunnfaunaen som opptrer på stasjon C1 er et resultat av de organiske tilførselene fra settefiskanlegget, men det faktum at det likevel er svært høy tetthet av bunnfauna viser at det er høy nedbrytingsaktivitet av organisk materiale i sedimentene, og at tilførselene ikke er høyere enn at de tilstedeværende dyrene på en god og effektiv måte håndterer disse. Den gode vannutskiftningen og oksygenforholdene innerst i Trosnavågen er et viktig bidrag til at en slik bunnfauna kan eksistere under slike naturgitte og menneskeskapte forhold.

På stasjonen Karmsundet C2, ca 750 meter fra utslippet, ble det funnet 442 individer fordelt på 46 arter. Dyresamfunnet var relativt artsrikt, og diversiteten for samtlige indekser tilsvarte SFT's tilstandsklasse II= ”god”. Verdier for artsindeks viste også god kvalitet på dyresamfunnet. De hyppigst

forekommende artene, dvs flerbørstemakkene *Paramphinome jeffreysi* og slekten *Aphelochaeta* bidrog med til sammen 48 % av artssammensetningen, men er ikke spesielt forurensingsstolerante arter.

På stasjonen Trosnavågen C3, i fjernsonen rundt 400 meter fra utslippet, funnet 1014 individer fordelt på 68 arter. Dyresamfunnet var artsrikt og samtlige diversitetsindeksene tilsvarte SFT's tilstandsklasse I = "meget god". Verdier for artsindeks viste også god kvalitet på dyresamfunnet. De hyppigst forekommende artene, dvs flerbørstemakkene *Myriochele oculata* og *Owenia fusiformis* bidrog med til sammen 33 % av artssammensetningen, og assosieres med upåvirkete forhold, men sistnevnte art kan øke sine antall noe ved moderat forurensningsbelastning.

Det er gjort en sammenligning av bunndyr fra denne undersøkelsen med en tidligere resipientundersøkelse fra mai 2008 utført av Fiskehelse og Miljø AS (Børsheim 2008). Stasjonen A1 + A2 ble tatt på samme sted som vår stasjon C1 rundt 30 meter fra avløpet. Det nye avløpet hadde da vært i drift siden juli 2007, og produksjonen kan estimeres til rundt 125 tonn i perioden fra det nye avløpet ble lagt ut til tidspunktet for resipientundersøkelsen (jf. **tabell 1**). Det ble funnet vel 3000 individer fordelt på 62 arter, og diversiteten ble beregnet til 1,87 tilsvarende tilstandsklasse IV= "dårlig" (**tabell 20**). Ved undersøkelsen i juni 2012 var individantallet rundt 4 ganger høyere, det ble funnet kun 10 arter, og diversiteten var svært lav, tilsvarende tilstandsklasse V= "meget dårlig". Produksjonen i anlegget var også vel dobbelt så høy ved denne resipientundersøkelsen.

Det kan da se ut som at det har skjedd en "forverring" av miljøforholdene ved utslippet med hensyn på diversitet, men da må det poengteres at dette resultatet reflekterer situasjonen i nærsoneen rundt utslippet og kommer som et resultat av økte utslipp. Det en ser er en dose-respons effekt der dyrene responderer helt naturlig på de økte utslippene ved at flere forurensingstolerante individer forsyner seg av matfattet. Forurensingsømfintlige indekser er heller ikke egnet til å angi korrekt miljøtilstand nær en utslippskilde. Alle øvrige målte parametre viser da også lite påvirkete forhold rundt selve utslippet, og ingen av grabbene i MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet var synlig påvirket av utslippet. Utslippet ligger også ut mot eksponerte områder med meget god vannutskifting der skjellsandbunn rundt utslippet tilsier høy omsetningsevne for organisk materiale.

Tabell 20. En sammenligning av foreliggende bunndyrsdata fra undersøkelsene i 2007/2008 og 2012 i Trosnavågen.

Stasjon	A1 + A2	C1	C1 + C2	C3
	2007	2012	2008	2012
Artsantall	62	10	67	68
Individantall	3042	12147	643	1014
Jevnhet	0,32	0,03	0,73	0,72
Diversitet, H'	1,87	0,11	4,40	4,37
MOM C vurdering (NS9410:2007)	1	2	1	1

På stasjonen C1+C2 ble det i 2008 funnet 643 individer fordelt på 67 arter, og diversiteten ble beregnet til 4,40 tilsvarende tilstandsklasse I= "meget god" (**tabell 20**). Dette resultatet framkom rundt 10 måneder etter at utslippet ble flyttet fra dette stedet og ut til ytre del av Trosnavågen. Ved undersøkelsen i juni 2012 var individantallet noe høyere, men det ble funnet omtrent samme artsantall (68), og diversiteten var omtrent den samme, dvs 4,37 (tilstandsklasse I= "meget god"). Skjellet *Thyasira flexuosa* var den mest individrike arten i 2008, med 25 % av individantallet, men denne arten i 2012 utgjorde ca 8 % av individantallet. Denne arten er ofte assosiert med gode til moderat belastede forhold. Miljøforholdene for bløtbunnfaunaen ved det gamle utslippstedet i Trosnavågen ser ut til å være lite endret mellom de to undersøkelsene og tilsvarer gode miljøforhold.

MARIN HARDBUNNSFLORA OG FAUNA

Indre deler av Trosnavågen er lite eksponert og er fra naturen sin side et naturlig produktivt system da den er preget av tilførsler av organisk materiale og ferskvann fra Gunnarstadvatnet, i tillegg til at det er en del landbruk i nærområdet som bidrar med organiske tilførsler. Kartleggingen fra den innerste stasjonen i øvre deler av sublitoralen gav tydelig inntrykk av eutrofierende forhold, hvor trådformede alger dominerte. Det kan ikke knyttes kun til utslipp av organiske tilførsler fra settefiskanlegget, men det vil være en medvirkende faktor. I og med at utslippet ligger ganske langt ut i Trosnavågen er det lite trolig at utslippet har stor påvirkning på forholdene i indre deler, dette fordi det er gode strøm og utskiftingsforhold i ytre deler som vil sørge for en høy fortynning av organiske tilførsler fra utslippet. Trolig er de eutrofierende forholdene i indre deler av Trosnavågen et resultat av hovedsakelig naturlige tilførsler og tilførsler fra landbruk. Men en vil ikke utelukke at utslippet bidrar til de eutrofierende forholdene i indre deler av Trosnavågen.

Kartleggingen fra ytre deler av Trosnavågen viser til en generelt "sunn og frisk" algevegetasjon, med dominans av habitatbyggende tare og tang. Algetepper i litoralsonen ved innerste stasjon var den eneste lokaliteten som gav inntrykk av næringsrike forhold i litoralsonen. Ytre deler var preget av generelt lite vegetasjon og dominerende rurbelte, som er vanlig i litoralsoner som ligger eksponert til.

Dersom en sammenligner bilder og beskrivelser fra undersøkelsen i 2008 er det ingen tydelige tegn på endringer i litoralsonen eller øvre deler av sublitoralsonen. Det er imidlertid et vanskelig sammenligningsgrunnlag da undersøkelsene i 2008 var mindre detaljert enn ved undersøkelsene i 2012. En kan dermed ikke si med sikkerhet at det har eller ikke har skjedd en endring siden 2008. Ut i fra de bildene som er presentert fra 2008 var det også en del til mye trådformede alger i indre del av Trosnavågen i øvre del av sublitoralen.

KONKLUSJON

De foretatte undersøkelsene og tolkningene av resultatene spriker noe med hensyn på de ulike metoder, indekser og klassifiseringer som benyttes. Undersøkelser av hardbunnsflora og fauna og MOM-C metodikk benyttes for å beskrive miljøtilstanden i et sjøområde, mens MOM-B metodikk benyttes for å beskrive miljøtilstanden ved selve belastningens kilde (oppdrettslokalitet), og for å avgrense hvor stort område som påvirkes. Det er ulik følsomhet på de indekser som benyttes for å beskrive bløtbunnsfauna ved den ene eller andre tilnærmingen, og strengt tatt kan en si at stasjonen C1 egentlig er tatt i influensområdet til utslippet (overgangssonen) og ikke i resipienten (fjernsonen) der en likevel har benyttet følsomme diversitetsindekser til å beskrive kvaliteten på bløtbunnsfaunaen.

De undersøkte sjøområdene i vannforekomsten Karmsundet har trolig "høy økologisk status" i henhold til EUs vannrammedirektiv, der det heller ikke er noen synlig lokal påvirkning i området like ved utslippet fra oppdrettsanlegget. MOM-B undersøkelsen viste tilstand 1= "meget god" for alle enkeltgrabber og lokaliteten samlet. I prøvene fra ytterst i og utenfor Trosnavågen var forholdene "dårlige" med hensyn på faunasammensetningen, noe som utelukkende skyldes organiske tilførsler og nærheten til utslippet og ikke dårlige miljøforhold i seg selv. Ute i Karmsundet og inne i Trosnavågen var det gode forhold for bløtbunnsfaunaen og lite påvirkete miljøforhold. Kartlegging av hardbunnsflora og fauna viser at det er "sunt og friskt" i ytre deler av Trosnavågen, men eutrofierende forhold i indre deler. Dette er trolig forårsaket av flere faktorer herunder organiske tilførsler fra Gunnarstadvatnet og nærliggende landbruk. Det er lite trolig at dagens utslipp til settefiskanlegget har noen betydning for de eutrofierende forholdene i indre deler av Trosnavågen siden avløpet ligger helt ytterst i Trosnavågen hvor det er meget gode utskiftingsforhold.

Det er foretatt noenlunde tilsvarende undersøkelser i Trosnavågen i 2008. Resultatene viser at Trosnavågen i 2012 ikke synes mer påvirket av oppdrettsaktiviteten selv med mer enn en dobling av produksjonen siden 2008. Sjøområdet utenfor Trosnavågen framstår som tilnærmet upåvirket av oppdrettsaktiviteten og ligger nær opp til naturtilstanden i området.

REFERANSER

- BOTNEN, H., E. HEGGØY, P.J. JOHANNESSEN, P-O. JOHANSEN, G. VASSENDEN 2007.**
Miljøovervåking av olje og gassfelt i Region II i 2006.
UNIFOB- Seksjon for anvendt miljøforskning. Bergen, mars 2007. 72s.
- BØRSHEIM, K. 2008.**
Miljøundersøkelse for resipienten "Trosnavågen" -Bokn kommune-
FOMAS AS, rapport 141,41 sider.
- DIREKTORATET FOR NATURFORVALTNING 2001.**
Kartlegging av marint biologisk mangfold.
Håndbok 19-2001 revidert 2007, 51 sider.
- DIREKTORATGRUPPA VANNDIREKTIVET 2009.**
Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- FREMSTAD, E. & MOEN, A. (red.). 2001.**
Truete vegetasjonstyper i Norge.
NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. bot. Ser. 2001-4: 1-231.
- FRICK, W.E., ROBERTS, P.J.W., DAVIS, L.R., KEYES, J, BAUMGARTNER, D.J. AND GEORGE, K.P., 2001.**
Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes).
Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia.
- GADE, H & T. FUREVIK 1994.**
Hydrografi og strøm
Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen,,34 sider
Delrapport i Lie, U. & T. Magnesen (red):
Riksvegsamband Sveio-Stord-Bømlo: Konsekvenser for det marine miljø.
- GEDERAAS, L., I. SALVESEN & Å. VIKEN (red.) 2007.**
Norsk svarteliste 2007 – Økologiske risikovurderinger av fremmede arter.
Artsdatabanken, Norway.
- GOLMEN, L. G. & E. NYGAARD 1997.**
Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø.
NIVA-rapport 3709, 58 sider, ISBN 82-577-3275-3
- GOLMEN, L. G. & A. SUNDFJORD 1999.**
Strøm på havbrukslokaliteter.
NIVA-rapport 4133, 33 sider, ISBN 82-577-3743-7
- GRAY, J.S. & F.B MIRZA 1979.**
A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities.
Marine Pollution Bulletin 10: 142-146.
- HALVORSEN, R. 2009.**
Naturtyper i Norge. Artsdatabanken. Versjon 1.1.
- HANSEN, P.K., A. ERVIK, J. AURE, P. JOHANNESSEN, T. JAHNSEN, A. STIGEBRANDT & M. SCHAANNING 1997.**
MOM - Konsept og revidert utgave av overvåkningsprogrammet. 1997
Fisken og Havet nr 5, 55 sider.

- HUSA, V., H. STEEN & P.A. ÅSEN 2007.**
Hvordan vil makroalgesamfunnene langs Norskekysten påvirkes av økt sjøtemperatur.
Kyst og havbruk 2007, side 23-27.
- KROGLUND, T., E. DAHL & E. OUG 1998.**
Miljøtilstanden i Risørs kystområder før igangsetting av nytt renseanlegg. Oksygenforhold,
hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna
NIVA-rapport 3908, 58 sider
- KUTTI, T., P.K. HANSEN, A. ERVIK, T. HØISÆTER, P. JOHANNESSEN 2007.**
Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns
in infauna community composition.
Aquaculture 262, 355-366.
- LINDGAARD, A. & S. HENRIKSEN (red.) 2011.**
Norsk rødliste for naturtyper 2011. Artsdatabanken, Trondheim.
- MAGGS, C.A. & M.H. HOMMERSAND 1993.**
Seaweeds of the British Isles. Vol. 1. Rhodophyta, Part 3A Ceramiales. London.
- MOLVÆR, J., J. KNUTZEN, J. MAGNUSSON, B. RYGG, J. SKEI & J. SØRENSEN 1997.**
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.
SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997, 36 sider. ISBN 82-7655-367-2.
- MOLVÆR, J., R. VELVIN, I. BERG, T. FINNELAND & J.L. BRATLI 2005.**
Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. EUs avløpsdirektiv Versjon 3 - oppdatert i 2005
SFT rapport TA-1890/2005, ISBN 82-7655-459-8, 54 sider
- MOY, F.E., S. FREDRIKSEN, J. GJØSÆTER, S. HJOLMAN, T. JACOBSEN, T. JOHANNESSEN, T.E. LEIN, E. OUG & Ø.F. TVEDTEN 1996.**
Utredning om benthos-samfunnene på kyststrekningen Fulehuk - Stadt.
NIVA-rapport 3551, 84 sider
- MOY, F., T. BEKKEBY, S. COCHRANE, E. RINDE & B. VOEGELE 2003.**
Typifisering av norske marine vannforekomster. System for å beskrive økologisk naturtilstand.
Forslag til referansenettverk. *NIVA-rapport 4731, ISBN 82-577-4403-4, 90 sider*
- MOY, F., H. CHRISTIE, E. ALVE & H. STEEN 2008.**
Statusrapport nr 3 fra Sukkertareprosjektet.
SFT-rapport TA-2398/2008, 77 sider.
- NORSK STANDARD NS 9410:2007:**
Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
Standard Norge, 23 sider.
- NORSK STANDARD NS-EN ISO 19493:2007**
Vannundersøkelse - Veiledning for marinbiologisk undersøkelse av litoral og sublitoral hard bunn
Standard Norge, 21 sider
- NORSK STANDARD NS-EN ISO 5667-19:2004**
Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder
Standard Norge, 14 sider
- NORSK STANDARD NS-EN ISO 16665:2005**
Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin
bløtbunnsfauna
Standard Norge, 21 sider

PEARSON, T.H. & R. ROSENBERG 1978.

Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.
Oceanography and Marine Biology Annual Review 16: 229-311

PEARSON, T.H. 1980.

Macrobenthos of fjords. In: Freeland, H.J., Farmer, D.M., Levings, C.D. (Eds.), NATO Conf. Ser., Ser. 4. Mar. Sci. Nato Conference on fjord Oceanography, New York, pp. 569–602.

PEARSON, T.H., J.S. GRAY & P.J. JOHANNESSEN 1983.

Objective selection of sensitive species indicative of pollution – induced change in benthic communities. 2. Data analyses.
Marine Ecology Progress Series 12: 237-255

RUENESS, J. 1977.

Norsk algeflora.
Universitetsforlaget, Oslo, Bergen, Tromsø, 266 pp.

RUENESS, J. 1985.

Japansk drivtang- *Sargassum muticum* – Biologisk forurensing av europeiske farvann.
Blyttia 43: 71-74.

RYGG, B. 2002.

Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport SNO 4548-2002. 32s.

RYGG, B. & I. THÉLIN 1993.

Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon.
SFT Veiledning 93:02. TA-922/1993, 20 sider. ISBN 82-7655-102-5.

SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1949. The mathematical theory of communication.

University of Illinois Press, Urbana, 117 sider.

SJØTUN, K. & V. HUSA 2008.

Uendra for tang og tare i Hardangerfjord
http://www.imr.no/aktuelt/nyhetsarkiv/2008/juni/tang_tare_hardangerfjorden

STIGEBRANDT, A. 1992.

Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Avløpets plassering og dimensjon, samt anslått middel og maksimal vannføring i ett av avløpet, og avløpets hastighet idet det forlater utløpsledningen. Grunnlag for modellering.

Utslippssted	Avløpsrøret og dimensjon				Vannføring i avløp		hastighet i avløp	
	avløpsdyp	ytre diameter	indre diameter	indre areal i m ²	middel l/s	maks l/s	middel m/s	maks m/s
Trosnavågen	10 og 20	700	616	0,298	200	750	0,67	2,52

Vedleggstabell 2. Benyttet sjiktningprofil tatt utenfor avløpet i Trosnavågen 21. juni 2012. Grunnlag for modellering.

Dyp	Trosnavågen 21. juni 2012		
	temp	salt	tetthet
0,4	13,10	23,06	17,15
0,6	12,82	24,36	18,20
0,8	12,62	25,21	18,90
1	12,62	26,11	19,60
1,2	12,72	26,62	19,97
1,4	12,87	26,84	20,11
1,6	13,03	27,06	20,26
1,8	13,15	27,25	20,38
2	13,18	27,34	20,44
2,2	13,20	27,44	20,52
2,4	13,18	27,56	20,62
2,6	13,15	27,69	20,72
2,8	13,12	27,8	20,82
3	13,07	27,91	20,91
4	12,83	28,58	21,48
5	12,56	28,78	21,68
6	12,43	28,84	21,76
7	12,21	28,94	21,88
8	11,85	29,14	22,11
9	11,46	29,37	22,36
10	10,60	29,9	22,92
11	8,49	31,17	24,24
12	7,37	31,95	25,03
13	6,63	32,46	25,53
14	6,41	32,54	25,62
15	6,26	32,62	25,71
16	6,13	32,71	25,80
17	6,03	32,8	25,89
18	5,93	32,85	25,95
19	5,81	32,92	26,02
20	5,71	32,99	26,09

Vedleggstabell 3. Sammenfatning av resultatene fra de utførte strømmålingene i en sommersituasjon (perioden 21. juni – 19. juli 2012) i Trosnavågen, med middel og maks registrert strømhastighet, strømmens retning og retningsstabilitet.

Måledyp	Strømhastighet		Strømstabilitet	resultantretning
	middel cm/s	maks cm/s	Neumann-parameter	grader
Trosnavågen 2 m sommer	2,8	18,0	0,676	231
Trosnavågen 15 m sommer	1,3	14,8	0,337	126
Trosnavågen 30 m sommer	1,4	12,6	0,783	80

Vedleggstabell 4. Oversikt over bunndyr funnet i sedimentene på stasjonene C1 og C3 i Trosnavågen og C2 i Karmsundet 21. juni 2012. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,1 m² stor vanVeen-grabb, og det ble tatt to parallelle prøver på hver stasjon. Prøvetakingen dekker dermed et samlet bunnareal på 0,2 m² på hver stasjon. Prøvene er sortert av Anette Skålnes og Ingrid Hellen og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS av Cand. scient. Øystein Stokland. Tabellen fortsetter på neste side.

	St. C1		St. C2		St. C3	
	A	B	A	B	A	B
Taksa merket med X inngår ikke i statistikk						
PROTOZOA						
<i>Foraminifera</i> indet.	X				81	
CNIDARIA						
<i>Hydroida</i> indet på <i>Nucula tumidula</i>	X			2		
<i>Paraedwardsia arenaria</i>				1		
<i>Edwardsiidae</i> indet.					1	4
<i>Cerianthus lloydi</i>						2
NEMATODA						
<i>Nematoda</i> indet.	X	ca. 200	ca. 200	1		1
NEMERTEA						
<i>Nemertea</i> indet.			7	7	25	11
KL. POLYCHAETA						
<i>Paramphinome jeffreysi</i>			49	58		
<i>Harmothoe</i> sp.			1	1	2	3
<i>Pholoe baltica</i>				1		4
<i>Phyllodoce groenlandica</i>					1	
<i>Phyllodoce mucosa</i>		54	47			
<i>Eteone flava</i>		10	20		1	
<i>Syllidia armata</i>				1		
<i>Nephtys caeca</i>						1
<i>Ceratocephale loveni</i>			7	4		
<i>Nereididae</i> indet.					2	
<i>Typosyllis cornuta</i>					19	17
<i>Exogone hebes</i>					44	21
<i>Glycera alba</i>						3
<i>Glycera lapidum</i>					1	1
<i>Goniada maculata</i>					4	10
<i>Lumbrineris</i> sp.			13	10	19	10
<i>Drilonereis filum</i>			1	2		
<i>Ophryotrocha</i> sp.						2
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>			1			
<i>Scoloplos armiger</i>				4	28	3
<i>Phylo norvegica</i>				1		1
<i>Laonice sarsi</i>					1	
<i>Malacoceros fuliginosus</i>		1				
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>					2	
<i>Prionospio fallax</i>					4	20
<i>Prionospio cirrifera</i>			1	2	22	46
<i>Spio filicornis</i>					3	3
<i>Spiophanes kroyeri</i>			1	3		
<i>Aricidea catherinae</i>						1
<i>Paradoneis lyra</i>					1	1
<i>Chaetozone setosa</i>			2	1	5	7
<i>Aphelochaeta</i> sp.			67	38		
<i>Caulleriella</i> sp.					2	4
<i>Macrochaeta clavicornis</i>					18	20
<i>Diplocirrus glaucus</i>				1	1	2

<i>Scalibregma inflatum</i>			1			
<i>Capitella capitata</i>	8200	3800	1	1	1	
<i>Heteromastus filiformis</i>			16	19	7	7
<i>Dasybranchus caducus</i>			1			
<i>Notomastus latericeus</i>			4	2	3	
<i>Praxillella affinis</i>				2		
<i>Rhodine loveni</i>			2	1		
<i>Owenia fusiformis</i>					149	7
<i>Myriochele oculata</i>					168	28
<i>Pectinaria auricoma</i>					1	
<i>Anobothrus gracilis</i>					1	
<i>Eclysippe vanelli</i>			12	5		
<i>Sosanopsis wireni</i>					4	8
<i>Melinna cristata</i>						1
<i>Ampharetidae indet. juv.</i>					3	
<i>Pista cristata</i>					4	6
<i>Streblosoma intestinale</i>					21	18
<i>Amaeana trilobata</i>			3	2		
<i>Terebellidae indet. juv.</i>					1	
<i>Terebellides stroemi</i>					2	3
<i>Trichobranthus roseus</i>			1		9	4
<i>Euchone incolor</i>					2	
<i>Jasmineira sp.</i>					1	
<i>Sabellidae indet.</i>					18	3
SIPUNCULA - Nøtteorm						
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>			22	5		
<i>Golfingia sp.</i>					3	
CRUSTACEA - Krepsdyr						
<i>Tryphosites longipes</i>	4	2				
<i>Ampelisca diadema</i>					1	2
<i>Westwoodilla caecula</i>	1				2	1
<i>Eriopisa elongata</i>			2	1		
<i>Amphipoda indet. fr.</i>					1	
<i>Apseudes spinosus</i>				3		
<i>Idotea sp.</i>		1				
<i>Nebalia bipes</i>		1				
MOLLUSCA - Bløtdyr						
<i>Caudofoveata indet.</i>			1	1		
<i>Cylichna cylindracea</i>					1	
<i>Philine scabra</i>					1	3
<i>Opisthobranchia indet. fr.</i>					2	
<i>Nucula sulcata</i>				1		
<i>Nucula tumidula</i>				2		
<i>Nuculana minuta</i>					1	
<i>Lucinoma borealis</i>					1	1
<i>Myrtea spinifera</i>					4	1
<i>Thyasira flexuosa</i>					76	8
<i>Thyasira equalis</i>			10	11		
<i>Thyasira obsoleta</i>			2	1		
<i>Parvicardium minimum</i>			1			
<i>Kelliella abyssicola</i>			5	1		
<i>Kurtiella bidentata</i>					1	
<i>Kurtiella tumidula</i>			1			
<i>Chamelea striatula</i>		2				
<i>Timoclea ovata</i>			2		1	
<i>Abra nitida</i>			1	5		

<i>Abra sp. fr.</i>				1	1
<i>Corbula gibba</i>				4	
<i>Cuspidaria rostrata</i>			1		
<i>Cuspidaria obesa</i>		2	1		
<i>Cuspidaria abbreviata</i>			1		
<i>Antalis entale</i>				1	
<i>Entalina tetragona</i>			1		
BRYOZOA - Mosdyr					
<i>Bryozoa indet.</i>	X				1
BRACHIOPODA - Armføttinger					
<i>Macandrewia cranium</i>			1		
ECHINODERMATA - Pigghuder					
<i>Astropecten irregularis</i>					1
<i>Amphiura chiajei</i>			1		
<i>Amphipholis squamata</i>				1	
<i>Amphilepis norvegica</i>		2			
<i>Ophiuroidea indet. juv</i>				1	1
<i>Echinocardium cordatum</i>					5
<i>Labidoplax buski</i>				3	1

Vedleggstabell 5. Oversikt over makroalger og makrofauna (>1 mm) registrert ved semikvantitativ gransking av litoralsonen og sublitoralsonen for de ulike stasjonene i Trosnavågen i Bokn kommune den 21. og 22. juni 2012. Prøvetakingen dekker et område med en horisontal bredde på 8 m² på hvert sted. Prøvetaking og artsbestemmelse er utført av M. Sc Mette Eilertsen og Hilde Eirin Haugsøen. Tabellen fortsetter på neste side. + = Arter som ble identifisert i ettertid eller bare registrert som til stedes i felt.

	Stasjon 1		Stasjon 2		Stasjon 3		Stasjon 4	
	L	S	L	S	L	S	L	S
MAGNOLIOPHYTA - Blomsterplanter								
<i>Zostera marina</i>								
ASCOMYCOTA - Sekksporesopper								
<i>Verrucauraria maura</i>	+		+		+		+	
CHLOROPHYTA – grønnalger								
<i>Ulva sp</i>	1		1	1	1			1
<i>Ulva lactula</i>				1				1
<i>Ulva intestinalis</i>							1	
<i>Cladophora rupestris</i>	1	3	2	1	1	2		
<i>Cladophora sericea</i>								
<i>Cladophora sp.</i>	1		1	1	1	1		3
<i>Chaetomorpha melagonium</i>		2				1		
RHODOPHYTA – rødalger								
<i>Hildenbrandia rubra</i>			2		1		3	
<i>Ceramium sp.</i>	1	2	1	2	1	2		2
<i>Polyides rotunda</i>								2
<i>Correlina officinalis</i>	1		1	1	1			1
<i>Mastocarpus stellatus</i>	3	1	1	1	2			
<i>Phycodrus rubens</i>		1		2		2		
<i>Chondrus crispus</i>				1			1	2
<i>Phymatolithon sp.</i>					1		2	
<i>Lithothamnion sp</i>		4		3		3		3
<i>Membranoptera alata</i>		1		1		1		
<i>Delesseria sanguinea</i>				1		2-3		
<i>Porphyra umbilicalis</i>	2		1					
<i>Polysiphonia elongata</i>								1
<i>Polysiphonia lanosa</i>							2	
<i>Polysiphonia stricta</i>	1							
<i>Polysiphonia brodiei</i>	1				1			
<i>Polysiphonia sp.</i>								2
<i>Rhodomela confervoides</i>				1		1		2

<i>Heterosiphonia japonica</i>							
<i>Coccolytus truncatus</i>							
<i>Dumontia contorta</i>							
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>		1		1		2	
<i>Cystoclonium purpureum</i>		2				1	2
<i>Palmaria palmata</i>	1	2		2		1	
<i>Osmundea pinnatifida</i>							1
PHAEOPHYCEAE – brunalger							
<i>Halidrys siliquosa</i>		1					
<i>Mesogloia vermiculata</i>				1			
<i>Fucus vesiculosus</i>							
<i>Fucus serratus</i>	1	2	1	2		1	3
<i>Fucus spiralis</i>	1		2			1	
<i>Saccharina latissima</i>		1		2		2	1
<i>Ascophyllum nodosum</i>						3	
<i>Chorda filum</i>				2			2-3
<i>Chordaria flagelliformis</i>							1
<i>Pylaiella littoralis</i>				1			
<i>Spongomorpha tomentosum</i>							
<i>Elachista fucicola</i>	1			1			
<i>Laminaria hyperborea</i>		4		3		2	
<i>Laminaria digitata</i>		3		1		3	
<i>Alaria esculentus</i>		1		1		1	
<i>Saragassum muticum</i>		1					1
<i>Dictyota dichotoma</i>						1	
<i>Desmarestia aculeata</i>		1		3		2	
<i>Spermatocchnus paradoxus</i>				1			3
<i>Aperococcus bullosus</i>				1			1
<i>Pylaiella littoralis</i>		1					3
<i>Sargassum zostera</i>							2
FAUNA – dekning							
<i>Membranipora membranacea</i>		2		1		3	2
<i>Electra pilosa</i>		1		1		1	1
<i>Crisisa eburnea</i>						1	1
<i>Semibalanus balanoides</i>	3		4		4		
<i>Balanus crenatus</i>							
<i>Obelia geniculata</i>		1				2	
<i>Laomedea flexuosa</i>							2
<i>Spirorbis sp.</i>							1
<i>Spirorbis spirorbis</i>							2
<i>Mytilus edulis</i>	3		2		2		
<i>Halicondria panicea</i>		2		2		2	
<i>M. edulis juv</i>		+					
<i>Tubularia indivisia</i>				1			
FAUNA – antall							
<i>Patella vulgata</i>	2	2	2		3		
<i>Asterias rubens</i>			1	1	1	2	
<i>Actinina felina</i>							1
<i>Littorina obtusata</i>			1				
<i>Littorina littorea</i>			2				3
<i>Nucella lapillus</i>	2				2		
<i>Buccinum undatum</i>							
<i>Urticina eques</i>				1			
<i>Gibbula cineraria</i>				1			
<i>Tubularia indivisia</i>		1					
<i>Anemoner (Metridium cf. senile)</i>	1	1	1		1	2	
Isopoda							
Amphipoda	+			+			

OM GYTRE STRØMMÅLERE

Strømmåleren som er benyttet (en Gytre måler, SD 6000) har en rotor med en treghet som krever en viss strømfart for at rotoren skal gå rundt. Ved lav strømfart vil Gytre måleren derfor i mange tilfeller vise noe mindre strøm enn det som er reelt, fordi den svakeste strømmen i perioder ikke blir fanget tilstrekkelig opp av måleren. På lokalitetene er en god del av strømmålingene på alle dyp lavere enn 3-4 cm/s, og derfor kan man ikke utelukke at lokalitetene på disse dybdene faktisk er noe mer strømsterke enn målingene viser for de periodene man har målt lav strøm. I de periodene måleren viser tilnærmet strømstille kan strømmen periodevis egentlig være 1 – 2 cm/s sterkere. Målingene på alle dyp er således **minimumsstrøm** all den tid man har indikasjoner på at Gytre strømmålerne måler mindre strøm enn sann strøm ved lav strømhastighet.

Man må i denne sammenhengen gjøre oppmerksom på at strømmålerne brukt på denne lokaliteten registrerer en verdi på 1,0 cm/s når rotoren ikke har gått rundt i løpet av målentervallet (30 min). Terskelverdien er satt til 1,0 cm/s for å kompensere for at rotoren krever en viss strømfart for å drive den rundt. Ved de tilfellene der måleren viser verdier under 1,0 cm/s, skyldes dette at rotoren ikke har gått rundt i løpet av målentervallet, men at det likevel har vært nok strøm til at måleren har skiftet retning i løpet av målentervallet. Strømvektoren for målentervallet blir da regnet ut til å bli lavere enn 1 cm/s.

En instrumenttest der en Gytre måler (SD 6000) og en Aanderaa måler (RCM7 strømmåler) ble sammenlignet, ble utført av NIVA i 1996. Aanderaa-måleren har en rotor med litt annen design enn SD 6000. Testen viste at RCM 7 strømmåleren ga 19 % høyere middelstrømfart enn Gytre måleren (Golmen & Nygård 1997). På lave strømverdier viste Gytre måleren mellom 1 og 2 cm/s under Aanderaa måleren, dvs at når Gytre måleren viste 1-2 cm/s, så viste Aanderaa måleren 2 – 3 cm/s. Dette kan som nevnt forklares ut fra vannmotstanden i rotorburet til en Gytre måler, samt at det er en viss treghet i en rotor der rotoren må ha en gitt strømstyrke for å gå rundt. Ved lave strømstyrker går større del av energien med til å drive rundt rotoren på en Gytre måler enn på en Aanderaa måler.

Det ble i 1999 utført en ny instrumenttest av samme typer strømmålere som ble testet i 1996 (Golmen & Sundfjord 1999). Testen ble utført på en lokalitet på 3 m dyp i 9 dager i januar 1999. I tillegg til Aanderaa- og SD 6000-målerne stod det en NORTEK 500 kHz ADP (Acoustic Doppler Profiler) strømmåler på bunnen. Denne måler strøm ved at det fra måleren sine hydrofoner blir sendt ut en akustisk lydimpuls med en gitt frekvens (f.eks. 500 kHz) der deler av signalet blir reflektert tilbake til instrumentet av små partikler i vannet. ADP strømmåleren har flere celler/kanaler og kan måle strøm i flere forskjellige dybdesjikt, f.eks. hver meter i en vannøyle på 50 m. Ved å sammenligne strømmålingene på 3 m dyp (Aanderaa- og Gytremåleren) med NORTEK ADP (celle 31, ca 4 m dyp) fant en at NORTEK ADP målte en snittstrøm på 5,1 cm/s, Aanderaa RCM 7 en snittstrøm på 2,7 cm/s, og SD 6000 en snittstrøm på 2,0 cm/s. Man ser at i denne instrumenttesten ligger begge rotormålerne langt under ADP måleren når det gjelder strømstyrke.

Våren 2010 utførte Rådgivende Biologer AS en ny instrumenttest av Nortek ADP måler og Gytre SD-6000 målere i Hervikfjorden i Tysvær i en måned. Gytre målerne hadde en nyere og mer robust type syrefast rotorbur i stål, som på en bedre måte registrerer strømmen ved lav strømfart. Nortek ADP måleren stod på 46 m dyp på samme riggen som Gytre målerne og målte strømmen oppover i vannsøylen. En sammenlignet Nortek målingene med strømmålinger utført med Gytre målerne på 30, 15 og 5 m dyp. Resultatene viste at det var best samsvar mellom de to instrumentene på 30 m dyp, og generelt dårligere samsvar mellom de to instrumentene med økende avstand fra målehodet på Nortek ADP måleren. Målingene viste ellers at det var størst forskjell på strømfarten mellom Gytre og Nortek ved middels lav strømfart (ca 3-4 til 8-9 cm/s), og noe mindre forskjell ved høyere strømfart. Nortek måleren målte ca 1,5 – 2,5 cm/s høyere gjennomsnittlig strømfart enn Gytre måleren ved svak strøm (Gytremålinger på 0 – 3 cm/s), ca 3 – 4,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 3 – 10 cm/s, og 2 – 3,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 11 – 15 cm/s.

OM FJORDER OG POLLER

Fjorder og poller er pr. definisjon adskilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområder med en terskel i munningen/utløpet. Dette gjør at vannmassene innenfor ofte er sjiktet, der dypvannet som er innestengt bak terskelen kan være stagnerende, mens overflatevannet hyppig skiftes ut fordi tidevannet to ganger daglig strømmer fritt inn og ut. Trosnavågen er resipient for Grieg Seafood Rogaland AS avd. Trosnavåg. Utslippet ligger helt ytterst i vågen, og her er det ingen terskler mot vest, slik at det alltid vil være god og kontinuerlig vannutskifting rundt utslippstedet og videre utover mot det utenforliggende Karmsundet. Karmsundet er over 200 meter dypt utenfor Trosnavågen, og det dybdes gradvis sørover til over 300 meters dyp ved utløpet til Boknafjorden. Det er ingen definert terskel ved innløpet til Boknafjorden ute ved kysten hvor dybden vest for Kvitsøy og videre mot sørvest er over 200 meter. Dette sikrer en meget god utskifting av dypvann i Boknafjorden og Karmsundet.

“Overflatelaget” vil ofte kunne være preget av ferskvannstilrenning slik at det utgjør et varierende tykt *brakkvannslag* på toppen. Under dette finner vi “*tidevannslaget*” som er påvirket av det to ganger daglige inn- og utstrømmende tidevannet. I fjorder med dyp terskel har man så gjerne et lag med mellomvann ned mot terskelen. Fra noen meter under terskelnivået finner vi “*dypvannet*” eller bassengvannet, som også ofte kan være sjiktet i et “*øvre- og nedre- dypvannslag*” grunnet forskjeller i temperatur, saltholdighet og oksygenforbruk. I Karmsundet er det ikke noe definert dypvannslag siden det ikke er noen definert terskel ut mot Boknafjorden og videre mot sørvest.

I det stabile dypvannet innenfor tersklene i store fjorder, er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første forbrukes oksygenet i vannmassene jevnt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av organisk materiale. For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglig påvirkning av det inn- og utstrømmende tidevannet. Dersom munningen er kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet kunne få en betydelig fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil kunne bli stor. Når tettheten i dypvannet er blitt så lav at den tilsvarer tidevannets tetthet, kan dypvannet skiftes ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget.

Vinterstid kan også tyngre og saltere vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftinger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftinger av denne typen. Den relativt dype terskelen inn til Karmsundet gjør at man trolig får fornying av bassengvannet flere ganger i året og i alle fall om våren og forsommeren da vannet normalt er tyngst (Gade og Furevik 1994).

I bassengvannet, som altså finnes naturlig i alle fjorder under fjordens terskelnivå, vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Dersom oksygenforbruket er stort, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskifting, vil det oppstå oksygenfrie forhold med dannelse av hydrogensulfid i dypvannet. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert. Motsatt vil en hele tiden ha oksygen i dypvannet dersom oksygenforbruket i dypvannet enten er lavt eller tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene er kort. Det er utviklet modeller for teoretisk beregning av balansen mellom disse to forholdene (Stigebrandt 1992).

Alt organisk materiale som blir tilført et sjøområde, enten fra de omkringliggende landområder, fra det daglig innstrømmende tidevannet, eller fra sjøområdets egen produksjon av alger og dyr i vannmassene, bidrar til en sedimentasjon av dødt organisk materiale som legger seg på bunnen. Dette er en naturlig prosess, som kan øke i omfang dersom store mengder organisk materiale tilføres. Viktige kilder kan være kloakk eller for eksempel spillfôr og fekalier fra fiskeoppdrettsanlegg. Store eksterne tilførsler av organisk nedbrytbart materiale til dypvannet i sjøområdene vil imidlertid øke oksygenforbruket i dypvannet. Dersom oksygenet i dypet er brukt opp, vil sulfatreduserende bakterier fortsette nedbrytingen, og den giftige gassen hydrogensulfid (H₂S) dannes. Dyreliv vil ikke

forekomme under slike betingelser. Mange bassenger vil også fra naturens side ha en balanse som gjør at slike situasjoner vil opptre uten ekstra ytre påvirkning. Det behøver derfor ikke være et tegn på "overbelastning" at det forekommer hydrogensulfid i dypvannet og i sedimentene. I Karmsundet vil det foregå et oksygenforbruk i bassengvannet, men siden det ikke er noen definert terskel ved utløpet til Boknafjorden og videre mot sørvest, sikrer det en kontinuerlig utskifting av vannet ned til bunns slik at en får god oksygenmetning i hele vannsøylen året rundt.

Glødetap er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10% eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sedimenter der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at den biologiske nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Innhold av organisk karbon (TOC) i sedimentet er et annet mål på mengde organisk stoff, og dette er vanligvis omtrent 0,4 x glødetapet. Den forventede naturtilstanden for sedimenter i sjøbasseng der det er gode nedbrytingsforhold ligger på rundt 30 mg C/g eller mindre.

Sedimentprøver og bunndyrprøver fra de dypeste områdene i de undersøkte sjøbassengene gjenspeiler derfor disse forholdene på en utfyllende måte. Basseng som har periodevis og langvarige oksygenfrie forhold, vil ikke ha noe dyreliv av betydning i de dypeste områdene, og vil dermed ha en sterkt redusert nedbryting av organisk materiale på bunnen. Da vil innholdet av ikke-nedbrutt organisk materiale være høyt i sedimentprøver. Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) har utarbeidet oversiktlig klassifikasjonssystemer for vurdering av disse forholdene.

De ulike typer tilførsler inneholder også plantenæringsstoffer, der de ulike typene kilder har hver sin spesifikke sammensetning av næringsstoffene, uttrykt ved forholdstallet mellom nitrogen og fosfor. Vanligvis venter en å finne et forholdstall på 15 - 20 i lite påvirkete systemer (vassdrag og overflatelag i fjorder), altså at en har 15 til 20 ganger så høye konsentrasjoner av nitrogen som fosfor. Dersom en finner betydelige avvik fra dette, tyder det på at en har dominans av enkelte tilførselskilder til denne aktuelle resipienten. For eksempel vil avrenning fra fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha et N:P-forholdstall på hele 70, mens avløp fra boliger og for eksempel gjødsel fra kyr har et forholdstall på rundt 7. Særlig fosfor-rike utslipp er silosaft, med et forholdstall på 1,5 mens tilførsler fra fiskeoppdrett ligger rundt 5. Det samme gjør gjødsel fra gris.

Næringsmengdene måles direkte ved å ta vannprøver av overflatelaget, dit det meste av tilførslene kommer, og analysere disse for innhold av næringsstoffene fosfor og nitrogen. Disse stoffene utgjør viktige deler av næringsgrunnlaget for algeplanktonet i sjøområdene, og beskriver sjøområdets "næringsrikhet". KLIF har utarbeidet oversiktlig klassifikasjonssystemer for vurdering av disse forholdene også.

Den målbare påvirkningen av næringstilførsler vil imidlertid være svært avhengig av hyppigheten av overflatevannets utskifting. Selv store tilførsler kan "skylles bort" dersom vannmassene skiftes ut nærmest daglig, og vannkvaliteten vil i større grad være preget av kystvannets kvalitet enn av de lokale tilførslene. Motsatt blir det dersom vannutskiftingen er ekstremt liten, - da kan selv små tilførsler utgjøre en betydelig påvirkning på miljøkvaliteten i sjøområdet. Det finnes også gode modeller for å beregne vannutskiftingen i slike sjøområder (Stigebrandt 1992).

Det er utviklet en standardisert prøvetakingsmetodikk for vurdering av belastning fra fiskeoppdrettsanlegg, som også inkluderer undersøkelser i resipienter (MOM-undersøkelsene). MOM (Matfiskanlegg, Overvåking og Modellering) består av et overvåkingsprogram (A, B og C-undersøkelser) og en modell for beregning av lokalitetens bæreevne og fastsetting av lokalitetens produksjonskapasitet. For nærmere beskrivelse av overvåkingsprogrammet vises til «Konsept og revidert utgave av overvåkingsprogrammet 1997» (Hansen m. fl., 1997) og Norsk Standard for miljøovervåking av marine matfiskanlegg (NS 9410:2007), og denne resipientundersøkelsen følger i all hovedsak opplegget for en MOM C- og en MOM B-undersøkelse, som er en undersøkelse av bunntilstanden fra rundt selve anlegget/utslippet (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen).

OM MARIN FLORA OG FAUNA

STRANDSONEN

I strandsonen (littoralen) finner en et veletablert samfunn av alger og dyr med ulike tilpasningsevner. De mest dominerende gradientene som karakteriserer strandsonen er bølger som beveger seg horisontalt med kysten og tidevannet som beveger seg vertikalt med kysten. Tidevannet fører til at strandsonen blir tørrlagt to perioder i døgnet, og organismene som skal overleve her må kunne tolerere tørke. Hvor lenge en blir eksponert for luft er avhengig av hvor organismen har plassert seg i fjæra. Samtidig med tørke, blir de også utsatt for ulike konsentrasjoner av salt ved for eksempel tilførsler av ferskvann fra regn og elver. Inne i fjorder og på beskyttede lokaliteter er ofte det øverste vannlaget brakkvann, og sammensetningen av alger blir påvirket av dette. Organismer i tidevannssonen kan oppleve ekstreme temperaturvariasjoner gjennom et år, med høye temperaturer ved sommer og snø og is ved vinterstid.

I eksponerte områder vil bølger ha markert større slagkraft mot kysten enn i beskyttede områder, og disse forskjellene i bølgekraft er avgjørende for hvilken flora og fauna en finner i tidevannssonen. Da organismene har tilpasset seg fysiske faktorer i ulik grad, kan en observere en tydelig sonering i strandsonen. I tillegg vil påvirkning fra lystilgang, sedimentering, næringssalter og bunnsstrat være avgjørende faktorer for denne soneringen av organismer. Brunalger har den mest tydelige soneringen med eksempelvis sauetang (*Pelvetia canaliculata*) øverst, spiraltang (*Fucus spiralis*), grisetang (*Aschophyllum nodosum*) og sagtang (*Fucus spiralis*) i rekkefølge. Det er ikke bare fysiske faktorer som er viktige for utformingen av strandsonen. Interaksjoner mellom flora og fauna vil også være med på å forme strandsonen. Organismer konkurrerer med hverandre om plass og gode lysforhold i de ulike sonene, samt er predasjon og herbivori viktig for samfunnsstrukturen.

MAKROALGER I FOKUS

En økning i sjøtemperaturer og næringstilførsler har ført til et større fokus på makroalger den siste tiden. Introduserte makroalger som har etablert seg langs Noregs kyst er godt kjent, der noen eksempel er japansk drivtang (*Sargassum muticum*), rødlo (*Bonnemaisonia hamifera*), gjevltang (*Fucus evanescens*) og østerstyv (*Colpomenia peregrina*). Skipsfart, ballastvann eller sekundær spredning fra naboland har vært årsaken til etableringen av disse algene i Norge (Gederaas mfl. 2007). Det er hovedsakelig temperaturen i sjøen som avgjør den geografiske utbredelsen til makroalger. En har sett forekomster av mer varmekjære og sørlige arter som trolig er en effekt av temperatur, der noen eksempler er japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*), *Hypoglossum hypoglossoides* og *Haraldiophyllum bonnemaisonii* (Husa et al. 2007).

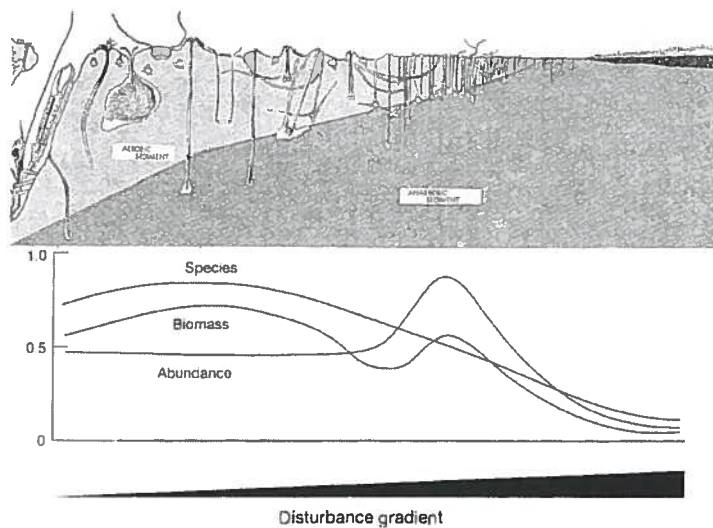
I 1984 registrerte en de første funnene av japansk drivtang i Skagerrak, Sør Noreg (Rueness 1985) som opprinnelig hører hjemme i Japan og nordøst-kysten av Kina. Denne algen ser ut til å kunne vokse der andre flerårige brunalger ikke kan, som for eksempel i bukter på sand, skjell og småstein. Japansk drivtang har hatt en betydeleg vekst i antall og utbredelse og kan fortrenge andre arter, samt at den i en økologisk risikovurdering i følge norsk svarteliste for fremmede arter av japansk drivtang er vurdert til å utgjøre "høy risiko" (Ra (i), Rb (ii)). Japansk sjølyng sprer seg også raskt og er vurdert til å utgjøre en høy risiko.

Populasjonen av sukkertare har hatt en tydelig reduksjon de seneste årene, særlig på kysten av Skagerrak og i deler av Rogaland og Hordaland, og årsaken er uklar, men en tror at klimaendring med høy sjøtemperatur, sammen med eutrofiering kan ha vært en årsak til plutselig, regional sukkertaredød. En har observert at sukkertaren i mange tilfeller blir erstattet med trådformede alger. Trådformede alger er ettårige og hurtigvoksende alger som blomstrer ved sommerstid, og store mengder trådalger og spesielt sterk groe av grønne og brune påvekstalger er som regel en indikasjon på overgjødning. Beregninger av tilførsler viser en merkbar økning i menneskeskapte tilførsler av nitrogen og fosfor til Hardangerfjorden og støtter sannsynligheten for at overgjødning sammen med høy sjøtemperatur, er årsak til den dårlige vegetasjonstilstanden i Hardangerfjorden (Moy et al. 2008). Samtidig viser en undersøkelse av tang og tarebestanden i Hardangerfjorden i juni 2008 at det er ikke særlige endringer

siden 1950- tallet da tilsvarende undersøkelser ble utført. Som på 50- tallet ble det funnet sukkertare helt inne ved Eidfjorden, og for eksempel ute ved Omastrand ble det funne ganske mye av denne taren. Også fingertare ble funnet i de samme områdene som før. De største endringene er at det ble funnet japansk sjølyng og mer av grønnalgen tarmgrønse enn på 50- tallet (Sjøtun & Husa 2008).

BLØTBUNNSFAUNA

Bløtbunnsfauna er dominert av flerbørstemakk, krespdyr, muslinger og pigghuder, men det er mange ulike organismegrupper som kan være representert. Det er vanlig å bruke bløtbunnsfauna som indikator på miljøforhold og for å karakterisere virkninger av eventuell forurensing. Mange dyr som har sedimentet som habitat er relativt lite mobile og flerårige, og ut fra dette kan en derfor registrere unaturlige forstyrrelser på miljøet. Samfunnet kan beskrives og tallfestes. Ved hjelp av slik informasjon kan en se om negative påvirkninger har ført til en dominans av forurensingstolerante arter, reduksjon i antall arter og reduksjon i diversitet. Er det gode og upåvirkede bunnforhold med oksygenrikt sediment blir dette vist av større individer som graver dypt (se **figur 1**). Her vil det være mange arter som forekommer i få eksemplarer hver, og fordelingen mellom individene vil være noenlunde jevn. I områder med moderate tilførsler vil bunnen få en "gjødslings-effekt", som fører til at en da vil se dyr av mindre størrelse, samt en økning av tolerante arter som forekommer i høye individtall (Kutti et al. 2007). I svært påvirkede eller under tilnærmede oksygenfrie forholdmiljø vil kun forurensingstolerante arter, som for eksempel artene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, forekomme med svært høye individtall. En "overgjødsling" vil føre til at dyresamfunnet kveles.



Figur 32. Bilde (over) og modell (under) illustrerer endringer i bunndyrssamfunn som en respons på organiske tilførsler, oksygenmangel og fysiske forstyrrelser (fra Pearson & Rosenberg, 1978).

Undersøkelser av bløtbunnsfauna er svært vanlig i miljøundersøkelser. Et eksempel på overvåking av bløtbunnsfauna over tid i større skala er fra olje og gassvirksomheten i Nordsjøen. Med utbygging og etablering av oljevirkosomhet har det vært et krav om både biologisk, fysiske og kjemiske undersøkelser. Over tid har det vist seg at oljeindustrien har tilført miljøgifter i sedimentene med merkbare påvirkninger på dyresamfunnet i bløtbunnen. Miljøundersøkelser ble startet i 1997 og har siden blitt gjennomført tre ganger. I løpet av disse undersøkelsene har en registrert store mengder av blant annet oljehydrokarboner, barium, kobber og bly i sedimentene som skaper store forstyrrelser hos bunndyrene. Ved hjelp av mindre utslipp og strengere rense-/utslippskrav har en sett en merkbart endring i tilstanden hos bløtbunnsfaunaen, til mindre forstyrrelser (Botnen m.fl. 2007).