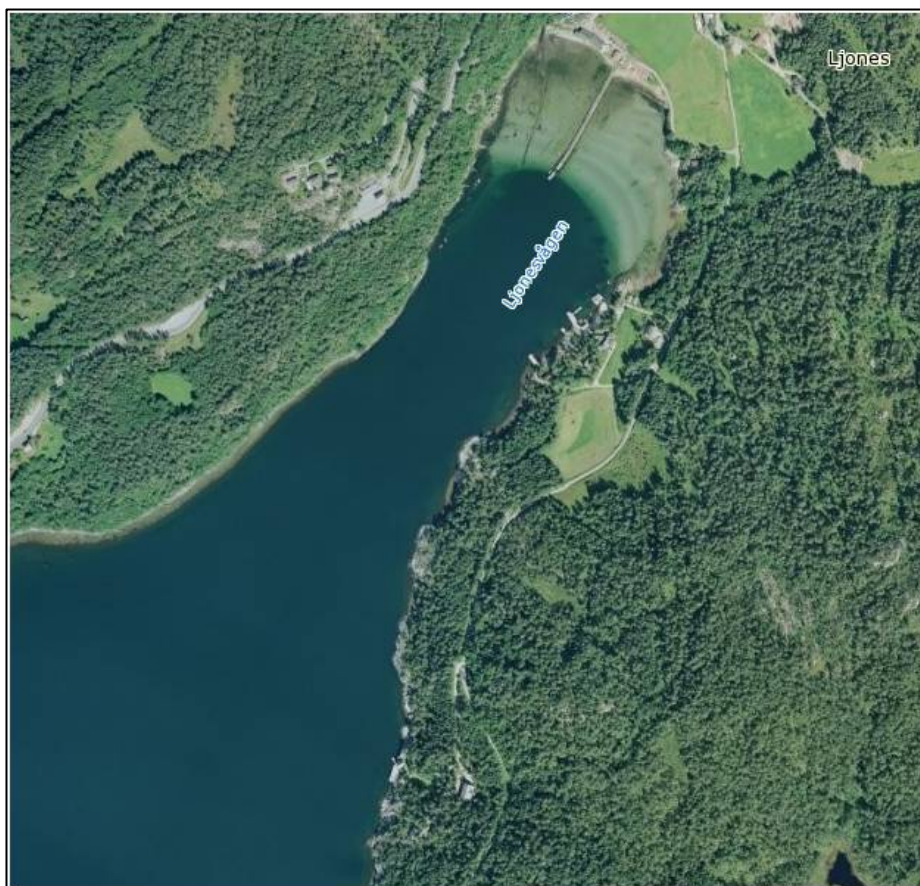


Kombinert MOM B- og MOM C-  
resipientundersøkelse  
av Ljonesvågen vinteren 2010



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

Rådgivende Biologer AS

1322





# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORT TITTEL:**

Kombinert MOM B- og MOM C- resipientundersøkelse av Ljonesvågen vinteren 2010

**FORFATTER:**

Bjarte Tveranger, Mette Eilertsen & Erling Brekke

**OPPDRAKSGIVER:**

Ljones Fisk AS

**OPPDRAGET GITT:**

18. januar 2010

**ARBEIDET UTFØRT:**

januar 2010

**RAPPORT DATO:**

27. mai 2010

**RAPPORT NR:**

1322

**ANTALL SIDER:**

37

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-7658-763-0

**EMNEORD:**

- Avløp i sjø  
- Resipientundersøkelse  
- MOM C

- MOM B  
- Kvam kommune  
- Hordaland fylke

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78    Telefax: 55 31 62 75

## FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Ljones Fisk AS utført en kombinert MOM B- og MOM C-resipientundersøkelse utenfor avløpet til settefiskanlegget i Ljonesvågen (lok. nr 12079) i Kvam kommune i Hordaland. Undersøkelsen er utført på samme måte og omtrent på de samme stedene som ved resipientundersøkelsen i 2003 (Tveranger & Johnsen 2003).

I forbindelse med utvidelse av konsesjonen til 1,5 millioner smolt ble anlegget av Fylkesmannen i utslippstillatelsen fra 2004 pålagt å gjennomføre en resipientundersøkelse med frist for rapportering innen 15. mai 2007, senere forlenget til 30. mai 2010.

Denne rapporten presenterer resultatene fra resipientundersøkelsen. Det ble tatt hydrografi i vannsøylen og samlet inn prøver av sediment og bunndyr på lokaliteten den 28. januar 2010.

Rådgivende Biologer AS takker Ljones Fisk AS v/Torleiv Ljones for oppdraget, samt Arne Magnussen for lån av båt og assistanse i forbindelse med feltarbeidet.

Bergen, 27. mai 2010.

## INNHold

Forord.....	2
Innhold .....	2
Sammendrag.....	3
Innledning.....	4
Område- og lokalitetsbeskrivelse .....	7
Anlegget .....	9
Metode.....	10
Miljøtilstand .....	15
Sjiktning og hydrografi .....	15
Resipientundersøkelsen .....	15
Utvidet MOM B-undersøkelse ved avløp.....	22
Vurdering av tilstand.....	28
Referanser.....	33
Vedleggstabeller.....	35

## SAMMENDRAG

**Tveranger, B., M. Eilertsen & E. Brekke 2010**

*Kombinert MOM B- og MOM C- resipientundersøkelse av Ljonesvågen vinteren 2010  
Rådgivende Biologer AS, rapport 1322, 37 sider, ISBN 978-82-7658-763-0.*

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Ljones Fisk AS utført en resipientundersøkelse utenfor avløpet i Ljonesvågen i Kvam kommune. Den 28. januar 2010 ble det tatt hydrografi i vannsøylen, samlet inn vannprøver samt prøver av sediment og bunnfauna på to stasjoner i Ljonesvågen og fem steder like utenfor avløpet.

Ljonesvågen er vel 1 km lang og omtrent 250 m bred og langgrunn våg som ligger sørvestvendt ut mot Hardangerfjorden (Hissfjorden). Det er ingen terskler i munningen av Ljonesvågen, som blir sakte dypere til omtrent 40 meters dyp ved munningen. Herfra skåner det relativt bratt nedover til betydelig større dybder på over 600 meter i Hardangerfjorden. Det antas derfor å være meget gode vannutskiftingsforhold i hele vannsøylen i Ljonesvågen.

Resipientundersøkelsen i sjøområdet ved og utenfor avløpene og videre utover i resipienten Ljonesvågen viste gode miljøforhold med hensyn på oksygenmetning i vannsøylen og nivået av næringssalter tilsvarende SFTs miljøtilstandsklasse I = ”meget god”. Det var liten grad av sedimenterende forhold på stasjon C1 og C2 (henholdsvis 33,5 og 10,8 % silt og leire). Glødetapet var lavt begge steder (henholdsvis 2,65 og 1,34 %) Nivået av normalisert TOC i sediment tilsvarte SFTs miljøtilstand II = ”god” på stasjon C1 og I = ”meget god” på stasjon C2. Kvaliteten på bunndyrs sammensetningen tilsvarte SFTs miljøtilstand IV = ”dårlig” på stasjon C1 på grunn av nærheten til det ytterste utslippet (rundt 60 meter), mens kvaliteten på bunndyrsamfunnet på stasjon C2 lenger ute i Ljonesvågen tilsvarte SFTs miljøtilstand I = ”meget god”.

En MOM B-undersøkelse i en avstand fra 0 – 120 m fra avløpene viste at det ikke var akkumulerende forhold ved utslippene, og at bunnforholdene utenfor avløpet var moderat påvirket tilsvarende miljøtilstand 2 = ”god”. Avløpet fra Ljones Fisk AS drenerer til sjøområder som har meget høy resipient- og omsetningskapasitet for tilført organisk materiale, og denne undersøkelsen viser få synlige tegn til noen negativ effekt av tilførselene rundt avløpene og i deres nærområde (0-120 m).

Siden forrige resipientundersøkelse i 2003 er det lagt ut en ny avløpsledning rundt 60 m utenfor det innerste utslippet, og stasjon C1 havnet dermed innenfor nærsonen/overgangssonen til utslippet ved denne undersøkelsen. Stasjon C2 viste fortsatt meget gode forhold for bunnavlevende dyr, og her ble det ved begge undersøkelsene funnet et bunndyrsamfunn som var lite påvirket til upåvirket, og dette indikerer at effekten av de urensede utslippene avgrenser seg til en lokal effekt rundt avløpene og et stykke utover i Ljonesvågen. De endrede forholdene på stasjon C1 med hensyn til organisk påvirkning på dyrsamfunnet siden forrige undersøkelse skyldes således ikke endrede forurensingsforhold i Ljonesvågen, men at det nye utslippet ligger noe lenger ute i Ljonesvågen.

Resipientforholdene i Ljonesvågen er meget gode vurdert i henhold til SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997).

## INNLEDNING

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. Ljonesvågen er resipient for Ljones Fisk AS. Selve vågen en langgrunn, men blir gradvis dypere ut mot munningen hvor det dybdes brått nedover i den store og dype Hardangerfjorden. Ljonesvågen er terskelfri og således forbundet med store og dype vannmasser, og det kan alltid forventes meget gode utskiftingsforhold inne i vågen.

“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 (slik som i den utenforliggende Hardangerfjorden) 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 Ljonesvågen er det ikke noe *dypvannslag*, og det er derfor tilnærmet full utveksling av vannmassene i hele vannsøylen med de utenforliggende sjøområdene.

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 utskiftninger avhenger i stor grad av terskelens dyp, - jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftninger av denne typen. Den dype terskelen inn til Hardangerfjorden gjør at man trolig får fornying av bassengvannet en gang i året 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 ( $H_2S$ ) 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 Hardangerfjorden vil det foregå et oksygenforbruk i bassengvannet, men på grunn av det store volumet av bassengvann, vil reduksjonen gå sakte, og fordi terskelen inn til fjorden er så dyp, sikrer det utskifting av bassengvannet ned til bunns lengde før det oppstår oksygenfrie forhold i de dypere liggende vannmassene.

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. Statens forurensningstilsyn (SFT) 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.

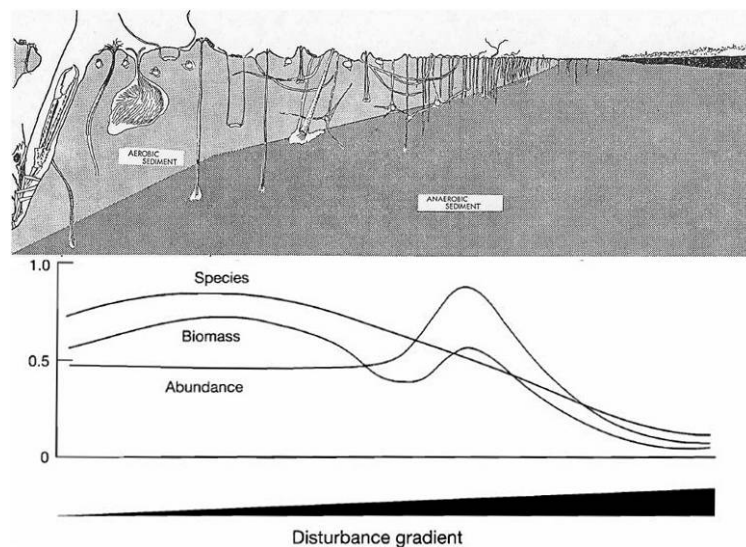
Næringsmengdene måles direkte ved å ta vannprøver av overflatelaget, dit det meste av tilførslene kommer, og analysere disse for innhold av næringsstoffene fosfor og nitrogen. Disse stoffene utgjør viktige deler av næringsgrunnlaget for algeplanktonet i sjøområdene, og beskriver sjøområdets “næringsrikhet”. SFT 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). Denne resipientundersøkelsen følger i all hovedsak opplegget for en MOM C-undersøkelse, som er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget/utslippet (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen). Det er i tillegg utført en utvidet MOM B-undersøkelse fra umiddelbart ved utslippet og i økende avstand utover i resipienten for å kartlegge det lokale påvirkningsområdet.

## 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 "gjødslingeffekt", 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 "overgjødning" vil føre til at dyresamfunnet kveles.



**Figur 1.** 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 bløtbunnsamfunnet 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 merkbare endring i tilstanden hos bløtbunnsfaunaen, til mindre forstyrrelser (Botnen m.fl. 2007).



## OMRÅDE- OG LOKALITETSBEKRIVELSE

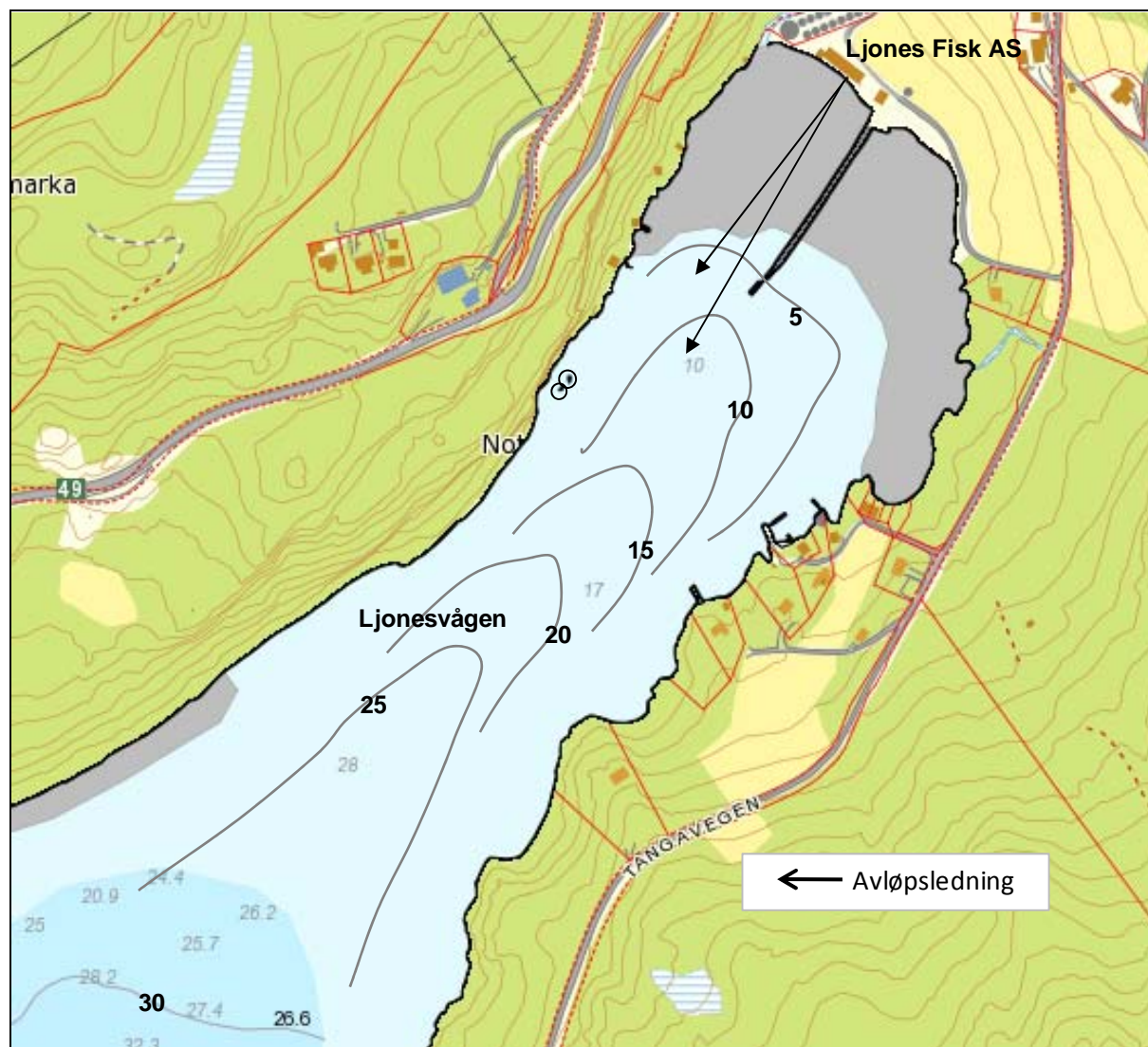
Ljones Fisk AS sitt settefiskanlegg i Ljonesvågen har i dag to urensede utslipp til sjø i Ljonesvågen som munner ut på henholdsvis rundt 6,5 og 11 m dyp ca 180 m og 240 m fra land (jf. **figur 3**). Fra avløpene skrår det relativt slakt utover. Ljonesvågen er vel 1 km lang, omtrent 250 m bred og langgrunn våg som ligger sørvestvendt ut mot Hardangerfjorden (Hissfjorden). Det er ingen terskler i munningen av Ljonesvågen, som blir sakte dypere til omtrent 40 meter ved munningen. Herfra skåner det relativt bratt nedover til betydelig større dybder på over 600 meter i Hardangerfjorden (**figur 2**).

Sjøområdet i Ljonesvågen har sannsynligvis god vannutskifting i overflaten, og siden det ikke er noen terskler ut mot Hardangerfjorden, vil det heller ikke være stagnerende dypvann i området. Det er derfor også sannsynlig at det er relativt god vannutskifting helt til bunns i hele Ljonesvågen. Tilførsler av organisk stoff til dette sjøområdet vil derfor ikke medføre belastning på oksygenivå i noen av vannlagene (jf. **figur 2**).



**Figur 2.** Oversiktskart over dybdeforholdene i Ljonesvågen/Hardangerfjorden. Kartet er hentet fra kystverket sine nettsider ([www.kystverket.no](http://www.kystverket.no)).

Sjøbunnen utenfor anlegget ble loddet opp i forbindelse med MOM B- og MOM C-undersøkelsen den 28. januar 2010. Selve utslippene ligger på henholdsvis rundt 6,5 og 11 m dyp der terrenget er relativt flatt rundt avløpene. Bunnen skrår videre slakt sørvestover der det er rundt 40 m dypt rundt 1 km sørvest for avløpene i utløpet av Ljonesvågen. (**figur 3**). Utslipet fra settefiskanlegget ligger således i en svakt skrånende og utersklet bakke som fører videre ned mot store dyp i Hardangerfjorden, noe som bidrar til meget god vannutskifting og spredning av avløpsvannet. Under opploddingen så det heller ikke ut til å være hull eller groper i terrenget der organiske tilførsler fra anlegget vil kunne samle seg opp (sedimentfeller).



**Figur 3.** Dybdeforhold i sjøområdet utenfor avløpet til settefiskanlegget tegnet med 5-meters dybdekoter med avmerking av avløpsledningene. Posisjoner avløp: N 60° 15,448' E 6° 08,373' og N 60° 15,414' E 6° 08,378'. Kartet er hentet fra Kystverket sine nettsider, [www.kystverket.no](http://www.kystverket.no) og er supplert med 5 m dybdekoter som er "klippet" ut fra opploddingen den 28. januar 2010 ved hjelp av et Olex integrert ekkolodd, GPS og digitalt sjøkartsystem.

## ANLEGGET

Settefiskanlegget med reg. nr. H/KM 12 fikk første gangen konsesjon på 400.000 sjødyktig settefisk den 23. april 1986. Anlegget ble utvidet i 2004 for en produksjon av 1,5 mill sjødyktig settefisk. Anlegget har to avløpsledninger som som munner ut på henholdsvis 6,5 og 11 meters dyp.

Fôrforbruk og produsert mengde fisk i perioden 2006 - 2009 har vært som følger (**tabell 1**):

**Tabell 1.** Anlegget sin driftshistorikk siden 2006.

	2006	2007	2008	2009
Fôrmengde (tonn)	90	88	60	88
Bruttoproduksjon (tonn)	84	80	50	80

Fôrforbruk og produsert mengde fisk er lite endret siden 2001 og 2002 da det ble produsert henholdsvis 88 og 80 tonn (Tveranger og Johnsen 2003).

## METODE

Det ble gjennomført en MOM C-resipientundersøkelse 28. januar 2010 utenfor utslippet til Ljones Fisk AS sitt smoltanlegg i Ljonesvågen i forbindelse med utredningen av miljøpåvirkningen i nærsone og utover i resipienten. Hovedbestanddelene i denne resipientundersøkelsen består av analyser av vannkvalitet på to steder og hydrografi på tre steder. Det er foretatt undersøkelse av sedimentkvalitet med kornfordeling og kjemiske analyser samt bunndyrsamfunnets sammensetning på to steder i resipienten. Det er også utført en utvidet MOM B-undersøkelse på fem steder utenfor avløpet. Både prøvetaking og vurdering utføres i henhold til Norsk Standard NS 9410:2007, NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2005. Vurdering av resultatene er i tillegg utført i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (SFT 1993 og 1997).

### MOM C-RESIPIENTUNDERSØKELSEN

NS 9410:2007 gir en oversikt over hvilke undersøkelser som anbefales utført i forbindelse med undersøkelsens formål (**tabell 2**). Denne undersøkelsen tar utgangspunkt i utslippets påvirkning fra utslippspunktet (nærsone) og videre utover i resipienten (overgangssone og fjernsone). Denne undersøkelsen kartlegger således miljøforholdene i Ljonesvågen som en funksjon av den aktuelle miljøpåvirkningen.

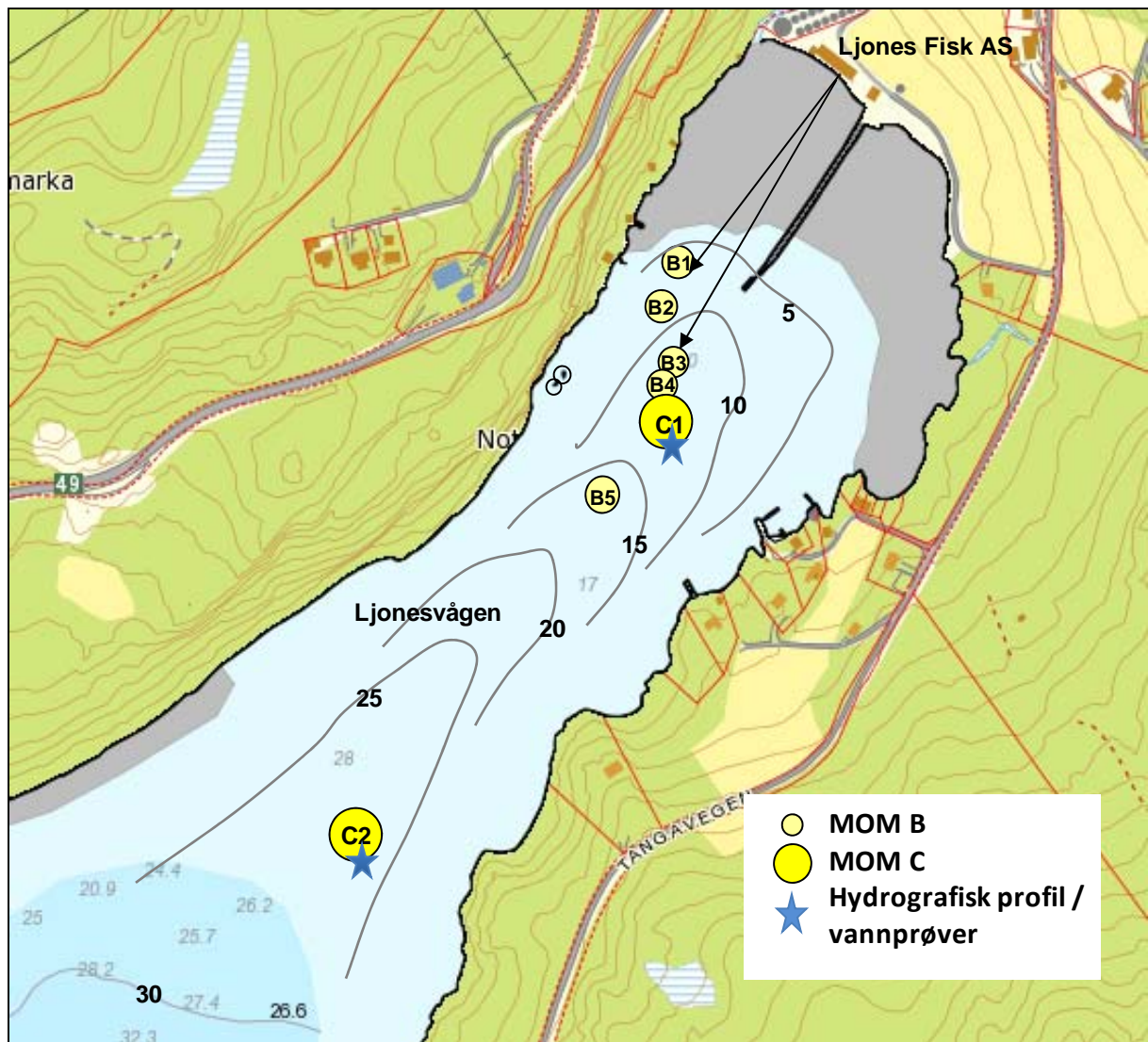
**Tabell 2.** Oversikt over soneinndelingen i MOM-systemet. Tabellen beskriver påvirkningskilde og potensiell påvirkning, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkingen og hvilke typer miljøstandarder som anvendes (fra NS 9410:2007).

	Nærsone	Overgangssone	Fjernsone
Definisjon	Område under og i umiddelbar nærhet til et anlegg der det meste av større partikler vanligvis sedimenterer.	Område mellom nærsone og fjernsone 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 nærsone.	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.

Overflatevannprøver for måling av næringsinnhold ble tatt på stasjon C1 og C2 i Ljonesvågen (**figur 4**). Prøvene ble innsamlet med vannhenter på 1 meters dyp og umiddelbart fiksert med 4 mol svovelsyre. Prøvene ble analysert for total fosfor, total nitrogen, fosfat -P og nitrat-N.

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt til bunns på stasjon C1 og C2 ved hjelp av en SAIV SD 204 nedsenkbar sonde som logget hvert 2. sekund (jf. **figur 4**).





**Figur 4.** Stasjonene B1-B5, samt stasjonen C1 og C2 i den kombinerte MOM B og MOM C-resipientundersøkelsen av sjøområdet utenfor avløpene fra settefiskanlegget til Ljones Fisk AS i Ljonesvågen 28. januar 2010. Hydrografisk profil og vannprøver ble tatt på samme posisjon som stasjon C1 og C2.

Ved MOM C-undersøkelsen ble sedimentet undersøkt på to ulike steder, dvs. ca 60 m sør for det ytterste utslippet (stasjon C1), stasjon C2 ut i fjorden ca 400 m sørsørvest for det ytterste utslippet (**figur 4, tabell 3**). Det var hovedsakelig finsediment (fin sand og silt) på begge stasjoner i Ljonesvågen.

**Tabell 3.** Posisjoner for stasjonene ved den utvidete MOM C-resipientundersøkelsen i Ljonesvågen i Kvam kommune, 28. januar 2010.

Stasjon:	Ljonesvågen C1	Ljonesvågen C2
Posisjon nord	60° 15,387'	60° 15,196'
Posisjon øst	6° 08,363'	6° 08,156'
Dybde	12,5-13 m	27 m

To parallelle sedimentprøver ble tatt med en 0,1 m<sup>2</sup> stor vanVeen-grabb på hvert av de to undersøkte stedene. En liten andel materiale ble tatt ut fra de 2-3 øverste cm i hver prøve for analyse av

henholdsvis kornfordeling og kjemiske parametre der sediment fra de to parallellene ble slått sammen til en blandeprøve før analyse. Gjenværende sediment i prøvene for hver av de to parallelle prøvene 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 analyse av fauna.

For vurdering av sedimentkvalitet ble det tatt ut prøvemateriale fra hver prøvestasjon for kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (tørstoff, glødetap, total nitrogen (totN) og total fosfor (totP)). Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og utføres etter standard metoder (NS-EN ISO 16665:2005). Bearbeiding av de resterende kjemiske analysene utføres også i henhold til NS-EN ISO 16665:2005. Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet beregnes som  $0,4 \times$  glødetapet, men for å kunne benytte klassifiseringen i SFT (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter nedenstående formel, der  $F$  = andel av finstoff (leire + silt) i prøven.:

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

## BUNNFAUNA

Det utføres en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderingen av bunndyrs sammensetningen gjøres på bakgrunn av diversiteten i prøven. Diversitet omfatter to forhold, artsrikdom og jevnhet, som er en beskrivelse av fordelingen av antall individer pr art. Disse to komponentene 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.

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 oppnåes ved et gitt antall arter,  $S$ .

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.

Det er dessuten etablert et klassifiseringssystem basert på forekomster av sensitive og forurensningstolerante arter (Rygg 2002, se **tabell 11** i resultatkapitlet). 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 stede 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.

Beregningen av diversitetsindekser er minimumsanslag, da en liten andel av hver prøve ble tatt ut til analysing av kornfordeling og kjemisk analyse før prøven ble analysert for innhold av dyr. Det reelle tallet på arter og individer i prøvene kan derfor trolig være litt høyere enn det som er påvist.

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 4**).

Alle kjemiske analyser av sediment samt kornfordelingsanalyse er utført av Eurofins Chemlab AS, mens vannprøvene, er analysert av NIVA via Eurofins Chemlab AS. Bunndyrprøvene er sortert av Silje Johnsen, Guro Eilertsen og Sara Sandvik. Dyrene er artsbestemt ved Marine Bunndyr AS av cand. scient. Øystein Stokland.

**Tabell 4.** 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 <sup>2</sup> ; -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 <sup>2</sup> ; -Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> ; -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 <sup>2</sup> .
Miljøtilstand 4 (uakseptabel)	-Ingen makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup>

## 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 5**). 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 sunnheitsgraden 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 5. 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

## MOM B-UNDERSØKELSEN

For å få mer utfyllende informasjon om sedimenttilstanden rundt avløpene ble det tatt grabbhogg med en liten grabb på fem ulike stasjoner fra umiddelbart ved det innerste avløpet og i økende avstand utover mot nord og sør i Ljonesvågen (**figur 4**). Det ble benyttet en 0,028 m<sup>2</sup> stor vanVeen grabb, og prøvene ble i hovedsak undersøkt etter standard MOM B-metodikken (NS 9410:2007).

I tillegg til den standard MOM B-metodikken, ble det også tatt ut en liten andel materiale fra hver enkelt prøve der en fikk opp sediment for analyse av tørrstoff og glødetap, og bunnfaunaen ble ikke vurdert i felt, men fiksert og tatt med til lab for videre analyse på samme måte som for C-undersøkelsen.

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.



# MILJØTILSTAND

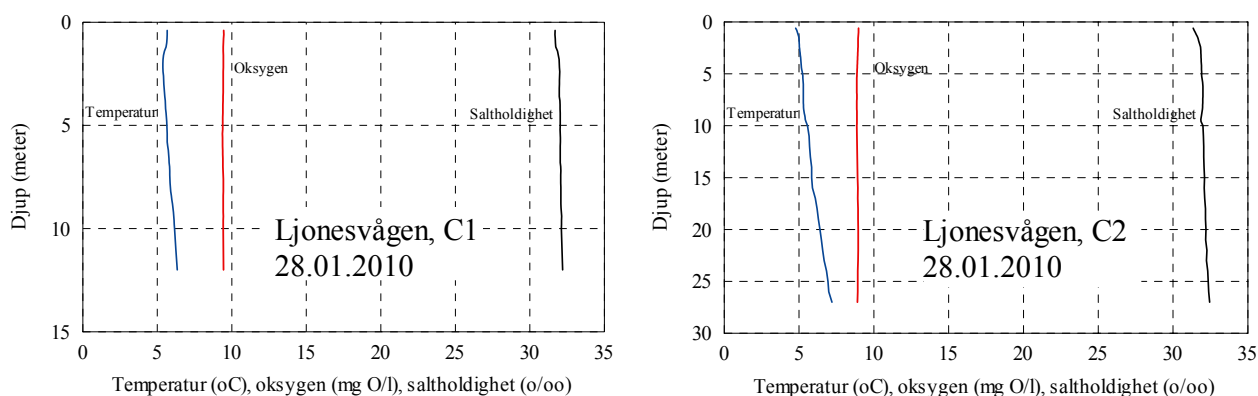
## SJIKTNING OG HYDROGRAFI

Den 28. januar 2010 ble det målt temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen på stasjon C1 og C2 i Ljonesvågen (**figur 4**). En benyttet en SAIV STD/CTD modell SD204 nedsenkbar sonde.

Begge steder var det den 28. januar 2010 liten ferskvannspåvirkning i overflaten med et saltinnhold på henholdsvis 31,7 og 31,3 ‰ på stasjon C1 og C2. Saltinnholdet økte jevnt fra overflaten og ned til bunnen, der det ble målt til henholdsvis 32,2 og 32,5 ‰ på stasjon C1 og stasjon C2 (**figur 5**).

Temperaturen var normal for årstiden, med henholdsvis 5,6 og 4,8 °C i overflaten på stasjon C1 og C2. Fra overflaten og nedover i vannsøylen var det på stasjon C1 en svak temperaturøkning ned til bunnen, målt til 6,34 °C på 12 m dyp. På stasjon C2 økte temperaturen svakt fra 5,0 til 5,3 °C ned til omtrent 8 m dyp, før temperaturen økte jevnt nedover vannsøylen og ble målt til 7,2 °C på 27 m dyp.

Oksygeninnholdet var begge steder høyt i hele vannsøylen ned til bunnen. På stasjon C1 var oksygeninnholdet 9,5 mg O/l i overflaten og 9,4 mg O/l på 12 m dyp. På stasjon C2 i Ljonesvågen var oksygeninnholdet 9,0 mg O/l i overflaten og 8,9 mg O/l på 27 m dyp. Ingen av målingene viste en oksygenmetning på mindre enn 94 %, tilsvarende SFTs tilstandsklasse I= ”meget god”.



**Figur 5.** Temperatur-, saltinnholds- og oksygenprofiler den 28. januar 2010 fra stasjon C1 (venstre) og C2 (høyre) i Ljonesvågen.

## RESIPIENTUNDERSØKELSEN

### NÆRINGSRIKHET

Det ble samlet inn to overflatevannprøver på to steder ute i Ljonesvågen (C1 og C2), og disse ble analysert for næringsrikhet. Resultatene er vist i **tabell 6**. Prøver fra ett enkelt tidspunkt gir ikke grunnlag for tilstandsklassifisering etter SFT (1997), men kan brukes som indikasjoner på tilførsler. Konsentrasjonen av fosfat-fosfor, total fosfor, nitrat-nitrogen og total nitrogen tilsvarte tilstandsklasse I = ”meget god” for begge stasjonene.

Både sjøområdet utenfor avløpet i Ljonesvågen og i Ljonesvågen kan karakteriseres som næringsfattige på prøvetakingstidspunktet. Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor tyder ikke på spesielle tilførsler, og det meste av næringstilførslene skyldes trolig naturlig avrenning. Siktedypet var > 10 meter på stasjon C1 i Ljonesvågen. Dette tilsvarer tilstandsklasse I = ”meget god” vurdert etter en sommersituasjon. Lenger ute i Ljonesvågen ble siktedypet målt til 23 m på stasjon C2.

**Tabell 6.** Overflatevannkvalitet på to stasjoner i sjøen utenfor Ljones Fisk AS 28. januar 2010. Prøvene er hentet på en meters dyp, og de er analysert ved det akkrediterte laboratoriet til NIVA via Eurofins AS avd. Bergen. SFT-tilstanden for en vintersituasjon er markert i parentes.

PRØVESTED	Total-fosfor µg / l	Fosfat-fosfor µg / l	Total-nitrogen µg / l	Nitrat-nitrogen µg / l	N:P- forhold
Ljonesvågen C1	14 (I)	10 (I)	155 (I)	77 (I)	11
Ljonesvågen C2	14 (I)	10 (I)	147 (I)	76 (I)	10,5

## SEDIMENTANALYSER

**Stasjon C1** ble tatt innerst i Ljonesvågen på 12,5-13 m dyp omtrent 60 m sørsørvest for det ytterste avløpet (**figur 4**). De to parallelle prøvene bestod av henholdsvis 4 og 6 liter fast, grått og luktfritt materiale av hovedsakelig fin sand og silt, samt et brunt slør med dnom (delvis nedbrutt organisk materiale) på overflaten (**figur 6, tabell 7**). Det var også noe småstein og større skjell i prøven.

**Stasjon C2** ble tatt på noe skrånende bunn på 27 m dyp lenger ut i Ljonesvågen, omtrent 460 m sørsørvest for det ytterste utslippet (**figur 4**). Det var mindre sedimenterende forhold på stedet og gjorde at det var noe vanskeligere å ta ut representative prøver enn på stasjon C1. De to parallelle prøvene bestod av 1/6 dels grabber med fast, grått og luktfritt sediment av hovedsakelig sand, med innslag av grus og småstein (**figur 6**).

**Tabell 7.** Sensorisk beskrivelse av MOM-C prøver fra Ljonesvågen 28. januar 2010. Andel av de ulike sedimentfraksjonene er anslått i felt.

Stasjon	Ljonesvågen C1		Ljonesvågen C2	
	replikat 1	replikat 2	replikat 1	replikat 2
Antall forsøk	1	1	1	1
Grabbvolum (liter)	4	6	2	2
Bobling i prøve	Nei		Nei	
H <sub>2</sub> S lukt	Nei		Nei	
Primær sediment	Skjellsand	Nei	Nei	
	Grus	Nei	Ja	
	Sand/silt	80/20 %	Ja	
	Leire	Nei	Nei	
	Mudder	Noe	Nei	
	Stein	Nei	Nei	
Beskrivelse av prøven	Fast, grå og luktfri prøve med et brunt slør av dnom på overflaten. Materialet bestod av ca 80 % fin sand, 20 % silt, 4-5 småstein, 2 halve kuskjell og 4 halve O-skjell.		Fast, grå og luktfri sand med noe småstein og grus. 3-4 halve kuskjell.	



**Figur 6.** Bilder av sediment tatt i sjøområdet utenfor smoltanlegget til Ljones Fisk AS den 28. januar 2010. **Over t.v.og h.** Stasjon C1A og C1B inneholdt mest fin sand iblandet noe småstein samt halve skjell og skjellrester av kuskjell og O-skjell. På overflaten av sedimentet sees det et mykere brunt organisk lag over en fastere grå såle. **Nede t.h.** Stasjon C2A. Her bestod prøven av mest sand, småstein og grus, samt halve skjell og skjellrester av kuskjell

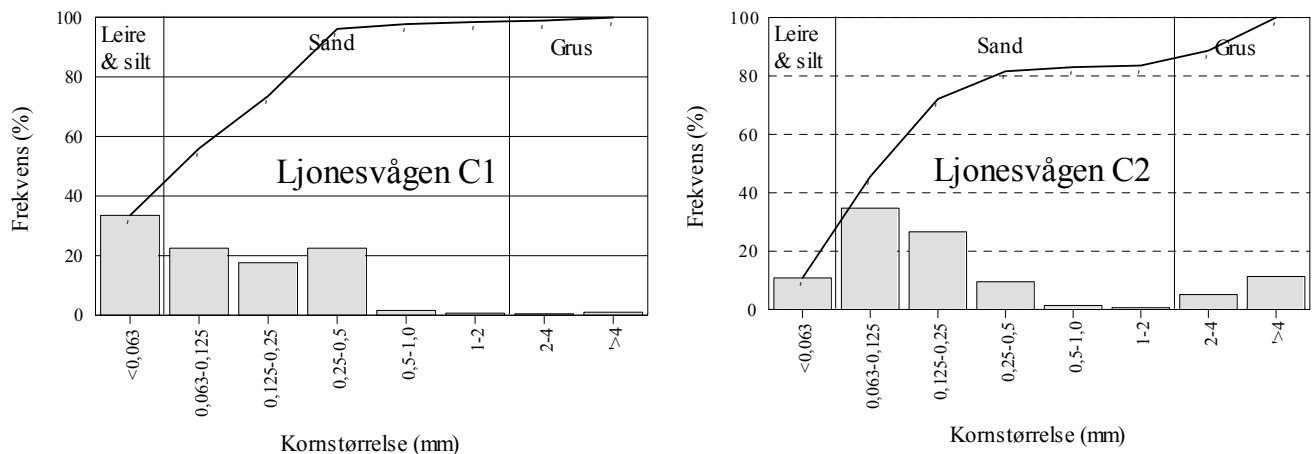
Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. Sedimentet fra 2. replikat på stasjon C1 og fra replikatene på stasjon C2 ble klassifisert til tilstand 1, med verdier som indikerer oksygenrike forhold i sedimentet (**tabell 8**). Replikant 1 på stasjon C1 ble klassifisert til tilstand 3, som indikerer dårlige forhold.

**Tabell 8.** Resultat fra måling av surhet (pH) og elektrodepotensial (Eh) i sediment i de ulike replikatene fra Ljonesvågen 28. januar 2010. Forholdet mellom pH og Eh er hentet fra standard MOM-figur.

Parameter	Ljonesvågen C1		Ljonesvågen C2	
pH	6,91	7,20	7,31	7,20
Eh	-25	90	130	135
pH/Eh-poeng (MOM B)	3	1	0	0
pH/Eh-tilstand (MOM B)	3	1	1	1

### Kornfordeling

Det ble tatt prøver for analyse av kornfordeling av de øverste 5 cm av sedimentet fra stasjonene C1 og C2 i Ljonesvågen. Resultatet viser at det var moderat sedimenterende forhold på stasjonen C1 i Ljonesvågen utenfor avløpene. Prøven inneholdt mest sand (med 65 % av partiklene på vektbasis), og noe pellitt (silt og leire) med 33,5 %. 1,5 % av prøven var grus (**figur 7** og **tabell 9**). I den moderat skrånende bakken ved stasjon C2 i Ljonesvågen var det mindre sedimenterende forhold enn lenger inne i vågen. Her utgjorde andelen pellitt 10,8 %, mens andelen sand var 72,8 %, og det var høyest andel av den fine fraksjonen (partikkelstørrelse under 0,125 mm).



**Figur 7.** Kornfordeling i sedimentprøvene fra stasjonene C1 og C2 i Ljonesvågen den 28. januar 2010. Figuren viser kornstørrelse i mm langs x-aksen og henholdsvis akkumulert vektprosent og andel i hver størrelseskategori langs y-aksen av sedimentprøvene. Prøvene er analysert ved Eurofins AS avd. Bergen.

Tørrstoffinnholdet var høyt på stasjon C1 (68,3 %) og på stasjon C2 lenger ut i Ljonesvågen med 72,4 %. Tørrstoffinnholdet var høyere på stasjon C2 ute i Ljonesvågen da prøvene her inneholder noe mer mineralsk materiale. Det vil si at andelen organisk materiale var moderat høyere lenger inne i Ljonesvågen.

På begge stasjoner i Ljonesvågen var det et lavt innhold av organisk materiale, med et glødetap på henholdsvis 2,65 og 1,34 % på stasjon C1 og C2. Dette indikerer gode nedbrytingsforhold for organiske tilførsler i sedimentet i det undersøkte området.

**Tabell 9.** Tørrstoff, organisk innhold og kornfordeling i sedimentet fra stasjonene C1 og C2 i Ljonesvågen den 28. januar 2010. Prøvene er analysert ved Eurofins AS avd. Bergen.

Stasjon	Ljonesvågen C1	Ljonesvågen C2
Tørrstoff (%)	68,3	72,4
Glødetap (%)	2,65	1,34
TOC (mg/g)	10,6	5,36
Normalisert TOC (mg/g)	22,9	18,4
Fosfor (%)	0,11	0,075
Nitrogen (%)	<0,10	<0,10
Leire & silt i %	33,5	10,8
Sand i %	65	72,8
Grus i %	1,5	16,4

Innholdet av (normalisert) TOC var 22,9 og 18,4 mg C/g på stasjon C1 og C2 (**tabell 9**). Dette tilsvarer henholdsvis SFTs tilstandsklasse II = "god" og I = "meget god" (SFT 1997).

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det ble målt en lav konsentrasjon av nitrogen med < 0,1 g N/kg i sedimentet på begge stasjoner Ljonesvågen, tilsvarende SFTs' tilstandsklasse I = "god" (SFT 1993). Ved gode nedbrytingsforhold finner man liten forskjell i konsentrasjonene av nitrogen og fosfor, slik som på både stasjon C1 og C2. Ved reduserte nedbrytingsforhold vil nivået av nitrogen normalt være høyere.

## BLØTBUNNSFAUNA

### LJONESVÅGEN - C1

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en fra stasjon C1 på 12,5-13 m dyp opp brukbart med prøvemateriale, dvs. 4-6 l i de to parallellene (**tabell 10**). Stasjon C1 ligger vel 50 meter utenfor det ytterste avløpet til settesfiskanlegget. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen var relativt lavt, og individtallet var relativt høyt. Det ble til sammen registrert 960 individer fordelt på 30 arter. Det ble funnet en svært høy individtetthet av børstemarken *Capitella capitata*, som dominerte med over 80 % av individene. I tillegg var det store mengder nematoder med henholdsvis 603 og 439 individer i de to parallellene, men nematoder blir ikke tatt med i beregningene av diversitet. Pelagiske arter, kolonidannende former og grupper som på grunn av liten størrelse ikke er kvantitativt representert i prøvene (f.eks. Nematoda) utelates fra tallbehandling, men noteres med tilstedeværelse (ISO 16665:2005). Andre dominerende arter i prøvene var *Heteromastus filiformis*, *Pseudopolydora atennata* og *Scoloplos armiger* (**tabell 13**). Relativt få arter og høyt individtall gav lav diversitet, og samlet for de to grabbene ble diversiteten beregnet til 1,23, hvilket plasserer stasjon C1 i SFTs tilstandsklasse IV = ”dårlig” (**tabell 10**). Også diversitetsberegningen for parallell C1b falt inn under denne tilstandsklassen, men diversitetsberegningen for parallell C1a falt derimot inn under SFTs tilstandsklasse V = ”meget dårlig”. Verdiene for artsindeksen i de to enkeltgrabbene lå på eller såvidt under øvre grense for klasse IV – ”dårlig”. Samlet ble imidlertid stasjonen klassifisert innenfor klasse III – ”mindre god” (jf. **tabell 11** og **12**). Kurven til de geometriske klassene viser at stasjonen er tydelig påvirket da det var et høyt antall individer av enkeltarter (**figur 8**).

**Tabell 10.** Antall arter og individer av bunndyr i de to MOM-C grabbhoggene på hver av stasjonene C1 og C2 i Ljonesvågen 28. januar 2010, samt Shannon-Wieners diversitetsindeks, beregnet maksimal diversitet (H'-max), jevnhet (evenness), artsindeks (Rygg 2002) og SFT-tilstandsklasse. Enkeltresultatene er presentert i **vedleggstabell 1** bak i rapporten. Fargekoder tilsvarer tilstandsklassifiseringen etter SFT (1997).

Stasjon	Antall arter	Antall individer	Diversitet, H'	Jevnhet, J	H'max	ISI indeks	SFT tilstand
<b>Ljonesvågen C1 samlet</b>	<b>30</b>	<b>960</b>	<b>1,23</b>	<b>0,25</b>	<b>4,92</b>	<b>6,16 (III)</b>	<b>IV</b>
<b>a</b>	17	537	0,74	0,18	4,11	5,92 (IV)	V
<b>b</b>	23	423	1,66	0,37	4,49	6,02 (IV)	IV
<b>Ljonesvågen C2 samlet</b>	<b>51</b>	<b>183</b>	<b>4,65</b>	<b>0,82</b>	<b>5,67</b>	<b>7,86 (I)</b>	<b>I</b>
<b>a</b>	32	73	4,40	0,88	5,0	8,60 (I)	I
<b>b</b>	39	110	4,37	0,83	5,27	7,75 (I)	I

### LJONESVÅGEN - C2

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en fra stasjon C2 på 27 m dyp opp lite prøvemateriale, dvs. 2 l i de to parallellene. Artsantallet i de to grabbene var middels høyt og individantallet relativt lave. Det ble til sammen registrert 183 individer fordelt på 51 arter (**tabell 10**). Hyppigst forekommende gruppe på stasjonen var flerbørstemarken *Owenia fusiformis* med totalt 37 individer (**tabell 13**). *Exogone hebes* og *Myriochele oculata* av samme gruppe samt muslingen *Thyasira flexuosa* var også relativt tallrike. I motsetning til stasjon C1 var det her svært få nematoder med henholdsvis 10 og 1 individer i de to grabbene (**vedleggstabell 1**). Middels høyt artsantall, lavt individantall og jevn fordeling av individer gav høy diversitet, og samlet for de to grabbene ble diversiteten beregnet til 4,92, hvilket plasserte stasjon C2 i SFTs tilstandsklasse I = ”meget god”. Diversitetsberegningen for begge parallellene falt inn under beste tilstandsklasse. Verdiene for artsindeksen i de to grabbene viste relativt stor variasjon med henholdsvis 8,6 og 7,7. Som den samlede verdien på 7,9, er dette verdier innenfor tilstandsklasse I – ”meget god”. Kurven til de geometriske klassene viser også at stasjonen er relativt upåvirket (**figur 8**).

**Tabell 11.** Kalkulasjon av ISI indeksverdi ved stasjon C1 28. januar 2010. Indikatorartsindeksen er gjennomsnittet av de ulike sensitivitetsverdiene for artene/gruppene.

Stasjon C1 Taxa	Sensitivitetsverdi (ES <sub>100min5</sub> )
Nemertini indet	4,43
<i>Pholoe inornata</i>	9,154
<i>Pholoe baltica</i>	9,154
<i>Phyllodoce mucosa</i>	4,5
<i>Eteone cf longa</i>	3,98
<i>Exogone hebes</i>	8,986
<i>Lumbrineris</i> sp	7,814
<i>Scoloplos armiger</i>	6,55
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	3,55
<i>Pseudopolydora antennata</i>	2,836
<i>Prionospio fallax</i>	4,27
<i>Spio filicornis</i>	8,138
<i>Poecilochaetus serpens</i>	-
<i>Ophelina acuminata</i>	7,404
<i>Travisia forbesi</i>	-
<i>Capitella capitata</i>	2,43
<i>Heteromastus filiformis</i>	3,76
<i>Pectinaria koreni</i>	3,892
<i>Thelepus cincinnatus</i>	-
<i>Jasmineira</i> sp	4,938
<i>Pomatoceros triqueter</i>	-
<i>Lucinoma borealis</i>	7,936
<i>Mysella bidentata</i>	5,24
<i>Dosinia lincta</i>	-
<i>Abra alba</i>	6,9
<i>Cheirocratus</i> sp	11,554
<i>Protomedeia fasciata</i>	-
<i>Corophium</i> sp	7,722
<i>Macropipus pusillus</i>	-
<i>Macropipus arcuatus</i>	-
<b>Indikator art indeks, ISI</b>	<b>6,16</b>

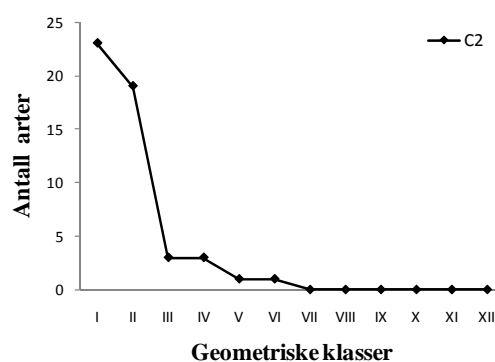
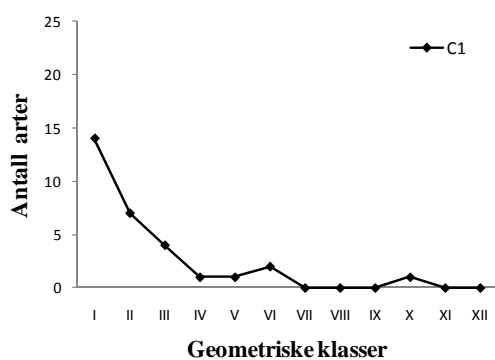
**Tabell 12.** Klassifikasjonssystem for bløtbunnsfauna basert på diversitet ( $H'$ ), Molvær m.fl. 1997 og en forsøksvis klassifisering ved bruk av indikatorartsindeks (ISI), Rygg 2002.

		Klasser				
	Parameter	I Svært god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
<b>Diversitet til indikator arter av bløtbunnsfauna</b>	Shannon-Wiener index ( $H'$ , $\log_2$ )	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Indicator species index (ISI)	>8,75	8,75-7,5	7,5-6	6-4	4-0



**Tabell 13.** De ti mest dominerende artene av bunndyr tatt på stasjonene Ljonesvågen C1 og Ljonesvågen C2, 28. januar 2010.

Ljonesvågen C1			Ljonesvågen C2		
Art	%	Kum %	Art	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	83,13	97,08	<i>Owenia fusiformis</i>	20,22	65,03
<i>Scoloplos armiger</i>	5,63	13,96	<i>Prionospio fallax</i>	10,38	44,81
<i>Heteromastus filiformis</i>	3,33	8,33	<i>Exogone hebes</i>	8,74	34,43
<i>Pseudopolydora antennata</i>	1,88	5,00	<i>Myriochele oculata</i>	6,56	25,68
<i>Abra alba</i>	1,04	3,13	<i>Thyasira flexuosa</i>	6,01	19,13
<i>Pholoe baltica</i>	0,52	2,08	<i>Verucca stroemia</i>	4,37	13,11
<i>Pholoe inornata</i>	0,42	1,56	<i>Thracia</i> sp juv	2,73	8,74
<i>Protomedeia fasciata</i>	0,42	1,15	<i>Amphipholis squamata</i>	2,19	6,01
<i>Lucinoma borealis</i>	0,42	0,73	<i>Hiatella arctica</i>	2,19	3,83
<i>Eteone cf. longa</i>	0,31	0,31	<i>Nephtys hombergi</i>	1,64	1,64



**Figur 8.** Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for stasjonene Ljonesvågen C1 (til venstre) og Ljonesvågen C2 (til høyre) tatt 28. januar 2010. Antall arter langs y – aksen og geometriske klasser langs x-aksen.

## UTVIDET MOM B-UNDERSØKELSE VED AVLØP

I tillegg til MOM C-undersøkelsen ble det gjennomført en utvidet MOM B-undersøkelse av sedimentet på fem stasjoner utenfor for det innerste avløpet, samt nord og sør for det ytterste avløpet (jf. figur 4).

**Tabell 14.** Beskrivelse av de fem MOM B-prøvene tatt utenfor avløpet fra Ljones Fisk AS den 28. januar 2010.

Prøvetakingssted:	B1	B2	B3	B4	B5	
Posisjon nord	60° 15,449'	60° 15,429'	60° 15,408'	60° 15,397'	60° 15,352'	
Posisjon øst	6° 08,366'	6° 08,357'	6° 08,374'	6° 08,362'	6° 08,326'	
Avstand fra innerste avløp	ca 1-2 meter	ca 35 meter	Ca 74 meter	Ca 94 meter	Ca 177 meter	
Dyp (meter)	6,5	9	11,5	12	16	
Antall grabbhugg	3 x 0,028 m <sup>2</sup>	1 x 0,028 m <sup>2</sup>	3 x 0,028 m <sup>2</sup>	2 x 0,028 m <sup>2</sup>	4 x 0,028 m <sup>2</sup>	
Spontan bobling	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	
Bobling ved prøvetaking	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	
Bobling i prøve	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	
H <sub>2</sub> S-Lukt	noe	ingen	ingen	ingen	ingen	
Primær sediment	Skjellsand			spor	spor	
	Grus					
	Sand	30 %	70 %	70 %	fin sand	fin sand
	Silt	50 %	30 %	30 %		
	Leire					
	Mudder	20 %	slør	noe	slør	slør
Fjellbunn						
Steinbunn						
Fôr/fekalier	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	
Fauna (synlig i felt)	Til analyse	Til analyse	Til analyse	Til analyse	Til analyse	
Grabbvolum	2/3 dels grabb	½ grabb	1/5 dels grabb	2-3 dl +1/6 dels grabb	6 dl	

Det var generelt sett mest finsediment (sand og silt) utenfor avløpet. Det var generelt lite spor fra oppdrettsvirksomheten i form av fekalier og mudder. Samtlige prøver ble analysert for bunnfauna.

**Stasjon B1** ble tatt på 6,5 meters dyp omtrent 1-2 m vest for det innerste utslippet (figur 4 & tabell 14). På 1. forsøk fikk en opp diverse tang i grabbåpningen og på 2. forsøk fikk en opp en ca 30 cm lang plankebit i åpningen. På 3. forsøk fikk en opp ca 2/3 grabb med mykt, noe luktende og gråsvart materiale, bestående av ca 20 % organisk materiale, 30 % fin sand og 50 % silt. Det var også litt blåskjell, barnåler og kvister i prøven. Det ble tatt en prøve til dyr og en prøve til kjemiske analyser.

**Stasjon B2** ble tatt på 9 meters dyp omtrent 35 m utenfor det innerste utslippet. En fikk opp vel ½ grabb med mykt til fast, luktfritt og grått sediment med et slør av brunt dnom på toppen. Det var ca 70 % fin sand og 30 % silt i prøven. Det ble tatt en prøve til dyr og en prøve til kjemiske analyser.

**Stasjon B3** ble tatt på 11,5 m dyp omtrent 74 m fra det innerste avløpet og 11 m fra det ytterste avløpet (figur 4). De to første grabbhuggene hadde kun skjellbiter og kvister i grabbåpningen. På 3. forsøk fikk en opp ca 1/5 dels grabb og var av samme type som på stasjon B2, men med noe mer organisk materiale og en stor plastbit. Det ble tatt en prøve til dyr og en prøve til kjemiske analyser.

**Stasjon B4** ble tatt på 12 meters dyp omtrent 94 meter utenfor det innerste avløpet og ca 31 m utenfor



det ytterste. På 1. forsøk var det en stein i åpningen og dermed var det mye materiale som rant ut, men det var ca 2-3 dl sand og 2-3 småstein av det gjenværende materialet. Det var et slør av dnom på orverflaten. På 2. forsøk fikk en opp ca 1/6 dels grabb med fast, luktrfitt og grått materiale bestående av fin sand. Her også var det et slør av dnom på toppen av sedimentet. Det var kvister og spor av skjellrester i prøven, samt 2-3 småsteiner. Det ble tatt en prøve til dyr og en prøve til kjemiske analyser.

**Stasjon B5** ble tatt på 16 meters dyp omtrent 177 meter utenfor det innerste avløpet og ca 114 m fra det ytterste. Det ble gjort fire forsøk på å få opp tilstrekkelig materiale. På 1. forsøk fikk en opp ca 3 dl prøve av fast, grått og luktrfitt materiale bestående av fin sand, litt grus og noen store skjellbiter. På 2. og 3. forsøk var det stein i grabbåpningen. På 4. forsøk fikk en opp ca 3 dl prøve av samme type som ved første forsøk, samt fire halve kuskjell. Det ble tatt en prøve til dyr og en prøve til kjemiske analyser.

Opgitt prosentandel av de ulike fraksjonene i prøvene på stasjon B1 – B5 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.

### **Gruppe I: UNDERSØKELSE AV FAUNA**

Man fant representative sedimentgravende dyr på fem stasjoner. Indeksen for gruppe I er dermed 0 og lokaliteten sin miljøtilstand med hensyn på fauna er A, dvs akseptabel, jf. Prøveskjema (**tabell 17**).

Fra de fem stasjonene ble det tatt med prøver av bunnfauna for analyse. Dette for å få en oversikt over den faktiske faunasammensetningen i forhold til den visuelle konstateringen av innholdet av dyr i prøvene. Dyrene ble silt fra på 1 til sammen rist, fiksert på formalin og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS ved cand. scient. Øystein Stokland. Det ble benyttet en 0,028 m<sup>2</sup> stor vanVeen grabb, og til sammen dekker prøvetakingen et areal på 0,028 m<sup>2</sup> på stasjon 1 – 5. Resultatene er oppsummert i **tabell 15**.

Artsantallene for stasjon B1-B5 lå mellom 2 og 14. For stasjonene B1-B4 var tallene svært lave med mellom 2 og 5 arter, mens B5 var den mest artsrike med 14 arter. Det var høyt individtall på stasjonene B1-B3 med verdier mellom 303 og 413 og noe lavere på stasjon B4 og B5, med henholdsvis 118 og 27 individer. Stasjonene B1-B4 ble tatt ved og mellom begge avløpene og bekrefter de lokalt dårlige miljøforholdene på dette stedet.

Den svært forurensningstolerante flerbørstemarken *C. capitata* var hyppigste art på stasjonene B1-B4 med over 90 prosent av individantallet på alle fire stasjoner. På stasjon B5 var denne arten også hyppigst, men utgjorde her bare 22 prosent av individene (**vedleggstabell 2**). Flerbørstemarken *P. antennata*, som også er svært forurensningstolerant, utgjorde 15 prosent av individene på stasjon B5, samtidig som *H. filiformis* av samme gruppe hadde samme hyppighet. Diversiteten for stasjonene B1-B4 var svært lav og lå godt innenfor SFTs tilstandsklasse V = ”meget dårlig” (**tabell 15**) på grunn av de få artene i prøven og dominansen av *C. capitata*. Diversiteten for stasjon B5 var høy, med en jevn fordeling av individer mellom artene og ble plassert i tilstandsklasse II = ”god”. Artsindeksen hadde verdier innenfor klasse IV – ”dårlig” for samtlige stasjoner bortsett fra B3, som falt innenfor tilstandsklasse V – ”meget dårlig”. De høyeste verdiene ble funnet for stasjonene B1 og B5.

**Tabell 15.** Antall arter og individer av bunndyr i fem MOM B-prøver tatt utenfor avløpene til settefiskanlegget til Ljones Fisk AS 28. januar 2010. Grabbarealet 0,028 m<sup>2</sup> på alle fem stasjonene, og en beregning av artsindeks (Rygg 2002) og Shannon-Wieners diversitetsindeks med veiledende SFT-vurdering av denne er gjort på dette grunnlaget. MOM C-vurdering av miljøtilstand er også presentert. Enkelresultatene er presentert i **vedleggstabell 2**.

FORHOLD	B1	B2	B3	B4	B5
Antall individer	303	413	375	118	27
Antall arter	2	4	3	5	14
<b>Shannon-Wiener</b>	0,03	0,07	0,20	0,38	3,41
H'-max	1	2	1,54	2,38	3,79
Jevnhet, J	0,03	0,04	0,13	0,16	0,90
SFT-vurdering	V	V	V	V	II
ISI indeks	5,68 (IV)	4,21 (IV)	3,01 (V)	4,58 (IV)	5,56 (IV)
MOM C-vurdering dyr (modifisert SFT)	Tilstand 3 "dårlig"	Tilstand 3 "dårlig"	Tilstand 3 "dårlig"	Tilstand 3 "dårlig"	Tilstand 2 "god"

Følsomme diversitetsindekser er lite egnet til å fastsette miljøtilstand i umiddelbar nærhet av avløpet på grunn av den lokale påvirkningen fra anlegget. I **tabell 15** har man således også gjort vurderingen på grunnlag av antall arter og artssammensetningen (NS 9410:2007). Stasjonene B1-B4 blir da klassifisert til miljøtilstand 3 = "dårlig", mens stasjon B5 blir klassifisert til miljøtilstand 2 = "god". Disse stedene dekker et lite areal (0,028 m<sup>2</sup>) i forhold til standardkravet på 0,2 m<sup>2</sup> (NS 9410:2007). Flere grabbhogg på samme steder kunne trolig ha gitt noen flere arter og garantert flere individer.

## Gruppe II: KJEMISK UNDERSØKELSE

### Surhet og elektrodepotensial - pH/Eh

Det ble målt pH/Eh på fem stasjoner. Fire av de målte verdiene av pH var relativt lave, dvs mellom 6,94 og 7,04, noe som indikerer sure kjemiske forhold i sedimentet. Tilhørende redokspotensial (Eh) for disse prøvene var negative og låg mellom -15 og -45 mV etter tillegg for et referanseelektrodepotensial på + 200 mV. Samtlige fire stasjoner havnet under tilstand 3 = "dårlig". På stasjon B5 var pH noe høyere med 7,23, og tilsvarte gode kjemiske forhold i sedimentet. Tilhørende redokspotensial (Eh) for denne prøven var positivt, dvs 240. Sedimentet var altså kjemisk sett "dårlig" på fire stasjoner og "meget god" på en stasjon.

Ut fra poengberegningen i **tabell 17** ser man at samlet poengsum for de fem prøvene var 12. Dette gir en indeks på 2,40 når man deler på fem prøver, og måling av pH og Eh for hele lokaliteten tilsvarer tilstand 3, dvs at bunnen ved og utenfor avløpet vurdert under ett "dårlig" ut fra en vurdering av gruppe II parameteren.

### KJEMISKE ANALYSER

Resultatene av analyser av sediment fra de to stasjonene man fikk opp prøver er vist i **tabell 16**. Sedimentprøvene ble analysert med hensyn på på tørrstoff og glødetap, mens innholdet av TOC (ikke normalisert) ble beregnet.

**Tabell 16.** Sedimentkvalitet i prøvene fra de fem undersøkte stasjonene i Ljonesvågen 28. januar 2010. Prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Eurofins Chemlab AS.

FORHOLD	Enhet	Metode	B1	B2	B3	B4	B5
Tørrstoff	%	Chem-206	33,9	52,8	57,5	71,9	60,8
Glødetap	%	Chem-206	15,8	7,0	5,8	1,9	3,9
TOC	mg/g	beregnet	63,2	28	23,2	7,6	15,6

Tørrstoffinnholdet var lavt på stasjon B1 og middels høyt til høyt på stasjon B2-B5. Det lave tørrstoffinnholdet på stasjon B1 kan tilskrives det høye innholdet av organisk materiale. Det vises også gjennom det høye glødetapet som var 15, 8 %. Tørrstoffinnholdet var høyest på stasjon B4 pga høyt innhold av mineralsk materiale. Glødetapet var lavest på denne stasjonen med kun 1,9 %. Det var kun spor av akkumulerende materiale fra anlegget på stasjonene B2 til B5, noe som indikerer at det er god spredning av utslippet og lite akkumulerende forhold.

Innholdet av ikke normalisert TOC (som er TOC ikke korrigert for andel finstoff i sedimentet) var således svært høyt på stasjon B1 (63,2 mg C/g, **tabell 17**). Dette gir SFT-tilstandsklasse V= "meget dårlig" med hensyn på innholdet av organisk karbon (SFT 1997), og indikerer tilsynelatende dårlige nedbrytingsforhold på denne stasjonen. Stasjon B2 havnet i tilstandsklasse III = "mindre god", stasjon B3 i tilstandsklasse II = "god" og stasjon B4 og B5 i tilstandsklasse I = "meget god".

### Gruppe III: SENSORISK UNDERSØKELSE

#### Sedimenttilstand

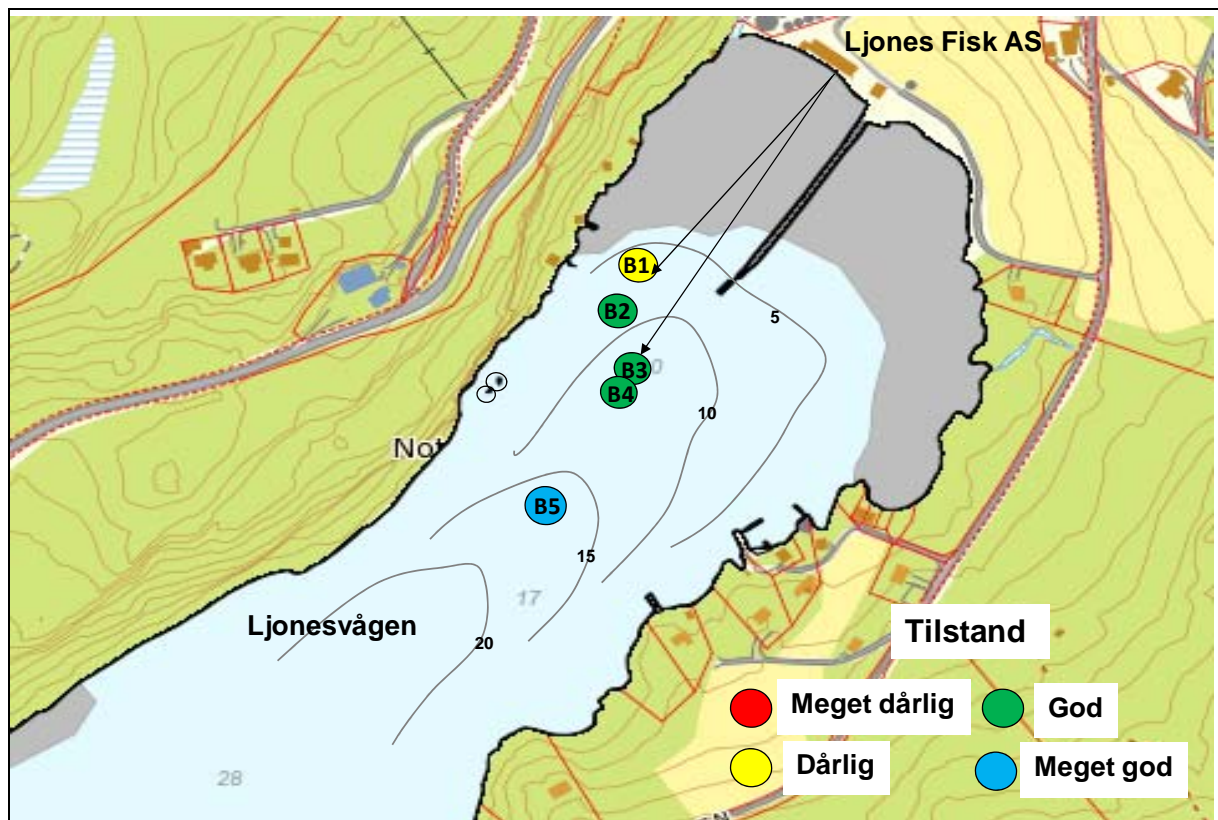
Med hensyn på sedimenttilstand fikk en prøve 7 poeng, to prøver fikk henholdsvis 3 og 2 poeng, og 2 prøver fikk 1 poeng (**tabell 17**). En prøve var middels belastet (tilstand 2= "god"), mens fire prøver var lite belastet (tilstand 1= "meget god"). En oppsummering av sedimenttilstanden tilsier at bunnen i en avstand på 0 - 177 m fra avløpene var lite påvirket av utslippene.

Samlet poengsum for alle prøvene var 14, og korrigert sum er 3,08. Dette gir en indeks på 0,62 når man deler på fem prøver, og sedimenttilstanden tilsvarer tilstand 1= "meget god", dvs at hele bunnen ved og utenfor avløpene var lite belastet ut fra en vurdering av gruppe III parameteren, jf. **tabell 17**.

#### Bunnen sin tilstand

Samlet poengsum for middelverdien av samtlige fem prøver var 7,54. Dette gir en indeks på 1,51 når man deler på fem prøver, og tilstand for gruppe II (pH/Eh) og III (sedimenttilstand) vurdert under ett blir dermed 2, dvs "god", jf. «prøveskjema» (**figur 9, tabell 17**).

**Basert på undersøkelse av dyr, pH/Eh og sediment er bunnen i en avstand på 0 - 177 m fra avløpene i nest beste tilstandsklasse, dvs tilstand 2= "god". Sjøbunnen var på prøvetakingstidspunktet i samsvar med vurderingskriteriene for en B-undersøkelse middels påvirket av oppdrettsvirksomheten.**



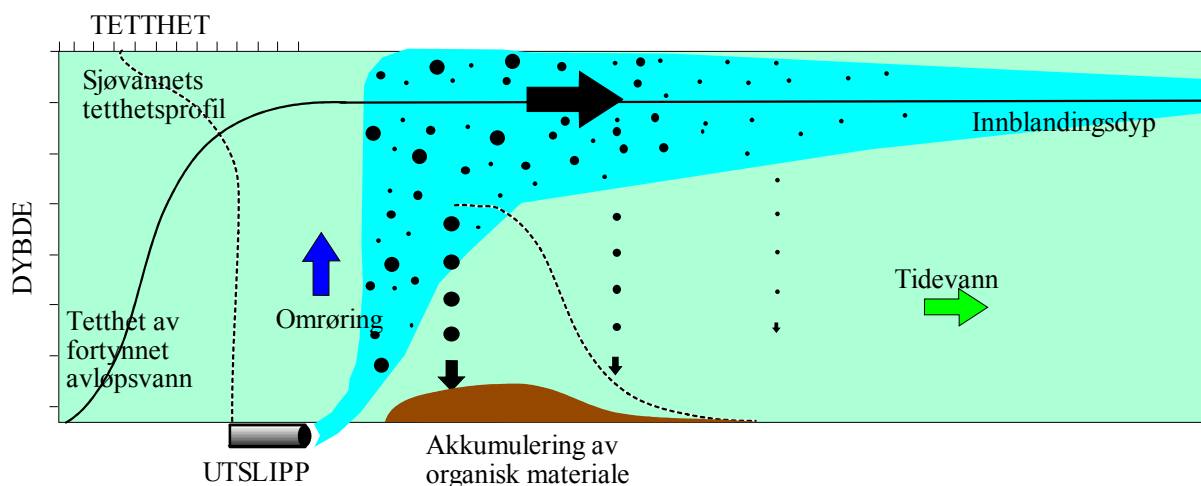
**Figur 9.** Oversikt over MOM B-tilstand (middelverdien av gruppe II og III parametre) for de fem grabbhuggene som ble tatt utenfor avløpene i Ljonesvågen (jf. tabell 18).

**Tabell 17. Prøveskjema for MOM B-undersøkelsen utenfor avløpet fra Ljones Fisk AS 28. januar 2010.**

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							<b>0</b>														
<b>I</b>	Tilstand gruppe I		<b>A</b>																									
<b>II</b>	pH	verdi	7,03	6,94	6,97	7,04	7,23																					
	Eh	verdi	-44	-15	-45	-15	240																					
	pH/Eh	frå figur	3	3	3	3	0							<b>2,40</b>														
	Tilstand prøve		3	3	3	3	1																					
Tilstand gruppe II		<b>3</b>										Buffertemp: 3,4 °C Sjøvasstemp: 3,0 °C Sedimenttemp: °C pH sjø: 7,48 Eh sjø: 301 Referanseelektrode: +200 mV																
<b>III</b>	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0	0																					
	Farge	Lys/grå=0		1	1	1																						
		Brun/sv=2	2																									
	Lukt	Ingen=0		0	0	0	0																					
		Noko=2	2																									
		Sterk=4																										
	Konsistens	Fast=0				0	0																					
		Mjuk=2	2	1	1																							
		Laus=4																										
	Grabb- volum	<1/4 =0			0	0	0																					
		1/4 - 3/4 = 1	1	1																								
		> 3/4 = 2																										
	Tjukkelse på slamlag	0 - 2 cm =0																										
2 - 8 cm = 1																												
> 8 cm = 2																												
SUM:			7	3	2	1	1																					
Korrigert sum (*0,22)			1,54	0,66	0,44	0,22	0,22						<b>0,62</b>															
Tilstand prøve			2	1	1	1	1																					
Tilstand gruppe III		<b>1</b>																										
<b>II +</b>	Middelverdi gruppe II+III		2,27	1,83	1,72	1,61	0,11						<b>1,51</b>															
<b>III</b>	Tilstand gruppe II+III	<b>2</b>																										
<table border="1"> <tr> <td>“pH/Eh”</td> <td rowspan="5">Tilstand</td> </tr> <tr> <td>“Korr.sum”</td> </tr> <tr> <td>“Indeks”</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1,1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1,1 - 2,1</td> <td>2</td> </tr> </table>			“pH/Eh”	Tilstand	“Korr.sum”	“Indeks”	< 1,1	1	1,1 - 2,1	2	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">“Tilstand”</td> <td rowspan="4">Lokalitetens tilstand</td> </tr> <tr> <td>Gruppe I</td> <td>Gruppe II &amp; III</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1, 2, 3, 4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1, 2, 3</td> </tr> </table>			“Tilstand”		Lokalitetens tilstand	Gruppe I	Gruppe II & III	A	1, 2, 3, 4	4	1, 2, 3	<table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </table>			4	4	4
“pH/Eh”	Tilstand																											
“Korr.sum”																												
“Indeks”																												
< 1,1		1																										
1,1 - 2,1		2																										
“Tilstand”		Lokalitetens tilstand																										
Gruppe I	Gruppe II & III																											
A	1, 2, 3, 4																											
4	1, 2, 3																											
4	4	4																										
LOKALITETENS TILSTAND :												<b>2</b>																

## VURDERING AV TILSTAND

Utslippsledningen fra Ljones Fisk AS ligger på henholdvis 6,5 og 11 m dyp i Ljonesvågen, og utslippet ligger så grunt at det i mesteparten av tiden vil ha gjennomslag til overflaten. Utslippsvannet er lettere enn det omkringliggende sjøvannet, og stiger derfor opp før det innlagres på aktuelt innlagringsdyp. Innblandingsdypet for avløpsvannet vil således være i de øvre delene av vannsøylen, der tidevannet sørger for hyppig og god vannutskifting. På denne måten vil de finpartikulære tilførslene spres effektivt vekk fra utslippstedet med tidevannet (**figur 10**).

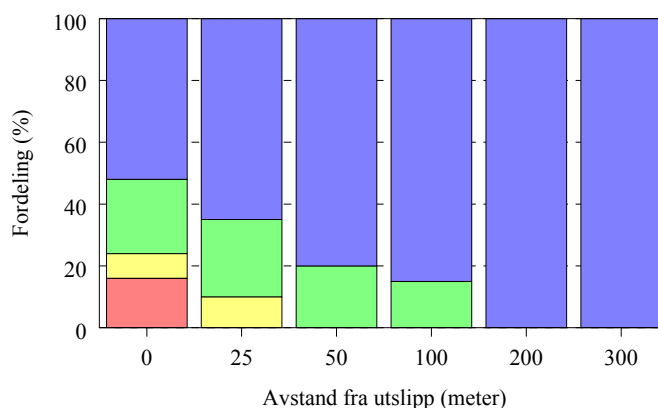


**Figur 10.** Prinsippskisse for primærfortynningsfasen av innblanding av et ferskvannsutslipp i en sjøresipient, uten gjennomslag til overflaten og kun lokal sedimentering av organiske tilførsler i resipientens umiddelbare nærhet til utslippspunktet. Utslipppet får økt sin tetthet ettersom det lettere ferskvannet stiger opp og blandes med sjøvannet (heltrukken linje og lyseblått).

Bare de største partiklene vil sedimentere helt lokalt ved selve utslippet. Det er derfor vanlig å observere en svært avgrenset punktbelastning i forbindelse med slike utslipp dersom utslippet skjer på dybder med relativt god vannutskifting og gode nedbrytingsforhold. Der vil naturlig nedbryting kunne holde tritt med tilførslene dersom det er god tilgang på oksygen ved tilførsel av friskt vann over sedimentet. 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.

Rådgivende Biologer AS har gjennomført undersøkelser ved avløp fra over 20 settefiskanlegg langs kysten. Der er benyttet NS 9410:2007-metodikk med en 0,025 m<sup>2</sup> 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 11**).

**Figur 11.** Sammenstilling av resultater fra Rådgivende Biologer AS undersøkelser ved utslipp til sjø fra over 20 settefiskanlegg, 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".



## VANNKVALITET

Innholdet av næringsstoffer i overflatelaget i Ljonesvågen var generelt sett lavt og reflekterer normale forhold i en våg med god overflatevannutskifting.

Siden vannprøvene er tatt i slutten av januar, blir næringsstoffer bare i begrenset grad forbrukt av algene, slik at prøvene reflekterer en tilnærmet bakgrunnsituasjon denne dagen. Nivåene av samtlige analyserte næringsstoffer var lavt, og det var i praksis ikke noen forskjell mellom prøvestedene, selv på prøvestedet rundt 60 m fra det ytterste avløpet der det også var gjennomslag til overflaten. Dette indikerer at avløpsvannet nok så effektivt fortynnes ned til sitt bakgrunnsnivå i relativt kort avstand fra avløpene. I sjøområdet i Ljonesvågen ble vannkvaliteten om vinteren totalt sett vurdert til SFTs tilstandsklasse I = "meget god" for alle målte næringsstoffer. Dette tilsvarer de samme resultatene som ble funnet ved undersøkelsen vinteren 2003.

En prøve utgjør ikke noe tilstrekkelig grunnlag for å kunne si noe om Ljonesvågen er næringsfattig i overflatelaget, men uansett indikerer dette at anlegget i liten grad påvirker overflatevannkvaliteten i området med hensyn på forhøyete nivåer av næringsstoffer. Overflatevannutskiftingen og dermed fortykning og spredning av næringsstoffer i fjordsystemet er trolig meget god.

## SEDIMENTKVALITET

Resultatene viser at det som forventet var lite sedimenterende forhold på stasjon C1 og C2 i Ljonesvågen. Andelen sand var henholdsvis 65 og 72,8 % på stasjon C1 og C2, mens andelen silt og leire var henholdsvis 33,5 og 10,8 %. Tørrestoffinnholdet var tilsvarende høyt (rundt 70 %) på begge stasjonene da prøvene inneholdt mest mineralsk materiale. I 1993 var andelen sand henholdsvis 81 og 73 % på stasjon C1 og C2, mens andelen silt og leire var henholdsvis 14,7 og 22,5 %. Tørrestoffinnholdet var tilsvarende høyt (vel 70 %). Glødetapet var lavt, henholdsvis 2,65 og 1,34 på stasjon C1 og C2, noe som indikerer meget gode nedbrytingsforhold for tilført organisk materiale. I 2003 var glødetapet henholdsvis 2,34 og 2,22 % på stasjonene C1 og C2. Dette viser at forholdene i Ljonesvågen med hensyn på miljøpåvirkning og evne til omsetning av organisk materiale er lite endret siden 2003 og fortsatt er meget gode.

Glødetapet angir mengden organisk stoff som forsvinner ut som CO<sub>2</sub> 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.

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Innholdet av organisk nitrogen på stasjon C1 og C2 var lavt, dvs < 0,1 g N/kg på begge stasjonene, tilsvarende SFTs' tilstandsklasse I = "god" (SFT 1993). Dette indikerer meget

gode nedbrytingsforhold for organiske tilførsler. Det ble målt tilsvarende lave nivåer av nitrogen i 2003 på begge stasjonene (henholdsvis 0,051 og 0,035 g N/kg). Det ble målt lave nivåer av fosfor på stasjon C1 og C2, henholdsvis 0,11 og 0,075 mg P/g). Det ble målt tilsvarende lave nivåer av fosfor i 2003 på begge stasjonene (henholdsvis 0,063 og 0,086 g N/kg).

Innholdet av (normalisert) TOC var henholdsvis 22,9 og 18,4 mg C/g på stasjon C1 og C2. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse II = "god" og I = "meget god" (SFT 1997). I 2003 var innholdet av (normalisert) TOC henholdsvis 24,7 og 22,8 mg C/g på stasjon C1 og C2. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse II = "god" for begge stasjonene.

Resultatene for sedimentkvalitet indikerer de samme forholdene i 2010 som i 2003 og viser at Ljonesvågen blir lite påvirket av utslippet med hensyn på sedimenkvalitet. Produksjonen ved anlegget har lagt rundt 80 – 90 tonn årlig siden 2001.

En MOM B-undersøkelse utført på fem stasjoner i en avstand fra 0 – 120 m fra avløpene viste også lite akkumulerende forhold av organiske utslipp fra anlegget. Bunnsstratet utenfor avløpet var mest sand og noe silt uten akkumulering av materiale fra settefiskanlegget. Samtlige stasjoner var moderat – lite påvirket av oppdrettsvirksomheten bortsett fra en stasjon nærmest det innerste avløpet som var noe påvirket av utslippet. Lokaliteten sin tilstand tilsvarte tilstand 2 = "god" på bunnen i en avstand på 0 – 120 m fra avløpene.

Alle disse resultatene indikerer at det er gode nedbrytingsforhold for tilført organisk materiale i Ljonesvågen, dvs både i nærsonen til avløpene og i fjernsonen utover i Ljonesvågen. Stasjonen nærmest det innerste avløpet var naturlig nok noe mer påvirket på grunn av nærheten til selve utslippet, men mindre enn det som må kunne forventes ved et punktutslipp. Stasjonen B3 utenfor det ytterste utslippet var bare moderat påvirket selv om prøven ble tatt nær opp til utslippet. Dette skyldes at stedene ligger i tilknytning til åpne vannmasser med meget god vannutskifting, og der vannmassene er forbundet med og utveksles med vannmasser i den store og dype Hardangerfjorden.

## KVALITETEN PÅ DYRESAMFUNNET

På stasjonen C1 i Ljonesvågen ble det til sammen i de to parallelle prøvene på rundt 12,5 – 13 m dyp funnet 960 individer fordelt på 30 arter. Diversiteten ble samlet beregnet til 1,23, og stasjonen faller inn i SFTs tilstandsklasse IV = "Dårlig". Dyresamfunnet var dominert av en svært høy individtetthet av *C. capitata*, noe som gav en lav jevnhet på 0,25. *C. capitata* er en svært forurenings-tolerant art som trives i miljø påvirket av organiske tilførsler og arten regnes som en indikator på forurenede og belastede forhold og kan dominere på slike lokaliteter. Artene *H. filiformis*, *P. antennata* og *S. armiger* som var blant de ti mest dominerende artene på stasjon C1, er også kjent for å trives i organisk anrikede sedimenter. Artsindeksen modererer inntrykket noe av belastning på bunndyrssamfunnet (III "mindre god"), med tilstedeværelse av en del sensitive arter i tillegg til de forurenings-tolerante artene. Likevel er det tydelig at lokaliteten er preget av en forureningsbelastning med hensyn på kvaliteten av bløtbunnsfauna.

I en resipientundersøkelse utført av Rådgivende Biologer i 2003 ble det på stasjon C1 funnet kun 121 individer fordelt på 36 arter. Diversiteten ble beregnet til 3,93 og stasjonen falt innunder SFTs tilstandsklasse II = "god" (Tveranger og Johnsen 2003). Dyresamfunnet i 2003 var noe dominert av de to børstemarkene *S. armiger* (33 %) og *Prionospio cirrifera* (10 %) som gjerne forekommer i litt større mengder under moderat organisk belastning. Dyresamfunnet var likevel artsrikt og det var en høy jevnhet på 0,7.

Siden undersøkelsen i 2003 har dyresamfunnet på stasjon C1 endret seg betydelig med et lavere artsantall, høy individtetthet av enkeltarter og dermed lav jevnhet. Diversiteten har dermed gått ned to klasser og bunnsfaunaen virker tydelig preget av organiske tilførsler. I tillegg til svært høy dominans av *C. capitata* var det også andre forurenings-tolerante arter blant de ti mest dominerende artene i prøven, som *S. armiger*, *H. filiformis* og *P. antennata*. I 2003 var det kun et utslipp i Ljonesvågen (det innerste utslippet per idag), og stasjon C1 var da ca 110 m sør for dette utslippet, mens i 2010 lå stasjon C1 ca



60 m fra det andre og ytterste utslippet som har blitt lagt ut siden undersøkelsene i 2003. Da prøven i 2010 ble tatt nærmere det ytterste utslippet kan det forklare den betydelige påvirkningen av organisk anrikning som kan spores i bunndyrssamfunnet. Med andre ord så har det nye utslippet trolig medført at yttergrensen for en tydelig miljøpåvirkning på bunndyrene er flyttet noe lenger ut enn ved forrige undersøkelse, slik at stasjon C1 i denne undersøkelsen nok trolig ligger innenfor overgangssonen for påvirkning av dyresamfunnet.

På stasjonen C2 i Ljonesvågen ble det til sammen i de to parallelle prøvene på rundt 27 m dyp funnet 183 individer fordelt på 51 arter. Dyresamfunnet var artsrikt, og diversiteten ble samlet beregnet til 4,92, og stasjonen faller dermed inn under SFT's tilstandsklasse I = "meget god". Det var ingen arter som hadde svært høye individtall som på stasjon C1, noe som gav en høy jevnhet på 0,82. Hyppigst forekommende art var *Owenia fusiformis* med totalt 37 individer (20 %). *Exogone hebes* og *Myriochele oculata* av samme gruppe samt muslingen *Thyasira flexuosa* var også relativt tallrike. Disse artene er ofte assosiert med gode til moderat belastede forhold.

Stasjon C2 ble i 2010 flyttet ca 120 m lenger nord for prøvepunktet i 2003, dvs innover i Ljonesvågen nærmere utslippene. Dette skyldes at det her var bedre prøvetakingsforhold i et noe flattere terreng og dermed lettere å få opp materiale enn hva det var på stasjon C2 i 2003. Dermed kan en ikke direkte sammenligne dyresamfunnet på stasjon C2 i 2003 og 2010. I 2003 på stasjon C2 fra ca 31 m dyp, ble det funnet 78 individer fordelt på 22 arter. Diversiteten ble beregnet til 3,89 og falt innunder SFTs tilstandsklasse II = "god". Det var ingen arter som hadde svært høye individtall, noe som gav en høy jevnhet på 0,88. Dyresamfunnet hadde som i 2010, *O. fusiformis* som hyppigst forekommende art og stod for ca 18 % av individene. *Thyasira* spp. var også relativt tallrik i 2003.

I 2010 ble det altså funnet en over dobbelt så artsrik fauna og noe høyere individtetthet på stasjon C1, som ligger nærmere utslipp enn i 2003.

Sammenfattet kan det se ut som at det er et mer belastet dyresamfunn på stasjon C1 i 2010 enn i 2003, men dette skyldes etter all sannsynlighet at det siden forrige undersøkelse i 2003 er lagt ut en ny avløpsledning rundt 60 m utenfor det innerste utslippet, og at stasjon C1 dermed havnet innenfor nærsonen/overgangssonen til utslippet ved denne undersøkelsen. Stasjon C2 tatt rundt 120 m lenger inne i Ljonesvågen viste fortsatt meget gode forhold for bunnlevende dyr, og her ble det ved begge undersøkelsene funnet et bunndyrssamfunn som var lite påvirket til upåvirket og dette indikerer at effekten av de urensede utslippene avgrenser seg til en lokal effekt rundt avløpene og et stykke utover i Ljonesvågen. De endrede forholdene på stasjon C1 med hensyn på organisk påvirkning på dyresamfunnet siden forrige undersøkelse skyldes således ikke endrede forurensingsforhold i Ljonesvågen, men at det nye utslippet ligger noe lenger ute i Ljonesvågen.

MOM B-undersøkelsen ved, mellom og utenfor avløpene til settefiskanlegget bekreftet lokalt dårlige miljøforhold, spesielt på stasjon B1-B4 med kun 2-5 arter og høye individtall mellom 118-413. Stasjon B5 var den mest artsrike med 14 arter og 27 individer. Diversiteten for stasjonene B1-B4 var svært lav og lå godt innenfor SFTs tilstandsklasse V = "meget dårlig". Dyresamfunnet var dominert av en svært høy individtetthet av *C. capitata*, noe som gav en svært lav jevnhet på mellom 0,03 og 0,16. Den svært forurensningstolerante flerbørstemarken *C. capitata* var hyppigste art på stasjonene B1-B4 med over 90 prosent av individantallet på alle fire stasjoner. På stasjon B5 var denne arten også hyppigst, men utgjorde her bare 22 prosent av individene. Flerbørstemarken *P. antennata*, som også er svært forurensningstolerant, utgjorde 15 prosent av individene på stasjon B5, samtidig som *H. filiformis* av samme gruppe hadde samme hyppighet. Sistnevnte kan finnes både på forurensede og upåvirkede lokaliteter, men øker ofte sine antall ved høy organisk tilførsel.

Diversiteten for stasjon B5 var høy, med en jevn fordeling av individer mellom artene og ble plassert i tilstandsklasse II = "god". Stasjon B5 viser et noe mer blandet bilde enn resten av stasjonene med hensyn til tallverdier og indekser. Således antyder høyere artsantall og lavere individantall enn de øvrige stasjonene i prøveserien mindre påvirkede forhold. Verdien for artsmangfold klassifiserer lokaliteten i tilstandsklasse II – "god", mens artsindeksen gir klasse IV – "gårlig". De dominerende artene på lokaliteten viser tydelig forurensningspåvirkning. Som en enkelt karakteristikk av lokaliteten

synes tilstandsklasse III – ”mindre god” å være egnet selv om ingen av variablene fra stasjonen lå i denne klassen. Det må imidlertid understrekes at stasjon B5 er en lokalitet som ikke lett lar seg karakterisere med det gjeldende klassifikasjonssystem.

I 2003 ble det også bekreftet dårlige miljøforhold ved utslippet i Ljonesvågen, spesielt på stasjon B1-B3 med kun 3-4 arter og høye individtall mellom 224-795. Diversiteten ble beregnet til 0,05-0,71 og falt innunder tilstandsklasse V= ”meget dårlig”, mens stasjon B4 og B5 falt innunder tilstandsklasse IV= ”dårlig” og III= ”mindre god”. Også her var *C. capitata* svært dominerende.

Siden 2003 har det på MOM B stasjonene skjedd en forverring på stasjon B4, som har gått ned en tilstandsklasse, mens det har skjedd en forbedring i bunndyrssamfunnet på stasjon B5, som gikk opp en tilstandsklasse. Stasjon B5 ligger sør for stasjon C1 og er ca 114 m fra det ytterste utslippspunktet og forbedringen kommer av at det ble funnet nesten dobbelt så mange arter og noen flere individer.

Det må imidlertid understrekes at MOM B prøvene består av enkeltgrabbhogg av mindre størrelse (0,028 m<sup>2</sup>), mens en ved MOM C-undersøkelsen benyttet en 0,1 m<sup>2</sup> grabb og to paralleller på hvert sted. Ett MOM B-grabbhogg på hvert sted gjør at resultatene for hvert sted må betraktes med forsiktighet ettersom en større grabb og to paralleller ville gitt flere bunndyr og trolig flere arter. Men prøvene indikerer uansett at en har en lokal miljøpåvirkning på bunndyrfaunaen fra utslippene som trolig strekker seg rundt 125 – 150 meter fra det ytterste utslippet, og at det kan betraktes som utslippene sin yttergrense for lokal påvirkning (grensen mellom overgangssonen og fjernsonen/resipienten). Lenger ute er miljøpåvirkningen fra utslippene på bunndyrssamfunnet trolig moderat, noe som blir helt tydelig når er kommer ut til stasjon C2, som ikke ser ut til å være påvirket av utslippene.

## KONKLUSJON

Avløpet fra Ljones Fisk AS drenerer til sjøområder som har meget høy resipient- og omsetningskapasitet for tilført organisk materiale, og denne undersøkelsen viser få synlige tegn til noen negativ effekt av tilførslene rundt avløpene og i deres nærområde (0-120 m).

Resipientundersøkelsen i sjøområdet utenfor avløpene og videre utover i resipienten Ljonesvågen viste gode miljøforhold med hensyn på oksygenmetning i vannsøylen, nivået av næringssalter og sedimentkvalitet tilsvarende SFTs miljøtilstandsklasse I= ”meget god” ute i resipienten. Kvaliteten på bunndyrssammensetningen tilsvarte SFTs miljøtilstand IV = ”dårlig” på stasjon C1 på grunn av nærheten til det ytterste utslippet, mens kvaliteten på bunndyrssamfunnet på stasjon C2 lenger ute i Ljonesvågen tilsvarte SFTs miljøtilstand I = ”meget god”

Resipientforholdene i Ljonesvågen er meget gode vurdert i henhold til SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997) og er ikke endret siden forrige undersøkelse.

## REFERANSER

**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.

**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.*

**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.*

**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.*

**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.*

**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.*

**NORSK STANDARD NS 9410:2007:**

Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.  
*Standard Norge, 23 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*

**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.*

**STIGEBRANDT, A. 1992.**

Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.

*ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.*

**TVERANGER, B & G.H. JOHNSEN 2003.**

Strømmålinger samt kombinert MOM B- og MOM C-resipientundersøkelse av Ljonesvågen, vinteren 2003. *Rådgivende Biologer AS. Rapportnr 63. 37 s.*

## VEDLEGGSTABELLER

**Vedleggstabell 1.** Oversikt over bunndyr funnet i sedimentene i Ljonesvågen 28. januar 2010. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,1 m<sup>2</sup> stor vanVeen-grabb, og det ble tatt to parallelle prøver på hver stasjon. Prøvetakingen dekker dermed et samlet bunnareal på 0,2 m<sup>2</sup> på hver stasjon. Prøvene er sortert av Sara Sandvik og Guro Eilertsen og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS av cand. scient. Øystein Stokland. Tabellen fortsetter på neste side.

Taxa	C1A	C1B	Samlet	C2A	C2B	Samlet
<b>NEMATODA- rundorm</b>						
Nematoda indet *	603	439	<b>1042</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>11</b>
<b>ANTHOZOA- nesledyr</b>						
<i>Edwardsia</i> indet					2	<b>2</b>
<b>SIPUNCULIDA – nøtteormer</b>						
<i>Golfingia</i> sp.				1	1	<b>2</b>
<b>NEMERTINI – flatormer</b>						
<i>Nemertini</i> indet		2	<b>2</b>		1	<b>1</b>
<b>POLYCHAETA - flerbørstemakk</b>						
<i>Polynoidae</i> indet				2		<b>2</b>
<i>Pholoe inornata</i>	1	3	<b>4</b>			
<i>Pholoe baltica</i>	1	4	<b>5</b>	1		<b>1</b>
<i>Sthenelais limicola</i>				1	1	<b>2</b>
<i>Phyllodoce mucosa</i>	2		<b>2</b>			
<i>Sige fusigera</i>						
<i>Eteone</i> cf <i>longa</i>	1	2	<b>3</b>			
Phyllodocidae indet juv					1	<b>1</b>
<i>Exogone hebes</i>		1	<b>1</b>	9	7	<b>16</b>
Nereididae indet				1		<b>1</b>
<i>Nephtys hombergi</i>				2	1	<b>3</b>
<i>Glycera lapidum</i>					1	<b>1</b>
<i>Goniada maculata</i>					1	<b>1</b>
<i>Lumbrineris</i> sp	1		<b>1</b>			
<i>Scoloplos armiger</i>	14	40	<b>54</b>			
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	1	1	<b>2</b>			
<i>Pseudopolydora antennata</i>		18	<b>18</b>		2	<b>2</b>
<i>Prionospio cirrifera</i>					1	<b>1</b>
<i>Prionospio fallax</i>		3	<b>3</b>	5	14	<b>19</b>
<i>Spio filicornis</i>		3	<b>3</b>			
<i>Poecilochaetus serpens</i>		1	<b>1</b>			
<i>Chaetopterus</i> sp				1		<b>1</b>
<i>Levinsenia gracilis</i>				1		<b>1</b>
<i>Chaetozone setosa</i>				1		<b>1</b>
<i>Ophelina acuminata</i>		1	<b>1</b>			
<i>Travisia forbesi</i>		1	<b>1</b>			
<i>Capitella capitata</i>	484	314	<b>798</b>			
<i>Heteromastus filiformis</i>	22	10	<b>32</b>			
<i>Praxillella affinis</i>				1	1	<b>2</b>
<i>Myriochele oculata</i>				7	5	<b>12</b>
<i>Owenia fusiformis</i>				12	25	<b>37</b>
<i>Pectinaria koreni</i>		1	<b>1</b>			
<i>Sosanopsis wireni</i>					2	<b>2</b>
Ampharetidae indet juv				1	2	<b>3</b>
<i>Thelepus cincinnatus</i>	1		<b>1</b>			
<i>Polycirrus medusa</i>					1	<b>1</b>

<i>Euchone</i> sp				1		1
<i>Jasmineira</i> sp		2	2		1	1
Sabellidae indet					1	1
<i>Hydroides norvegicus</i>				1	1	2
<i>Pomatoceros triqueter</i>	1		1			
<b>MOLLUSCA - bløtdyr</b>						
<i>Leptochiton asellus</i>				1	2	3
<i>Lunatia alderi</i>				2		2
<i>Cylichna cylindracea</i>				1	1	2
<i>Astarte</i> sp juv					1	1
<i>Lucinoma borealis</i>	1	3	4	1	2	3
<i>Thyasira flexuosa</i>				4	7	11
<i>Thyasira equalis</i>					1	1
<i>Mysella bidentata</i>	1		1			
<i>Parvicardium scabrum</i>					1	1
<i>Parvicardium ovale</i>					1	1
<i>Dosinia lincta</i>		1	1	1	1	2
<i>Timoclea ovata</i>				1		1
<i>Tellina tenuis</i>				1	1	2
<i>Abra nitida</i>					1	1
<i>Abra alba</i>	1	9	10	1		1
<i>Corbula gibba</i>					3	3
<i>Hiatella arctica</i>				4		4
<i>Thracia</i> sp juv				2	3	5
<b>CRUSTACEA - krepsdyr</b>						
<i>Verucca stroemia</i>				1	7	8
<i>Ampelisca</i> sp fr					2	2
<i>Westwoodilla caecula</i>					1	1
<i>Cheirocratus</i> sp		1	1	2	1	3
<i>Protomedeia fasciata</i>	3	1	4			
<i>Corophium</i> sp	1		1			
<i>Macropipus pusillus</i>		1	1			
<i>Macropipus arcuatus</i>	1		1			
<b>PHORONIDA - hesteskoormer</b>						
<i>Phoronis muelleri</i>				1		1
<b>ECHINODERMATA - pigghuder</b>						
<i>Amphipholis squamata</i>				2	2	4
Antall individer	537	423	960	73	110	183
Antall arter	17	23	30	32	39	51
Diversitet, $H'$	0,74	1,66	1,23	4,40	4,37	4,65
Jevnhet, $J$	0,18	0,37	0,25	0,88	0,83	0,82
$H'$ max	4,11	4,49	4,92	5,00	5,27	5,67

\*Nematoder er ikke tatt med i statistiske beregninger.

**Vedleggstabell 2.** Oversikt over bunndyr funnet i fem av MOM B-sedimentprøvene tatt utenfor avløpene til Ljones Fisk AS i Ljonesvågen 28. januar 2010. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,028 m<sup>2</sup> stor vanVeen-grabb i ulik avstand fra utslippene. Prøvene er sortert av Sara Sandvik og Guro Eilertsen og artsbestemt ved Marine bunndyr AS av cand. scient. Øystein Stokland.

Taxa	B1	B2	B3	B4	B5
<b>NEMATODA- rundorm</b>					
Nematoda indet *	99	33	25	35	
<b>NEMERTINEA</b>					
Nemertini indet					1
<b>POLYCHAETA - Flerbørstemakk</b>					
Polynoidae indet					1
<i>Pholoe inornata</i>					1
<i>Sige fusigera</i>					1
<i>Exogone hebes</i>					3
<i>Nereididae indet</i>					1
<i>Scoloplos armiger</i>					1
<i>Malacoceros fuliginosus</i>			10	1	
<i>Pseudopolydora antennata</i>					4
<i>Prionospio cirrifera</i>					1
<i>Capitella capitata</i>	302	409	364	112	6
<i>Heteromastus filiformis</i>					4
<i>Owenia fusiformis</i>	1				
<i>Pomatoceros triqueter</i>					1
<b>OLIGOCHAETA - fåbørstemark</b>					
<i>Tubificoides</i> sp		1			
<b>CRUSTACEA - krepsdyr</b>					
<i>Idotea</i> sp				1	
<i>Ampelisca</i> sp fr					1
<i>Protomedeia fasciata</i>		2	1	3	
<i>Corophium</i> sp		1		1	
<b>ECHINODERMATA - pigghuder</b>					
<i>Asterias rubens</i>					1
Antall individer	<b>303</b>	<b>143</b>	<b>375</b>	<b>118</b>	<b>27</b>
Antall arter	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>14</b>
Diversitet, H'	0,03	0,07	0,20	0,38	3,41
Jevnhet, J	0,03	0,04	0,13	0,16	0,90

\*Nematoder er ikke tatt med i statistiske beregninger.