

Bunnundersøkelser utenfor Kastet i Mørjefjorden, Vestfold



Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

Tittel

Bunnundersøkelser utenfor Kastet i Mørjefjorden, Vestfold

Løpenummer

7156-2017

Dato

26.5.2017

Forfatter(e)

Gunhild Borgersen, Janne Kim Gitmark

Fagområde

Marin biologi

Distribusjon

Fri

Geografisk område

Vestfold

Utgitt av

NIVA

Oppdragsgiver(e) Larvik Granite	Oppdragsreferanse O-16226
	Heftenr.:

Sammendrag

NIVA har gjennomført en undersøkelse av bunnforholdene ved Kastet i Mørjefjorden. Steinindustrien i området har utslipp til Mørjefjorden av steinslam fra avrenningsvann fra bruddene. Steinprodusenten Lundhs har utslipp via Mørjebekken som renner ut innerst i fjorden ved Sildevika, og ved Kastet har Larvik Granite utslipp til fjorden fra et rør i fjæra. Partiklene legger seg opp på det tyngre saltvannet og brer seg utover store deler av fjorden.

Undersøkelsen omfattet bløtbunnsfauna og sediment, sikt-dyp, salinitet-, temperatur- og turbiditetsmålinger i vannmassene, samt en visuell vurdering av nedslamming på hardbunn. Resultatene viste at den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna ble klassifisert i henhold til vannforskriften til «god» på alle stasjonene, og bunnfaunaen hadde normal artssammensetning, høy artsdiversitet og normale individmengder. Dette tyder på at mengden partikler som sedimenterer ned til bunnen er såpass liten at bunnfauna ikke påvirkes negativt. Innhold av organisk karbon i sedimentet var svært lavt, og ga «svært god» tilstand på alle stasjonene. Det lave organiske innholdet skyldes sannsynligvis utslippet av uorganisk steinslam til fjorden.

Undersøkelsen av hardbunnsområdene viste at fastsittende dyr og til dels alger hadde høy grad av nedslamming, og områdene med hardbunn synes å være noe påvirket av steinslam. Det var midlertid ikke store forskjeller mellom områdene tross en tendens til noe mer nedslamming i området nærmest utslippet ved Kastet. Den økologiske tilstanden for hardbunnsområdene kunne ikke bestemmes på grunnlag av denne undersøkelsen.

Fire emneord	Four keywords
1. Larvik Granite	1. Larvik Granite
2. Mørjefjorden	2. Mørjefjord
3. Bløtbunnsfauna	3. Soft sediment macrofauna
4. Nedslamming	4. Smothering

Gunhild Borgersen

Gunhild Borgersen

Prosjektleder

Mats Waldøy

Mats Waldøy

Forskningsleder

Bunnundersøkelser utenfor Kastet i Mørjefjorden, Vestfold

Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra en undersøkelse av de biologiske og fysiske forholdene ved Kastet i Mørjefjorden, Vestfold. Hensikten med undersøkelsen var å vurdere den økologiske tilstanden for bløtbunnsfauna, samt vurdere i hvilken grad hardbunn i området var utsatt for nedslamming.

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Larvik Granite. Gunhild Borgersen har vært prosjektleder på NIVA og har hatt kontakt mot oppdragsgiver. Kontaktperson hos Larvik Granite har vært Stephan Christian Kleive.

Takk til kolleger ved NIVA som har bidratt i prosjektet. Arbeidet ble fordelt som følger:

- Feltarbeid: Gunhild Borgersen og Lise Ann Tveiten med FF «Trygve Braarud» med mannskap
- Kalibrering og vedlikehold av måleinstrumenter: Uta Brandt og hennes kolleger ved NIVAs instrumentsentral
- Klargjøring og vedlikehold av prøvetakingsutstyr og båter: Ingar Becsan og hans kolleger ved NIVAs utstyrssentral
- Kjemiske analyser: Line Roaas, Trine Olsen, Anne Luise Ribeiro og deres kolleger ved NIVAs laboratorium
- Analyse av kornfordelingen: Norges Geotekniske Institutt (NGI).
- Sortering av bunnfaunaprøver: Siri Moy og Tage Bratrud
- Identifisering av bunnfauna: Marijana Brkljacic og Gunhild Borgersen
- Skala for vurdering av nedslamming er laget av John Arthur Berge.
- Faglig kvalitetssikring av rapporten er utført av seksjonsleder Mats Walday.

Oslo, 26.desember 2016

Gunhild Borgersen

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	5
1 Bakgrunn for undersøkelsen	7
1.1 Mørjefjorden	7
1.2 Utslipp til Mørjefjorden	7
1.3 Tidligere undersøkelser i Mørjefjorden	7
1.4 Formål med undersøkelsen	8
2 Plassering av stasjoner og hardbunnsområder	11
2.1 Bunnfauna og sediment	11
2.2 Hardbunnsområder.....	11
3 Bunnfauna og sediment (bløtbunn)	13
3.1 Prøvetaking	13
3.2 Laboratorieanalyser og tilstandsklassifisering.....	13
3.3 Resultater	14
3.3.1 Bunnfauna	14
3.3.2 Sammenligning med undersøkelsen i 2007	16
3.3.3 Kornfordeling og innhold av organisk karbon i sedimentet	19
4 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer i vannsøylen	20
4.1 Metodikk.....	20
4.1.1 Siktdyp	20
4.1.2 Saltholdighet, temperatur og turbiditet i vannsøylen.....	20
4.2 Resultater	20
4.2.1 Siktdyp	20
4.2.2 Saltholdighet, temperatur og turbiditet i vannsøylen.....	20
5 Nedslamming på hardbunn	23
5.1 Visuell befarings av bunnforholdene (nedslamming)	23
5.2 Skala for vurdering av nedslamming.....	23
5.3 Resultater og vurderinger.....	24
6 Oppsummering og konklusjoner	29
7 Referanser	30
8 Vedlegg	31

Sammendrag

Steinindustrien i området har utslipp til Mørjefjorden av steinslam fra avrenningsvann fra bruddene. Svært finpartikulært, uorganisk materiale (steinslam) fra produksjonen ved steinbruddene føres ut til fjorden med ferskvannsavrenning fra land. Det er to kilder til utslipp av denne typen partikler til Mørjefjorden. Steinprodusenten Lundhs har utslipp via Mørjebekken som renner ut innerst i fjorden ved Sildevika. Partiklene som kommer med vannet fra Mørjebekken legger seg oppå det tyngre saltvannet og brer seg utover fjorden. Ved Kastet har steinprodusenten Larvik Granite utslipp av steinslam til fjorden fra et rør som ligger helt inne i fjæra.

Hensikten med denne undersøkelsen var å kartlegge området ved Kastet mht. fysiske og biologiske forhold, og dermed fremskaffe et kunnskapsgrunnlag for å vurdere sannsynlige effekter av å flytte Larvik Granites utslipp ved Kastet fra fjæra til et dypere punkt lenger fra land. Undersøkelsen omfattet analyse av bunndyrsamfunnet (bløtbunnsfauna) og sediment (innhold av organisk karbon og kornfordeling i sedimentet), enkeltmålinger av salinitet, temperatur og turbiditet i vannsøylen, siktdyp, og visuell befaring med undervannskamera for å vurdere av grad av nedslamming på hardbunn.

Undersøkelsen av bunnforholdene ved Kastet i Mørjefjorden viste at bløtbunnsfauna hadde «god» økologisk tilstand på alle tre stasjonene. Det var normal artssammensetning, høy artsdiversitet og normale individmengder. Dette tyder på mengden partikler som sedimenterer ned til bunnen er såpass liten at bunnfauna ikke påvirkes negativt. Stasjon LAR3 som lå lengst fra utslippet hadde høyest artsmangfold og høyere indeksverdier enn de to øvrige stasjonene. Denne stasjonen hadde også grovere sediment bestående av fin til middels grov sand, og svært lavt innhold av organisk karbon i sedimentet. Også de to andre stasjonene hadde lavt innhold av organisk karbon og alle stasjonene ble klassifisert til «svært god» tilstand for organisk innhold. Det lave innholdet av TOC i sedimentet skyldes sannsynligvis utslippet av uorganisk steinslam.

Det var noe forhøyet turbiditet i øvre vannmasser, og fastsittende dyr og til dels alger hadde høy grad av nedslamming. Det var ingen vesentlige forskjeller mellom områder nærmest utslippet ved Kastet og lenger unna. Det er ikke mulig å si om nedslammingen skyldes steinslam fra utslippene eller naturlige forhold, og det kan derfor ikke utelukkes at den observerte nedslammingen av hardbunn og fastsittende organismer skyldes naturlige forhold (sedimentering, algevekst). Den økologiske tilstanden for hardbunnsområdene kunne ikke bestemmes på grunnlag av denne undersøkelsen, men resultatene tyder på at hardbunn er noe påvirket av steinslam fra utslippene.

1 Bakgrunn for undersøkelsen

1.1 Mørjefjorden

Mørjefjorden er en fjord på grensa mellom Porsgrunn i Telemark og Larvik i Vestfold (**Figur 1**). Den er tre kilometer lang og strekker seg i nordlig retning fra vestsiden av Mølen og inn til Sildevika ved Mørje. Kastet ligger i Vestfold på fastlandssiden, og vest for Kastet ligger tre holmer: Nordholmen, Midtholmen og Liaholmen. Området er relativt grunt med et maksimalt dyp på 18,5 m. Fra Liaholmen og sørover er det åpen sjøforbindelse med Helgerofjorden, og området ved Kastet har følgelig god vannutskifting.

1.2 Utslipp til Mørjefjorden

Steinindustrien i området har utslipp til Mørjefjorden av steinslam fra avrenningsvann fra bruddene. Svært finpartikulært, uorganisk materiale fra produksjonen ved steinbruddene føres ut til fjorden med ferskvannsavrenning fra land. Det er to kilder til utslipp av denne typen partikler til Mørjefjorden. Steinprodusenten Lundhs har utslipp via Mørjebekken som renner ut innerst i fjorden ved Sildevika. Partiklene som kommer med vannet fra Mørjebekken legger seg oppå det tyngre saltvannet og brer seg relativt raskt utover store deler av fjorden. Ved Kastet har steinprodusenten Larvik Granite utslipp av steinslam til fjorden fra et rør som ligger helt inne i fjæra. Røret ligger på 40-50 cm dyp og er delvis over/under vann avhengig av flo og fjære. Også her befinner det finpartikulære materialet seg hovedsakelig i overflatevannet og brer seg utover fra utslippspunktet. Larvik Granite har estimert deres utslipp til å være på 9 tonn per år.

Nedbør fører til at steinstøv og annet materiale fra steinproduksjonen blir vasket ut fra steinbruddene og skylt ut med ferskvannet til fjorden. Tilførslene av partikler er følgelig størst i regnværperioder, og etter kraftig regnvær blir deler av fjorden svært turbid og betydelig påvirket visuelt. **Figur 2** viser hvordan det finpartikulære utslippet ved Kastet brer seg utover etter en periode med regnvær.

1.3 Tidligere undersøkelser i Mørjefjorden

Det ble i perioden 2006-2008 gjennomført resipientundersøkelser i vannforekomster som var resipienter for avrenning fra Larvikittproduksjonen i Larvik kommune (Berge m.fl., 2009). Undersøkelsene hadde fokus på ferskvannslokalteter, men også Viksfjorden og Mørjefjorden ble undersøkt. I Mørjefjorden ble det foretatt gradientstudier av turbiditet fra Mørjebekkens utløp innerst i fjorden (Sildevika) og til midt i fjorden. Det ble også foretatt turbiditetsmålinger fra utslippet ved Kastet og i en gradient sørover, samt langs en referansegradient nord for utslippet (fra Midtholmen og østover mot fastlandet) (se figur 26 og 31 i Berge m.fl., 2009). Basert på disse målingene ble det tegnet et «anslagsvis maksimalt utbredelseskart» over turbiditet fra steinbruddsavrenningen til Mørjefjorden (**Figur 3**). De mørkegrå feltene representerer områder der vannet kan bli svært turbid etter kraftig regnvær og «således få et forurenset preg som kan være sjenerende for rekreasjonsmessig bruk av områdene». Overflatevannet i Mørjefjorden kan midlertid bli noe turbid flere kilometer utover (lysegrått felt). Det er sannsynlig at utslippet fra Mørjebekken kan bre seg helt ned til området ved Kastet.

Undersøkelsen omfattet i 2007 også prøvetaking av marin bløtbunnsfauna ved Kastet. Bunnfauna viste normal artssammensetning og individmengder, og det ble konkludert med at utslippet av steinslam ikke gjorde noen skade på faunaen. Det ble midlertid tatt kun én bunndyrprøve med en Ekman-grabb (15x15 cm) i 2007, og resultatene ble ikke sammenlignet med referansestasjoner utenfor antatt påvirket område eller med andre referanseverdier for bunnfauna.

1.4 Formål med undersøkelsen

Larvik Granite ønsker nå å flytte utslippet ved Kastet fra fjæra til 17 meters dyp og lenger ut fra land for å redusere mengden partikler som driver i overflatevannet. Tiltaket er ventet å redusere den visuelle påvirkningen i området, og steinslammet vil heller ikke spre seg over et like stort område som i dag.

Formålet med denne undersøkelsen var å kartlegge fysiske og biologiske forhold i området ved Kastet ved å:

- **undersøke bløtbunnsfauna i området og bestemme den økologiske tilstanden.**
Prøvetakingen av bunnfauna foretas i henhold til nasjonale standarder og opparbeides kvantitativt, slik at resultatene kan sammenlignes med nasjonale referanseverdier og miljøtilstanden vurderes etter fastsatte kriterier (i henhold til vannforskriften). Sedimentet analyseres mht. kornfordeling og innhold av TOC.
- **vurdere i hvilken grad hardbunn i området var utsatt for nedslamming.**
Bunnforholdene undersøkes visuelt med undervannkamera i tre områder, fra strandsonen og ned mot største dyp.
- **måle salt-, temperatur- og turbiditetsprofiler gjennom vannsøylen, samt siktdyp.**
Målingene foretas på de samme stasjonene som bunnfauna og sediment, og til samme tid. Det foretas kun én måling.

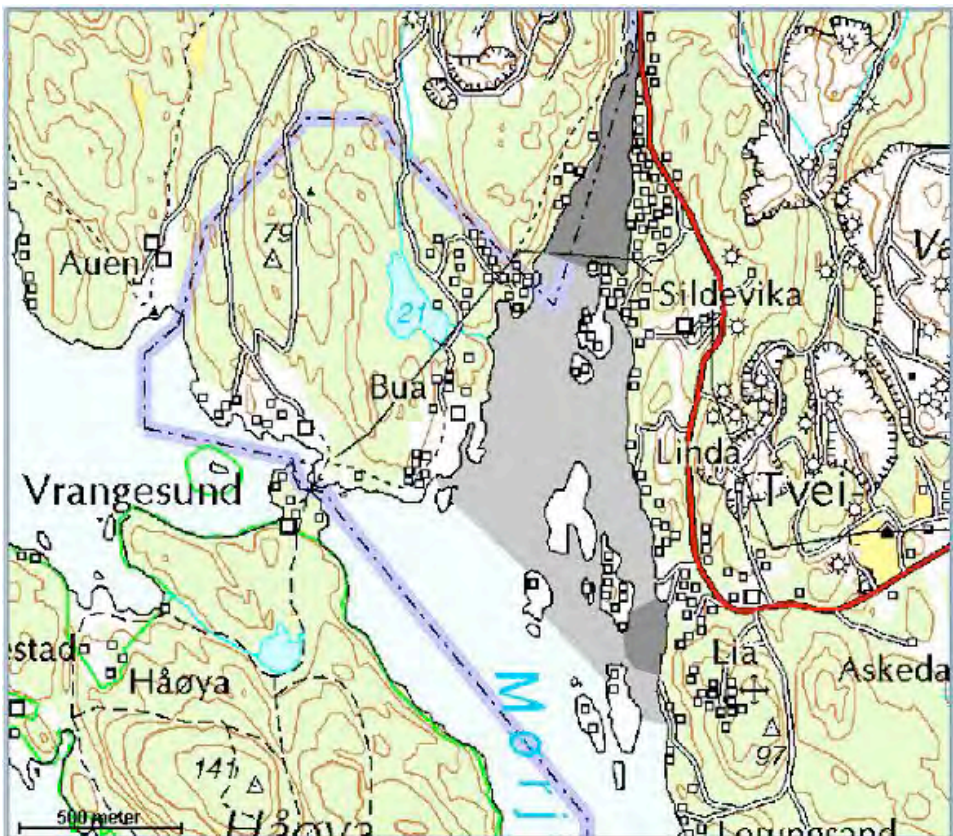
Undersøkelsen vil fremskaffe et kunnskapsgrunnlag slik at man senere kan vurdere sannsynlige effekter av å flytte utslippet. Slike vurderinger gjøres ikke i denne rapporten. Undersøkelsen gir også et datagrunnlag som kan brukes til å se på effekter av utslippsendringen (blant annet plassering og mengde av utslipp) ved en eventuell oppfølgende undersøkelse.



Figur 1 Kart over Mørgefjorden (Kilde: Gislink.no)



Figur 2 Bilde fra Kastet i Mørjefjorden etter en regnvørsperiode (fra Berge m.fl., 2009, figur 32, side 42).



Figur 3 «Anslagsvis maksimalt utbredelseskart» for steinslam i Mørjefjorden etter kraftig regnvær (fra Berge m.fl., 2009, figur 35, side 45). De mørkegrå feltene representerer områder nær utslippene der vannet kan bli svært turbid etter kraftig regnvær. Lundhs utslipp kommer via Mørjebekken innerst i fjorden, mens Larvik Granites utslipp ligger ved det mørkegrå feltet noe lenger ut.

2 Plassering av stasjoner og hardbunnsområder

2.1 Bunnfauna og sediment

Undersøkelsen av bunnfauna og sediment omfattet tre stasjoner (**Figur 4**). På de samme tre stasjonene ble det også målt salinitet, temperatur og turbiditet med en CTD påmontert turbiditetssensor, samt siktdyp med secciskive.

Stasjon LAR1 ligger 150 m nord for utslippet ved Kastet og ca. 400 m sør for Mørjebekkens utløp. Stasjonen er på 15,5 m dyp, i renna mellom Kastet og Midtholmen. Dette er i samme område som ble undersøkt for bunnfauna i 2007 (Berge m.fl., 2009). I følge kartet over utbredelsen av steinslammet (**Figur 3**) vil denne stasjonen ligge i «dyst grått område».

Ved vurdering av tilstanden i en vannforekomst i henhold til vannforskriften skal målepunkter som er representative for hele vannforekomsten inkluderes, og målepunkt nærmest utslippsstedet kan utelates dersom de ikke er representative for vannforekomsten. Områder som ligger svært nærme utslippspunkt defineres som innblandingssoner hvor det tillates overskridelse av EQS-verdier (grenseverdiene som benyttes for fastsettelse av den økologiske tilstanden, se **Tabell 3**).

I denne undersøkelsen har vi derfor valgt å plassere stasjon LAR2 omtrent 150 m sør for utslippspunktet, på 17 m dyp, i yttergrensen av «mørk grått» område. En annen årsak til denne plasseringen var å komme på litt dypere vann, da området nær utslippspunktet var noe grunnere (12,2 m dyp). Vannforskriftens klassifiseringssystem for bløtbunnsfauna er ikke utviklet for grunne områder, og særlig i områder med ferskvannsavrenning er det viktig å komme under et eventuelt sprangsjikt. Dypet er også mer likt som for de øvrige to stasjonene.

Stasjon LAR3 ligger rett sør for Liaholmen, 300 m fra utslippet ved Kastet. Denne stasjonen ligger lengst fra utslippet av de tre stasjonene og utenfor antatt maksimal utbredelse av steinslam (**Figur 3**).

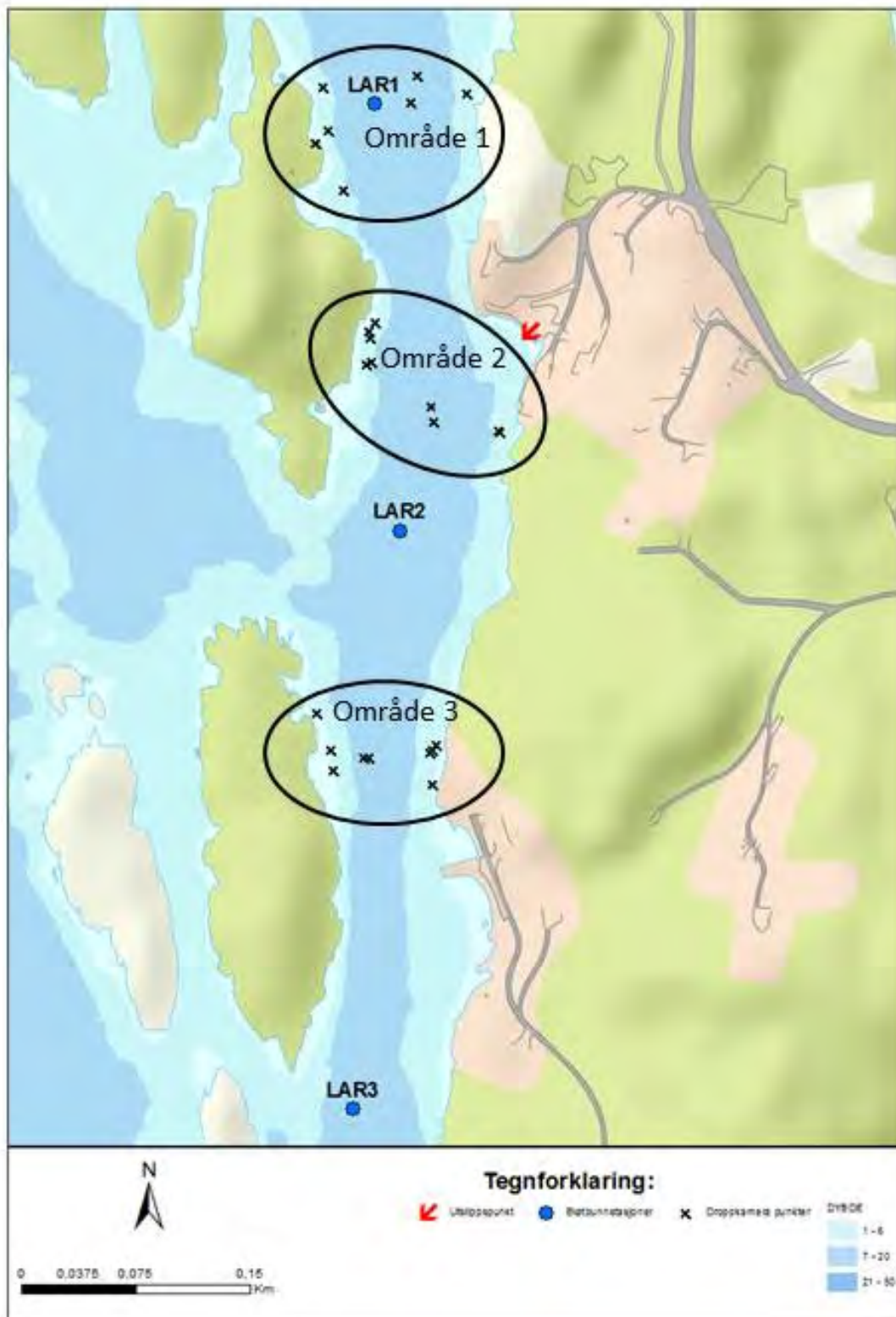
2.2 Hardbunnsområder

Undersøkelsen av hardbunnsområdene med nedsenkbart undervannkamera ført fra lettboat ble utført i tre områder (**Figur 4**):

Område 1 er plassert like i nærheten av LAR1, ca. 150 m nord for utslippet ved Kastet og 400 m sør for Mørjebekkens utløp. Området ligger i «dyst grått område» i henhold til **Figur 3**.

Område 2 ligger nærmest utslippspunktet ved Kastet av de tre områdene (70-100 m), og innenfor «mørk grått» område.

Område 3 ble plassert mellom LAR2 og LAR3, vest for Liaholmen og ca. 300 m sør for dagens utslippspunkt ved Kastet, i «dys grått» område.



Figur 4 Kart over området som ble undersøkt ved Kastet i Mørjefjorden 31.mai 2016. Blå runding viser de tre stasjonene (LAR1 – LAR3) for prøvetaking av bunnsfauna og sediment. Det ble også målt salinitet, temperatur og turbiditet i vannsøylen med en CTD med påmontert turbiditetssensor, samt siktdyp med secciskive, på de samme tre stasjonene. Svarte sirkler indikerer de tre områdene som ble undersøkt med undervannskamera. Kryssene markerer start- og stoppunkter for filming. Rød pil markerer punkt for utslippet.

3 Bunnfauna og sediment (bløtbunn)

3.1 Prøvetaking

Feltarbeidet fant sted 31.mai 2016 med FF «Trygve Braarud» med mannskap. Bløtbunnsprøvene ble tatt med en 0,1 m² modifisert van Veen-grabb, med tre replikate grabbprøver på hver av de tre stasjonene (stasjonenes plassering er vist i **Figur 4**). Hver grabbprøve ble beskrevet visuelt mht. sedimentets beskaffenhet, farge, lagdeling og innslag av synlige dyr. Bunnmaterialet ble siktet med sjøvann gjennom sikter med hullstørrelse på 5 mm og 1 mm. Begge siktene ble plassert i vannbad med silplaten i bunnen neddykket for å sikre en mest mulig skånsom behandling av det biologiske materialet. Sikteresten ble overført forsiktig til en bølge og konservert med 10-20 % formalin-sjøvannsløsning.

Sedimentprøver for analyse av sedimentets kornfordeling og innhold av totalt organisk karbon (TOC) ble tatt fra en separat grabbprøve på hver stasjon. Materialet til kornfordelingsanalyse ble tatt fra de øvre 0-5 cm av sedimentet, mens materialet til TOC ble tatt fra de øverste 0-1 cm av sedimentet. Prøvetaking av bunnfauna og sediment ble utført i henhold til standardene NS-EN ISO 16665:2013 og NS-EN ISO 5667-19. For å bestemme fargen på sedimentets overflatelag ble det brukt Munsells fargekart for jord og sedimenter. Volum ble bestemt vha. målepinne tilhørende grabben.

Ytterligere informasjon om prøvetakingen (dyp, koordinater, eventuelle avvik) er gitt i **Tabell 1**, og en visuell beskrivelse av sedimentets karakter er gitt i **Tabell 2**.

Tabell 1 Posisjoner og dyp for prøvetaking av bunnfauna ved Kastet, Mørjefjorden 2016 (posisjon i desimalgrader WGS84).

Stasjon	Dato	Posisjon nord	Posisjon øst	Dyp (m)	Antall grabbprøver fauna	Sedimentprøver	CTD-sonde	Siktdyp (secciskive)
LAR1	31.5.2016	59,0305	9,8385	15,5	3	Kornfordeling og TOC	X	X
LAR2	31.5.2016	59,0280	9,8391	17	3	Kornfordeling og TOC	X	X
LAR3	31.5.2016	59,0246	9,8391	20,5	3	Kornfordeling og TOC	X	X

Tabell 2 Beskrivelse av sedimentet fra prøvetaking av bunnfauna og sediment ved Kastet, Mørjefjorden 2016.

Stasjon	Beskrivelse av sedimentet og siktdyp
LAR1	Leire. Liten sikterest. Ingen lukt. Volum: 8-11 L. Munsell 2,5Y 4/2. Ingen tydelig lagdeling. Sjømus, frittlevende flerbørstemark, <i>Nephtys</i> sp., Terebellidae, knivskjell (Solenioidea). Siktdyp: 5 m, farge gul. CTD fra overflate til bunn.
LAR2	Leire, noe sand. Lettspylt, liten sikterest. Ingen lukt. Volum: 9-10 L. Munsell 2,5Y 3/2. Ingen tydelig lagdeling. Sjømus, slangestjerner, frittlevende flerbørstemark, <i>Nephtys</i> sp. Første grabbprøven ble forkastet pga. skjevt hugg. Siktdyp: 5 m, farge gulgrønn. CTD fra overflate til bunn.
LAR3	Sandig sediment. Lettspylt, liten sikterest. Ingen lukt. Volum: 5-6 L. Munsell 2,5Y 3/2. Ingen tydelig lagdeling. Slangestjerne, sjømus. Siktdyp: 5-5,5 m, farge gul. CTD fra overflate til bunn.

3.2 Laboratorieanalyser og tilstandsklassifisering

Sikteresten fra grabbprøvene ble grovsortert i hovedgrupper ved NIVAs biologilaboratorium, og overført til 80 % etanol. All sortert fauna ble artsbestemt til lavest mulig taksonomiske nivå, og alle individer av hver art talt.

Sortering og artsidentifisering ble utført i henhold til NS-EN ISO 16665:2013.

På grunnlag av artslistene og individtall ble følgende indekser for bunnfauna beregnet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES₁₀₀ (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI₂₀₁₂ (Indicator Species Index, versjon 2012) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian Quality Index, versjon 1), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksene ble beregnet for hver grabbprøve, og ut fra dette er det beregnet gjennomsnittsverdier for hver stasjon. Indeksene ble også beregnet ut fra kumulerte data (sum) fra alle grabbene fra hver stasjon (stasjonsverdien). Tilstandsklassen ble bestemt etter vannforskriftens system og klassegrenser gitt i Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013), se **Tabell 3**. De absolutte indeksverdiene (både grabbgjennomsnitt og stasjonsverdier) ble regnet om til normaliserte EQR-verdier (nEQR) etter formelen:

$$\text{Normalisert EQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{nedre klassegrense for indeksverdi}) / (\text{øvre klassegrense for indeksverdi} - \text{nedre klassegrense for indeksverdi}) * 0.2 + \text{nedre klassegrense for normalisert EQR verdi}$$

Det ble så beregnet gjennomsnitt av indeksenes nEQR-verdier på stasjonen.

Tabell 3 Klassegrenser for bunnfaunaindekser, inkl. normalisert EQR (nEQR), fra Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013).

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

3.3 Resultater

3.3.1 Bunnfauna

Fullstendige artslistene og indeksverdier for hver grabbprøve er gitt i **Vedlegg A** og **B**. Gjennomsnittlige grabbverdier, stasjonsverdier og normaliserte EQR-verdier er gitt i **Tabell 4** nedenfor. Klassifiseringen er gjort på grunnlag av grabbgjennomsnittet.

Alle tre stasjonene fikk «god tilstand» (klasse II) for bunnfauna (Tabell 4). Det var normal artssammensetning, relativt høy artsdiversitet og normale individmengder på alle stasjonene.

På stasjon LAR1 ble det funnet totalt 55 arter og 767 individer. Fauna var dominert av flerbørstemark (68 %) og bløtdyr (muslinger og snegl, totalt 21 %) (**Figur 5**). Det var også noe krepsdyr og pigghuder (sjømus, slangestjerner og sjøpølse).

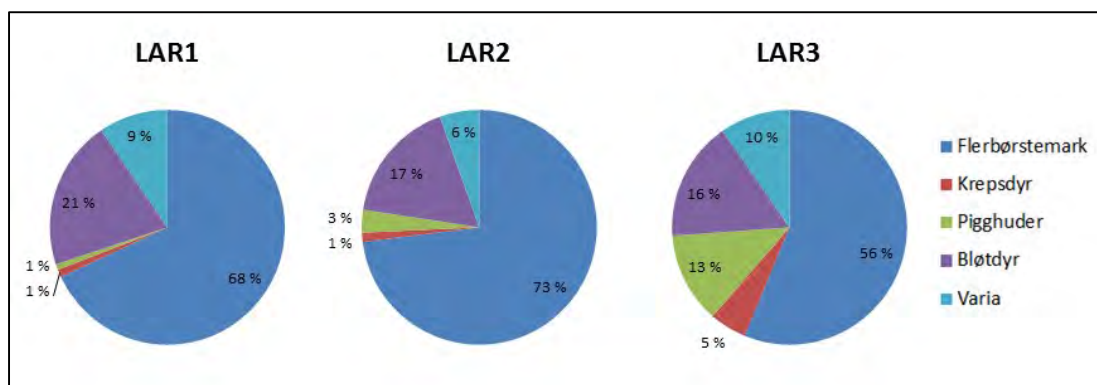
På stasjon LAR2 ble det funnet totalt 54 arter og 478 individer, og fauna var dominert av flerbørstemark (73 %) og bløtdyr (muslinger og snegl, totalt 17 %), samt noe krepsdyr og pigghuder.

Stasjon LAR3 var den mest artsrike stasjonen med totalt 68 arter og 631 individer. LAR3 hadde også høyest gjennomsnittlig nEQR-verdi (**Tabell 4**), og hadde således best økologisk tilstand av de tre stasjonene. Flerbørstemarkene var mindre dominerende enn på de andre to stasjonene (56 %), og det var større innslag av særlig pigghuder (13 %), men også krepsdyr (5 %) (**Figur 5**). Høy andel pigghuder blir ansett som en indikator på god tilstand i sedimentene, da dette er dyr som ofte forsvinner fra belastede

områder. I tillegg kan de bidra til forbedrede oksygenforhold ved at de er relativt store, gravende former som roter rundt i sedimentet og fører oksygenrikt vann ned i sedimentene (og næringsstoffer fra sediment til vannmasser).

Tabell 4 Bunnfaunaindeks for stasjonene ved Kastet, Mørjefjorden 2016, både gjennomsnitt av grabbene og stasjonsverdien (sum) for alle indekser, og normalisert EQR (nEQR). Grabbgjennomsnittet (uthevet skrift) er benyttet ved tilstandsklassifisering. S=antall arter, N=antall individer, NQI1=Norwegian Quality Index, H'=Shannons diversitetsindeks, ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks, ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012. Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i **Tabell 3**.

Kastet, Mørjefjorden, 2016								
Stasjon: LAR1	S	N	NQI1	H'	ES100	ISI2012	NSI	Gj.snitt nEQR
Gjennomsnittlig grabbverdi	35	256	0,646	3,79	22,9	8,27	21,2	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,617	0,687	0,670	0,673	0,647	0,659
Stasjonsverdi (sum)	55	767	0,656	3,91	22,6	8,19	21,1	
nEQR for stasjonsverdi			0,627	0,702	0,666	0,666	0,646	0,661
Stasjon: LAR2								
Gjennomsnittlig grabbverdi	35	159	0,658	3,89	28,8	8,12	20,6	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,629	0,699	0,739	0,659	0,623	0,670
Stasjonsverdi (sum)	54	478	0,661	4,05	27,2	8,24	20,5	
nEQR for stasjonsverdi			0,633	0,717	0,721	0,670	0,619	0,672
Stasjon: LAR3								
Gjennomsnittlig grabbverdi	46	210	0,741	4,69	32,9	8,60	22,0	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,717	0,787	0,788	0,704	0,679	0,735
Stasjonsverdi (sum)	68	631	0,745	4,95	33,9	8,89	22,0	
nEQR for stasjonsverdi			0,721	0,834	0,799	0,733	0,681	0,753



Figur 5 Prosentvis forekomst av hovedgruppene av bløtbunnsfauna fra de tre stasjonene ved Kastet, Mørjefjorden (2016).

MDS-plottet (**Figur 6**) og cluster-diagrammet (**Figur 7**) viser hvilke stasjoner som ligner hverandre mht. artssammensetningen. Stasjoner som ligger nærme hverandre i MDS-plottet har likere artssammensetning enn stasjoner som ligger lenger fra hverandre. I cluster-diagrammet er det også en skala som angir hvor like eller ulike stasjonene er i artssammensetning (i prosent). Stasjon LAR1 og LAR2 grupperer seg sammen i MDS-plottet (**Figur 6**), mens LAR3 ligger lenger unna. Dette betyr at artssammensetningen på LAR3 skilte seg fra LAR1 og LAR2, som har svært lik artssammensetning. Cluster-diagrammet (**Figur 7**) viser at LAR1 og LAR2 har omkring 60 % lik artssammensetning.

Tabell 5 gir en oversikt over de ti mest individrike artene på hver av stasjonene som ble undersøkt i 2016, samt en fullstendig artsliste fra undersøkelsen av bunnfauna i 2007 (fra området ved LAR1) (Berge m.fl., 2009). Blant de mest individrike artene på LAR1 og LAR2 finner man en rekke arter som er ansett som tolerante eller opportunistiske, som flerbørstemarkene *Chaetozone setosa*, *Tharyx killariensis* og *Prionospio fallax*, og muslingen *Thyasira flexuosa* (**Tabell 5**). Dette blir ofte sett på som et tegn på at en lokalitet er belastet (organisk belastning), men kan også være et resultat av at området til en viss grad er preget av ferskvann. Arter som er generelt tolerante og tåler godt sub-optimale betingelser vil ofte også være tolerante for lav salinitet. Selv om saliniteten ble målt til > 30 ved bunnen ved tidspunkt for denne undersøkelsen, er det mulig at saliniteten vil fluktuere med sesong, nedbørsmengde, temperatur, omrøring av vannmassene osv., og følgelig vil tolerante arter ha en fordel under slike forhold.

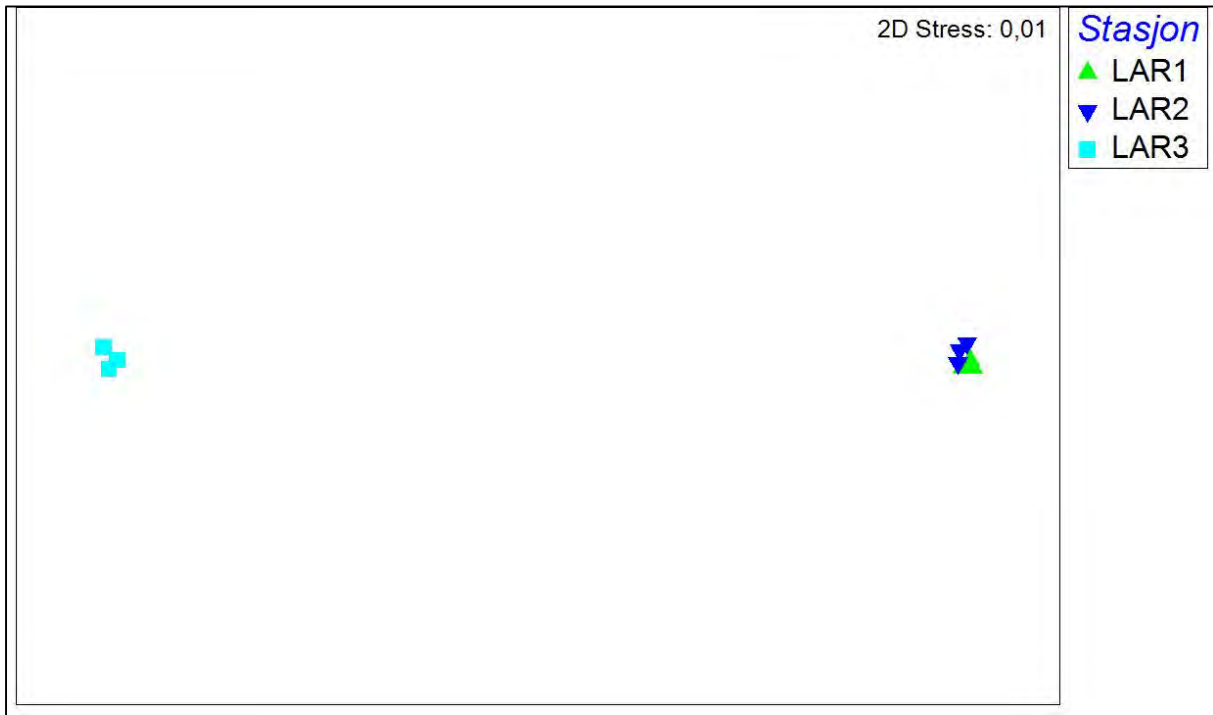
Chaetozone setosa også var den mest individrike arten på LAR3, selv om tettheten av denne arten var noe lavere enn på de to andre stasjonene. En annen vanlig art på LAR3 som det ble funnet langt færre av på LAR1 og LAR2 var flerbørstemarken *Spiophanes bombyx*. Dette er en art som foretrekker sand og som gjerne er assosiert med noe grovere sediment. Det ble også funnet en del juvenile slangestjerner på LAR3, samt at den vanligste muslingen var *Kurtiella bidentata*. På LAR1 og LAR2 var det arter fra slekten *Thyasira* som var de mest tallrike blant muslingene.

3.3.2 Sammenligning med undersøkelsen i 2007

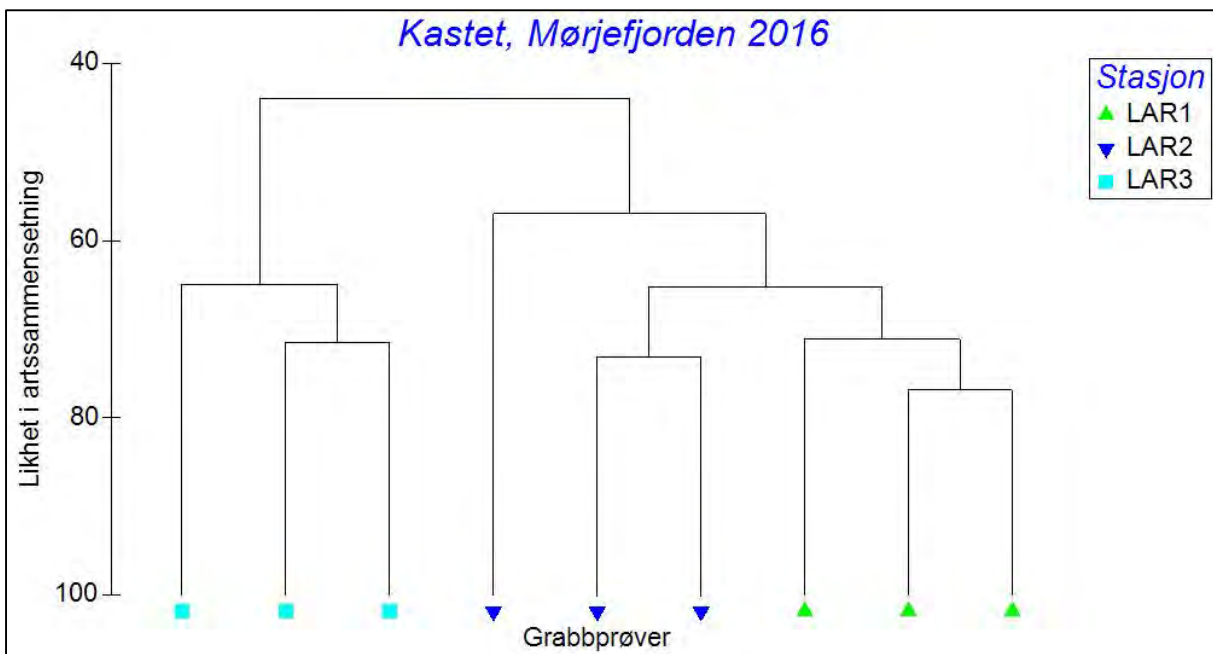
Det er vanskelig å gi noen direkte sammenligning av resultatene fra 2007 og 2016. Artstallene er ikke sammenlignbare siden prøvetakingsarealet per stasjon i 2016 var mer enn 13 ganger så stort som i 2007, da det ble tatt kun én bunnprøve med areal på 0,0225 m². I 2016 ble det tatt tre bunnprøver per stasjon med totalt prøvetakingsareal på 0,3 m². Det kan midlertid være verdt å merke seg at den mest individrike arten fra 2016, flerbørstemarken *Chaetozone setosa*, ikke ble funnet i det hele tatt i 2007 (**Tabell 5**). Dette kan tyde på at denne arten har etablert seg etter 2007. For øvrig ble litt over halvparten av artene som ble funnet i 2007 også funnet på LAR1 i 2016.

I Berge m.fl., 2009, ble det beskrevet at det var vanskelig å finne bløtbunnsområder hvor det var mulig å ta bunnprøver: «Ut for Kastet ble det tatt bunnprøver, men ikke funnet annet enn hard steinbunn, og ingen tendens til tilslamming av bunnområder. Først i renna mellom Kastet og Midtholmen var det en smal sone med bløtbunn.» I årets undersøkelse var det derimot ingen problemer å finne bløtbunn i noen av de undersøkte områdene. Prøvetaking på de tre stasjonene for bunnfauna foregikk uten problemer, dvs. at vi fikk opp bløtbunnsprøver og det var ikke noe som tydet på hard steinbunn. Også i de tre områdene som ble filmet med undervannskamera ble det kun observert bløtbunn i «dypområdene», dvs. dypere enn 10-12 m og i midtredda.

Med tanke på at utslippet av steinslam ved Kastet er relativt lite (9 tonn i året) og spres over et stort område, er det lite trolig at forskjellene skyldes akkumulering av bløtbunn i perioden 2007-2016. En sannsynlig forklaring er at vi ikke var på det eksakt samme stedet (det foreligger ingen koordinater fra prøvetakingen i 2007, så posisjonen ble bestemt omtrentlig utfra plasseringen som var markert i kartet), eller på grunn av forskjellig prøvetakingsutstyr. I 2007 ble det brukt en Ekman grabb som normalt brukes i ferskvann, og som er mye mindre enn van Veen-grabb som normalt benyttes for marin prøvetaking. Det er derfor også mulig at den var for lett til å ta opp det grove sedimentet som var i dette området (sand med veldig lavt innslag av leire), siden det trengs litt tyngde for å trenge ned i sedimentet.



Figur 6 MDS (non-metric multi-dimensional scaling) hvor samtlige grabbprøver fra de tre stasjonene fra undersøkelsen ved Kastet i Mørjefjorden (2016) er inkludert. Plottet er basert på rot-transformerte data og Bray-Curtis likhetsmatrise, og laget med programmet PRIMER 6 (PRIMER-E, Plymouth). Plottet viser hvilke stasjoner som ligner hverandre mht. artssammensetningen. Stasjoner som ligger nærmere hverandre i MDS-plottet har likere artssammensetning enn stasjoner som ligger lenger fra hverandre.



Figur 7 Cluster-analyse hvor samtlige grabbprøver fra de tre stasjonene fra undersøkelsen ved Kastet i Mørjefjorden (2016) er inkludert. Analysen er basert på rot-transformerte data og Bray-Curtis likhetsmatrise, og laget med programmet PRIMER 6 (PRIMER-E, Plymouth). Skala på y-aksen er i prosent og angir hvor like stasjonene er i artssammensetning.

Tabell 5 Oversikt over de ti mest tallrike artene på hver stasjon fra undersøkelsen i 2016 til venstre. Til høyre er den fullstendige artslista fra undersøkelsen av bunnfauna i 2007 (i området ved LAR1) (Berge m.fl., 2009). Artstallene er ikke sammenlignbare mellom 2007 og 2016 siden prøvetakingsarealet per stasjon i 2016 er mer enn 13 ganger så stort som i 2007, da det ble tatt kun en bunnprøve med areal på 0,0225 m². I 2016 ble det tatt tre bunnprøver per stasjon med totalt prøvetakingsareal på 0,3 m².

De ti mest individrike artene i 2016			Fullstendig artsliste for 2007		
GRUPPENAVN	ARTSNAVN	LAR1	GRUPPENAVN	ARTSNAVN	Antall
Flerbørstemark	<i>Chaetozone setosa</i>	183	Flerbørstemark	<i>Prionospio fallax</i>	5
Flerbørstemark	<i>Tharyx killariensis</i>	120	Slimorm	Nemertea indet	4
Flerbørstemark	<i>Prionospio fallax</i>	83	Muslinger	<i>Kurtiella bidentata</i>	4
Muslinger	<i>Thyasira flexuosa</i>	63	Flerbørstemark	<i>Scalibregma inflatum</i>	2
Slimorm	Nemertea indet	52	Koralldyr	Edwardsiidae	1
Muslinger	<i>Nucula</i> sp.	48	Flerbørstemark	<i>Nephtys ciliata</i>	1
Flerbørstemark	<i>Scalibregma inflatum</i>	35	Flerbørstemark	<i>Glycera alba</i>	1
Flerbørstemark	<i>Levinsenia gracilis</i>	20	Flerbørstemark	<i>Levinsenia gracilis</i>	1
Flerbørstemark	<i>Magelona minuta</i>	20	Flerbørstemark	<i>Pseudopolydora</i> sp.	1
Muslinger	<i>Thyasira</i> sp.	19	Flerbørstemark	<i>Spiophanes bombyx</i>	1
GRUPPENAVN	ARTSNAVN	LAR2	Flerbørstemark	<i>Magelona mirabilis</i>	1
Flerbørstemark	<i>Chaetozone setosa</i>	136	Flerbørstemark	<i>Caulleriella</i> sp.	1
Flerbørstemark	<i>Prionospio fallax</i>	64	Flerbørstemark	<i>Mediomastus fragilis</i>	1
Flerbørstemark	<i>Tharyx killariensis</i>	57	Flerbørstemark	<i>Galatbowenia oculata</i>	1
Muslinger	<i>Thyasira flexuosa</i>	30	Flerbørstemark	<i>Polycirrus norvegicus</i>	1
Muslinger	<i>Nucula</i> sp.	17	Flerbørstemark	<i>Trichobranchus roseus</i>	1
Slimorm	Nemertea indet	16	Muslinger	<i>Lucinoma borealis</i>	1
Muslinger	<i>Thyasira</i> sp.	16	Muslinger	<i>Thyasira flexuosa</i>	1
Flerbørstemark	<i>Magelona minuta</i>	14	Muslinger	<i>Macoma</i> sp.	1
Flerbørstemark	Polynoidae indet	12	Muslinger	<i>Timoclea ovata</i>	1
Sjømus	<i>Echinocardium cordatum</i>	9	Krepsdyr	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	1
GRUPPENAVN	ARTSNAVN	LAR3	Slangestjerne	<i>Amphiura filiformis</i>	1
Flerbørstemark	<i>Chaetozone setosa</i>	78			
Flerbørstemark	<i>Spiophanes bombyx</i>	64			
Slangestjerne	<i>Ophiuridae juvenil</i>	39			
Flerbørstemark	<i>Prionospio fallax</i>	36			
Muslinger	<i>Kurtiella bidentata</i>	34			
Hesteskoorm	Phoronida indet	31			
Flerbørstemark	<i>Jasmineira caudata</i>	26			
Flerbørstemark	<i>Sosane sulcata</i>	24			
Flerbørstemark	<i>Poecilochaetus serpens</i>	20			
Muslinger	<i>Thyasira flexuosa</i>	20			

3.3.3 Kornfordeling og innhold av organisk karbon i sedimentet

Totalt organisk karbon (TOC) er en støtteparameter som gir informasjon om graden av organisk belastning på stasjonen, men inngår ikke i den endelige tilstandsklassifiseringen. TOC ble analysert med en elementanalysator etter at uorganiske karbonater er fjernet i syredamp.

Analyse av kornfordelingen gir informasjon om hvor grov- eller finkornet sedimentet er, noe som har betydning for faunaens sammensetning og kan brukes ved tolkning av resultatene. Sedimentets kornfordeling ble analysert ved våtsikting av prøven gjennom 0,063 mm (63 µm) sikt. Fraksjonen større enn 0,063 mm tørresiktes gjennom siktene 0,063, 0,125, 0,25, 0,5, 1 og 2 mm sikter. Fraksjonen mindre enn 0,063 mm analyseres ikke videre, men beregnes ut fra totalvekt og vekt av fraksjon større enn 0,063 mm. Dette betegnes som finstoff eller finfraksjonen (% < 63 µm) og brukes ved beregning av normalisert TOC.

Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment, og prøven standardiseres derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

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

hvor F er andelen finstoff (finfraksjon, andel av sedimentet med partikkelstørrelse < 63 µm).

Klassegrensene for normalisert TOC er gitt i **Tabell 6**.

Tabell 6 Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC) fra veileder SFT97:03 (Molvær m.fl., 2007). Resultatene inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand.

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

Resultatene fra analysene av kornfordelingen i sedimentet (**Tabell 7**) viste at stasjon LAR1 hadde sediment bestående av finkornet leire med noe innslag av silt og sand. Andelen finfraksjon (%<63 µm) var på 70 %, hvorav leirinnholdet var på 20 %. LAR2 hadde også sediment bestående av leire med innslag av sand og silt. Sedimentet var midlertid noe grovere enn LAR1, med finfraksjon på 53 %, hvorav leirinnholdet var på 16,8 %. LAR3 hadde det groveste sedimentet bestående av fin til middels grov sand. Finfraksjon var på kun 14 %, hvorav leirinnholdet var på 8,7 %.

Alle de tre stasjonene hadde svært lavt innhold av organisk karbon (TOC) i sedimentet, og blir klassifisert til «svært god tilstand» (klasse I) (**Tabell 7**). LAR1 og LAR2 hadde innhold av organisk karbon på henholdsvis 6,5 og 7,5 mg/kg, mens LAR3 hadde 2,8 mg/g TOC i sedimentet. Det lave innholdet av TOC i sedimentet kan skyldes utslippet av steinslam, som antas å være av mineralisk karakter (noe organisk materiale kan trolig følge med utslippet fra bakken/bekkeleie/rør).

Tabell 7 Jordartsbetegnelse, leirinnhold (%), andel finfraksjon (%<63 µm), innhold av organisk karbon (TOC) og normalisert TOC (TOC63) på de tre stasjonene fra Kastet, Mørjeforden (2016). Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i **Tabell 6**.

Stasjon	Jordartsbetegnelse	Leire innhold	Korn<63µm	TOC	TOC63
		%	% t.v.	mg/kg C TS	normalisert
LAR1	LEIRE, siltig, sand	20,2	70	6,5	11,9
LAR2	LEIRE, sand, siltig	16,8	53	7,5	16,0
LAR3	SAND, fin til middels, leirig	8,7	14	2,8	18,3

4 Fysisk-kjemiske kvalitetselementer i vannsøylen

4.1 Metodikk

4.1.1 Siktdyp

Siktdyp ble målt ved å senke en hvit Secchi-skive ned i vannet på skyggesiden av båten. Det ble gjort ved hjelp av et tau som på forhånd var oppmerket per meter slik at dybden kunne noteres. Secchiskiven ble senket sakte rett ned, mens den ble observert nøye. Da den ikke lenger kunne sees ble dyp notert (Secchiusynlig). Deretter ble den trukket opp til den var synlig igjen og dyp ble notert (Secchisyntlig). Siktdypet ble rapportert som gjennomsnittet av Secchiusynlig og Secchisyntlig. Fargen på vannet mot Secchi-skiven ble så notert ved ½ siktdyp. Målingene ble utført på de samme tre stasjonene som for prøvetakingen av bunndyr og sediment. Det ble kun utført én måling.

4.1.2 Saltholdighet, temperatur og turbiditet i vannsøylen

En profilerende CTD-sonde (SAIV SD 204-743) som måler temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble senket i vannet og holdt så vidt under overflaten i minimum ½ min. Den ble deretter senket sakte ned til bunnen mens den målte temperatur og saltholdighet (konduktivitet) kontinuerlig, én gang i sekundet. Turbiditet (mengde partikler i vannet) ble målt med en turbiditetssensor påmontert CTD-sonden. Målingene ble utført på de samme tre stasjonene som for prøvetakingen av bunndyr og sediment. Det ble kun utført én måling.

Sondens målesikkerhet er angitt i **Tabell 8**.

Tabell 8 Oversikt over målesikkerheten til SAIV SD 204-743 og påmontert turbiditetssensor.

Parameter	Målesikkerhet
Turbiditet	< 2 % FTU
Temperatur	± 0,01 °C
Saltholdighet	± 0,02 ppt

4.2 Resultater

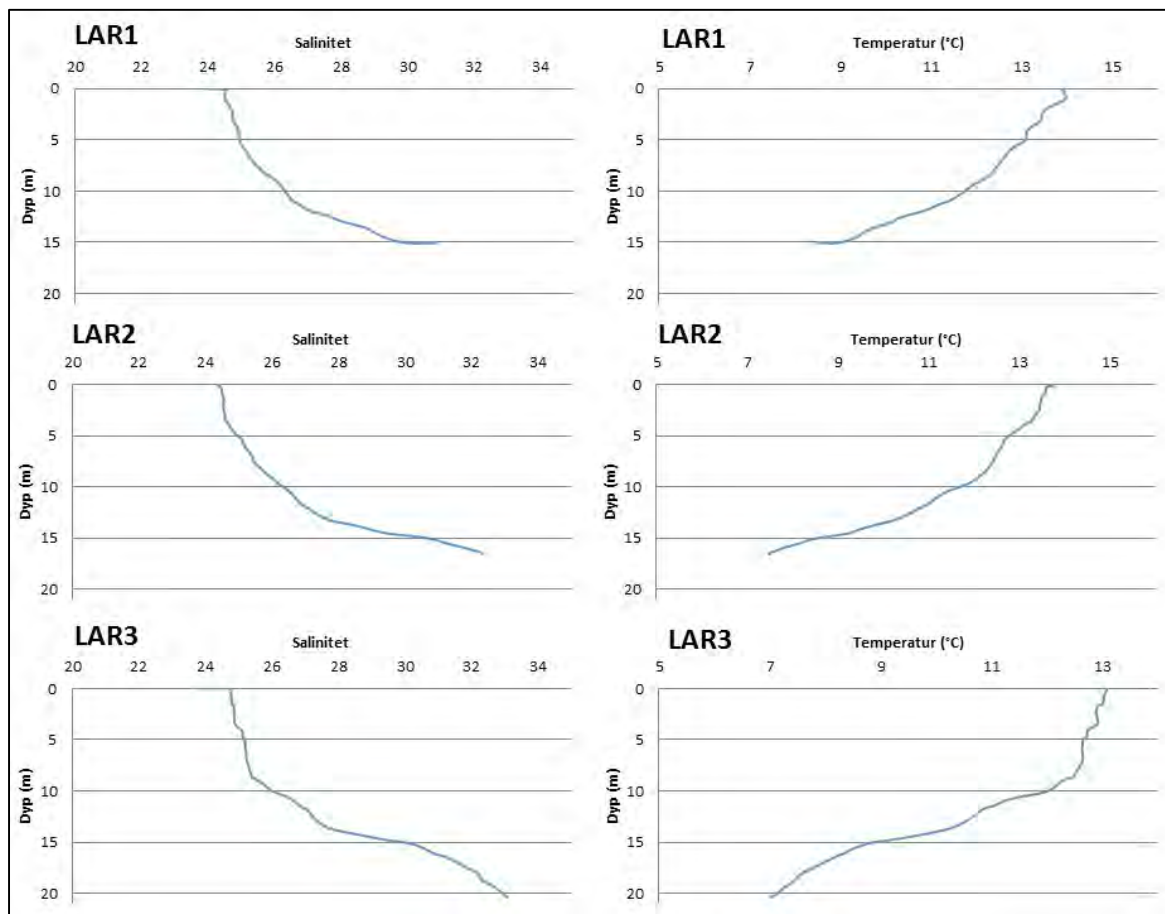
4.2.1 Siktdyp

Resultatene fra målingene av siktdyp er vist i **Tabell 2**. Det ble målt omtrent samme siktdyp på alle de tre stasjonene; 5 m på LAR1 og LAR2, og 5-5,5 m på LAR3. Dersom disse verdiene vurderes opp mot klassifiseringssystemet for siktdyp i overflatevann (Molvær m.fl., 1997), ville siktdypet blitt klassifisert til tilstandsklasse III «mindre god» («moderat»).

Siktdyp varierer midlertid svært mye over tid, og påvirkes av faktorer som algeoppblomstringer og nedbør. I følge veilederen (Molvær m.fl., 1997) skal siktdyp måles minst 10 ganger i perioden juni-august for å kunne klassifisere «den typiske tilstanden». Siden det kun ble utført én måling er dette resultatet nærmest som en stikkprøve å regne, og bør ikke tillegges særlig vekt. En annen faktor som trolig påvirker resultatet er at det var nedbør i forkant av prøvetakingen (4,5 mm/døgn, målt kl 7:00 30.mai 2016 på målestasjonen i Porsgrunn).

4.2.2 Saltholdighet, temperatur og turbiditet i vannsøylen

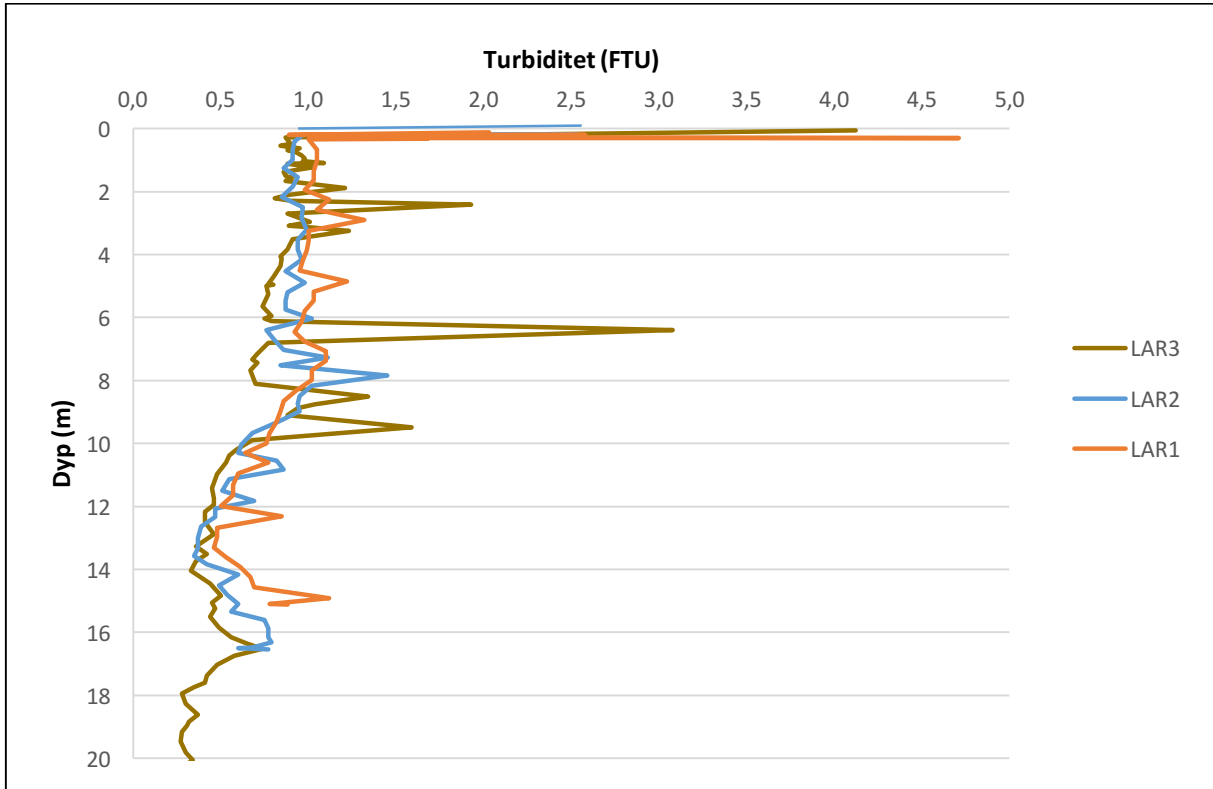
Salinitets- og temperaturprofilene for de tre stasjonene er vist i **Figur 8**. Målinger fra overflaten og hver meter (eller måling nærmest hele meter) og ned til bunn er vist i **Vedlegg F**. Dataene viser at saliniteten i øvre 10-15 m dyp lå på mellom 24 og 28. Ved bunn (dyp 17-20 m) ble saliniteten målt til 30-32. Vannets temperatur ligger på 13-14 °C ved overflaten og synker ned til 7 °C ved bunn. Profilene for LAR1 og LAR2 viser at det ikke er noe tydelig sprangsjikt, men en relativt jevn økning i salinitet og nedgang i temperatur med dypet. For LAR3 er det tendenser til et sprangsjikt på rundt 10 m dyp med relativt konstant salinitet og temperatur fra 0-10 m, og så en jevn økning i salinitet og nedgang i temperatur ned mot bunnen på 20 m.



Figur 8 Profiler for salinitet og temperatur i vannsøylen fra overflaten og ned til bunn basert på CTD-data fra måling 31.mai 2016.

Turbiditetsprofilene er vist i **Figur 9**. Stasjon LAR1 og LAR3 hadde høyest turbiditet i overflaten (henholdsvis 4,7 og 4,1 FTU). LAR2 hadde noe lavere turbiditet i overflaten (2,5 FTU). Videre nedover i vannsøylen og ved bunnen var turbiditeten for det meste mellom 0,5 og 1,5 FTU for alle tre stasjonene. Det ble også målt noe turbide vannmasser ved omkring 6-7 m dyp på LAR3 (3 FTU). Det er ingen vesentlig forskjell på de tre profilene.

Måling av turbiditet i vannmassene varierer svært mye over tid, og påvirkes av faktorer som algeoppblomstringer og nedbør. Slike målinger bør derfor gjennomføres med høy frekvens over en lengre periode for å beskrive den «den typiske tilstanden». Siden det kun ble utført én måling er dette resultatet nærmest som en stikkprøve å regne, og bør ikke tillegges særlig vekt. En annen faktor som trolig påvirker resultatet er at det var nedbør i forkant av prøvetakingen (4,5 mm/døgn, målt kl 7:00 30.mai 2016 på målestasjonen i Porsgrunn).



Figur 9. Profiler for turbiditet i vannsøylen fra overflaten og ned til bunn basert på målinger fra en turbiditetssensor påmontert en CTD. Målingene ble utført 31.mai 2016.

5 Nedslamming på hardbunn

5.1 Visuell befaring av bunnforholdene (nedslamming)

For å kunne vurdere om sedimentasjon fra utslippet fører til nedslamming av hardbunnsområdene ble det gjort en visuell inspeksjon av bunnen. Det ble filmet med nedsenkbart undervannskamera (droppkamera) i tre områder (**Figur 4**), og det ble gjort flere filmopptak i hvert område. Filmingen startet fra strandsonen (både på fastlandssiden og Midtholmen/Liaholmene) og varte ned til så dypt som det ble observert hardbunn. Fokus var på de grunne områdene med hardbunn og undervannsvegetasjon. Start og stopppunkt for hvert filmopptak ble koordinatfestet (**Vedlegg E**).

5.2 Skala for vurdering av nedslamming

På grunnlag av videoopptakene fra undervannskameraet ble det gjort en faglig, skjønnsmessig vurdering av graden av nedslamming. Det finnes ingen internasjonal eller nasjonal standard for vurdering av grad av nedslamming, og NIVA har derfor utarbeidet forslag til to enkle 5-delte skalaer:

Skala A (Gjelder makroalger og eller makroskopiske dyr synlig på hardbunn)

1. Ingen synlig nedslamming hverken på makroalger eller fastsittende dyr
2. Noe nedslamming på makroalger eller fastsittende dyr
(dekningsgrad på organismer anslås til <20 %)
3. Mye nedslamming på makroalger eller fastsittende dyr
(dekningsgrad på organismer anslås til 20-50 %)
4. Massiv nedslamming av makroalger og eller fastsittende dyr
(dekningsgrad på organismer anslås til 50-90 %)
5. Alger og dyr er 90-100 % dekket av partikler

Skala B (gjelder fast substrat/hardbunn)

1. Ingen synlig nedslamming på hardbunn
2. Noe nedslamming/partikulært materiale på hardbunn
(dekningsgrad anslås til <20 %)
3. Betydelig nedslamming/partikulært materiale på hardbunn
(dekningsgrad anslås til 20-50 %)
4. Massiv nedslamming/partikulært materiale på hardbunn
(dekningsgrad anslås til 50 -90 %)
5. Hardbunn skimtes, men er 90-100 % dekket av partikulært materiale

For både Skala A og B oppgis tallet 0 dersom graden av nedslamming ikke er mulig å bestemme ut fra opptakene.

5.3 Resultater og vurderinger

Det viste seg å være vanskelig å vurdere grad av nedslamming ut fra undervannsfilmert tatt med nedsenkbar videokamera. Kamera er i konstant bevegelse, det er mye algevegetasjon i området og lang avstand fra substrat gjorde at det var vanskelig å vurdere graden av nedslamming. Det kan også være vanskelig å skille mellom f.eks. sandbunn og sedimentert fjell ut fra undervannsfilmert, og graden av nedslamming kan derfor være forhøyet eller redusert basert på hvilket substrat en har bestemt det til. En grundig kvalitativ undersøkelse av nedslamming vil kreve in-situ undersøkelser av en dykker.

Det er valgt å presentere resultatene per område (1-3), og vurderingene fra alle filmopptakene gjort i området er slått sammen og blir presentert i dybdeintervaller. For hvert område gis det en kort oppsummering av registreringene.

Område 1 – nord for utslippet

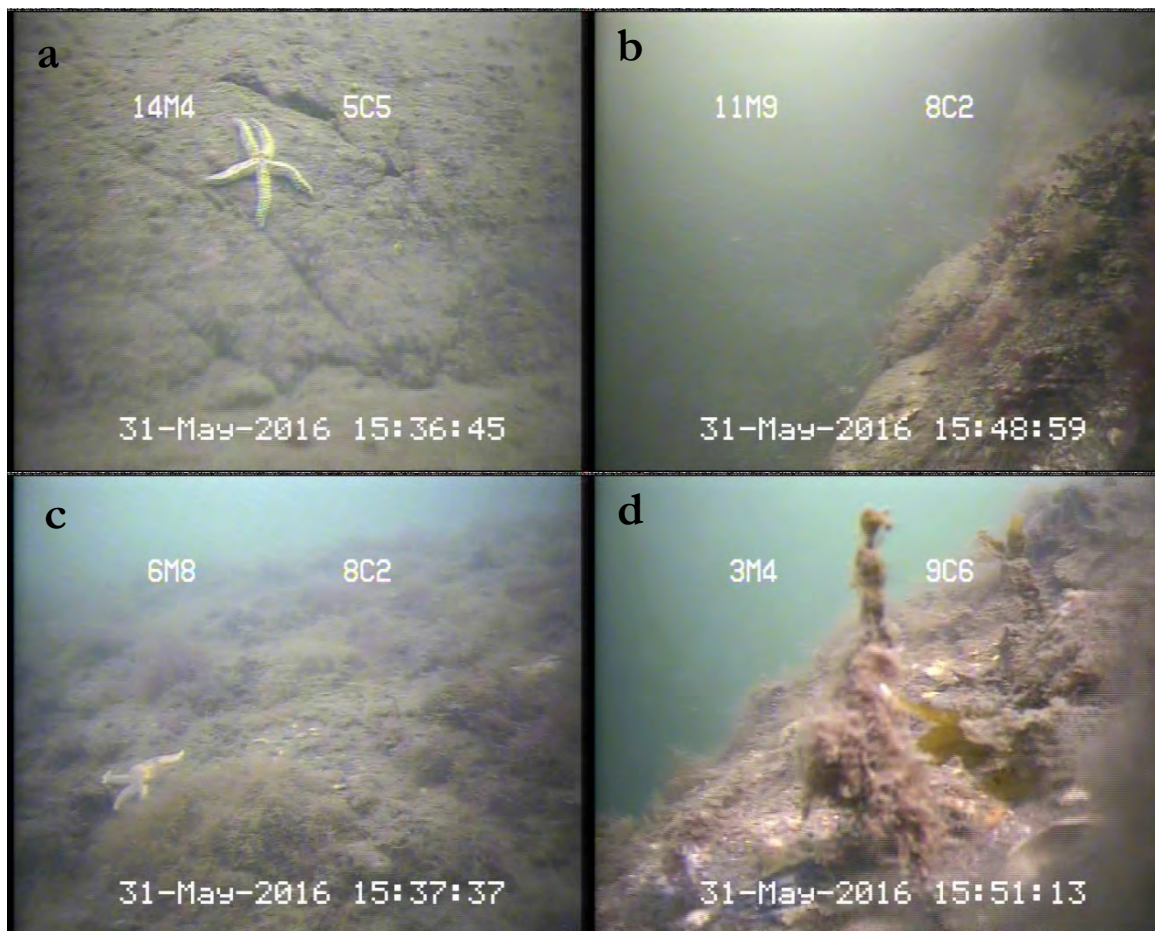
Det ble filmet fire opptak i område 1. Dypere enn ca. 14 m var det bløtbunn, mens grunnere var det hovedsakelig fjellbunn. Det var mye trådformete alger på fjellet, og det var derfor vanskelig å bestemme graden av nedslamming på substratet. Sedimenteringsgraden er bestemt ut fra de gangene en kunne observere nedslamming, og en vurdering av oppvirvling av sediment når droppkameraet traff substratet.

Tabell 9 viser en samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat på tre dybdeintervall. **Figur 10** viser bilder fra undervannsfilmene tatt i området.

Tabell 9. Samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat over tre dybdeintervaller i område 1.

Dybdeintervall (m)	Nedslamming på organismer (Skala A)	Nedslamming på substrat (Skala B)
0 - 5	3	4
5 - 10	2	4
10 - 15	3	4

Det er også ulik grad av nedslamming på ulike organismer. Bevegelige dyr som f.eks. vanlig korstroll (*Asterias rubens*), ishavsstjerne (*Marthasterias glacialis*) og langpigget kråkebolle (*Echinus acutus*) hadde ingen nedslamming, mens sekkedyr (Ascidier) som er fastsittende og som ikke beveger på seg ved påvirkning av bølger og strøm hadde høy grad av nedslamming. Løsrevne alger og tomme muslingskall som lå flatt på substratet hadde også høy grad av nedslamming på alle dyp hvor det ble registrert. Trådformete alger hadde vanligvis mye nedslamming (20-50 % nedslamming), større læraktige alger som sukkertare (*Saccharina latissima*) og japansk drivtang (*Sargassum muticum*) hadde generelt noe mindre nedslamming (<20 %).



Figur 10. Skjermbilder tatt fra undervannsfilmene i område 1. **a.** Ishavsstjerne uten nedslamming på massivt nedslammet (50-90 %) fjellbunn. Overgangen til bløtbunn kan skimtes i bunnen av bildet. **b.** Massivt nedslammet fjellbunn med algevegetasjon som er mye nedslammet (20-50 %). **c.** Massivt nedslammet fjellbunn med algevegetasjon som er mye nedslammet, og et vanlig korstroll uten nedslamming. **d.** Massivt nedslammet fjellbunn med tang og trådformete alger med mye nedslamming.

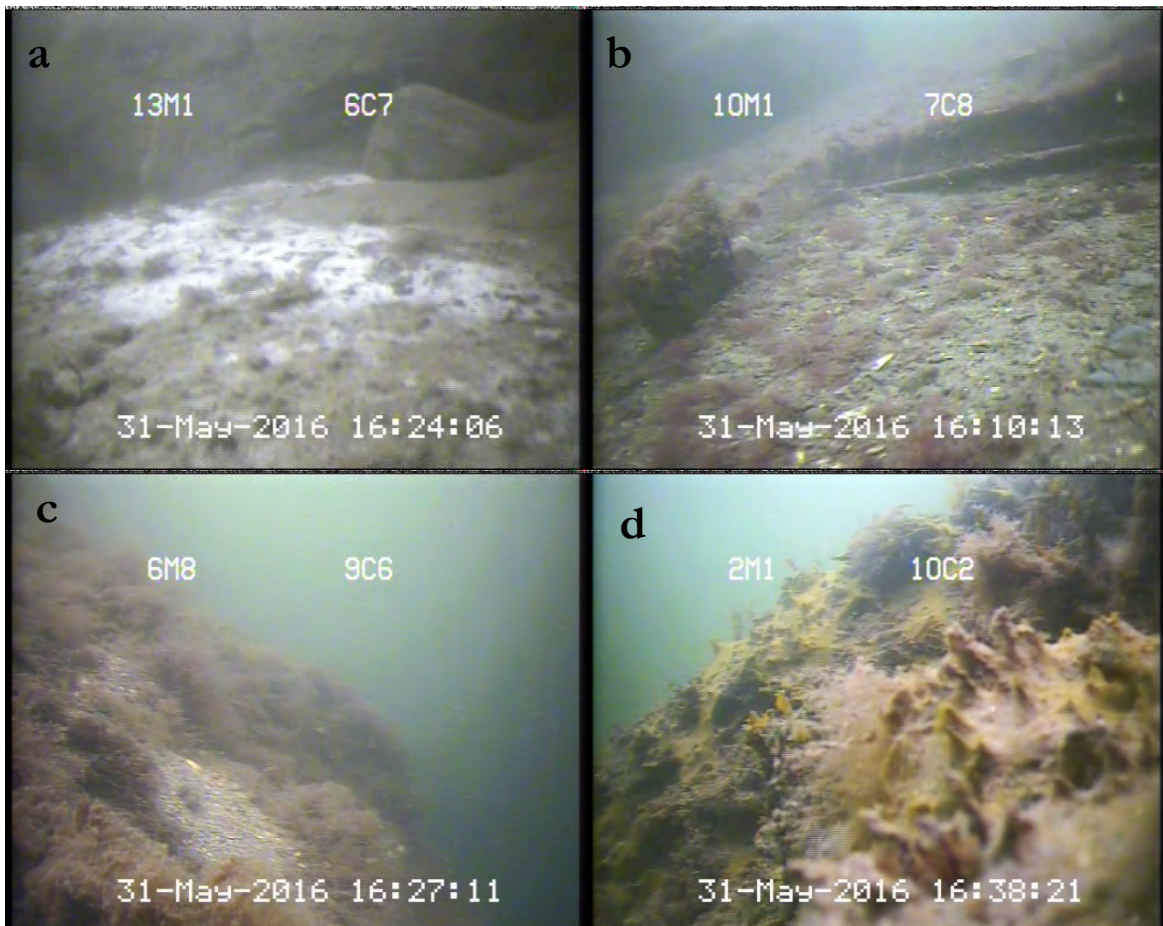
Område 2 – utenfor utslippet

Det ble filmet fire opptak i område 2. Under ca. 12 m dyp var det bløtbunn, mens grunnere var det hovedsakelig fjellbunn. I enkelte områder var det vanskelig å identifisere bunntypen; det var sannsynligvis flate fjellparti med mye sand/sediment på. Det var mye trådformete alger på fjellet som gjorde det vanskelig å bestemme graden av nedslamming på substratet. På 5 – 10 m dyp på østsiden av område 2 lå det metallsøppelet på bunnen. Vi gjorde en vurdering av nedslammingen på metallsøppelet. **Tabell 10** viser en samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat på tre dybdeintervall. **Figur 11** viser bilder tatt fra undervannsfilmene tatt i området.

Tabell 10. Samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat over tre dybdeintervaller i område 2.

Dybdeintervall (m)	Nedslamming på organismer (Skala A)	Nedslamming på substrat (Skala B)
0 - 5	3	4
5 - 10	3	4
10 - 15	2	3

Også i område 2 var det ulik grad av nedslamming på ulike organismer. Bevegelige dyr hadde ingen nedslamming, mens fastsittende dyr hadde høy grad av nedslamming. Løsrevne alger og tomme muslingskall som lå flatt på substratet hadde også høy grad av nedslamming på alle dyp hvor det ble registrert. Trådformete alger hadde vanligvis mye nedslamming (20-50 % nedslamming), større læraktige alger som sukkertare generelt noe nedslamming (<20 %). I film 7 ble det registrert et lite område med hvite trådformete bakteriematter (trolig *Beggiatoa* sp). Denne bakterien er vanlig i områder med hydrogensulfid (H₂S), og er et tegn på stor organisk belastning. I film 9 ble det filmet fra ca. 2 – 6 meters dyp langs østsiden av Midtholmen. Hardbunnen her skilte seg noe ut fra de andre ved at det var høyere grad av nedslamming på organismene, spesielt på de trådformete algene. Det ble også registrert områder med «tepper» av blågrønnalger som dekket makroalgene/substratet



Figur 11. Skjermbilder tatt fra undervannsfilmene i område 2. **a.** Overgang mellom bløtbunn med hvitt bakteriebelegg, og fjellbunn med massiv nedslamming (50-90 %) **b.** Metallsøppel med mye nedslamming (20-50 %) og rødalger med noe nedslamming (<20 %) på skrånende sandbunn. **c.** Massivt nedslammet fjellbunn med algevegetasjon som er mye nedslammet. **d.** Fjellbunn med alger med massiv nedslamming. Det er også et grønt «teppe» med blågrønnalger som dekker algene.

Område 3 – sør for utslippet

Det ble filmet fire opptak i område 3. Dypere enn ca. 15 m var det bløtbunn, mens grunnere var det hovedsakelig fjellbunn. Det var flere steder hvor det var vanskelig å bestemme substrat. Det kunne se ut som skrånende sandbunn, men det kan muligens være skrånende fjellbunn med mye nedslamming. Det ble også mye dårlige opptak, dvs. at det ble filmet langt fra substratet, kamera beveget seg raskt og/eller kamera var vendt mot vannmassene i stedet for mot substratet. Det var derfor vanskelig å gjøre vurderinger på grunnlag av flere av filmene. **Tabell 11** viser en samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat på tre dybdeintervall. **Figur 12** viser bilder tatt fra undervannsfilmene tatt i området.

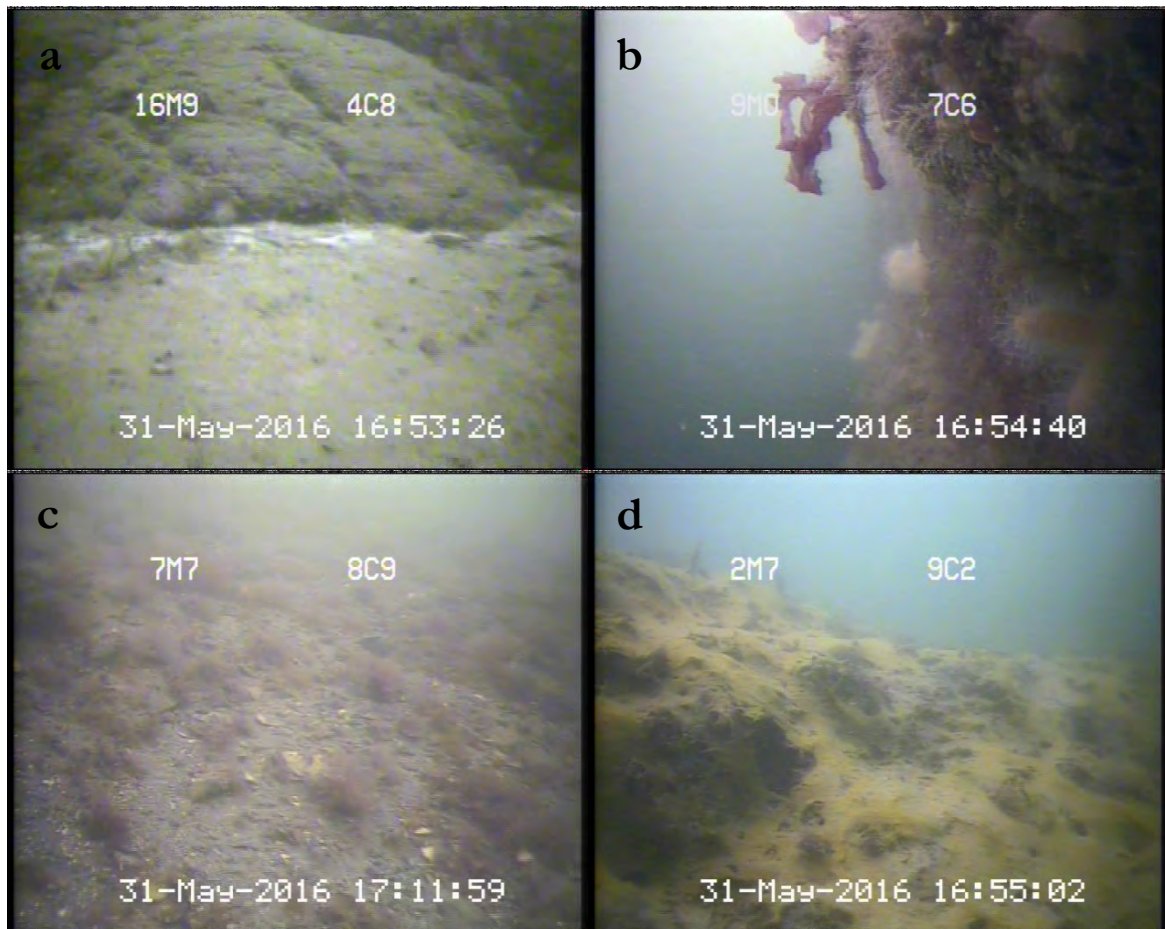
Tabell 11. Samlet vurdering av nedslamming på organismer og substrat fordelt på tre dybdeintervaller i område 3.

Dybdeintervall (m)	Nedslamming på organismer (Skala A)	Nedslamming på substrat (Skala B)
0 - 5	3	4
5 - 10	2	4
10 - 18	2	3

Også i område 3 var det ulik grad av nedslamming på ulike organismer. Bevegelige dyr hadde ingen nedslamming, mens fastsittende dyr hadde større grad av nedslamming. Dyr som er «delvis bevegelige», f.eks. dødmannshånd (*Alcyonium digitatum*) som har hvite polypper som kan strekkes ut/trekkes inn i dyret, hadde ingen synlig nedslamming. Trådformete alger hadde vanligvis noe-mye nedslamming (<20 % til 20-50 % nedslamming). Større bladformete og læraktige alger som tang hadde generelt noe nedslamming (<20 %). Det var noe lavere grad av nedslamming på organismene i område 3, sammenliknet med de to andre områdene. Graden av nedslamming på substratet var lik de andre områdene, men det var som nevnt flere områder hvor det var vanskelig å bestemme type substrat. Dvs. at det er mulig at substrat som ble bestemt til sandbunn egentlig er fjell dekket av sediment, eller at substrat som ble bestemt til fjell dekket av sediment egentlig er sandbunn.

Oppsummering

Generelt viste undersøkelsene av hardbunn at bevegelige dyr ikke var nedslammet, mens fastsittende dyr, løsevegne alger og tomme muslingskall som lå flatt på bunnen hadde høy grad av nedslamming. Trådformete alger og større bladformete og læraktige alger som tang hadde også noe nedslamming. Det var ingen store ulikheter i graden av nedslamming mellom de tre områdene, men noe mindre nedslamming på organismene i område 3 (lengst fra utslippet), sammenliknet med de to andre områdene. Et område på østsiden av Midtholmen hadde høyere grad av nedslamming på organismer, sammenliknet med de andre registreringene. Graden av nedslamming på substratet var relativt lik i de tre områdene.



Figur 12 Skjermbilder tatt fra undervannsfilmene i område 3. **a.** Overgang mellom bløtbunn og fjell med massiv nedslamming (50-90%). Det er et lite område med hvitt bakteriebelegg på bløtbunnen. **b.** Rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*) med noe nedslamming (<20%), og lærkorallen dødmannshånd uten nedslamming på bratt fjellvegg. **c.** Skrånende sandbunn (eller fjell dekket med grovt sediment) med trådformete alger med mye nedslamming (20-50%). **d.** Fjellbunn med alger med massiv nedslamming. Det er også et grønt «teppe» med blågrønnalger som dekker algene.

6 Oppsummering og konklusjoner

Bløtbunnsfauna

Undersøkelsen av bunnforholdene i området ved Kastet i Mørjefjorden viste at bløtbunnsfauna hadde «god» økologisk tilstand på alle tre stasjonene. Utslippene av steinslam til fjorden ser derfor ikke ut til å påvirke bløtbunnsfaunen negativt. Det var normal artssammensetning, høy artsdiversitet og normale individmengder. Stasjon LAR3 som ligger lengst unna utslippene hadde høyere artsdiversitet, grovere sediment og lavere innhold av organisk karbon i sedimentet enn de to andre stasjonene. Disse forholdene må ses i sammenheng da det er vanlig at grovere sediment som sand har høyere artsdiversitet enn finkornet sediment som leire. Det er også som forventet at innholdet av organisk karbon er lavere i grovt enn i fint sediment.

Det er vanskelig å si i hvilken grad forskjellene mellom LAR1/LAR2 og LAR3 skyldes forhold knyttet til utslippene eller naturlige forhold. Er for eksempel sedimentene ved LAR1 og LAR2 påvirket av det finpartikulære steinslammet, og har fått et mer finkornet sediment enn det som var «referansetilstand»? Det kan imidlertid bemerkes at innholdet av organisk karbon i sedimentet var svært lavt ved LAR3, noe som sannsynligvis skyldes at sedimentet er påvirket av steinslam (som har lavt organisk innhold). Kjennskap til steinslammets karakteristikk og kornfordeling kunne ha bidratt til å belyse denne problemstillingen noe mer. Også de to andre stasjonene hadde lavt innhold av organisk karbon og alle stasjonene ble klassifisert til «svært god» tilstand for organisk innhold.

Hardbunn

Områdene med hardbunn synes å være noe påvirket av steinslam fra utslippene. Det var midlertid ikke store forskjeller mellom områdene tross en tendens til noe mer nedslamming i området nærmest utslippet ved Kastet. Det er ikke mulig å si om nedslammingen skyldes steinslam fra utslippene eller naturlige forhold, og det kan derfor ikke utelukkes at den observerte nedslammingen av hardbunn og fastsittende organismer skyldes naturlige forhold (sedimentering, algevekst).

For fastsittende alger er det utviklet en indeks for bestemmelse av økologisk tilstand på hardbunn i Skagerrak (Direktoratsgruppa 2013). Indeksen er for påvirkningstypene eutrofiering og organisk belastning, og er basert på nedre voksegrense for utvalgte makroalgearter (MSMDI - Multi Species Macroalgae Depth Index). Indeksen beregnes på grunnlag av dykkerregistreringer, og tilsvarende registreringer kan ikke gjøres med undervannskamera. Ut fra foreliggende undersøkelse er det derfor ikke mulig å si noe om den økologiske tilstanden for hardbunn. Påvirkningen i Mørjefjorden er dessuten nedslamming og ikke eutrofiering/organisk belastning, og indeksen ville følgelig ikke vært godt egnet. Kraftig nedslamming kan hemme reproduksjon, overlevelse og rekruttering blant organismer ved å dekke organismene og tilgjengelig substrat.

Konklusjon

Det er to kilder til utslipp av steinslam til Mørjefjorden: steinprodusenten Lundhs utslipp via Mørjebekken innerst i fjorden og Larvik Granites utslipp via et rør ved Kastet. Utslipet fra Mørjebekken kan spre seg utover store deler av fjorden, og utbredelsen overlapper trolig med utslippet fra Kastet. Slik undersøkelsen var lagt opp ville det derfor være vanskelig å si noe om eventuelle observerte effekter skyldes det ene utslippet eller det andre. Resultatene viser imidlertid at den økologiske tilstanden var god for bløtbunnsfauna på alle de undersøkte stasjonene, noe som tyder på at mengden partikler som sedimenterer ned til bunnen er såpass liten at bunnfauna ikke påvirkes negativt. Det var noe forhøyet turbiditet i øvre vannmasser og en viss grad av nedslamming på hardbunn, men ingen vesentlige forskjeller mellom områder nærmest utslippet ved Kastet og lenger unna. Den økologiske tilstanden for hardbunnsområdene kunne ikke bestemmes på grunnlag av denne undersøkelsen.

7 Referanser

Berge, D.; Bækken, T.; Romstad, R.; Källqvist, T.; Corneliussen, C.H.; Dahl-Hansen, Geir A.; Christensen G.N.; Rygg, B. (2009). Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien (larvikittproduzentene) i Larvik, Del 1: Resipientundersøkelser 2006-2008 (Tekstdel). NIVA-rapport 5834-2009.

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

Molvær, J. Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Miljødirektoratets rapportserie TA 1467/1997.

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

NS-EN ISO 5667-19. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004).

8 Vedlegg

Vedlegg A: Fullstendige artslister for bunnfauna ved Kastet, Mørjefjorden 2016. Antall individer av hver art for hver grabbprøve (G1, G2, G3).

STASJON	GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARTSNAVN	G1	G2	G3
LAR1	HYDROZOA		Hydroidolina	3	3	2
LAR1	ANTHOZOA		Ceriantharia indet		1	
LAR1	NEMERTEA		Nemertea indet	8	24	20
LAR1	POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp.	3	1	2
LAR1	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp.		1	
LAR1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hombergii	1	1	1
LAR1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys incisa		1	1
LAR1	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp.	1		
LAR1	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba		1	2
LAR1	POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni		1	
LAR1	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	1		
LAR1	POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos (Scoloplos) armiger			1
LAR1	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	3	7	10
LAR1	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	2	3	3
LAR1	POLYCHAETA	Poecilochaetidae	Poecilochaetus serpens	1		
LAR1	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera			1
LAR1	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	30	22	31
LAR1	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora pulchra	1	1	
LAR1	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes bombyx	2	2	2
LAR1	POLYCHAETA	Magelonidae	Magelona minuta	9	7	4
LAR1	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	44	54	85
LAR1	POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx killariensis	25	33	62
LAR1	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	9	15	11
LAR1	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina acuminata	3	3	2
LAR1	POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	1		4
LAR1	POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus latericeus	1		1
LAR1	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni	1		1
LAR1	POLYCHAETA	Terebellidae	Hauchiella tribullata	1		3
LAR1	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii		1	1
LAR1	OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet		1	
LAR1	PROSOBRANCHIA		Gastropoda indet			1
LAR1	PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira sp.	1	1	
LAR1	PROSOBRANCHIA	Raphitomidae	Raphitoma sp.			1
LAR1	OPISTOBRANCHIA	Retusidae	Retusa umbilicata	2		
LAR1	OPISTOBRANCHIA	Philineidae	Philine sp.		4	2
LAR1	OPISTOBRANCHIA	Scaphandridae	Cylichna cylindracea	1	1	2
LAR1	BIVALVIA		Tellinoidea indet	1		
LAR1	BIVALVIA	Nuculidae	Ennucula tenuis		1	
LAR1	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	19	19	10

LAR1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. flexuosa	34	13	16
LAR1	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	4	11	4
LAR1	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata	2		
LAR1	BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimya cf. tenella	2		
LAR1	BIVALVIA	Solenidae	Phaxas pellucidus			1
LAR1	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	1	1	1
LAR1	BIVALVIA	Arcticidae	Arctica islandica	1		
LAR1	BIVALVIA	Veneridae	Veneridae	1		
LAR1	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella cf. truncatula	3	1	3
LAR1	CUMACEA	Diastylidae	Diastylis rugosa			1
LAR1	SIPUNCULIDA		Thysanocardia procera	1		
LAR1	PHORONIDA		Phoronida indet	2	4	5
LAR1	OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.	1		
LAR1	ECHINOIDEA		Irregularia juvenil	1		1
LAR1	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum	2		
LAR1	HOLOTHUROIDEA	Cucumariidae	Leptopentacta elongata		1	
LAR2	HYDROZOA		Hydroidolina	1	1	2
LAR2	ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsia sp.		1	
LAR2	PLATYHELMINTHES		Platyhelminthes indet		1	
LAR2	NEMERTEA		Nemertea indet	7	4	5
LAR2	POLYCHAETA	Polynoidae	Polynoidae indet	2	9	1
LAR2	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone longa/flava	1		1
LAR2	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce mucosa			3
LAR2	POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp.		2	
LAR2	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica			1
LAR2	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hombergii			1
LAR2	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp.	1	1	
LAR2	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	2	1	2
LAR2	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	2	1	3
LAR2	POLYCHAETA	Dorvilleidae	Ophryotrocha sp.			1
LAR2	POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos (Scoloplos) armiger			1
LAR2	POLYCHAETA	Paraonidae	Levinsenia gracilis	2		2
LAR2	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	22	11	31
LAR2	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora pulchra		1	
LAR2	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes bombyx			1
LAR2	POLYCHAETA	Magelonidae	Magelona minuta	5	2	7
LAR2	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	77	18	41
LAR2	POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx killariensis	15	7	35
LAR2	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus		2	
LAR2	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	1	2	2
LAR2	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina acuminata	1	1	3
LAR2	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina sp.			1
LAR2	POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	2	1	2
LAR2	POLYCHAETA	Capitellidae	Notomastus latericeus			1
LAR2	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni		2	4

LAR2	POLYCHAETA	Terebellidae	Hauchiella tribullata	1	1	2
LAR2	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus plumosus	2	1	
LAR2	POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemii			1
LAR2	OLIGOCHAETA		Oligochaeta indet		1	2
LAR2	PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Hyala vitrea		1	
LAR2	PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira sp.		1	
LAR2	OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine sp.		1	1
LAR2	OPISTHOBANCHIA	Scaphandridae	Cylichna cylindracea	1	1	1
LAR2	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet		1	
LAR2	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.	6	6	5
LAR2	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. flexuosa	8	8	14
LAR2	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	8	3	5
LAR2	BIVALVIA	Lasacidae	Kurtiella bidentata	1	1	1
LAR2	BIVALVIA	Lasacidae	Tellmya cf. tenella	3		3
LAR2	BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida	1	1	
LAR2	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella cf. truncatula		2	1
LAR2	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium sp.		1	
LAR2	AMPHIPODA	Aoridae	Aoridae			1
LAR2	DECAPODA	Callianassidae	Callianassa sp.		1	
LAR2	SIPUNCULIDA		Thysanocardia procera		1	
LAR2	PHORONIDA		Phoronida indet	1		2
LAR2	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis	1		
LAR2	ECHINOIDEA		Irregularia juvenil			3
LAR2	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum	3	1	5
LAR2	HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buskii	1		1
LAR3	HYDROZOA		Hydroidolina	1		
LAR3	ANTHOZOA	Edwardsiidae	Edwardsia sp.	2	1	7
LAR3	NEMERTEA		Nemertea indet	9	4	6
LAR3	POLYCHAETA	Polynoidae	Gattyana amondseni	1	1	
LAR3	POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp.	1		
LAR3	POLYCHAETA	Phyllodoceidae	Phyllodoce sp.	1	1	
LAR3	POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe baltica		2	1
LAR3	POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata		1	
LAR3	POLYCHAETA	Syllidae	Exogone verugera	2		
LAR3	POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys hombergii		1	1
LAR3	POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	2	2	4
LAR3	POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni	2	1	3
LAR3	POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	3	1	1
LAR3	POLYCHAETA	Orbiniidae	Phylo norvegicus			2
LAR3	POLYCHAETA	Paraonidae	Paradoneis lyra	2	8	2
LAR3	POLYCHAETA	Poecilochaetidae	Poecilochaetus serpens	2	12	6
LAR3	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera			2
LAR3	POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio fallax	12	7	17
LAR3	POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora paucibranchiata	1		
LAR3	POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes bombyx	17	24	23

LAR3	POLYCHAETA	Magelonidae	Magelona minuta	2	6	5
LAR3	POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	30	20	28
LAR3	POLYCHAETA	Cirratulidae	Tharyx killariensis	2	3	3
LAR3	POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	1	1	
LAR3	POLYCHAETA	Scalibregmidae	Scalibregma inflatum	8	2	2
LAR3	POLYCHAETA	Opheliidae	Ophelina acuminata			1
LAR3	POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	1	7	
LAR3	POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata		1	
LAR3	POLYCHAETA	Oweniidae	Owenia sp.	1		
LAR3	POLYCHAETA	Pectinariidae	Amphictene auricoma			1
LAR3	POLYCHAETA	Pectinariidae	Lagis koreni	1		
LAR3	POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete sp.	2	1	
LAR3	POLYCHAETA	Ampharetidae	Lysippe fragilis		1	
LAR3	POLYCHAETA	Ampharetidae	Sosane sulcata	18	1	5
LAR3	POLYCHAETA	Terebellidae	Hauchiella tribullata	1		
LAR3	POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus sp.		1	
LAR3	POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellidae indet	1		
LAR3	POLYCHAETA	Sabellidae	Chone sp.	1		1
LAR3	POLYCHAETA	Sabellidae	Jasmineira caudata	10	13	3
LAR3	POLYCHAETA	Serpulidae	Hydroides norvegica		1	
LAR3	PROSOBRANCHIA	Naticidae	Euspira sp.		4	1
LAR3	OPISTHOBANCHIA	Scaphandridae	Cylichna cylindracea	5	1	3
LAR3	CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet			1
LAR3	BIVALVIA		Bivalvia indet	1		
LAR3	BIVALVIA	Nuculidae	Nucula sp.		1	1
LAR3	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira cf. flexuosa	9	2	9
LAR3	BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.	11	3	6
LAR3	BIVALVIA	Lasaeidae	Kurtiella bidentata	2	17	15
LAR3	BIVALVIA	Lasaeidae	Tellimya sp.			2
LAR3	BIVALVIA	Petricolidae	Mysia undata	1	1	
LAR3	BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba		1	2
LAR3	BIVALVIA	Thraciidae	Thracia sp.	1	1	3
LAR3	CIRRIPIEDIA		Cirripectida		1	
LAR3	CUMACEA	Leuconidae	Eudorella cf. truncatula	1		
LAR3	TANAIDACEA	Parathanidae	Tanaidacea indet	1		4
LAR3	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca brevicornis		1	1
LAR3	AMPHIPODA	Ampeliscidae	Ampelisca cf. tenuicornis	4	4	8
LAR3	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Synchelidium sp.		3	2
LAR3	AMPHIPODA	Oedicerotidae	Westwoodilla caecula			1
LAR3	DECAPODA	Callianassidae	Callianassa sp.			1
LAR3	PHORONIDA		Phoronida indet	7	11	13
LAR3	OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil	21	7	11
LAR3	OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis	1	4	5
LAR3	OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.	1		
LAR3	ECHINOIDEA		Irregularia juvenil	8	3	9

LAR3	ECHINOIDEA	Fibulariidae	Echinocyamus pusillus	1	1	2
LAR3	ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum		1	1
LAR3	HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buskii	2		1

Vedlegg B: Indekser for bunnfauna

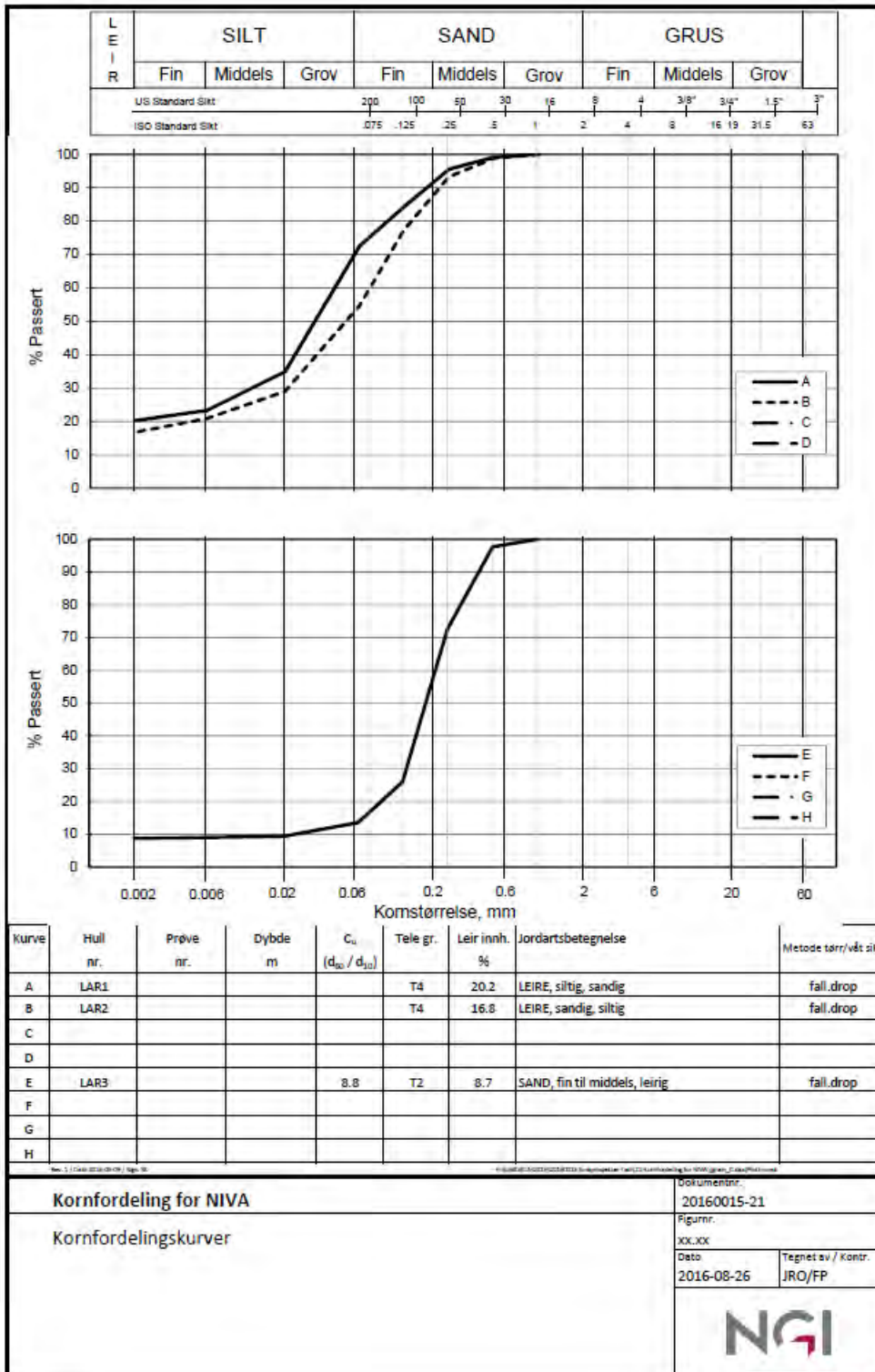
Bunnfaunaindekser per grabbprøve for Årdalsfjorden 2015. S=antall arter,
N=antall individer, NQI1=Norwegian Quality Index, H'=Shannons diversitetsindeks,

ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks, ISI₂₀₁₂=Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012, DI=Density Index.

Stasjon	Grabb	S	N	NQI1	H	ES100	ISI2012	NSI2012	DI
LAR1	G1	39	229	0,67704098	3,97878649	25,6439378	8,31912928	21,3383329	0,30983548
LAR1	G2	32	240	0,64541799	3,81348808	21,4635239	7,87579687	21,1907033	0,33021124
LAR1	G3	35	298	0,61658344	3,56700858	21,6534378	8,61365216	20,9736515	0,42421626
LAR2	G1	28	178	0,60976776	3,23115987	21,406968	8,01031375	19,3054876	0,20042
LAR2	G2	37	101	0,70818738	4,42496525	36,7722772	8,51797312	21,4010042	0,04567863
LAR2	G3	39	199	0,65471016	4,01887549	28,2822545	7,83779184	21,0547557	0,24885308
LAR3	G1	46	214	0,73958809	4,6136252	31,9367884	8,70205829	22,790298	0,28041377
LAR3	G2	46	191	0,75212474	4,68409206	33,4870493	8,36367048	21,0911162	0,23103337
LAR3	G3	45	226	0,7323329	4,76380563	33,3941677	8,72022915	22,037539	0,30410844

Vedlegg C: Fulle kornfordelingsanalyser

Analyserapport fra Norges geotekniske institutt (NGI). Kornfordelingskurver for fraksjoner over 63 µm.



Vedlegg D: Analyserapporter

Analyseresultater for sedimenter er oppgitt på tørrvektsbasis (t.v.) hvis ikke annet er oppgitt.



Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 02348 / (+47) 22 18 51 00
E-post: niva@niva.no

ANALYSERAPPORT



RapportID: 3728

Kunde: Gunhild Borgersen
Prosjektnummer: O 16226 Bunnundersøkelser utenfor Kastet i Morfjorden - Telemark

Analyseoppdrag: 441-3159
Versjon: 1
Dato: 06.09.2016

Provenr.: NR-2016-06431
Provetype: SEDIMENT
Provetakningsdato: 31.05.2016
Prøve mottatt dato: 23.08.2016
Analyseperiode: 05.09.2016 - 05.09.2016

Provermerking: LAR1 LAR1 Kastet Morfjorden
Stasjon: LAR1 LAR1 Kastet Morfjorden
KjemeID/Replikant: A
Provetakningsdyp: 0,00 m Snitt 0,00-1,00 cm
Provetakningsmetode: Grab sampler

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	6,3	µg C/mg TS	20%	1,0	

Provenr.: NR-2016-06432
Provetype: SEDIMENT
Provetakningsdato: 31.05.2016
Prøve mottatt dato: 23.08.2016
Analyseperiode: 05.09.2016 - 05.09.2016

Provermerking: LAR2 LAR2 Kastet, Morfjorden
Stasjon: LAR2 LAR2 Kastet, Morfjorden
KjemeID/Replikant: A
Provetakningsdyp: 0,00 m Snitt 0,00-1,00 cm
Provetakningsmetode: Grab sampler

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	7,5	µg C/mg TS	20%	1,0	

Provenr.: NR-2016-06433
Provetype: SEDIMENT
Provetakningsdato: 31.05.2016
Prøve mottatt dato: 23.08.2016
Analyseperiode: 05.09.2016 - 05.09.2016

Provermerking: LAR3 LAR3 Kastet, Morfjorden
Stasjon: LAR3 LAR3 Kastet, Morfjorden
KjemeID/Replikant: A
Provetakningsdyp: 0,00 m Snitt 0,00-1,00 cm
Provetakningsmetode: Grab sampler

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	MU	LOQ	Underlev.
Totalt organisk karbon	Intern metode (G6-2)	2,8	µg C/mg TS	20%	1,0	

Tegnforklaring:

*: Ikke omfattet av akkrediteringen

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard

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

Side 1 av 2

NIVA

Norsk institutt for vannforskning

Tomas Adler Elakseth

Forsker

Rapporten er elektronisk signert

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen

Side 2 av 2

<: Mindre enn, >: Større enn, MU: Måleusikkerhet, LOQ: Kvantifiseringsgrense

Mod: Intern metode basert på angitt standard

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

Vedlegg E. Droppkamera posisjoner og kommentarer

Område	wp	Lat	Lon	Film	Kommentar
1	790	59,03065	9,83892	2	Transekt nord
	791	59,03057	9,83950		
	792	59,03049	9,83887	3	
	793	59,03021	9,83782		
	794	59,03029	9,83795	4	Fra land og utover
	795	59,03054	9,83786	5	
	796	59,02995	9,83818		
2	797	59,02864	9,83940	6	
	798	59,02861	9,84015		
	799	59,02861	9,84016		
	800	59,02872	9,83937	7	
	801	59,02894	9,83859		
	802	59,02896	9,83866	8	Forts. fra wp 801
	803	59,02919	9,83865	9	
	804	59,02914	9,83860		
	805	59,02910	9,83862		
3	806	59,02664	9,83897	10	transFra midt og mot vest
	807	59,02656	9,83858		
	808	59,02688	9,83834	11	Langs land vestsiden
	809	59,02667	9,83853		Langs land vestsiden
	810	59,02664	9,83891	12	
	811	59,02652	9,83971		
	812	59,02675	9,83972	13	Inn - ut - inn
	813	59,02672	9,83969		
814	59,02670	9,83966			

Vedlegg F: Data fra CTD-måling (salinitet og temperatur) og turbiditet.

Målinger fra overflaten og hver meter (eller måling nærmest hele meter) ned til bunn. Overflatemålingen er gjennomsnitt av flere målinger som ble tatt mens sonden lå i overflaten. Måling 31.5.2016.

Stasjon	Sal.	Temp. (°C)	T (FTU)	Depth(u)
LAR1	23,78	14,24	2,03	0,11
LAR1	24,52	13,949	1,05	1,02
LAR1	24,7	13,537	0,98	1,95
LAR1	24,76	13,421	1,32	2,91
LAR1	24,89	13,16	0,99	3,88
LAR1	24,94	13,089	1,22	4,85
LAR1	25,07	12,793	0,98	5,78
LAR1	25,36	12,54	1,1	7,06
LAR1	25,64	12,366	1,02	7,99
LAR1	26,03	12,098	0,84	8,97
LAR1	26,3	11,747	0,76	10
LAR1	26,55	11,398	0,6	10,95
LAR1	27,09	10,811	0,5	11,98
LAR1	28,04	10,164	0,48	12,97
LAR1	28,93	9,559	0,61	13,92
LAR1	30,56	8,682	0,78	15,09
Stasjon	Sal.	Temp. (°C)	T (FTU)	Depth(u)
LAR2	24,29	13,86	2,53	0,17
LAR2	24,51	13,515	0,91	0,98
LAR2	24,54	13,457	0,91	1,85
LAR2	24,57	13,362	0,96	2,85
LAR2	24,69	13,137	0,94	3,84
LAR2	24,92	12,793	0,98	4,9
LAR2	25,18	12,61	1,02	6,04
LAR2	25,4	12,461	0,86	7,02
LAR2	25,54	12,358	1,45	7,85
LAR2	25,96	12,093	0,95	8,99
LAR2	26,36	11,649	0,62	10,03
LAR2	26,72	11,133	0,55	11,14
LAR2	27,1	10,771	0,47	12,07
LAR2	27,57	10,361	0,37	13
LAR2	28,99	9,441	0,6	14,16
LAR2	30,87	8,404	0,6	15,09
LAR2	31,74	7,829	0,77	15,87
LAR2	32,33	7,508	0,77	16,54
Stasjon	Sal.	Temp. (°C)	T (FTU)	Depth(u)
LAR3	24,058	13,453	4,123	0,050
LAR3	24,76	13,018	0,97	1,04
LAR3	24,85	12,89	0,88	2,1

LAR3	24,86	12,904	1,01	2,96
LAR3	25,04	12,757	0,85	4,01
LAR3	25,16	12,639	0,76	5
LAR3	25,2	12,627	0,75	6,04
LAR3	25,23	12,633	0,71	7,15
LAR3	25,32	12,525	0,7	8,1
LAR3	25,6	12,254	0,88	9,1
LAR3	25,92	12,074	0,68	9,9
LAR3	26,63	11,253	0,48	10,97
LAR3	27,08	10,803	0,46	11,95
LAR3	27,33	10,573	0,46	12,89
LAR3	28,16	9,986	0,33	14,05
LAR3	29,94	8,87	0,45	15,06
LAR3	30,7	8,437	0,49	15,86
LAR3	31,59	7,966	0,48	17,04
LAR3	32,11	7,633	0,28	17,94
LAR3	32,43	7,41	0,31	18,97
LAR3	32,94	7,133	0,34	20,05
LAR3	33,1	7,031	0,51	20,48

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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