B-undersøkelse

Lokalitet NESFOSSEN (11682)

Lokalitetstilstand 1

Rapport ID 4582

Generell informasjon

Sist endret	2015-11-20T10:18:56Z
Oppdretter	NESFOSSEN SMOLT AS - 995218402
Kompetent organ	RÅDGIVENDE BIOLOGER AS - 843667082
Dato prøvetaking	2013-02-21
Årsak	
Type anlegg	
Sammendrag / Konklusjon	
Materiale og metode	
Områdebeskrivelse	
Stasjonsopplysninger	
Resultat før strømmålinger	

Resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor Nesfossen Smolt AS i Lindås kommune vinteren 2013

RAPPORT

Rådgivende Biologer AS 1775

Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor Nesfosssen Smolt AS i Lindås kommune vinteren 2013

FORFATTERE:

Bjarte Tveranger & Geir Helge Johnsen

OPPDRAGSGIVER:

Nesfossen Smolt AS, 5956 Hundvin

OPPDRAGET GITT:	ARBEIDET UTFØRT:	RAPPORT DATO:
Januar 2013	2013	16. august 2013

RAPPORT NR:	ANTALL SIDER:	ISBN NR:
1775	65	ISBN 978-82-8308-002-5

EMNEORD:

- Avløp i sjø	- Vannkvalitet
- MOM C og MOM B-resipientundersøkelse	- Sedimentkvalitet
- Strømmålinger	- Bunndyrfauna
- Modellering av avløpet	- Organisk belastning

KVALITETSOVERSIKT:

Element	Akkreditering
Prøvetaking	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Kjemiske analyser	Akkreditert underleverandør Eurofins Norsk Miljøanalyse AS
Sortering bløtbunnfauna	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Artsbestemming bløtbunnfauna	Akkreditert underleverandør Marine Bunndyr AS
Vurdering av resultat	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)
Rapportering	Søkt etter NS-EN ISO / IEC 17025 (2005)

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-mva
Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

***Forsidefoto**: Foto av settefiskanlegget på Nesfossen tatt fra sjøsiden (fra Ronald Marøy).*

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Nesfossen Smolt AS utført en større resipientundersøkelse utenfor Nesfossen i Lurefjorden. Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Nesfossen Smolt AS søker om å produsere stor smolt på opp mot ett kg i anlegget med bruk av sjøvann. Det søkes således om postsmoltproduksjon innenfor dagens konsesjonsramme på 2,5 millioner sjødyktig settefisk, med en utvidelse av utslippstillatelse for en øjning i produksjonen fra dagens 216 tonn til 2000 tonn. Denne rapporten tjener således som dokumentasjon for søknaden om utvidet utslippstillatelse etter forurensningsloven.

Undersøkelsen er gjennomført med utgangspunkt i metodikk fra NS 9410:2007 der en kombinerer en undersøkelse av nærsonen rundt selve utslippet (MOM B-undersøkelse) og resipienten til utslippet (MOM C-undersøkelse). Det ble tatt hydrografi i vannsøylen og samlet inn prøver av vann, sediment og bunndyr utenfor Nesfossen og i Lurefjorden den 21. februar og 12. mars 2013. Strømmålingene ble utført i perioden 12. mars – 10. april 2013.

Feltarbeidet ble gjennomført av Erling Brekke og Thomas Tveit Furset. Analyse av vann og sediment er gjennomført via det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Ingrid Hellen og Anette Skålnes har sortert bunnfaunaprøvene, og det akkrediterte laboratoriet Marine Bunndyr AS ved Cand. scient. Øystein Stokland har artsbestemt dyrene. Modelleringene av avløpet er utført av siv. ing. Jan Langfeldt.

Rådgivende Biologer AS takker Nesfossen Smolt AS v/Ronald Marøy og Øyvind Holsen for oppdraget, samt Jan Røssang for lån av båt og god assistanse i forbindelse med feltarbeidet.

Bergen, 16. august 2013.

INNHOLD

Forord 2
Innhold....2
Sammendrag 3
Dagens anlegg og omsøkt utslipp....5
Lurefjorden 7
Metode....10
Miljøtilstand Lurefjorden....19
Miljøtilstand og utvikling i Lurefjorden....40
Konsekvensvuredring av utvidet utslipp 49
Referanser....54
Vedleggstabeller....58
Om Gytre strømmålere 62
Om fjorder og poller....63

SAMMENDRAG

Tveranger, B. & G.H. Johnsen 2013.

Resipientundersøkelse i sjøområdene utenfor Nesfossen Smolt AS i Lindås kommune vinteren 2013. Rådgivende Biologer AS, rapport 1775, 65 sider, ISBN 978-82-8308-002-5

Rådgivende Biologer AS har, på oppdrag fra Nesfossen Smolt AS (reg.nr. H/L 0006) på Nesfossen (lok.nr. 11682), utført en resipientundersøkelse i Lurefjorden i Lindås kommune som grunnlag for søknad om nytt utslippsløyve. Undersøkelsen er gjennomført etter metodikk fra NS 9410:2007 der en kombinerer en undersøkelse av nærsonen rundt selve utslippet (MOM B-undersøkelse) og resipienten til utslippet (MOM C-undersøkelse), samt at en har benyttet tilsvarende stasjonsnett som ved 5 tidligere undersøkelser foretatt jevnlig siden 1989. Det er dessuten foretatt strømmplinger ved utslippspunktet, og omsøkt utslipp er modellert med hensyn på innblanding og fortynning. Det er videre gjort beregning av utslippets virkning på økosystemene ved bruk av Fjordmiljømodellen.

Denne utredningen tar utgangspunkt i forvaltningsmålet nedfestet i naturmangfoldloven (§§ 4-5), og kunnskapsgrunnlaget er vurdert som "godt" (§ 8) slik at føre var prinsippet ikke behøver komme til anvendelse i denne sammenhengen (§ 9). Vurderingene omfatter en gjennomgang av utviklingen i Lurefjorden siden 1980, slik at de samlede belastningene på økosystemene og naturmiljøet i tiltaksområdet er inkludert (§ 10). Ved etablering av det nye anlegget vil en basere seg på nyeste resirkulerings- og rense-teknologi slik at skader på naturmangfoldet så langt mulig unngås eller avgrenses, og en søker å oppnå det beste samfunnsmessige resultat ut fra en samlet vurdering av både naturmiljø og økonomiske forhold (§ 12).

SØKNAD OM ØKTE UTSLIPPSRAMMER

Nesfossen Smolt AS søker om produksjon av postsmolt med økte utslipppsrammer fra dagens 216 tonn i året til 2000 tonn i året, ved bruk av resirkulering og sjøvann innenfor dagens konsesjonsramme på 2,5 millioner settefisk. Alt avløp fra anlegget planlegges renset i nye filtre med lysåpning på 40 µm, som samlet gir en renseffekt på vel 75 % av S-TS og BOF_5 og rundt 60 % av TP og TN når en også tar hensyn til effekten av biofilteret. Utslippene vil med en slik rensegrad tilsvare en netto produksjonsøkning på kun 300 tonn utover dagens urensete utslipp får en produksjon på 200 tonn.

Overflatestrømmen på 2 m dyp, spredningsstrømmen på 10 m dyp og bunnstrømmen på 20 m dyp var svært svak, men målingene tilsvarer det en kan forvente i indre deler av en tersklet fjord. Modellering av omsøkt avløpet viser at ved utslipp av både maksimal (18 m³/min) og middel vannmengde (9 m³/min) ved midlere strømhastighet, vil avløpvannet vinterstid ha gjennomslag til overflaten og innlagres der, og en km fra utslippet vil avløpsvannet være fortynnet henholdsvis omtrent 300 ganger.

OMRÅDEBESKRIVELSE LUREFJORDEN

Nesfossen Smolt AS har sitt utslipp til sjø utenfor Nesfossen i Kråkeosen innerst og sør i Lurefjorden. Lurefjorden er en markert terskelfjord, som ligger innestengt mellom kommunene Lindås, Austrheim og Radøy, med flere grunne terskler ytterst i munningene. Fjordbassenget har et samlet overflateareal innenfor sundene på 50 km^2, og fjorden er relativ dyp, med et største dyp på omtrent 440 meter. Sjøområdet innenfor disse sundene er inndelt i flere vannforekomster, der Lurefjorden er av typen ***CNs6 = "oksygenfattig fjord"***, mens de øvrige vannforekomstene i Lurefjordenbassenget er av typen ***CNs3 = "beskyttet kyst/fjord".*** Denne undersøkelsen viser at vannforekomsten har minst "**god økologisk status**" og er nær naturtilstand for de fleste forhold. Dette er også status i «vann-nett».

Ved undersøkelsen vinteren 2013 var det god oksygenmetning i vannsøylen over terskelyp og videre ned til omtrent 100 meters dyp, men videre nedover i dypvannslaget gikk oksygeninnholdet ned til 3,59 ml O/l på 180 meters dyp og 3,17 ml O/l ved det dypeste i Lurefjorden. Tilsvarende målinger sporadisk siden 1980 viser at det sannsynligvis skjer dypvannsfornyelse i Lurefjorden omtrent hvert tiende år, sist observert våren 2010. Innimellom skjer det delvise utskiftinger ned til 100 m dyp, og år om annet også til 200 m dyp.

Sjøområdet utenfor Nesfossen og videre utover mot Lurefjorden kan karakteriseres som moderat påvirket av næringssalter på prøvetakingstidspunktet, og ut fra en totalvurdering tilsvarte nivåene av næringssalter tilstandsklasse II="god" på samtlige stasjoner i overflatelaget i februar (vintersituasjon), men med forhøyete verdier av fosfor alle steder. Resultatene var ensartede og indikerer god spredning i overflatevannet.

Resipientundersøkelene viser at det er sedimenterende forhold på samtlige tre stasjoner i resipienten i Lurefjorden, med forhøyet glødetap og høyt innhold av leire og silt ved det dypeste i Lurefjorden. Omsetning i sedimentene nær utslippet synes å være god i utslippets nærområde, målt både som surhet og elektrodepotensial og tilsvarte beste tilstandsklasse 1= "meget god" etter NS 9410:2007. Miljøforholdene i sedimentet utenfor selve utslippet ser ut til å være minst like gode som ved tilsvarende MOM B- undersøkelse i 2002.

Kvaliteten på bunndyrsammensetningen på 182 meters dyp Kråkeosen var i 2013 dominert av ikke spesielt forurensingstolerante arter, noe som gav gode miljøforhold i henhold til artsmangfold-klassifiseringen, artsindeksen og kvalitetsindeksen. Stasjonen framstår som upåvirket samtidig som tilstandsklasse II= «god», men nær klasse I= «svært god» synes å karakterisere stasjonen best på det aktuelle tidspunkt. Bløtbunnfauna på 312 m og ved det dypeste på 440 m i Lurefjorden havnet i tilstandsklasse III= "moderat" og stedet framstår som svakt påvirket, noe som er typisk for dype fjordlokaliteter hvor naturgitte forhold med tidvis reduserte oksygenforhold og lav mattilgang preger faunaen. Sammenlignet med tildigere undersøkelser har utviklingen for bløtbunnfaunaen ved det dypeste i Lurefjorden gått i svak positiv retning siden 2008, men artsmangfoldet er i hovedsak styrt av de varierende oksygenforholdene ved det dypeste. På stasjonen i Kråkeosen er miljøforholdene for bunnlevende dyr lite endret i undersøkelsesperioden.

KONKLUSJON

Anlegget søker om en tidobling av produksjon i forhold til dagens situasjon. Etablering av nytt anlegg med resirkuleringsteknologi og rensing av avløpet, medfører at utslippene av partikulært stoff og næringssalter til Kråkeosen likevel bare blir tre til firedoblet. Dessuten vil det meste av partiklene bli fjernet fra avløpet, slik at tilførslene i større grad vil være oppløst eller suspendert finstoff, som effektivt fortynnes og fjernes fra utslippet. Dette vil medføre reduksjon i lokal sedimentering, der den lokale virkning av dagens tilførsler på bunnforholdene er liten, og forholdene er lite endret fra forrige undersøkelse i 2002. Beregninger viser at økning i tilførsler av organisk stoff til Lurefjorden vil medføre kun marginale endringer i oksygenforbruk i fjordens dypvann, og at de økte næringstilførslene ikke vil ha noen målbar virkning på primærproduksjon i fjordystemet. Lurefjordens økologiske status tilsvarende minst «god» vil ikke bli påvirket av omsøkte utslipp.

Lurefjorden er med i utkast til Marin verneplan, og er anført med «nordisk verneverdi» grunnet både store forekomster av maneten *Periphylla periphylla,* samt at området har vært gjenstand for stor vitenskapelig aktivitet med 23 hovedfags- og 4 dr.-gradsarbeider, over 30 vitenskapelige arbeider samt rapporter og artikler (fra Utredning for DN 1995-3: Forslag til marine verneområder i Norge). Omsøkte utvidelse vil i liten grad påvirke verneverdiene i Lurefjorden.

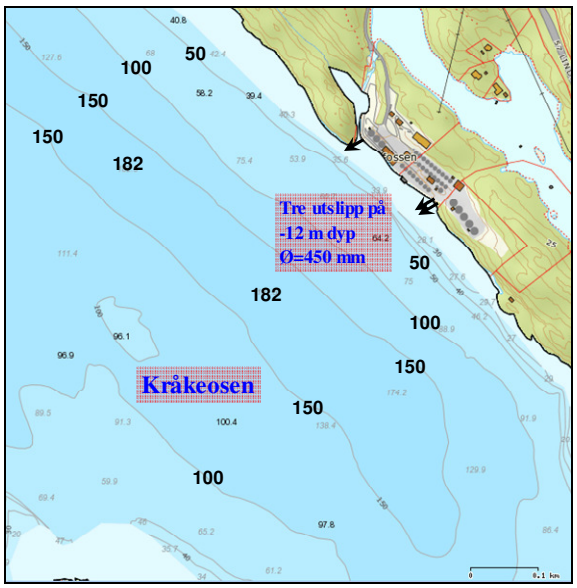
DAGENS ANLEGG OG OMSØKT UTSLIPP

Settefiskanlegget på Nesfossen (reg. nr. H/L 0006, lokalitetsnummer 11296 Nesfossen) har hatt konsesjon siden 24. april 1986 og startet opp med smoltproduksjon i 1987 og het da Lindås Fiskeoppdrett AS. Anlegget har vært gjennom to utvidelser og eierskifter siden oppstart og heter nå Nesfossen Smolt AS. Konsesjonsrammen er i dag på 2,5 millioner sjødyktig settefisk. Det søkes nå om en ytterligere økning av utslippsrammene innenfor dagens konsesjonsramme på 2,5 millioner sjødyktig settefisk. Anlegget søker om produksjon av postsmolt ved bruk av sjøvann og en økning av utslipprammene til 2000 tonn der utvidelsen skal skje i et helt nytt resirkuleringsanlegg, med rensing på hele produksjonen.

DAGENS UTSLIPP

Anleggets utslippstillatelse er i dag på 216 tonn produsert mengde fisk i året. Anlegget har i gjennomsnitt produsert denne mengde fisk de siste årene, noe som tilsvarer et årlig fôrforbruk på rundt 235 tonn. Anlegget har i dag ingen rensing av sitt utslipp, og det er heller ikke krav om slik rensing i utslippstillatelsen.

Nesfossen Smolt AS har tre utslipp til sjø utenfor Nesfossen i Kråkeosen innerst og sør i Lurefjorden på rundt 12 meters dyp ca 15 m ut fra anlegget. Avløpsledningene er ca 30 m lange og med en diameter hver på 450 mm (**figur 1**). Fra utløpet skrår det bratt jevnt nedover mot sørvest til over 180 m dyp i Kråkeosen vel 200 m fra utslippene. Videre mot nordvest dybdes det nedover til et maksimaldyp på 440 m rundt 4,5 km nordvest for utslippet (**figur 2**). Lurefjorden er en markert terskelfjord med mange grunne terskler som stenger dypvannet inne, slik at navnet "-fjord " er beskrivende for området.



Figur 1. *Utslippet føres via tre ledninger fra anlegget og ut i Kråkeosen (**til høyre**). Utslippene har gjennomslag til overflaten (**øverst**).*

OMSØKT UTSLIPP

Utslipp av næringsstoff fra fiskeoppdrettsanlegg varierer med fôrets sammensetning og fôrfaktoren, men tilsvarer i størrelsesorden 12-15 kg fosfor pr. tonn fisk produsert. Med en samlet årlig produksjon i anlegget på 2000 tonn inkludert 10 tonn dødfisk, tilsier dette en totalmengde på 28 tonn fosfor i avløpet fra karene pr år. Erfaringstall viser at i størrelsesorden 70 % av fosforet som tilføres via spillfôr og fiskeavføring er partikkelbundet, mens de resterende 30 % er løst.

Fylkesmennenes behandling av utslipp fra oppdrett (Miljødirektoratets veileder kapittel 5) har egne formler for beregning av utslipp basert på biologisk produksjon (her 2000 tonn) og fôrbruk (her 2475 tonn) slik:

- **Nitrogen** = fôrbruk * 0,0736 – total produksjon * 0,0296 = **117,4 tonn N årlig**
- **Fosfor** = fôrbruk * 0,013 – total produksjon * 0,0045 = **22,2 tonn P årlig**
- **Organisk stoff** = fôrbruk * 0,8 * 0,15 = **288 tonn C årlig**

Disse beregningene tilsvarer stoffproduksjon i et anlegg. I det omsøkte anlegget planlegges et filter med en lysåpning på 90 µm på den vannmengden som resirkuleres i anlegget og deretter et filter med lysåpning på 40 µm på den mengden vann som slippes ut i avløpet, tilsvarende 2 – 4 % nytt vann inn i anlegget. Renseeffekten av et slikt filter varierer for ulike komponenter av utslippet, og det foeligger erfaringstall fra flere slike anlegg, der vi har benyttet samsvarende tall fra både Bergheim m.fl. (2012) og Anon (2012). Optimalisering av systemets drift og forbedret system for slamavvanning vil sannsynligvis redusere utslippene ytterligere. En har også satt opp sammenlignende tall for en 90 µm filterduk basert på erfaringstall (Jarle Rønhovde, Sterner AuaTech AS, pers. medd), jf. **tabell 1**.

Dersom en også tar hensyn til effekten av biofilteret (denitrifikasjonsfilteret) i resirkuleringsanlegget, vil utslippet av nitrogen bli redusert med 60 % fra 45 til 18 kg pr tonn produsert, slik at samlete utslipp av nitrogen fra det omsøkte anlegget vil ligge på rundt 34 tonn.

Tabell 1. *Beregnet utslipp til Lurefjorden i kg av suspendert tørrstoff, biologisk oksygenforbruk, total nitrogen og total fosfor basert på bruk av filterduk på 40 µm i det planlagte utvidete anlegget på Nesfossen. Omsøkt årlig produksjon er 2000 tonn, og dagens urensete utslipp fra 216 tonn produksjon. * inkluderer også nitrogenrensing i biofilteret.*

Parameter	Rensegrad filter 90 µm (%)	Rensegrad filter 40 µm (%)	Urenset utslipp tonn TOC	Renset utslipp med 40 µm filter	Dagens urensete utslipp, tonn
Org. stoff	70	77	288 tonn	66 tonn	28,2 tonn
BOF_5	60	76	450	108 tonn	48,6 tonn
TN	20	28	117,4	84,5 (34*) tonn	10,9 tonn
TP	60	63	22,2	8,2 tonn	2,1 tonn

Ved å benytte et filter på 40 µm i kombinasjon med effekten av biofilteret, ser en at utslippet av oganisk stoff og nitrogenstoff vil tredobles, mens utslippet av fosforstoff nesten firedobles i forhold til dagens urensete utslipp (**tabell 1**). Næringsstoffene vil i hovedsak være oppløst, siden de partikulære fraksjonene i hovedsak er filtrert fra, mens organisk stoff i større grad består av fine partikler som i mindre grad vil sedimentere i nærområdet av utslippet i forhold til dagens urensete utslipp. Tilførslene fra det omsøkte anlegget blir derfor i større grad tilført og fordelt i hovedresipienten Lurefjorden mer enn den helt lokale nåværende resipienten.

LUREFJORDEN

Lurefjorden er en markert terskelfjord, som ligger innestengt mellom kommunene Lindås, Austrheim og Radøy, med flere grunne terskler ytterst i munningene. Lurefjorden utgjør et stort innestengt fjordbasseng på nesten 50 km^2, den er 26 km lang på det lengste og 2,5 km bred på det bredeste. Fjorden er relativt dyp, med største dyp på 440 meter (**vedleggstabell 4**). Samlet vannvolum er anslagsvis 6,5 km^3 (Golmen 1991).

Det er fire sund inn til Lurefjorden; Radsundet, Fosnstraumen, Kjelstraumen og Bakkastraumen (figur 2). Disse strømsundene er smale og har grunne terskler (**vedleggstabell 5**). Radsundet er ca 13 kilometer langt og ender i Kvernafjorden. Det er flere grunne og smale partier i dette sundet. Ved Bruknappen er det ca 125 meter bredt og 20 meter dypt. Fosnstraumen er trolig det viktigste sundet med hensyn på vannutskifting i Lurefjorden. Dette sundet er ca 200 meter bredt og 25 meter dypt omtrent 100 meter øst for broen sør for Nautnesvågen. Kjelstraumen under broen ved Utkeila er ca 50 meter bred og 10 meter dyp. Det fjerde strømsundet er Fonnesstraumen som er et langstrakt og smalt sund med 60 meters bredde og 15 meter dybde i området 300 meter sør for broen som går over sundet (**figur 2**). De grunneste områdene i nord har trolig gode utskiftingsforhold da det ca 4 ganger i døgnet strømmer ca 50 millioner m^3 vann inn og ut de trange sundene.

Sjøområdet innenfor disse sundene er inndelt i flere vannforekomster, hvor Lurefjorden (fjordkatalog nr 02.61.04.02.03) er den største med omtrent 36 km^2, mens Lureosen (fjordkatalog nr 02.61.04.02.02), Lindåspollane (fjordkatalog nr 02.61.04.02.04), Vikaosen – Monslauposen (fjordkatalog nr 02.61.04.02.06) og Bakkøysundet (fjordkatalog nr 02.61.04.02.05) utgjør de øvrige vannforekomstene. Disse vannforekomstene ligger vest i Fensfjordsystemet (fjordkatalog nr. 02.61.04.00.00), og i henhold til EUs vannrammedirektiv er Lurefjorden (og Lindåspollane) av typen ***CNs6 = "oksygenfattig fjord"***, mens de øvrige vannforekomstene i Lurefjordenbassenget er av typen ***CNs3 = "beskyttet kyst/fjord".***

Lurefjordens isolerte karakter med relativt grunne terskler og svært begrenset avrenning fra land, medfører at den hydrologiske situasjonen i Lurefjorden vil avvike fra «vanlige» fjordsystemer. Det faktum at Lurefjorden har flere utløp, som igjen står i kontakt med forskjellige utenforliggende fjordsystemer, vanskeliggjør beregningene av vannutskiftningen over tersklene, siden sundene heller ikke er i fase med hensyn på tidevannet. Ettersom fjordsystemet er gjennomstrømmende vil dette dessuten øke effektiviteten av strømsundene.

Slike trange sund og fjordmunninger har ofte en bunnfauna som er forskjellig fra nærliggende bunnområde med mindre strømeksponering. Det kan være få arter, men med stor individtetthet, der kolonidannende arter som sjøpung, mosdyr og hjuldyr kan være dominerende, sammen med svamp. Sterk strøm kan redusere også effekten av predatorer, som for eksempel kråkebollebeiting på tare, slik at slike trange sund ofte kan ha en godt utviklet tareskog.

Liten utskifting av dypvannmassene innenfor sundene reduserer effektene av sesongvariasjoner, år-til-år-endringer og værforhold i de dypere delene av fjordene. Det biologiske mangfoldet der kan være svært ulikt det man finner på grunnere vatn. Ofte finner man populasjoner av oseaniske arter som har vært isolert fra andre populasjoner over lengre tid. Delvis kan man også finne dyphavsarter.

Slike relativt avlukkede vassmasser som man finner i Lurefjorden, kan dermed utgjøre nøkkelområder for spesielle stammer/populasjoner av arter som oppholder seg på spesielle steder langs kysten i hele eller deler av året. Slike nøkkelområder kan og være knyttet til populasjoner av arter som har vært fraskilt fra andre populasjoner av samme art over tid, og har utviklet seg til egne stammer som kan identifiseres ved genetiske undersøkelser. For eksempel kan det forekomme lokale sildestammer (Lindåspollane), kolmulestammer og hummerstammer.

Figur 2. *Enkelt dybdekart over Lurefjordenbassenget med inndeling av vannforekomster etter Fjordkatalogen, og plassering av terskler og terskeldyp samt anlegget og utslippet utenfor Nesfossen (fra http://kart.fiskeridir.no /adaptive/).*

I et prosjekt finansiert av Forskningsrådet for perioden 2010 – 2013 har en studert endringer i siktedyp og lysforhold i Østersjøen og Nordsjøen de siste 100 år som en konsekvens av økt nedbør og ferskvannsavrenning og derav en økt mengde av lysabsorberende organiske oppløste stoffer i vannet. Størst relativ endring har skjedd i kystnære strøk, og utviklingen antas å være knyttet til økte næringssaltutslipp og alger, men også til økte konsentrasjoner av lysabsorberende oppløst organisk materiale med terrestrisk opphav. Følsomhetsanlyser utført i prosjektet viser at økte tilførsler av slikt materiale øker næringssalt- og algekonsentrasjoner i overflatelaget og reduserer habitatet til for eksempel tare og andre planter og dyr som er følsomme for endringer i lys- og siktforholdene i vannet. Disse symptomene er til forveksling lik dem som observeres ved økte næringssalttilførsler (eutrofi), men kan altså oppstå som følge av endringer i optiske forhold. Simuleringsresultater oppnådd i prosjektet vitner omat økt primærproduksjon og eutrofi stimulerer veksten i fiskebestander inntil et visst punkt. Videre produksjonsøkning gir deretter opphav i reduserte fiskebestander og økte manetforekomster (Aksnes 2013). I prosjektet har en bl.a. undersøkt økosystemet i Lurefjorden og Masfjorden i forbindelse med endringer i lysforhold, forholdene for fisk og maneter. Masfjorden inneholder langt mer havvann enn Lurefjorden, som har kystvann helt ned til bunnen. Studien viser at mens Masfjorden fortsatt har et økosystem dominert av fisk, preges Lurefjorden av kronemaneter (*Periphylla periphylla*).

Siden Lurefjorden er en terskelfjord der den dypeste åpningen er bare 25 meter dyp er bassenget helt ned til bunnen i fjorden fylt opp med kjølig overflate kystvann med noe lavere saltholdighet enn i dypvannet i fjordene utenfor. Sakte, men sikkert er sikten i kystvannet (og i Lurefjorden) siden 70-tallet blitt dårligere pga globale vær- og klimaemdringer med økende eutrofiering og nedbør, og på et eller annet tidspunkt så har vannet blitt så mørkt at det har skjedd et regimeskifte. Lysmålinger i vannet viser at det på 200 meters dyp i Lurefjorden er 10.000 ganger mørkere enn i andre fjorder.

Man antar således at det er mangelen på lys i Lurefjorden som gjør fjorden uegnet for viktige fiskeslag, slik at fisken ikke lenger trives i Lurefjorden, da fisken ikke klarer å se byttet sitt, mens manetene driver rundt og kolliderer med byttedyrene som de spiser. Det er ikke mangel på mat i Lurefjorden, da antallet byttedyr er langt høyere her enn i andre fjorder. Siden fisken ser så dårlig i mørket, klarer de ikke å skaffe seg mat, og manetene har nærmest monopol på de store bytteforekomstene.

Lurefjorden og Lindåspollane har således blitt et nøkkelområde for store mengder av kronemaneten eller dypvannsmaneten *Periphylla periphylla*. De første manetene ble observert i fjorden på midten av 70 tallet. Siden den gang har omfanget bare økt, og de siste årene har de totalt utkonkurrert fisken i fjorden. Den lysømfintlige maneten skyr lyset og trives derfor vanligvis på dypere vann enn 500 meter. I Lurefjorden derimot, kan de på dagtid observeres på cirka 120 meters dyp, og på natten kommer de til overflaten i store mengder. Her har den påvirket hele næringskjeden, og jaget vekk alle konkurrenter. Den spiser bytte som er viktig for større fisk i tillegg til at den selv tar småfisk. I tillegg til dårlig sikt i fjorden finner stor fisk heller ikke bytte av rett størrelse i Lurefjorden, noe som har ført til at fiskere i Lurefjorden nærmest har gitt opp å fiske her. Forskerne har regnet at det kan være så mye som 50–60 tusen tonn maneter i Lurefjorden.

Direktorat for naturforvaltning (DN) startet på 90-tallet arbeidet med Marin Verneplan der 36 av 48 områder etter hvert ble anbefalt som marine verneområder. Lurefjorden med Lindåspollane er på liste A under kategori ”poll”. Som begrunnelse nevnes også den spesielle manet-forekomsten av *Periphylla periphylla* i Lurefjorden. Det ble i 2005 utarbeidet midlertidige retningslinjer for behandling av saker som kan berøre kandidatområder til den marine verneplanen. Hvilke nye aktiviteter eller inngrep eller utvidelse av eksisterende aktiviterer som bør tillates, og hvilke vilkår som eventuelt bør stilles for tillatelse må vurderes i hvert enkelt tilfelle i forhold til områdets verneverdi og verneformål. Føre-var prinsippet og best tilgjengelig kunnskap om områdets verneverdier, aktuelt verneformål og miljøeffekter av de aktuelle aktiviteter og inngrep skal legges til grunn. Det ble i september 2009 sendt ut oppstartmeldinger for 17 av de 36 områdene der Lurefjorden er ett av disse. I juni 2013 ble de tre første marine verneområdene opprettet etter naturmangfoldloven § 39 i områdene Framvaren i Vest-Agder, Tautraryggen i Nord-Trøndelag og Saltstraumen i Nordland.

METODE

Det ble gjennomført en MOM B-undersøkelse utenfor avløpene ved Nesfossen 21. februar 2013 og en MOM C-resipientundersøkelse 12. mars 2013 i resipienten til utslippene til Nesfossen Smolt AS ved Nesfossen og utover i Lurefjorden i forbindelse med utredningen av miljøpåvirkningen i nærsonen og utover i resipienten.

Det ble tatt vannprøver for analyser av vannkvalitet på tre steder og hydrografi på to steder den 21. februar 2013. Det ble også foretatt undersøkelse av sedimentkvalitet med kornfordeling og kjemiske analyser samt bunndyrsamfunnets sammensetning på tre steder i resipienten i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS-EN ISO 16665:2005. Det ble gjort strømmålinger om våren like utenfor avløpene ved Nesfossen, samt utført modellering av spredning og innblandingsdyp av avløpsvannet. Det ble også utført en MOM B-undersøkelse utenfor avløpene i henhold til Norsk Standard NS 9410:2007. Vurdering av alle resultatene er i henhold til Miljødirektoratet sine veiledere for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær m. fl. 1997, Bakke m. fl 2007) samt veileder 01:09 (Direktoratsgruppa for vanndirektivet) der de gjeldende veilederne sine grenseverdier og benevnelse av tilstandsklasse benyttes.

BEREGNING AV INNLAGRINGSDYP

Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Når avløpsvannet slippes ut gjennom en ledning på dypt vann, vil det derfor begynne å stige opp mot overflaten samtidig som det blander seg med det omkringliggende sjøvannet. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning der egenvekten øker mot dypet, fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann og sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar på vei oppover, og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring. Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres (jf. **figur 24**). Dersom slike tilførsler når overflatevannet, vil effektene kunne måles ved vannprøvetaking ved utslippet.

For beregning av innlagringsdypet og spredning med fortynning etter innlagring, bruker vi den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al. 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, utslippsdyp, diameter for utslippsrøret, vertikalprofiler for temperatur og saltholdighet - samt strømhastigheten i resipienten. Vi bruker vanligvis en typisk "vinterprofil" og en typisk "sommerprofil", men en bør være oppmerksom på at det sannsynligvis utelater store variasjoner innenfor hver periode (grunnlagsdata er presentert i **vedleggstabell 1 – 3**).

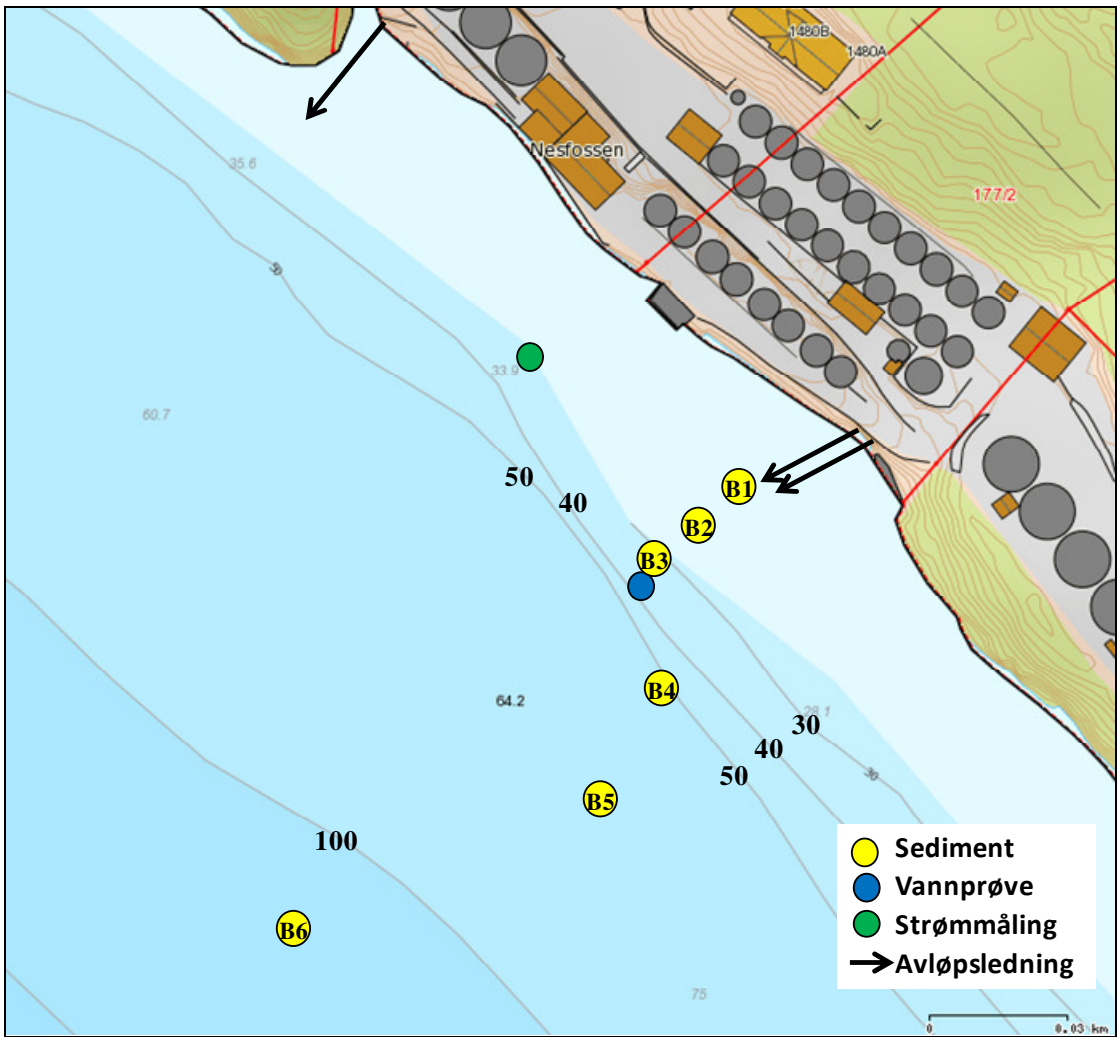
Ved stor diameter i avløpsledningen og liten vannmengde er det sannsynlig at avløpsvannet ikke alltid fyller opp rørledningen. Utstrømningen blir da konsentrert i øvre del av tverrsnittet, og det blir sjøvannsinntrengning i tverrsnittets nedre del. Det blir en viss medrivning og blanding mellom avløpsvann og sjøvann i det siste stykket av ledningen, og den strålen som forlater ledningen vil derfor bestå av avløpsvann og en mindre andel sjøvann. Dersom det ikke er noen vesentlig medrivning av sjøvann inne i røret, kan vannet i nedre del av tverrsnittet dynamisk sett betraktes som stillestående. Tverrsnittsarealet for utstrømning er da gitt av at det såkalte densimetriske Froude-tallet (F) har verdien 1. F er definert som, og:

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

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

STRØMMÅLINGER

I perioden 12. mars – 10. april 2013 var det utplassert tre Gytre strømmålere (modell SD-6000 produsert av Sensordata A/S i Bergen) i posisjon N 60°39,825' / Ø 05°14,066' i en rigg like utenfor utslippene ved Nesfossen omtrent 30 meter fra land (**figur 3**). Det ble målt overflatestrøm på 2 meters dyp, spredningsstrøm på 10 meters dyp og bunnstrøm på 20 meters dyp. Riggen var forankret til bunnen med ett lodd på omtrent 30 kg. Det var festet to trålkuler av plast i tauet over den øverste og en trålkule over den nederste strømmåleren for å sikre tilstrekkelig oppdrift og stabilitet på riggen i sjøen, samt en blåse og en blink til overflaten i et slakt tau for å ta av for bølgepåvirkning. Det ble registrert strømhastighet, strømretning og temperatur hvert 30. minutt. Det var 25 meter til bunnen der strømmålerriggen stod.



Figur 3. *Sjøområdet utanfor Nesfossen Smolt AS med 10- og 50-meters dybdekoter. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratet sine nettsider, www.fiskeridir.no. Plassering av avløpsledningene er vist på kartet. Stasjoner for vannprøver, sedimentprøvetaking, hydrografi og strømmålinger utenfor Nesfossen er også vist. Omtrenlig posisjon avløpene: N: 60º 39,799' Ø: 05º 14,099'.*

RESULTATPRESENTASJON

Resultatene av målinger av strømhastighet og strømretning er presentert hver for seg, og kombinert i **progressiv vektoranalyse**. Et **progressivt vektorplott** er en figurstrek som blir til ved at man tenker seg en merket vannpartikkel som er i strømmålerens posisjon ved målestart og som driver med strømmen og tegner en sti etter seg som funksjon av strømstyrke og retning. Kryssene i diagrammet viser beregnet posisjon fra hvert startpunkt ved hvert døgnskifte. Når måleperioden er slutt har man fått en lang, sammenhengende strek, der **vektoren** blir den rette linjen mellom start- og endepunktet på streken.

Dersom man deler lengden av denne vektoren på lengden av den faktiske linjen vannet har fulgt, får man **Neumann parameteren**. Neumann parameteren forteller altså noe om stabiliteten til strømmen i vektorretningen. Vinkelen til vektoren ut fra strømmåleren sin posisjon, blir kalt resultantretningen. Dersom strømmen er stabil i vektorretningen, vil figurstreken være relativt rett, og verdien av Neumann parameteren vil være høy. Er strømmen mer ustabil i denne retningen er figurstreken mer «bulkete» i forhold til vektorretningen, og Neumann parameteren får en lav verdi. Verdien av Neumann parameteren vil ligge mellom 0 og 1, og en verdi på for eksempel 0,80 vil si at strømmen i løpet av måleperioden rant med 80 % stabilitet i vektorretningen, noe som er en svært stabil strøm.

Vanntransporten (relativ fluks) er også en funksjon av strømstyrke og strømretning, og her ser man hvor mye vann som renner gjennom en rute på 1 m^2 i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. Når man regner ut relativ fluks tar man utgangspunkt i alle målingene for strømstyrke i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. For hver måling innen en gitt sektor multipliserer man strømhastigheten med tidslengden, dvs. hvor lenge målingen var gjort innen denne sektoren. Her må man også ta hensyn til om tidsserien inneholder strømmålinger med forskjellig styrke. Summen av disse målingene i måleperioden gir relativ fluks for hver 15 graders sektor. Relativ fluks er svært informativ og forteller hvordan vannmassene blir transportert som funksjon av strømfart og – retning på lokaliteten.

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

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

KLASSIFISERING AV STRØMMÅLINGENE

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

I denne sammenheng blir strømmen målt på 2 m dyp klassifisert og vurdert som overflatestrøm, strømmen målt på 10 m dyp blir klassifisert og vurdert som spredningsstrøm, mens strømmen ved bunnen på 20 m dyp blir klassifisert og vurdert som bunnstrøm.

MOM C-RESIPIENTUNDERSØKELSEN

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

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

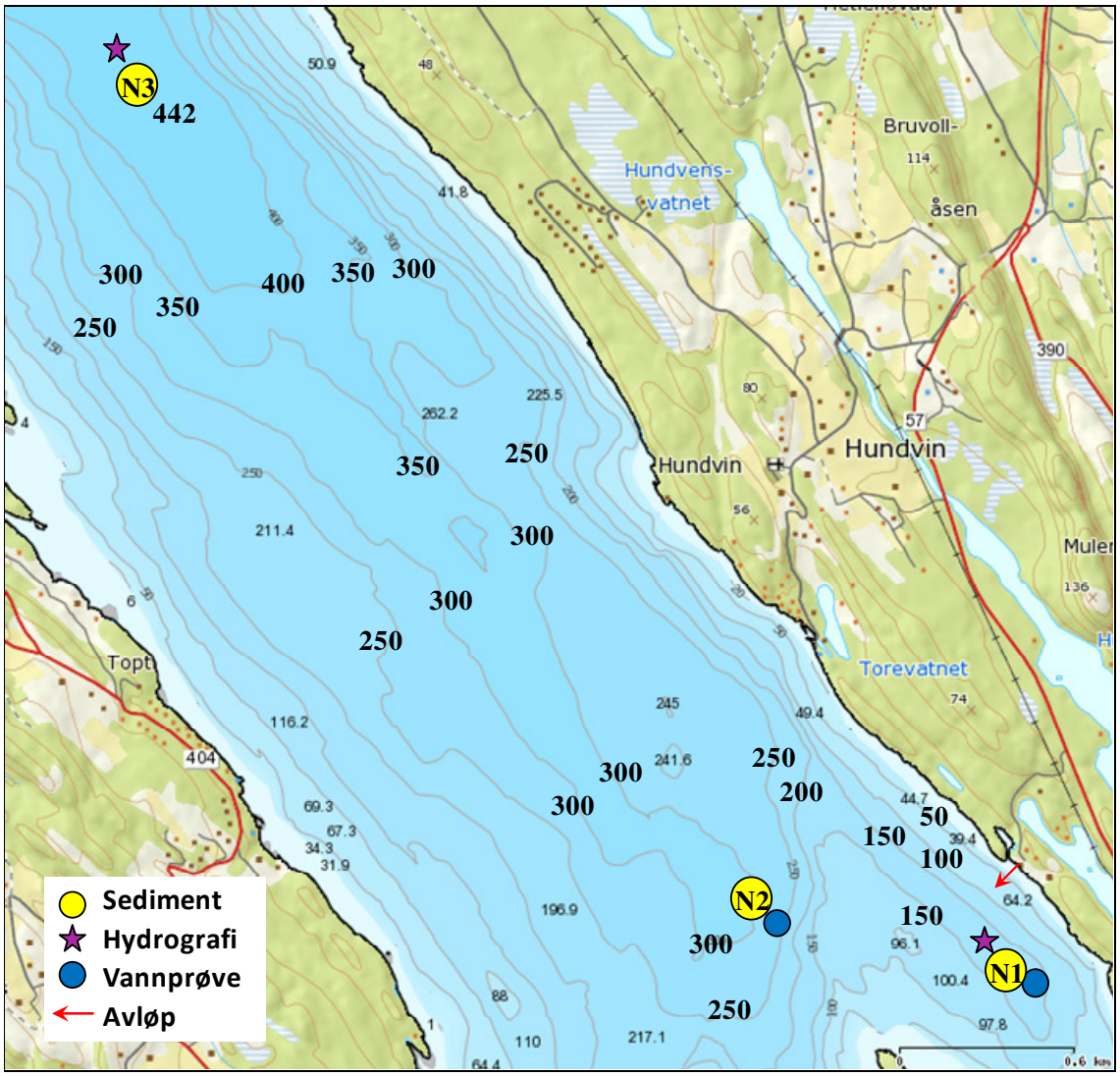
	Nærsone	Overgangssone	Fjernsone
Definisjon	Område under og i umiddelbar nærhet til et anlegg der det meste av større partikler vanligvis sedimenterer.	Område mellom nærsone og fjernsone der mindre partikler sedimenterer. På dype, strømsterke lokaliteter kan også større partikler sedimenteres her.	Område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

Det ble samlet inn overflatevannprøver en gang for måling av næringsinnhold på stasjonene NES 1 og NES 2 i Lurefjorden samt like ved avløpene 21. februar 2013 (**figur 3** og **4**). Prøvene ble innsamlet med vannhenter og umiddelbart fiksert med 4 mol svovelsyre. Prøvene ble analysert for total fosfor, total nitrogen, fosfat –P, nitrat-N og ammonium-N.

For klassifisering av næringssalter, m.v. er Miljødirektoratets klassifiseringssystem for oveflatevann (0 – 10 m dyp) benyttet.

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt til bunns på stasjonene NES 1 og NES 3 den 21. februar 2013 ved hjelp av en SAIV SD 204 nedsenkbar sonde som logget hvert 2. sekund (jf. **figur 4**). Det ble målt siktedyp med en standard Secchi-skive på de samme stasjonene de samme dagene. Værforhold ble notert på hver feltøkt.

Ved MOM C-undersøkelsen ble sedimentet undersøkt på tre ulike steder, dvs. på stasjon NES 1 i Kråkeosen vel 280 meter sør for utslippene, på stasjon NES 2 i Lurefjorden rundt 1 km vest for utslippene og på stasjon NES 3 ved det dypeste i Lurefjorden rundt 4 km nordvest for utslippene (**figur 4, tabell 4**).



Figur 4. *Stasjonene NES 1 – NES 3 i MOM C-resipientundersøkelsen av sjøområdene utenfor avløpene fra Nesfossen Smolt AS 12. mars 2013.*

Tabell 4. *Posisjoner for stasjonene ved MOM C-resipientundersøkelsen i Lurefjorden 12. mars 2013.*

Stasjon:	Kråkeosen - NES 1	Lurefjorden - NES 2	Lurefjorden – NES 3
Posisjon nord	60° 39,637'	61° 39,721'	60° 41,048'
Posisjon øst	05° 14,132'	05° 13,112'	05° 10,343'
Dybde (m)	182	312	442

For undersøkelse av bløtbunnfauna ble to parallelle sedimentprøver tatt med en 0,1 m^2 stor vanVeen-grabb på hver av de tre undersøkte stedene. Sedimentet i prøvene fra hver av de to parallellene ble vasket gjennom en rist med hulldiameter på 1 mm, og gjenværande materiale ble fiksert med formalin tilsatt bengalrosa og tatt med til lab for utsortering av fauna.

Det ble tatt ett ekstra grabbhogg på hver av de tre stasjonene med en 0,028 m^2 stor vanVeen-grabb for uttak av sedimentprøve av de 2-3 øverste cm for vurdering av sedimentkvalitet, dvs kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (tørrstoff, 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 NS-EN ISO 16665). Bearbeiding av de resterende kjemiske analysene utføres også i henhold til NS NS-EN ISO 16665. Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet ble analysert direkte etter AJ 31, men for å kunne benytte klassifiseringen i Miljødirektoratets veilder (Molvær m. fl. 1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100 % finstoff etter nedenforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven.:

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

BUNNFAUNA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Det er etablert et klassifiseringssystem basert på forekomster av sensitive og forurensningtolerante arter (Rygg 2002, se **tabell 5**). En indikatorartsindeks (ISI = Indicator species index) kan vurdere økologisk kvalitet på bunnfauna på grunnlag av ulike arter sin reaksjon på ugunstige miljøforhold.

Arter som er sensitive for miljøpåvirkninger har høye sensitivitetsverdier, mens arter med høy toleranse har lave verdier. Indikatorindeksen er et gjennomsnitt av sensitivitetsverdiene til alle artene som er til stedes i prøven. Den forurensningtolerante flerbørstemakken *Capitella capitata* har for eksempel en sensitivitetsverdi på 2,46, mens flerbørstemarken *Terebellides stroemi*, som en vanligvis finner i upåvirkede miljø, har en sensitivitetsverdi på 9,5.

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

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

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

GEOMETRISKE KLASSER

Da bunnfaunaen identifiseres og kvantifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Det vil si at alle arter fra en stasjon grupperes etter hvor mange individer hver art er representert med. Skalaen for de geometriske klassene er I = 1 individ, II = 2-3 individer, III = 4-7 individer, IV = 8-15 individer per art, osv (**tabell 7**). For ytterligere informasjon vises til Gray og Mirza (1979), Pearson (1980) og Pearson et. al. (1983). Denne informasjonen kan settes opp i en kurve hvor geometriske klasser er presentert i x- aksen og antall arter er presentert i y-aksen. Kurveforløpet er et mål på sunnhetsgraden til bunndyrssamfunnet og kan dermed brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. En krapp, jevnt fallende kurve indikerer et upåvirket miljø og formen på kurven kommer av at det er mange arter, med heller få individer. Et moderat påvirket samfunn vil ha et mer avflatet kurveforløp enn i et upåvirket miljø. I et sterkt påvirket miljø vil kurveforløpet variere på grunn av dominerende arter som forekommer i store mengder, samt at kurven vil utvides med flere geometriske klasser.

Tabell 7. *Eksempel på inndeling i geometriske klasser.*

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

Alle kjemiske analyser samt kornfordelingsanalyse er utført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Bunndyrprøvene er sortert av Ingrid Hellen og Anette Skålnes, og det akkrediterte laboratoriet Marine Bunndyr AS ved Cand. scient. Øystein Stokland har artsbestemt dyrene.

MOM B-UNDERSØKELSEN

For å få mer utfyllende informasjon om sedimenttilstanden utenfor avløpene i Kråkeosen ble det tatt grabbhogg med en liten grabb på seks ulike stasjoner fra umiddelbart ved avløpene og i økende avstand utover i sørvestlig retning utenfor Nesfossen (**figur 3**). Det ble benyttet en 0,028 m² stor vanVeen grabb, og prøvene ble i hovedsak undersøkt etter standard MOM B-metodikk (NS 9410:2007). Det ble tatt en sedimentprøve for vurdering av sedimentkvalitet og en sedimentprøve for vurdering av dyr på hver stasjon.

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

I tillegg til standard MOM B-metodikk, der bunnfaunaen blir vurdert i felt, ble den også fiksert i formalin tilsatt bengalrosa og tatt med til lab for videre analyse på samme måte som for C-undersøkelsen. Det ble også tatt med sedimentprøver fra hver stasjon for analyse av sedimentkvalitet (tørrstoff, glødetap og TOC).

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

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

EUS VANNRAMMEDIREKTIV

Sjøområdene i Lurefjorden ligger til økoregion "Nordsjøen" med tidevannsforskjell under 1 m. I henhold til Fjordkatalogen (DN) utgjør Lurefjorden (02.61.04.02.03) en av fem vannforekomster innenfor tersklene til Lurefjordenbassenget, som igjen er en del av vannforekomsten Fensfjordsystemet, og standard typifisering i henhold til Moy m.fl. (2003) er benyttet sammen med Havforskningsinstituttets kart for Vestlandet for definering av saltholdighet, miksing og eksponerthet.

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

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

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

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

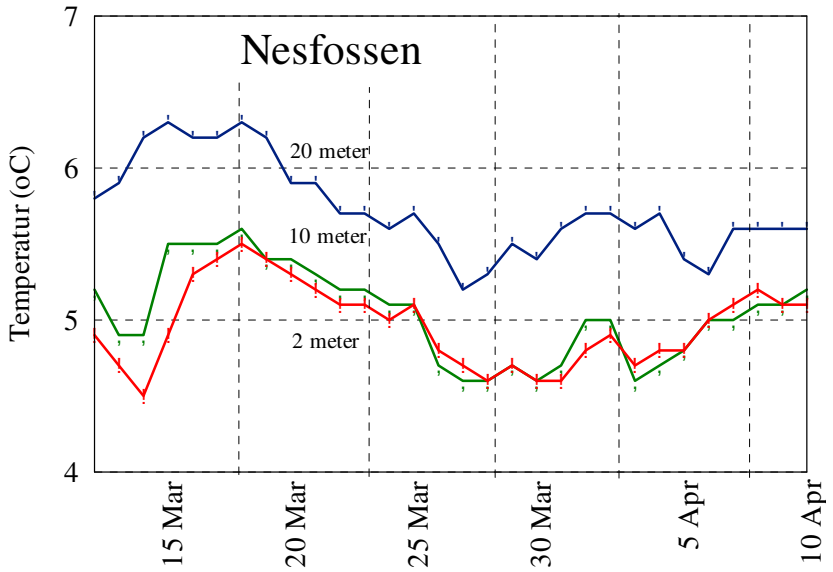
1="Høy status" betyr at vannforekomsten har en økologisk status tilsvarende eller meget nær opp til naturtilstand, mens 2="god status" avviker litt mer fra naturtilstanden. Samlet økologisk status for Storsundet og Høylandssundet utgjør en vektet vurdering av alle de ulike undersøkte elementene. Vannkvaliteten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

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

SJIKTNING OG HYDROGRAFI

Temperaturmålingene er foretatt i overgangen mellom sein vinter og tidlig vår og økende daglengde, og selv om det var noe temperaturstigning i begynnelsen av måleperioden, var vinteren 2013 kald og målingene skjedde i en kuldeperiode uten noen vesentlig temperaturstigning (**figur 5**). Døgnmiddeltemperaturen på 2 m dyp mellom en minimumstemperatur på 4,5 °C den 14. mars og en maksimumstemperatur på 5,4 °C den 17. og 19. mars. Temperaturen økte lite fra målestart til den 10. april. Døgnvariasjonen i temperatur varierte mellom 0,25 og 0,75 °C på 2 m dyp i måleperioden.

Temperaturen og temperaturutviklingen på 10 m dyp fulgte temperaturen på 2 m dyp, og døgnvariasjonen i temperatur varierte her mellom 0,1 og 1,1 °C på 10 m dyp i måleperioden (**figur 5**). Også på 20 m dyp var det en samsvarende utvikling og variasjon i temperatur, men på dette dypet var det omtrent 0,5 °C varmere enn høyere oppe i vannsøylen. Døgnvariasjonen var mindre og varierte mellom 0,1 – 0,5 °C i måleperioden (**figur 5**).



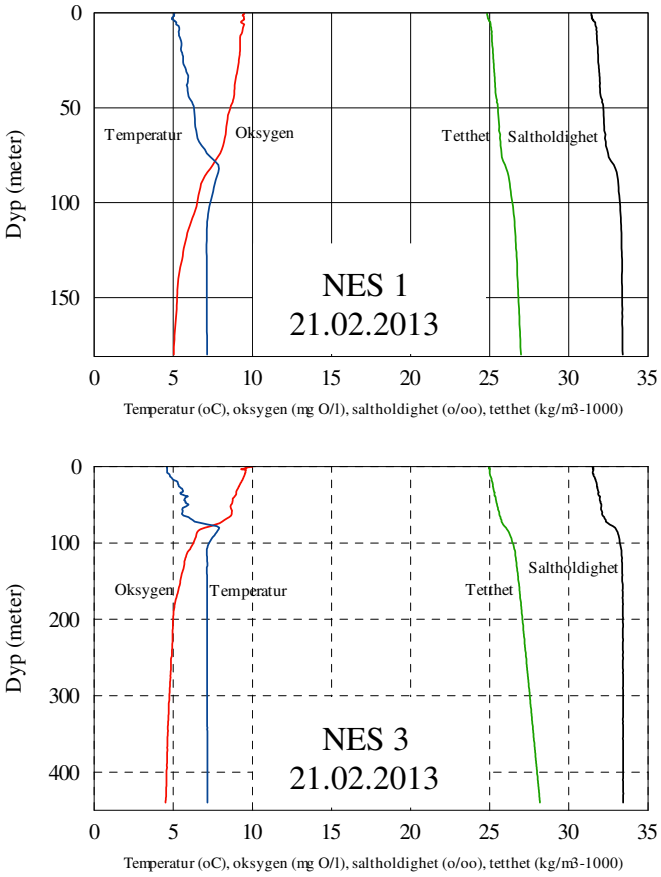
Figur 5. *Døgnmidler for temperatur målt på 2 m dyp (rød strek), 10 m dyp (grønn strek) og 20 m dyp (blå strek) utenfor Nesfossen i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

Begge de to hydrografiprofilene i Lurefjorden 21. februar 2013 gjenspeiler en typisk vintersituasjon, med et relativt kjølig og lite ferskvannspåvirket overflatelag, der temperaturen økte jevnt nedover mot 70 m dyp. Gjennom et sprangsjikt fra 70 til 90 meter steg temperatuten til et maksimum på 7,9 °C på 82 meters dyp før temperaturen falt til 7,6 °C på 90 meters dyp. Videre nedover i vannsøylen falt temperaturen til 7,1 °C på 110 meters dyp. Herfra og nedover i dypvannslaget var temperaturen svært stabilt og lå på 7,1 °C på henholdsvis 180 og 440 m dyp ved bunnen på stasjon NES 1 og NES 3 (**figur 6**).

Også saltinnholdet steg moderat fra 31,5 ‰ i overflaten til 32,3 ‰ på 70 m dyp og 33,1 ‰ på 90 m dyp. Videre nedover i dypvannslaget var saltinnholdet svært stabilt og lå på 33,4 ‰ ned til henholdsvis 180 og 440 m dyp ved bunnen på de to målestedene i Kråkeosen og ved det dypeste i Lurefjorden.

Oksygeninnholdet var normalt høyt i overflatelaget med nesten full metning på henholdsvis 92 og 96 % de to stedene. Videre nedover i vannsøylen falt oksygeninnholdet begge steder gradvis nedover til sprangsjiktet mellom 80 og 90 m dyp til 8,2 mg/l på 70 meters dyp og noe mer markant til 6,8 og 6,4 mg/l på 90 meter. Dette tilsvarer en metning på omtrent 70 %.

Videre nedover i dypvannslaget falt oksygeninnholdet til 5,1 mg/l på 180 m dyp ved bunnen i Kråkeosen (NES 1), tilsvarende en metning på 52 %, mens det ved det dypeste i Lurefjorden var 4,5 mg/l på 440 m dyp, tilsvarende en metning på 46,7 %. Disse verdiene tilsvarer henholdsvis 3,59 og 3,17 ml O_2/l, og gir tilstandsklasse II = "god" i Kråkeosen og III= "mindre god" ved det dypeste i Lurefjorden (**figur 6**).

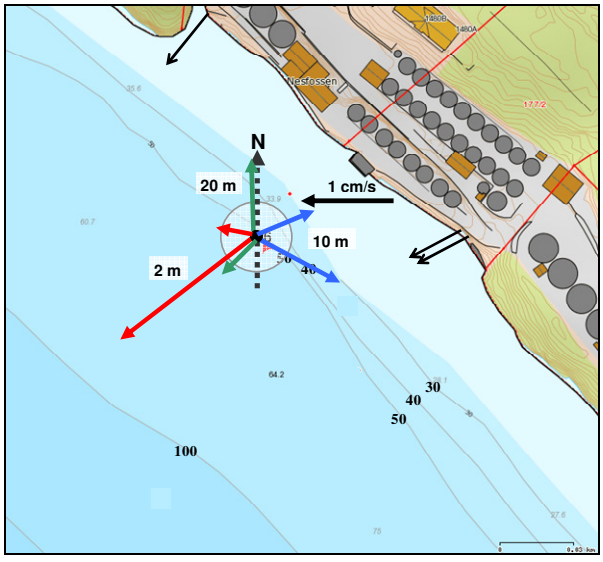


Figur 6. *Temperatur-, saltinnhold- og oksygenprofiler på stasjonene NES 1 og NES 3 i Lurefjorden målt den 21. februar 2013.*

STRØMMÅLINGER

Figur 7 oppsummerer strømmålingene utenfor avløpet ved Nesfossen. Den viser en skisse over strømfart og omtrentlig hovedstrømretning (flux) i løpet av måleperioden på 2, 10 og 20 m dyp. Den gjennomsnittlige strømmen var svært svak på alle dyp. Så langt inne i Lurefjorden er det primært tidevannstrømmen og sekundært vinddrevet strøm som er de drivende strømskapingsfaktorene i overflatelaget. Både tidevatnet og vind var relativt moderate i måleperioden, noe som er typisk for vintersituasjonen i perioden.

Overflatestrømmen på 2 m dyp gikk mest i sørvestlig retning og noe i vestlig retning utover i Kråkeosen i måleperioden. Midt i vannsøylen på 10 m dyp gikk strømmen i motsatt retning mot land i sørsørøstlig og østnordøstlig retning. Ved bunnen på 20 m dyp var det i praksis strømstille i måleperioden, og de få observasjonene av strøm gikk noe retningstilfeldig mot nord og sørvest i måleperioden.



Figur 7*. Målt hovedstrømretning og strømstyrke på de ulike måledypene i sjøområdet utenfor Nesfossen like utenfor avløpene til settefiskanlegget.*

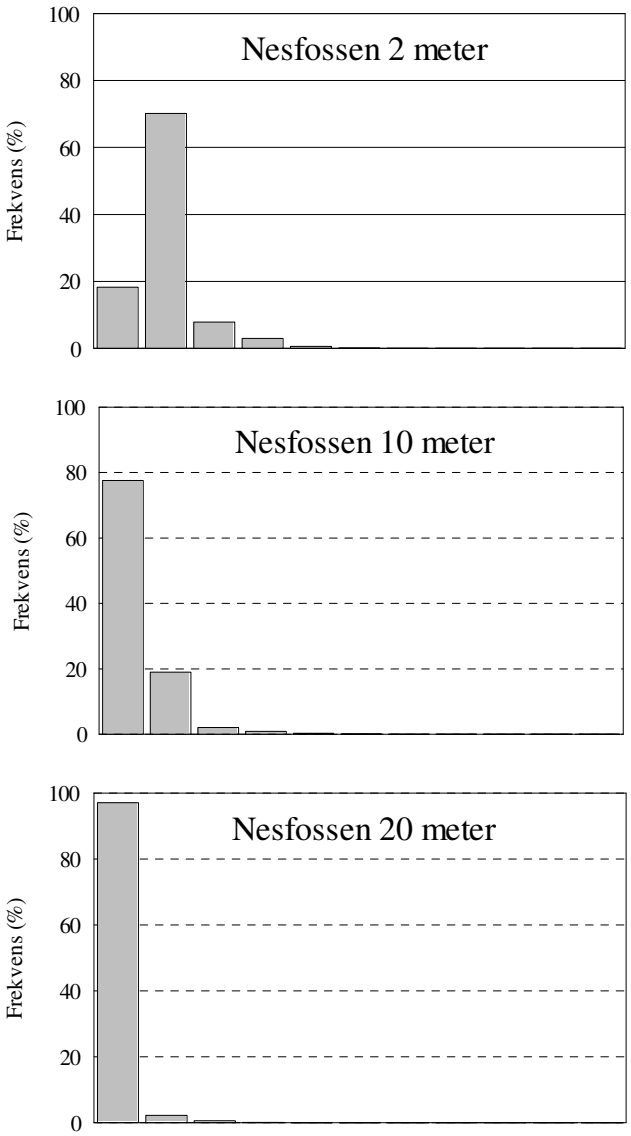
STRØMHASTIGHET

Strømmen i overflatelaget utenfor Nesfossen så i perioder ut til å være tidevannsdrevet i måleperioden der en hadde 2-4 strømtopper i døgnet og korte perioder med svakere strøm innimellom strømtoppene ved tidevannskifte. På 10 og 20 m dyp var disse utslagene periodevis meget moderate eller fraværende på grunn av den svake strømmen. Det ble observert noe sterkere strømhastighet i overflatelaget på 2 m dyp like før og like etter fullmåne 27. mars enn ellers i måleperioden (**figur 9**).

Overflatestrømmen på 2 meters dyp utenfor Nesfossen var svært svak og hadde en gjennomsnittlig hastighet på 1,9 cm/s. Målingene av strømstyrke viste da også flest målinger av strøm i intervallet mellom 1-3 cm/s (vel 70 %), og det var ellers en relativt jevnt fallende frekvens av strøm i intervallene mellom 3 og 8 cm/s. Vel 18 % av målingene viste helt strømstille forhold (strøm på 1 cm/s eller mindre, **figur 8**). Den maksimale strømhastigheten ble målt til 7,0 cm/s i vestnordvestlig retning (**figur 10**).

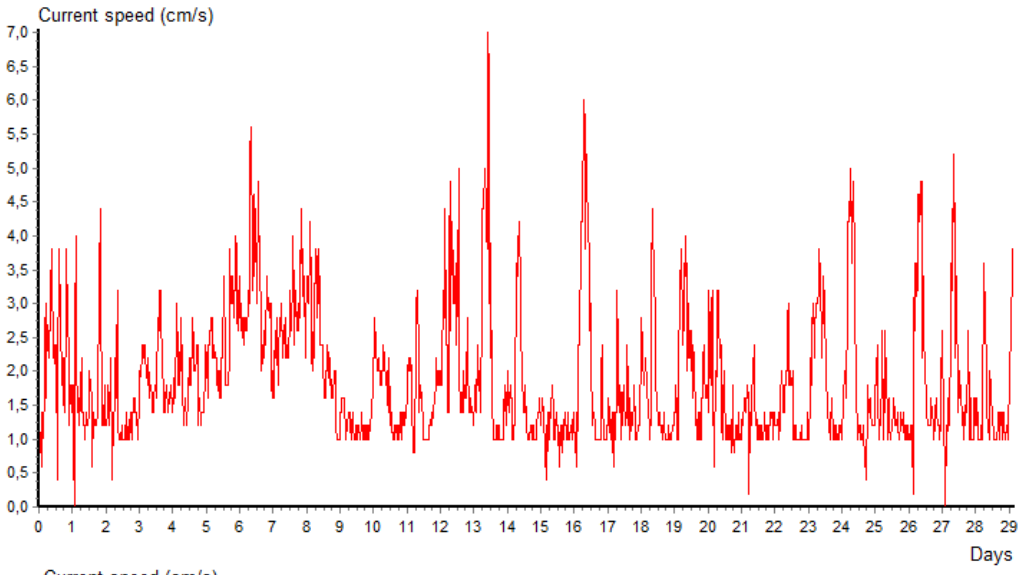
Det ble målt svært svak strøm på 10 m dyp, med en gjennomsnittlig strøm-hastighet på 1,2 cm/s. Målingene av strømstyrke viste flest målinger av strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (19 %), og utover dette var det relativ lite registreringer av strøm (2 %) i intervallene over 3 cm/s. (**figur 8**). Ca 78 % av målingene viste helt strømstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 6,8 cm/s i sørøstlig retning (**figur 10**).

Det ble målt svært svak strøm på 20 m dyp, med en gjennomsnittlig strøm-hastighet på 1,0 cm/s. Målingene av strømstyrke viste stort sett bare strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (2,3 %), og utover dette var det lite registreringer av strøm (0,7 %) i intervallene over 3 cm/s (**figur 8**). 97 % av målingene viste helt strømstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 4,4 cm/s i vestnordvestlig retning (**figur 10**).

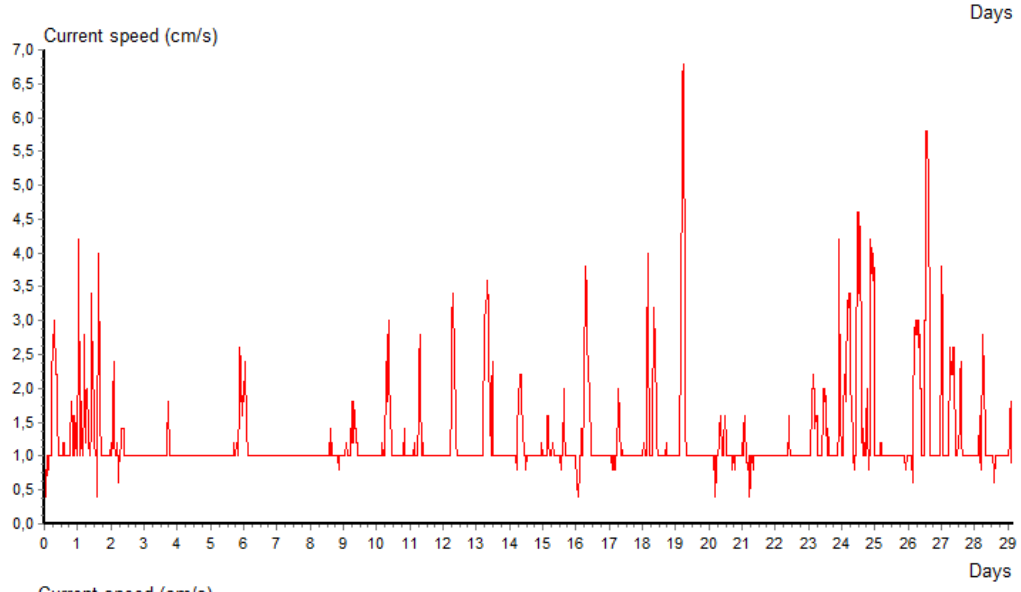


Figur 8. *Fordeling av strømhastighet i sjøområdet utenfor Nesfossen på 2, 10 og 20 m dyp i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

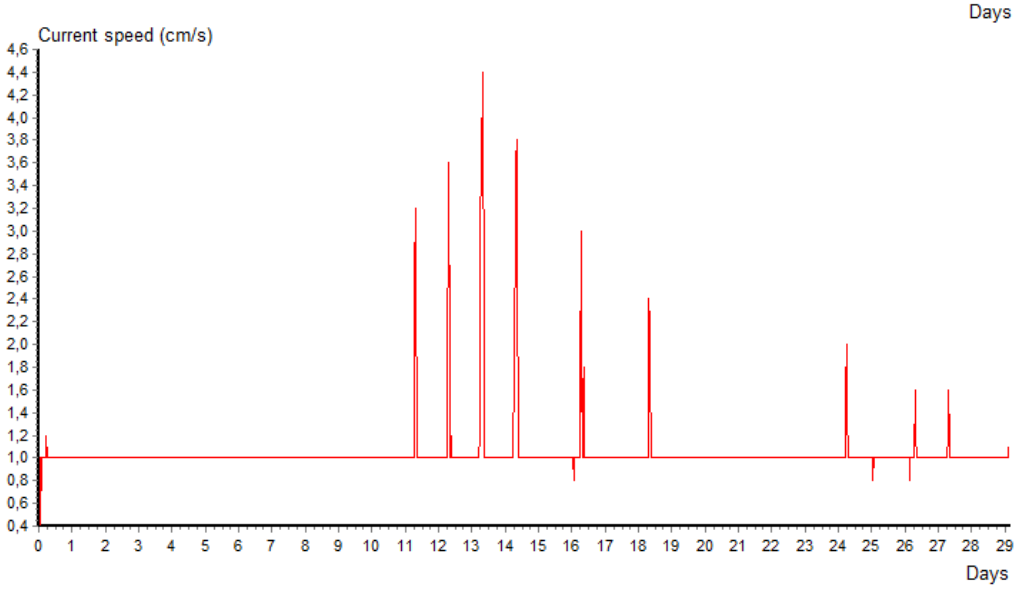
2 m



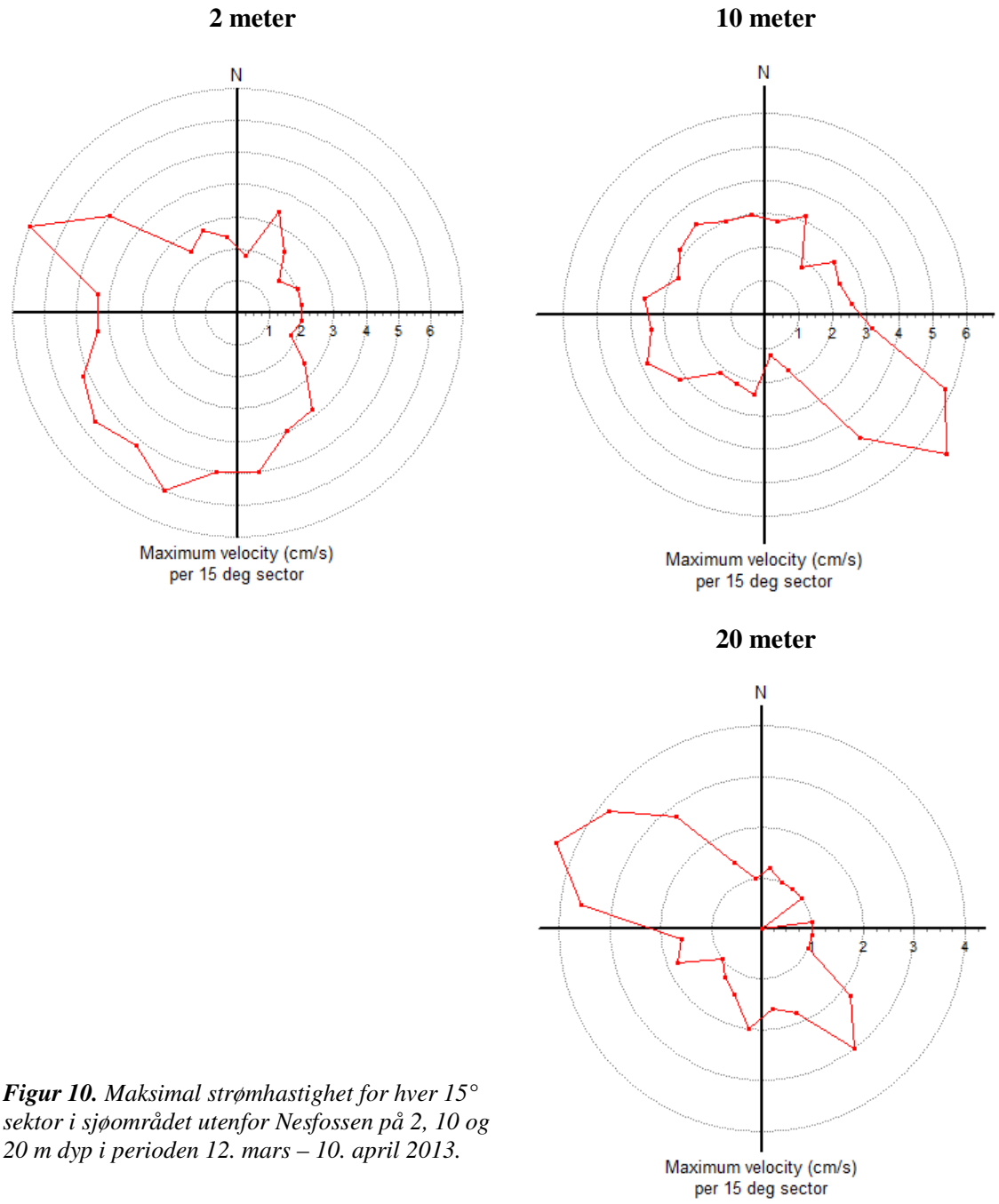
10 m



20 m



Figur 9. *Strømhastighet i sjøområdet utenfor Nesfossen på 2, 10 og 20 m dyp i perioden 12. mars – 10. april 2013.*



Figur 10. *Maksimal strømhastighet for hver 15° sektor i sjøområdet utenfor Nesfossen på 2, 10 og 20 m dyp i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

STRØMSTILLE PERIODER

På alle tre dyp var var det "svært høyt" innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. På 2 m dyp det til sammen ble det registrert tilnærmet strømstille (under 2 cm/s) 405 timer av totalt 700 timer (57,9 %) i perioder på 2,5 timer eller mer. I løpet av måleperioden ble registrert til sammen 44 perioder på 2,5 timer eller mer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 27 og 39,5 (**tabell 8**).

På 10 m dyp ble det til sammen registrert 617,5 timer av totalt 700 timer med tilnærmet strømstille (88,2 %), der de to lengste periodene var på henholdsvis 91,5 og 101 timer (**tabell 8**). På 20 m dyp var det strømstille i 98,6 % av tiden, i 689,5 timer av totalt 699,5 timer. De to lengste strømstille periodene var på henholdsvis 141 og 271 timer (**tabell 8**).

Tabell 8. *Beskrivelse av strømstille utenfor avløpene oppgitt som antall observerte perioder av en gitt lengde med strømhastighet mindre enn 2 cm/s. Lengste strømstille periode er også oppgitt. Måleintervallet er 30 min på 2, 10 og 20 meters dyp, og målingene er utført i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

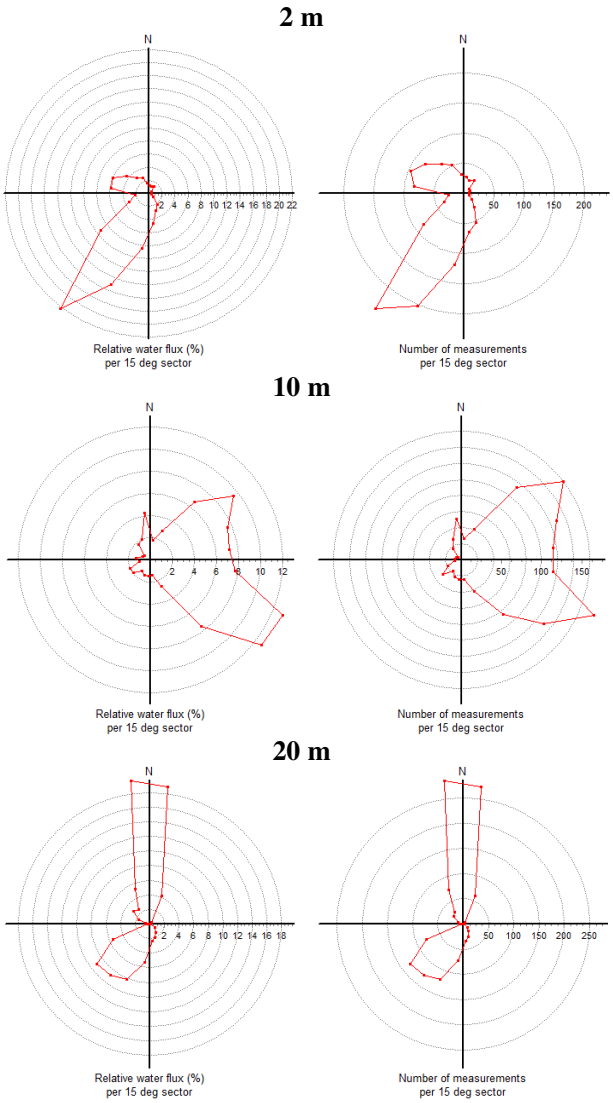
Dyp	0,5-2 t	2,5-6 t	6,5-12 t	12,5-24 t	24,5-36 t	36,5-48t	48,5-60t	60,5-72t	> 72 t	Maks
2 m	46	24	9	9	1	1				39.5 t
10 m	10	10	4	11	2	0	0	0	3	101 t
20 m	0	0	0	3	0	1	1	0	3	271 t

STRØMRETNING OG VANNTRANSPORT

Strømretningen og vanntransporten i overflaten på 2 m dyp gikk klart mest i sørvestlig retning utover i Kråkeosen, der det også var noe vanntransport i vestlig retning (**figur 11**). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i sørvestlig resultantretning (227 °) var 0.597, dvs at strømmen var "stabil" i denne retningen (**tabell 9**). Strømmen rant altså i løpet av måleperioden med 60 % stabilitet i sørvestlig retning. Det progressive vektorplottet viser at strømmen rant stabilt i sørvestlig retning (**figur 12**).

Strømretningen og vanntransporten på 10 m dyp var omtrent i motsatt retning i forhold til i overflaten. Her gikk strømmen og vanntransporten mest i østnordøstlig og østsørøstlig retning mot land på Nesfossen (**figur 11**). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i østlig resultantretning (91°) var 0.522, dvs at strømmen var "stabil" i denne retningen (**tabell 9**). Det progressive vektorplottet viser da også at strømmen rant relativt stabilt i østlig retning (**figur 12**).

Strømretningen og vanntransporten på 20 m dyp gikk mest i retning mot nord og sørvest (**figur 11**). Neumannparameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i nordvestlig resultantretning (306°) var 0.305, dvs at strømmen var "middels stabil" i denne retningen (**tabell 9**). Det progressive vektorplottet viser at strømmen randt stabilt nordover i vel to uker før den skiftet retning og rant møt sør – sørsørvest i siste halvdel av måleperioden (**figur 12**).

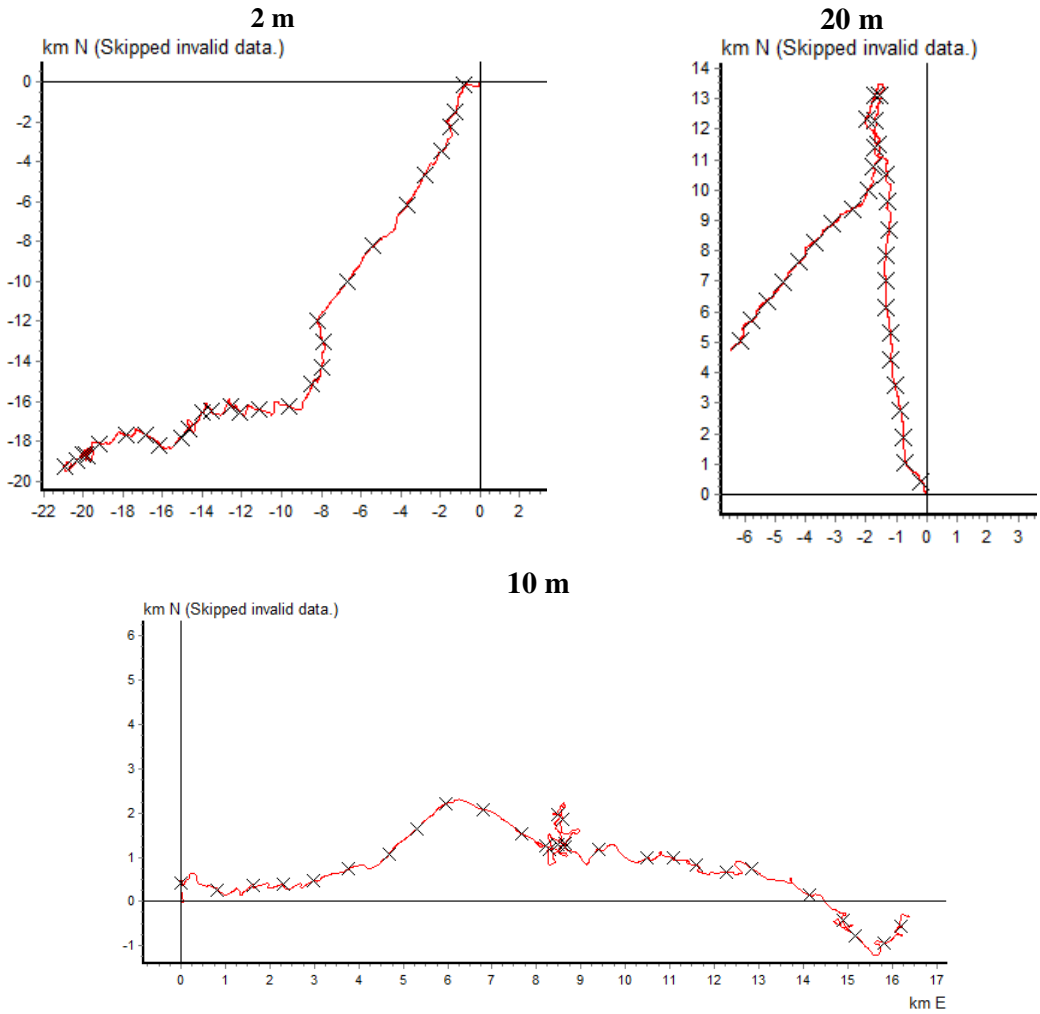


Figur 11. *Strømroser som viser fordelingen av henholdsvis vanntransport og antall målinger (strømretning) for hver 15. grad for måleresultatene i sjøområdet utenfor Nesfossen på 2, 10 og 20 m dyp i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

Det progressive vektorplottet viser at strømmåleren på 20 m dyp skiftet hovedretning en gang i måleperioden, og at det ellers var små endringer i retningen til strømmen. Strømmen var med andre ord så svak at rotoren i liten grad beveget seg, og det sjelden ble målt strøm over terskelverdien på 1,0 cm/s (jf. **figur 9**). Rotorens treghet ved lave strømhastigheter gjør at strømmåleren måler mindre strøm enn sann strømfart, jf. avsnittet om Gytre strømmålere bakerst i rapporten. Samtidig var det faktisk så lite strøm på 20 meters dyp at den strømmen som eventuelt var der i mesteparten av tiden ikke var sterk nok til i nevneverdig grad å endre rotorens retning.

Tabell 9. *Beskrivelse av hastighet, varians, stabilitet, og retning til strømmen i sjøområdet utenfor Nesfossen på 2, 10 og 20 m dyp i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

Måledyp	Middel hastighet (cm/s)	Varians $(cm/s)^2$	Neumann-parameter	Resultant retning
2 meter	1,9	0,900	0,597	227° = SV
10 meter	1,2	0,462	0,522	91° = Ø
20 meter	1,0	0,069	0,305	306° = NV



Figur 12. *Progressivt vektorplott for målingene på 2 og 20 m dyp (oppe til venstre og høyre) og 10 m dyp (nede) i sjøområdet utenfor Nesfossen i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

MOM C-RESIPIENTUNDERSØKELSEN

NÆRINGSRIKHET

Det ble samlet inn overflatevannprøver som ble analysert for næringsrikhet like ved utslippene utenfor Nesfossen og på stasjonene NES 1 i Kråkeosen og NES 2 i Lurefjorden 21. februar 2013. Resultatene er vist i **tabell 10** og er vurdert for en vintersituasjon**.** Prøver fra et enkelt tidspunkt gir ikke grunnlag for tilstandsklassifisering etter Miljødirektoratets veilder (Bakke mfl. 1997), men kan brukes som indikasjoner på tilførsler.

Sjøområdet utenfor Nesfossen og videre utover mot Lurefjorden kan karakteriseres som moderat påvirket av næringssalter på prøvetakingstidspunktet, og ut fra en totalvurdering tilsvarte nivåene av næringssalter tilstandsklasse II= "god" på samtlige stasjoner i overflatelaget i februar (vintersituasjon). Resultatene indikerer fosfor-rike tilførsler, med relativt høyere konsentrasjonern av total-fosfor enn total-nitrogen, og dette gjenspeiles også i et lavt forholdstall.

Tabell 10. *Innhold av næringssalter i overflatevannprøver samt siktedyp på tre stasjoner utenfor Nesfossen og i Lurefjorden 21. februar 2013. Prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen. Fargesetting etter Molvær mfl.(1997) klassifisering av tilstand ved saltholdighet over 20 ‰ for en vintersituasjon er benyttet, der blå = tilstandsklasse I= "meget god", grønn: II= "god", gul: III= "mindre god", oransje: IV= "dårlig" og rød: V= "meget dårlig".*

Sted	Total fosfor µg / l	Fosfat-fosfor µg / l	Total nitrogen µg / l	Nitrat-nitrogen µg / l	Ammo-nium -N µg / l	N:P-forhold	siktedyp
Nesfossen avløp	26	23	200	100	12	7,8	20
Kråkeosen NES 1	30	27	190	99	7,6	7,0	20
Lurefjorden NES 2	26	25	200	100	8,7	7,7	18

Nivået av total fosfor og fosfat-fosfor var noe forhøyet i overflaten på samtlige tre steder og lå innenfor nedre grense av tilstandsklasse III= "mindre god". Det var liten variasjon mellom prøvestedene der nivået av total forsfor og fosfat-fosfor var høyest på stasjon NES 1 i Kråkeosen og noe lavere de to øvrige stedene. Nivået av total forsfor og fosfat-fosfor var relativt likt alle tre stedene, og det var ikke noe som indikerte noen fallende gradient fra utslippene og utover i Lurefjorden denne dagen, noe som indikerer at disse nivåene kan tilsvare bakgrunnskonsentrasjonen av total forsfor og fosfat-fosfor i overflatelaget på denne tiden av året i dette området av Lurefjorden (**tabell 10**).

Nivået av total nitrogen, nitrat-nitrogen og nedbrytingsproduktet ammonium-nitrogen i overflatelaget, var lavt i februar og lå innenfor tilstandsklasse I= "meget god" for total nitrogen og ammonium-nitrogen og innenfor nedre grense av tilstandsklasse II= "god" for nitrat-nitrogen. Heller ikke her var det nevneverdig konsentrasjonsforskjeller i overflatelaget mellom de ulike prøvestedene, der nitrogennivåene synes å reflektere det generelle bakgrunnsnivået i området på denne tiden av året.

Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor i overfaltelaget lå mellom 7,0 og 7,8 på de ulike prøvestedene og reflekterer et noe forhøyet fosforinnhold i overflatelaget i forhold til nivået av nitrogen.

Siktedypet målt i vannsøylen på samtlige stasjoner lå mellom 18 og 20 meter, og er som normalt for en vintersituasjon. Resultatet reflekterer også at det var lite innblanding av ferskvann i de øvre vannlagene, noe som en også såg på hydrografimålingene der saltinnholdet var 31,4 ‰ i overflaten.

SEDIMENTKVALITET

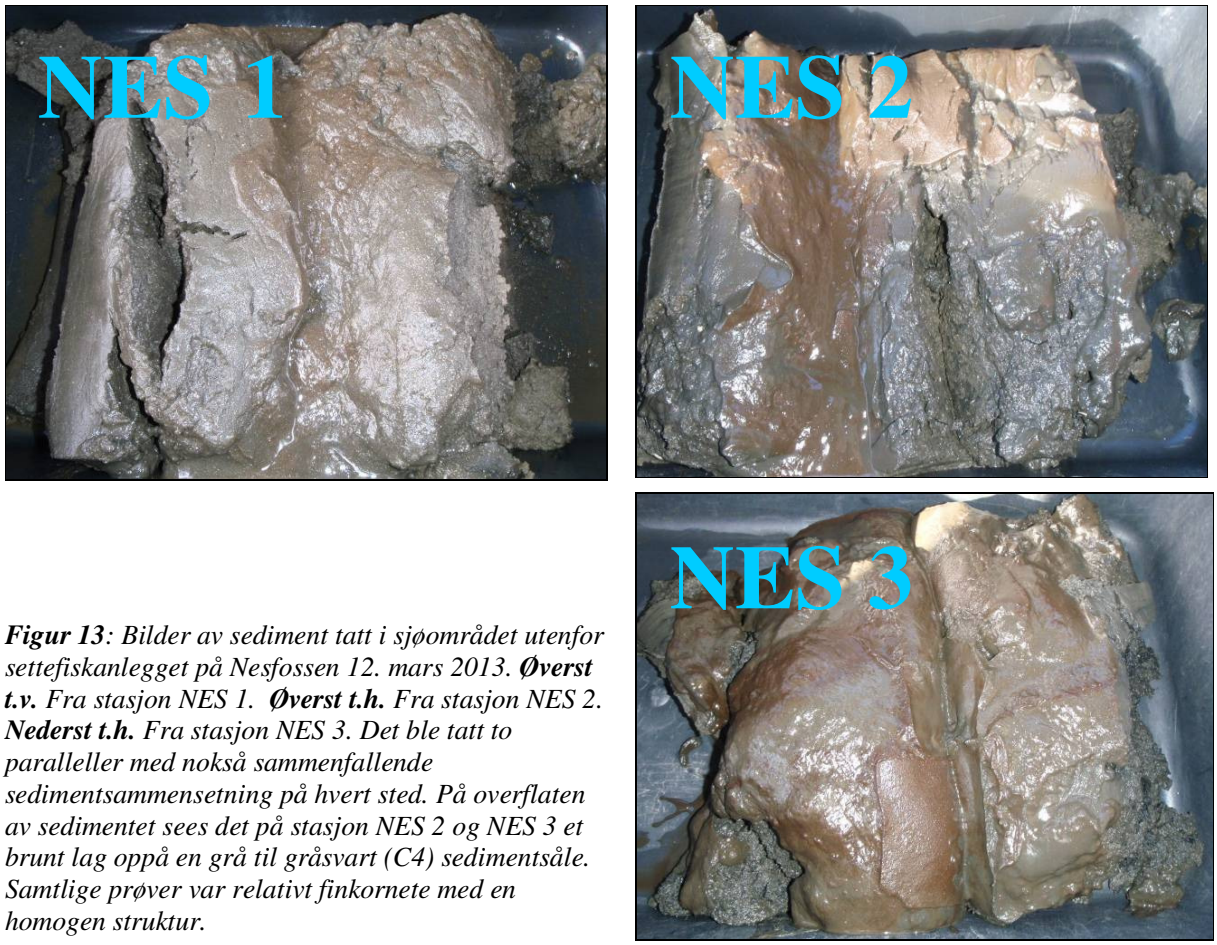
Stasjon NES 1 ble tatt i Kråkeosen på 182 m dyp, omtrent 280 m sør for utslippstedet (**figur 4**). Det var lett å få opp representative prøver, og de to parallelle prøvene bestod av omtrent fulle grabber (12 liter) med et gråbrunt, mykt og luktfritt finkornet sediment av mest leire og sil og spor av skjellsand (**figur 13**, **tabell 11**). Begge replikatene var av samme type.

Stasjon NES 2 ble tatt lenger ute i Lurefjorden på 312 m dyp, omtrent 1 km vest for utslippene (**figur 4**). Det var lett å få opp representative prøver, og de to parallelle prøvene bestod av fulle grabber med et mykt, grått til gråsvart finsediment med antydning til lukt av hydrogensulfid og med et ca 1 cm brunlig lag på toppen av prøvene. Prøvene bestod mest av leire og silt, og begge replikatene var av samme type

Tabell 11. *Sensorisk beskrivelse av MOM-C prøver fra Kråkeosen og Lurefjorden 12. mars 2013. Andel av de ulike sedimentfraksjonene er anslått i felt.*

Stasjon		**Kråkeosen. – NES 1**	**Lurefjorden. – NES 2**	**Lurefj. – NES 3**
Antall replikater		2	2	2
Antall forsøk		2	5	4
Grabbvolum (liter)		Nesten 12	12 (full)	12 (full)
Bobling i prøve		Nei	Nei	Nei
H_2S lukt		Nei	Antydning	Antydning
Primær sediment	Skjellsand	Spor		
	Grus			
	Sand			
	Silt	60 %	50 %	50 %
	Leire	40 %	50 %	50 %
	Mudder			
	Stein			
	TM			
Beskrivelse av prøven		*Gråbrun, mykt og luktfritt, finkornet sediment med spor av skjellsand. Begge replikater av samme type.*	*Grått til gråsvart, mykt finsediment med antydning til lukt og med et 1 cm brunt lag øverst. Begge replikater av samme type.*	*Grått til gråsvart, mykt finsediment med antydning til lukt og med et 1 cm brunt lag øverst. Begge replikater av samme type.*

Stasjon NES 3 ble tatt ved det dypeste stedet i Lurefjorden på 442 m dyp, omtrent 4 km nordvest for utslippene (**figur 4**). Det var lett å få opp representative prøver, og de to parallelle prøvene bestod av fulle grabber med et mykt, grått til gråsvart finsediment med antydning til lukt og med et ca 1 cm brunlig lag på toppen av prøvene. Prøvene bestod mest av leire og silt, og begge replikatene var av samme type.



***Figur 13**: Bilder av sediment tatt i sjøområdet utenfor settefiskanlegget på Nesfossen 12. mars 2013. **Øverst t.v.** Fra stasjon NES 1. **Øverst t.h.** Fra stasjon NES 2. **Nederst t.h.** Fra stasjon NES 3. Det ble tatt to paralleller med nokså sammenfallende sedimentsammensetning på hvert sted. På overflaten av sedimentet sees det på stasjon NES 2 og NES 3 et brunt lag oppå en grå til gråsvart (C4) sedimentsåle. Samtlige prøver var relativt finkornete med en homogen struktur.*

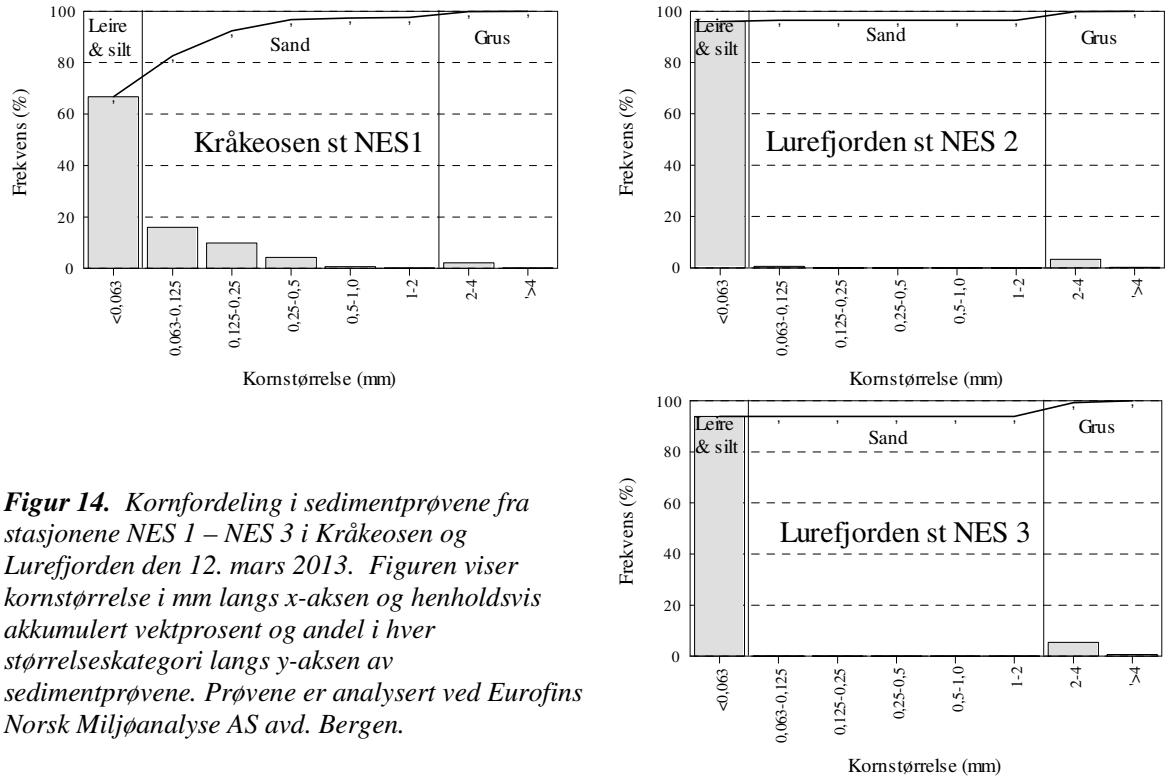
***Tabell 12.** Resultat fra måling av surhet (pH) og elektrodepotensial (Eh) i sediment i de ulike replikatene fra Kråkeosen og Lurefjorden 12. mars 2013. Forholdet mellom pH og Eh er fra NS 9410.*

Parameter	**Kråkeosen NES 1**		**Lurefjorden NES 2**		**Lurefjorden NES 3**	
pH	7,43	7,42	7,66	7,47	7,74	7,60
Eh	23	82	-20	18	50	-23
pH/Eh-poeng (MOM B)	1	1	1	1	1	1
pH/Eh-tilstand (MOM B)	1	1	1	1	1	1

Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. Sedimentet ble alle fire stedene klassifisert til tilstand 1 (**tabell 12**). MOM-B metodikk er imidlertid best egnet for belastede områder, og ikke egentlig tilpasset nyanser i naturtilstand.

Kornfordeling

Det ble tatt prøver for analyse av kornfordeling av de øverste 5 cm av sedimentet fra stasjonene NES 1 – NES 3 i Kråkeosen og Lurefjorden. Resultatet viser at det var sedimenterende forhold alle tre stedene i Lurefjorden, men der andelen pellitt (silt og leire) var lavest på det grunneste prøvestedet NES 1 i Kråkeosen, med 66,7 %. Det var naturlig nok mest sedimenterende forhold og høyest andel pelitt (silt og leire) ved det dypeste på stasjonene NES 2 og NES 3 i Lurefjorden, med henholdsvis 95,9 og 93,9 % av prøvene på vektbasis. Det resterende sedimentet var stort sett sand på stasjon NES 1 og grus på stasjonene NES 2 og 3 (**figur 14** og **tabell 13**).



Figur 14. *Kornfordeling i sedimentprøvene fra stasjonene NES 1 – NES 3 i Kråkeosen og Lurefjorden den 12. mars 2013. 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 Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen.*

Tørrstoffinnholdet var noe varierende, men jevnt over relativt lavt på stasjon NES 1 i Kråkeosen og meget lavt på stasjonene NES 2 og NES 3 i Lurefjorden, noe som bekrefter at det er sedimenterende forhold i fjordbassenget, og at prøvene inneholdt mest organisk materiale og mindre mineralsk materiale i form av primærsediment. Tørrstoffinnholdet var lavest på stasjonene NES 2 og NES 3 ved det dypeste i Lurefjorden hvor det er mest sedimenterende forhold.

Tabell 13. *Kornfordeling, tørrstoff og organisk innhold i sedimentet fra stasjonene NES 1 – NES 3 den 12. mars 2013. Miljøtilstanden for organisk karbon er markert i farger. Blå = meget god, grønn = god, gul = mindre god, oransj = dårlig og rød = meget dårlig.*

Stasjon	**Kråkeosen NES 1**	**Lurefjorden NES 2**	**Lurefjorden NES 3**
Leire & silt i %	66,7	95,9	93,9
Sand i %	30,9	0,6	0
Grus i %	2,4	3,5	6,1
Tørrstoff (%)	33,7	18,8	16,3
Glødetap (%)	13,5	26,1	25,9
TOC (mg/g)	61,0	120,0	110,0
Normalisert TOC (mg/g)	67,0	120,7	111,1
Fosfor (%)	0,14	0,15	0,15
Nitrogen (%)	0,6	1,2	1,3

På stasjon NES 1 i Kråkeosen var det et middels høyt innhold av organisk materiale med et glødetap på 13,5 %. Ved det dypeste i Lurefjorden på stasjonene NES 2 og NES 3 var det et høyt innhold av organisk materiale, med et glødetap på henholdsvis 26,1 og 25,9 %. Glødetapsanalysene indikerer noe reduserte nedbrytingsforhold i Kråkeosen og som forventet relativt moderate nedbrytingsforhold ved de to dypeste stedene i bassengvannet i den tersklete Lurefjorden. Innholdet av normalisert TOC var 67,0 mg C/g på stasjon NES 1 i Kråkeosen og henholdsvis 120,7 og 111,1 mg C/g på stasjonene NES 2 og NES 3 i Lurefjorden (**tabell 13**). Dette tilsvarer tilstandsklasse V = "meget dårlig" for alle tre.

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det ble målt et nokså høyt innhold av nitrogen på stasjon NES 1 i Kråkeosen, med 6,0 g N/kg, hvilket tilsvarer' tilstandsklasse IV= "dårlig" (Rygg og Thelin 1993). På stasjonene NES 2 og NES 3 var nivået av nitrogen i sedimentet enda høyere, dvs henholdsvis 12 og 13 g N/kg hvilket tilsvarer tilstandsklasse V= "meget dårlig". Ved gode nedbrytingsforhold er innholdet av fosfor vanligvis en del lavere enn innholdet av nitrogen, og resultatene samsvarer godt med dette på samtlige stasjoner i Kråkeosen og Lurefjorden, selv om nedbrytingsforholdene nok er moderate ved de to dypeste stedene i Lurefjorden.

BLØTBUNNSFAUNA

KRÅKEOSEN NES 1

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en fra stasjon NES 1 opp nesten fulle grabber med prøvemateriale, dvs. opp mot 12 l i de to parallellene (**tabell 11**). Artsantallet i de to grabbene lå på et midlere nivå med middels lave verdier på henholdsvis 39 og 33 for grabb A og B, mens samlet artsantall for de to grabbene var 49 (**tabell 14**). Individantallet i de to grabbene på stasjonen var lavt til relativt lavt, med henholdsvis 129 og 219 for grabb A og B. Totalt individantall var relativt lavt med 348. Verdiene for artsmangfold lå innenfor tilstandsklasse I= «svært god» for begge indekser samlet. For Hurlberts indeks lå grabb A i samme klasse, mens verdien for grabb B lå i klasse II= «god» men nær klasse I= «svært god». Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med lite dominans. Verdiene for ISI-indeksen lå innenfor tilstandsklasse I= «svært god» samlet og for grabb A, mens verdien for grabb B lå innenfor klasse II= «god», men nær klasse I= «svært god». Verdiene for NQI1-indeksen lå innenfor tilstandsklasse II= «god» samlet og for grabb B, mens verdien for grabb A lå i klasse I= «svært god». Hyppigst forekommende arter på stasjonen var flerbørstemarkene *Prionospio cirrifera* og *Paramphinome jeffreysi*, som henholdsvis hadde omtrent 18 og 15 prosent av individene for de to grabbene samlet (jf. **tabell 15** og **vedleggstabell 6**). Artene kan finnes tallrikt i upåvirkede områder, men sistnevnte kan også øke sine antall ved moderat organisk belastning.

Tabell 14. *Antall arter og individer av bunndyr i de to MOM-C grabbhoggene på hver av stasjonene NES 1 – NES 3 den 12. mars 2013, samt beregnet maksimal diversitet (H'-max), jevnhet (evenness), Shannon-Wieners diversitetsindeks og Hurlberts indeks med økologisk tilstandsklasse, ISI artsindeks (Rygg 2002) og ømfintlighet (NQI1). Enkeltresultatene er presentert i* ***vedleggstabell 6*** *bak i rapporten. Fargekoder tilsvarer økologiske tilstandsklasser etter Vanndirektivets indekser (2009). Hurlberts indeks er ikke oppgitt i situasjoner med under 100 individer.*

Stasjon		Antall arter	Antall individer	H' max	Jevnhet J	Hurlberts indeks	Diversitet H'	ISI indeks	NQI1
NES 1	A	39	129	5,31	0,89	35,0 (I)	4,73 (I)	8,95 (I)	0,740 (I)
	B	33	219	5,06	0,77	24,0 (I)	3,90 (I/II)	8,38 (I)	0,651 (II)
	Sum	**49**	**348**	**5,65**	**0,79**	**30,4 (I)**	**4,46 (I)**	**9,10 (I)**	**0,696 (II)**
NES 2	A	10	26	3,31	0,90	-	3,08 (II/III)	7,20 (III)	0,614 (III)
	B	7	16	2,80	0,93	-	2,52 (III)	6,48 (III)	0,603 (III)
	Sum	**12**	**42**	**3,57**	**0,93**	**-**	**3,32 (II)**	**6,91 (III)**	**0,608 (III)**
NES 3	A	6	1049	2,58	0,90	-	2,32 (III)	7,84 (II)	0,562 (III)
	B	9	29	3,16	0,76	-	2,40 (III)	7,53 (II/III)	0,594 (III)
	Sum	**11**	**39195**	**3,46**	**0,76**	**-**	**2,63 (III)**	**8,15 (II)**	**0,578 (III)**

LUREFJORDEN NES 2

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en fra stasjon NES 2 opp fulle grabber med prøvemateriale, dvs. 12 l i de to parallellene. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen var svært lavt med henholdsvis 10 og 7 arter for grabb A og B. Samlet artsantall var også svært lavt med 12. Individantallet i de to grabbene på stasjonen var svært lavt, med henholdsvis 26 og 16 for grabb A og B. Totalt individantall var også svært lavt med 42 stk. Verdiene for artsmangfold ved Shannon-Wieners indeks lå innenfor tilstandsklasse II= «god» for begge grabber samlet. For enkleltgrabbene lå verdien for grabb A i klasse II= «god» men nær klasse III= "moderat", mens verdien for grabb B lå i klasse III= «moderat». Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med svært lite dominans. Verdiene for ISI-indeksen lå innenfor tilstandsklasse III= «moderat» for begge enkeltgrabber og for stasjonen samlet. Verdiene for NQI1-indeksen lå innenfor tilstandsklasse III= «moderat» både for enkeltgrabbene og samlet. Hyppigst forekommende art på stasjonen var flerbørstemarken *Ceratocephale loveni* med omtrent 24 prosent av individene for de to grabbene samlet. Bløtdyrgruppen Caudofoveata var nest hyppigst med omtrent 14 prosent av individene (jf. **tabell 15** og **vedleggstabell 6**). Begge taksa er knyttet til upåvirkede lokaliteter.

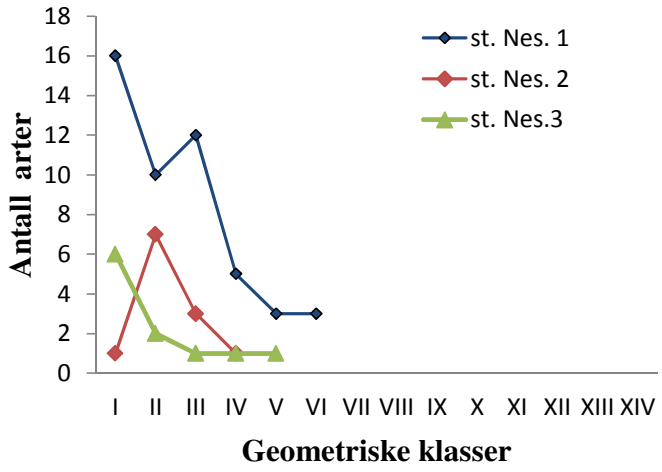
Kombinasjonen svært lavt arts- og individantall, artsmangfold stort sett i klasse II= "god" men nær klasse III= «moderat», svært lite dominans, ISI-indeks og NQI1-indeks i klasse III= «moderat» og lite forurensingstolerante arter som hyppigst forekommende karakteriserer stasjon NES 2 i Lurefjorden ved Nesfossen i februar/mars 2013. Stasjonen framstår som svakt påvirket, og tilstandsklasse III= «moderat» synes å karakterisere stasjonen best på det aktuelle tidspunkt (**figur 15**).

Arter st. NES 1	**%**	**Kum %**
Prionospio cirrifera	17,53	69,54
Paramphinome jeffreysi	15,23	52,01
Aphelochaeta sp.	9,77	36,78
Chaetozone setosa	5,46	27,01
Notomastus latericeus	5,17	21,55
Nemertinea indet.	4,89	16,38
Caudofoveata indet	3,74	11,49
Exogone hebes	2,87	7,76
Ceratocephale loveni	2,59	4,89
Thyasira sarsii	2,30	2,30

Arter st. NES 2	**%**	**Kum %**
Ceratocephale loveni	23,81	92,86
Caudofoveata indet	14,29	69,05
Prionospio cirrifera	9,52	54,76
Paramphinome jeffreysi	9,52	45,24
Spiophanes kroeyeri	7,14	35,71
Cypridina norvegica	7,14	28,57
Thyasira equalis	7,14	21,43
Terebellides stroemi	4,76	14,29
Brisaster fragilis	4,76	9,52
Thyasira sarsii	4,76	4,76

Arter st. NES 3	**%**	**Kum %**
Paramphinome jeffreysi	41,03	97,44
Thyasira sarsii	20,51	56,41
Ceratocephale loveni	12,82	35,90
Levinsenia gracilis	5,13	23,08
Aphelochaeta sp.	5,13	17,95
Heteromastus filiformis	2,56	12,82
Neoleanira tetragona	2,56	10,26
Ophelina abranchiata	2,56	7,69
Brissopsis lyrifera	2,56	5,13
Ophryotrocha sp.	2,56	2,56

Tabell 15. *De ti mest dominerende artene av bunndyr tatt på stasjonene NES 1-NES 3 i Kråkeosen og Lurefjorden 12. mars 2013.*



Figur 15. *Faunastruktur uttrykt i geometriske klasser for stasjonene NES 1 – NES 3 i Kråkeosen og Lurefjorden 12. mars 2013. Antall arter langs y - aksen og geometriske klasser langs x- aksen*

LUREFJORDEN NES 3

Som grunnlag for artsbestemmelse fikk en fra stasjon NES 3 opp fulle grabber med prøvemateriale, dvs. 12 l i de to parallellene. Artsantallet i de to grabbene på stasjonen var svært lavt med henholdsvis 6 og 9 arter for grabb A og B. Samlet artsantall var også svært lavt med 11. Individantallet i de to grabbene på stasjonen var svært lavt, med henholdsvis 10 og 29 for grabb A og B. Totalt individantall var også svært lavt med 39. Verdiene for artsmangfold ved Shannon-Wieners indeks lå innenfor tilstandsklasse III= «moderat» både for enkeltgrabbene og samlet. Jevnhetsindeksen og H'max hadde verdier assosiert med svært lite til lite dominans. Verdiene for ISI-indeksen lå innenfor tilstandsklasse II= «god» både for enkeltgrabbene og samlet. Verdien for grabb B lå nær klasse III= «moderat». Verdiene for NQI1-indeksen lå i tilstandsklasse III= «moderat» for begge enkeltgrabbene og samlet. Hyppigst forekommende art på stasjonen var flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysi* med omtrent 41 prosent av individene. Nest hyppigst var muslingen *Thyasira sarsi* som hadde omtrent 21 prosent av individene for de to grabbene samlet (**tabell 15**). Begge artene, særlig muslingen, er moderat forurensningstolerante, men kan også finnes på upåvirkede lokaliteter.

Kombinasjonen svært lavt arts- og individantall, artsmangfold innenfor tilstandsklasse III= «moderat», lite dominans, ISI-indeks stort sett i klasse II= «god», NQI1-indeks i klasse III= «moderat» og hyppigst forekommende arter med moderat forurensningstoleranse karakteriserer stasjon NES 3 i Lurefjorden i februar/mars 2013. Stasjonen framstår som svakt påvirket og tilstandsklasse III= «moderat» synes å karakterisere stasjonen best på det aktuelle tidspunkt.

UTVIDET MOM B-UNDERSØKELSE VED AVLØP

I tillegg til MOM C-undersøkelsen ble det gjennomført en utvidet MOM B-undersøkelse av sedimentet på seks stasjoner sørvest for utslippspunktet (jf. **figur 3**).

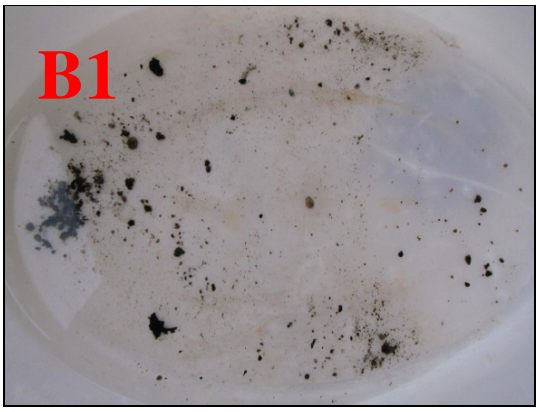
Tabell 16. *Beskrivelse av de seks MOM B-prøvene tatt utenfor avløpene fra Nesfossen Smolt AS den 21. februar 2013.*

Prøvetakingssted:		B1	B2	B3	B4	B5	B6
Posisjon nord		60º 39,814'	60º 39,809'	60º 39,804'	60º 39,789'	60º 39,775'	60º 39,755'
Posisjon øst		5º 14,118'	5º 14,110'	5º 14,101'	5º 14,108'	5º 14,096'	5º 14,029'
Avstand fra avløp		Ca 0 meter	Ca 10 meter	Ca 25 meter	Ca 50 meter	Ca 75 meter	Ca 135 meter
Dyp (meter)		13	23	38	50	67	115
Antall grabbhugg*		1 x 0,028 m²	1 x 0,028 m²	1 x 0,028 m²	1 x 0,028 m²	1 x 0,028 m²	1 x 0,028 m²
Spontan bobling		Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling ved prøvetaking		Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
Bobling i prøve		Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei
H_2S-lukt		litt	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Primær sediment	Skjellsand			en ½ skei	30 %	20 %	
	Grus				10 %	10 %	70 %
	Sand	spor	2 skeier	en ½ skei	60 %	50 %	20 %
	Silt					20 %	10 %
	Leire						
	Mudder						
	Fjellbunn	Ja	Ja	Ja			
	Steinbunn				Ja		
Fôr/fekalier		1-2 skeier	nei	nei	nei	nei	nei
Fauna (synlig i felt)		ingen	1 børstemakk	1 børstemakk	til analyse	til analyse	til analyse
Grabbvolum		1 – 2 skeier	2 skeier	en skei	⅓	vel ¼	ca 1/5

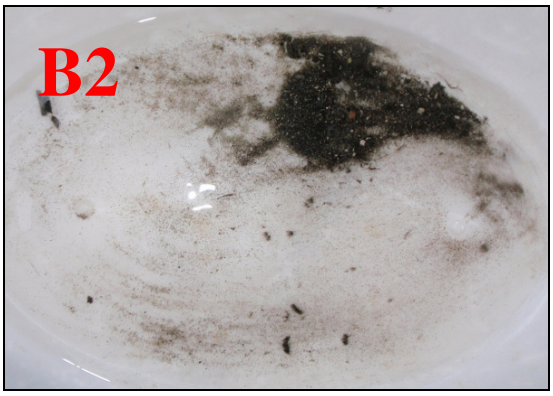
** Ett grabbhog til sedimentprøver og ett grabbhogg til dyr.*

Siden utslippene ligger i en bratt skråning, var det som forventet stort sett stein- og fjellbunn rundt utslippene og sparsomt med sediment på de tre prøvestedene i en avstand fra 0 – 25 meter fra utslippene. I en avstand fra 50 – 135 meter fra utslippene fant en noe mer sediment, og dette bestod for det meste av skjellsand, grus og sand. Det var få eller ingen synlige spor fra oppdrettsvirksomheten, der det kun var utenfor selve utslippene en fikk opp 1 – 2 skeier med fekalier. På de seks prøvestedene var det det dyr i fem prøver. Oppgitt prosentandel av de ulike fraksjonene i prøvene på stasjon 1 – 6 er basert på ren visuell observasjon og ikke absolutte, målte verdier. De prosentvise anslagene er mer en indikasjon på hvilke typer sediment man fant i prøvene (**tabell 16**).

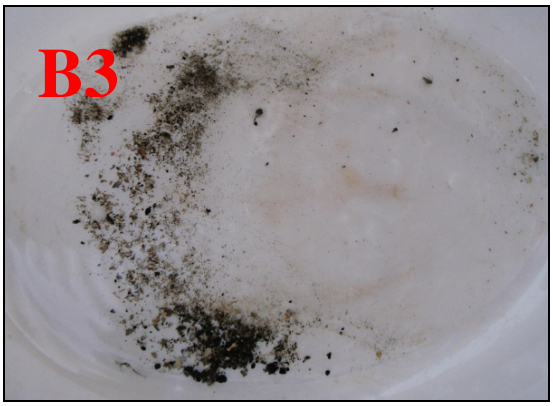
Stasjon B1 ble tatt på 13 meters dyp ved utslippene (**figur 3** & **tabell 16**). Grabben traff fjellbunn der en fikk opp 1 – 2 skeier med oppskrapt organisk materiale som luktet litt bestående av fekalierester og spor av sand. Prøven var brun og med myk konsistens. Ingen dyr.



Stasjon B2 ble tatt på 23 meters dyp omtrent 10 m utenfor utslippene. Grabben traff fjellbunn der en fikk opp 2 skeier med oppskrapt sand og litt organisk materiale Prøven var luktfri, gråbrun og fast. En børstemakk.

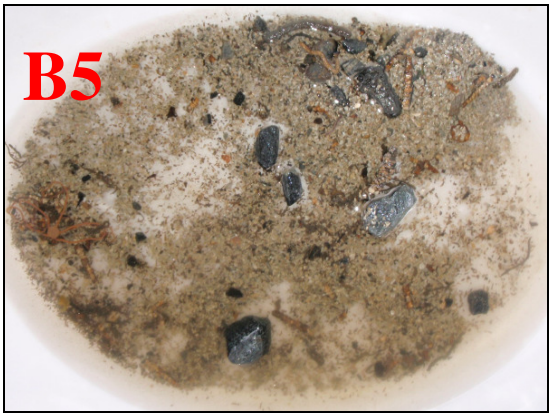


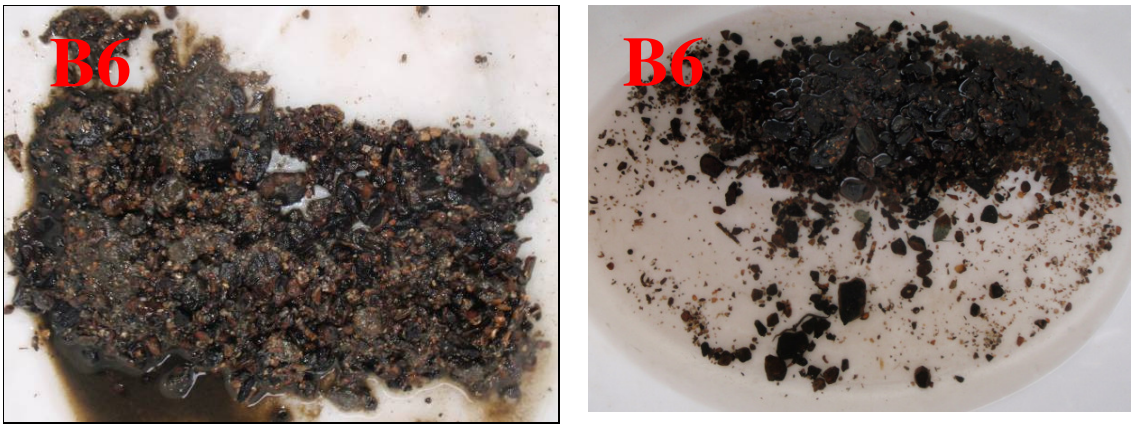
Stasjon B3 ble tatt på 38 m dyp omtrent 25 m fra avløpene. Grabben traff fjellbunn der en fikk opp en skei med en 50/50 % blanding av skjellsand og grus. Prøven var luktfri, gråbrun og fast. En børstemakk.



Før siling

Etter siling





***Figur 16**: Bilder av sediment fra MOM B-undersøkelsen utenfor avløpene til Nesfossen Smolt AS 21. februar 2013. Stasjon B1 – B6.*

Stasjon B4 ble tatt på 50 meters dyp omtrent 50 meter utenfor avløpene. På første forsøk var det en stor stein i grabbåpningen og 2 – 3 skeier med sediment som ble tatt vare på for analyse. På 2. forsøk fikk en opp en stor stein samt ⅓ grabb med et gråbrunt, fast og luktfritt sediment bestående av 10 % grus, 30 % skjellsand og 60 % sand (**figur 17**). Dyrene ble tatt vare på for videre artsbestemmelse.

Stasjon B5 ble tatt på 67 meters dyp omtrent 75 meter utenfor avløpene. En fikk opp vel ¼ grabb med et grått, mykt og luktfritt sediment bestående av 20 % skjellsand, 10 % grus/småstein, 50 % sand og 20 % silt. Dyrene ble tatt vare på for videre artsbestemmelse. Det ble tatt ut 2 – 3 skeier materiale til kjemiske analyser.

Stasjon B5 ble tatt på 115 meters dyp omtrent 135 meter utenfor avløpene. En fikk opp ca 1/5 grabb med et gråbrunt, fast og luktfritt sediment bestående av 70 % grus, 20 % sand og 10 % silt. Dyrene ble tatt vare på for videre artsbestemmelse. Det ble tatt ut 2 – 3 skeier materiale til kjemiske analyser.

Gruppe I: UNDERSØKELSE AV FAUNA

Man fant representative sedimentgravende dyr på fem av seks stasjoner. Stasjoner tatt på fjellbunn hvor en ikke får opp dyr, skal normalt ikke medregnes ved beregning av indeksen for gruppe I, og stasjon 1 går derfor ut av begeningsgrunnlaget. Indeksen for gruppe I er dermed 0, og lokaliteten sin miljøtilstand med hensyn på fauna er A, dvs akseptabel, jf. prøveskjema (**tabell 19**).

Fra tre av 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 mm rist, fiksert på formalin og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS. Det ble benyttet en 0,028 m² stor vanVeen grabb, og tilsammen dekker prøvetakingen et areal på 0,028 m² på stasjon 4 – 6. Resultatene er oppsummert i **tabell 17.** Både tilstedeværelsen av bare en prøve og at grabbstørrelsen er mindre gjør at resultatene for hvert stasjonstidspunkt må betraktes som stikkprøver. I selve resipientundersøkelsen benyttes standard grabbstørrelse (0,1 m²).

Artsantallene på stasjonene lå mellom 7 og 34 (**tabell 17**). For stasjon B6 var antallet relativt lavt med 7 arter, mens stasjon B5 hadde midlere artsantall med 19. Artsantallet for stasjon B4 var høyt med 34. Individantallene var varierende med lav verdi på 16 stk på stasjon B 6, relativt lav verdi med 75 stk på stasjon B 5 og høyt individantall med 257 stk på stasjon B 4. Artsmangfoldsverdiene for stasjon B4 lå innenfor tilstandsklasse II= «god» nær III= «moderat» for Shannon-Wieners indeks. Verdien for denne indeksen for stasjon B5 og B6 lå henholdsvis innenfor tilstandsklasse II= «god» og III= «moderat». Verdiene for jevnhetsindeksen viste moderat dominans for stasjon B4, lite for stasjon B5 og svært lite for stasjon B 6.

Hyppigst forekommende arter på stasjon B4 var flerbørstemarkene *Prionospio cirrifera* og *Paramphinome jeffreysi*, som henholdsvis hadde omtrent 45 og 20 prosent av individene for de to grabbene samlet. Artene kan finnes tallrikt i upåvirkede områder der sistnevnte også kan øke sine antall ved moderat organisk belastning. På stasjon B5 var de to hyppigste artene de samme som for stasjon B4, men i motsatt rekkefølge. Således var *Paramphinome jeffreysi* hyppigst med omtrent 37 prosent av individene, mens *Prionospio cirrifera* var nest hyppigst med omtrent 16 prosent. Den forurensningsømfintlige flerbørstemarken *Nothria conchylega* var tredje hyppigst med omkring 13 prosent av individene. Flerbørstemarken *Nothria conchylega* var hyppigst forekommende art på stasjon B6 med omtrent 38 prosent av individene. Arten er knyttet til bunn med innslag av skjellsand eller andre grovere partikler og er forurensningsømfintlig.

Tabell 17. *Antall arter og individer av bunndyr i tre MOM B-prøver tatt utenfor avløpene til settefiskanlegget 21. februar 2013. Grabbarealet er 0,028 m^2 på alle tre stasjonene, og en beregning av maksimal diversitet (H'-max), jevnhet (evenness), Shannon-Wieners diversitetsindeks og Hurlberts indeks med økologisk tilstandsklasse, ISI artsindeks (Rygg 2002) og ømfintlighet (NQI1). MOM C-vurdering av miljøtilstand er også presentert. Enkeltresultatene er presentert i* ***vedleggstabell 7.*** *Fargekoder tilsvarer økologiske tilstandsklaser etter Vanndirektivets indekser (2009). Hurlberts indeks er ikke oppgitt i situasjoner med under 100 individer.*

Stasj	Antall arter	Antall ind.	H' max	Jevnhet J	Hurlberts indeks	Diversitet H'	ISI indeks	NQI1	MOM-C NS9410
B4	34	257	5,13	0,60	21,6 (II)	3,08	7,91 (II)	0,623 (III/II)	1=meget god
B5	19	75	4,24	0,74	-	3,14	7,74 (II)	0,645 (II)	2=god
B6	7	16	2,81	0,90	-	2,53	6,57 (III)	0,641 (II)	2=god

Stasjon B4 framsto per 21. mars 2013 som en lokalitet med høyt arts- og individantall, artsmangfold stort sett i tilstandsklasse II= «god», ISI-indeks i klasse II= «god», moderat dominans, NQI-indeks i tilstandsklasse III= «moderat» men nær klasse II= «god» og ikke spesielt forurensnigstolerante arter som dominernde. Stasjon B4 synes per 21. mars 2013 best karakterisert liggende i grenseområdet mellom tilstandsklassene II= «god» og III= «moderat», og dermed med en svak antydning til påvirkning. Stasjon B5 framsto per 21. mars 2013 som en lokalitet med midlere artsantall, relativt lavt individantall, lite dominans samt artsmangfold, ISI-indeks og NQI1-indeks i tilstandsklasse II= «god». De dominerende artene på stasjonen var ikke spesielt forurensningstolerante. Stasjon B5 synes per 21. mars 2013 best karakterisert liggende innenfor tilstandsklasse II= «god», og framstår dermed som upåvirket. Stasjon B6 framsto per 21. mars 2013 som en lokalitet med svært lavt arts- og individantall, artsmangfold og ISI-indeks i tilstandsklasse III= «moderat», NQI1-indeks i klasse II= «god» og dominans av en forurensningsømfintlig art. Stasjon B6 synes per 21. mars 2013 best karakterisert liggende i grenseområdet mellom tilstandsklassene II= «god» og III= «moderat», og dermed med en svak antydning til påvirkning.

Følsomme diversitetsindekser er lite egnet til å fastsette miljøtilstand i umiddelbar nærhet av eksisterende avløp på grunn av den lokale påvirkningen av utslippene. I **tabell 17** har man også gjort vurderingen på grunnlag av antall arter og artssammensetningen (NS 9410:2007). Stasjon B4 blir da klassifisert til miljøtilstand 1 = «meget god», mens stasjonene B5 og B6 blir klassifisert til miljøtilstand 2 = «god». , Disse stedene dekker imidlertid et lite areal (0,028 m²) i forhold til standardkravet på 0,2 m² (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 seks stasjoner. Alle de målte verdiene av pH var høye, dvs mellom 7,45 og 7,74, noe som tilsvarer gode kjemiske forhold i sedimentet (tilstand 1= "meget god"). Tilhørende redokspotensial (Eh) for disse prøvene ble avlest og lå mellom 28 og 262 mV etter tillegg for et referanseelektrodepotensial på + 200 mV. Alle prøvestedene var lite belastet ut fra en vurdering av kjemiske forhold i sedimentet på prøvestedene.

Ut fra poengberegningen i **tabell 19** ser man at samlet poengsum for de seks prøvene var 1. Dette gir en indeks på 0,17 når man deler på seks prøver, og måling av pH og Eh for hele lokaliteten tilsvarer tilstand 1= "meget god", dvs at bunnen ved og utenfor avløpene vurdert under ett er lite belastet ut fra en vurdering av gruppe II parameteren.

KJEMISKE ANALYSER

Resultatene av analyser av sediment fra tre av stasjonene er vist i **tabell 18**. Sedimentprøvene ble analysert med hensyn på tørrstoff og glødetap, mens innholdet av TOC (ikke normalisert) er beregnet. Tørrstoffinnholdet var moderat høyt på stasjon B5 utenfor avløpene (43,7 %), noe som skyldes den noe forhøyete andelen av organisk materiale i prøven. På stasjon B4 og B6 var tørrstoffinnholdet høyere (henholdsvis 66,3 og 71,6 %), noe som kan tilskrives en noe høyere andelen av mineralsk materiale. Glødetapet var noe forhøyet på stasjon B5 (9,62 %) og lavt på stasjon B4 og B6 (henholdsvis 2,33 og 2,19 %). Den synlige påvirkningen fra avløpet var begrenset til stasjonen nærmest avløpene, der en kun fant spor av fekalierester, mes de øvrige prøvestedene tilsynelatende var upåvirkete og således mest representerte naturtilstanden, med både et lavt og nore forhøyet glødetap på stasjonene B4 – B6 i en avstand på 50 – 135 meter fra avløpene, jf **tabell 18.** Dette vises også igjen på nivåene av TOC i sedimentene der innholdet av ikke normalisert TOC (som er TOC ikke korrigert for andel finstoff i sedimentet) var høyt på stasjon B5 (38,5 mg C/g og tilstandsklasse IV= "dårlig) og lavt på stasjonene B4 og B6 (henholdsvis 9,3 og 8,8 mg C/g) tilsvarende tilstandsklasse I= "meget god" med hensyn på innholdet av organisk karbon på stasjonene (Molvær mfl. 1997).

Tabell 18. *Sedimentkvalitet i prøvene fra de tre undersøkte stasjonene utenfor Nesfossen 21. februar 2013. Prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS avd. Bergen.*

FORHOLD	Enhet	Metode	Stasjon B4	Stasjon B5	Stasjon B6
Tørrstoff	%	Chem-206	66,3	43,7	71,6
Glødetap	%	Chem-206	2,33	9,62	2,19
TOC	mg/g	beregnet	9,3	38,5	8,8

Gruppe III: SENSORISK UNDERSØKELSE

Sedimenttilstand

Med hensyn på sedimenttilstand fikk en prøve 5 poeng og var middels (tilstand 2= "god"). De øvrige prøvene fikk fra 0 til 3 poeng og var lite belastet (tilstand 1= "meget god"), jf. **tabell 19**. En oppsummering av sedimenttilstanden tilsier at prøvestedet like ved utslippene var mest påvirket og fikk høyest poengsum, men dette var mest på grunn av sedimentets konsistens av det vesle man fikk opp i grabben. Samlet sett var bunnen i en avstand fra like ved avløpene og rundt 135 m utenfor lite påvirket av utslippet, tilsvarende tilstand 1= "meget god".

Tabell 19. *Prøveskjema for MOM B-undersøkelsen utenfor avløpene til settefiskanlegget 21. februar 2013.*

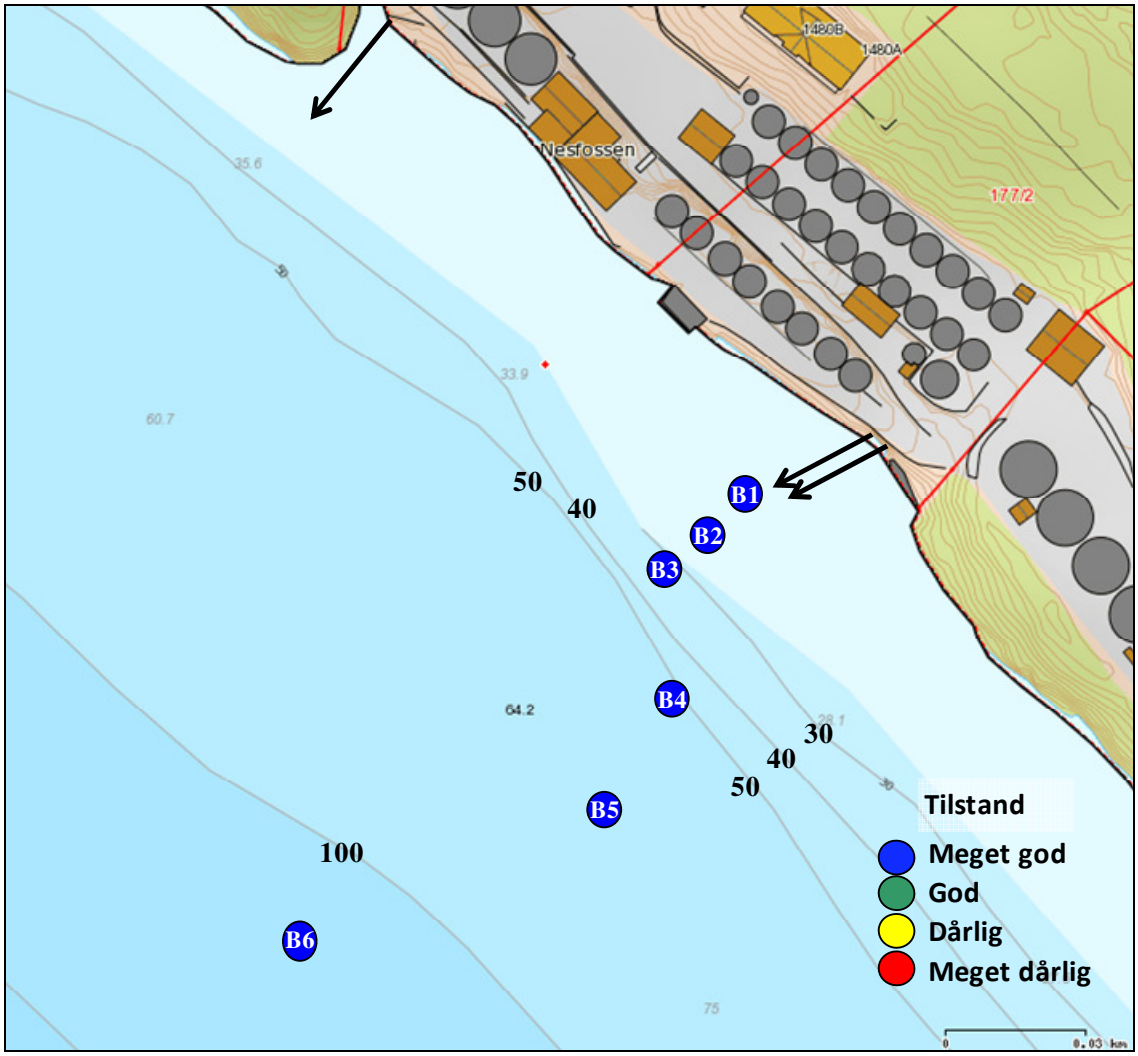
Gr	Parameter	Poeng	Prøve nr										Indeks
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	Dyr	Ja=0 Nei=1	-	0	0	0	0	0					**0**
	Tilstand gruppe I		**A**										
II	pH	verdi	7,58	7,68	7,74	7,45	7,49	7,47					
	Eh	verdi	28	262	260	185	105	180					
	pH/Eh	frå figur	1	0	0	0	0						**0,17**
	Tilstand prøve		1	1	1	1	1						
	Tilstand gruppe II		**1**		Buffertemp: 0,2 °C Sjøvasstemp: 3,2 °C Sedimenttemp: 8 °C								
			pH sjø: 7,7 Eh sjø: 310 Referanseelektrode: +200 mV										
III	Gassbobler	Ja=4 Nei=0	0	0	0	0	0	0					
	Farge	Lys/grå=0		1	0	1	0	1					
		Brun/sv=2	2										
	Lukt	Ingen=0	1	0	0	0	0	0					
		Noko=2											
		Sterk=4											
	Konsistens	Fast=0		0	0	0		0					
		Mjuk=2	2				2						
		Laus=4											
	Grabb-volum	<1/4 =0	0	0	0			0					
		1/4 - 3/4 = 1				1	1						
		> 3/4 = 2											
	Tjukkelse på slamlag	0 - 2 cm =0	0	0	0	0	0	0					
		2 - 8 cm = 1											
		> 8 cm = 2											
		SUM:	5	1	0	2	3	1					
	Korrigert sum (*0,22)		1,1	0,22	0	0,44	0,66	0,2					**0,27**
	Tilstand prøve		2	1	1	1	1	1					
	Tilstand gruppe III		**1**										
II + III	Middelverdi gruppe II+III		1,05	0,11	0	0,22	0,33	0,11					**0,18**
	Tilstand gruppe II+III		**1**										

"pH/Eh"	
"Korr.sum"	
"Indeks"	Tilstand
< 1,1	1
1,1 - 2,1	2
2,1 - 3,1	3
> 3,1	4

"Tilstand"		Lokalitetens
Gruppe I	Gruppe II & III	tilstand
A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
4	1, 2, 3	1, 2, 3
4	4	4

LOKALITETENS TILSTAND :	**1**

Samlet poengsum for alle prøvene var 12, og korrigert sum er 2,64. Dette gir en indeks på 0,44 når man deler på seks 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 19**.



Figur 17. *Oversikt over MOM B-tilstand (middelverdien av gruppe II og III parametre) for de seks grabbhoggene som ble tatt utenfor avløpene på Nesfossen 21. februar 2013 (jf.* **tabell 19***).*

BUNNEN SIN SAMLETE TILSTAND UTENFOR AVLØPET

Samlet poengsum for middelverdien av samtlige seks prøver var 1,82. Dette gir en indeks på 0,3 når man deler på seks prøver, og tilstand for gruppe II (pH/Eh) og III (sedimenttilstand) vurdert under ett blir dermed 1, dvs "meget god", jf. «prøveskjema» (**figur 17, tabell 19**).

En oppsummering av tilstanden for hver enkelt prøve basert på middelverdien av gruppe II og III viser at var god miljøtilstand i en avstand fra 0 – 135 m fra utslippene, der samtlige prøver var i beste tilstandsklasse (tilstand 1= "meget god").

Basert på undersøkelse av dyr, pH/Eh og sediment er bunnen i en avstand på 0-135 m fra avløpene i beste tilstandsklasse, dvs tilstand 1= "meget god". Sjøbunnen var på prøvetakings-tidspunktet i samsvar med vurderingskriteriene for en B-undersøkelse lite påvirket av oppdrettsvirksomheten.

MILJØTILSTAND OG UTVIKLING I LUREFJORDEN

Det har blitt utført resipientundersøkelser i Lurefjorden jevnlig siden 1980, både i forbindelse med overvåkingen av miljøpåvirkningen fra Nordhordland og Gulen Interkommunale Renovasjonsselskap IKS (NGIR) i Kjevikdalen (Johannessen 1980, Johannessen mfl. 1990, Lømsland mfl. 1995, Lømsland m fl. 1999, Johnsen & Sundfjord 2003, Tveranger m.fl. 2008) og i forbindelse med Lindås Fiskeoppdrett AS sin utvidelsessøknad i 2003 (Tveranger m.fl. 2003) og denne i 2013.

Utslippet fra Kjevikdalen drenerer til Kråkeosen omtrent en km sør for utslippet fra Nesfossen, og det har derfor vært naturlig å benytte det samme stasjonsnettet. Stasjonen KJE 1 i Kråkeosen tilsvarer stasjon NES 1 (Tveranger m.fl. 2003), og har vært undersøkt syv ganger siden 1989. Stasjonen KJE 6 ligger ved det dypeste i Lurefjorden har vært undersøkt åtte ganger siden 1980.

STRØMMÅLINGER VED AVLØPET

Strømmålingene vinteren 2013 viste at det da var svake strømforhold utenfor avløpene i sjøområdet utenfor Nesfossen i hele vannsøylen (**tabell 20**). Både overflatestrømmen på 2 m dyp, spredningsstrømmen på 10 m dyp og bunnstrømmen på 20 m dyp var «svært svak», og også andel av tiden med «strømstille» var «svært høy». Disse målingene tilsvarer det som en ofte kan forvente på et sted som ligger i indre deler av en tersklet fjord, langt fra innløpssundene der strømhastigheten ofte er vesentlig større. Middel strømhastighet er benyttet til modellering av avløpets forløp i resipienten.

Tabell 20. *Klassifisering av strømresultatene med hensyn på gjennomsnittlig hastighet, andel strømstille og retningsstabilitet utenfor avløpet ved Nesfossen på i perioden 12. mars – 10. april 2013.*

Måledyp	Middel hastighet (cm/s)	Andel strømstille %	Neumann parameter
2 meter	1,9 =V = svært svak	57,9 =V = svært høy	0,597 = II = stabil
10 meter	1,2 =V = svært svak	88,2 =V = svært høy	0,522 = II = stabil
20 meter	1,0 =V = svært svak	98,6 =V = svært høy	0,305 = III = middels stabil

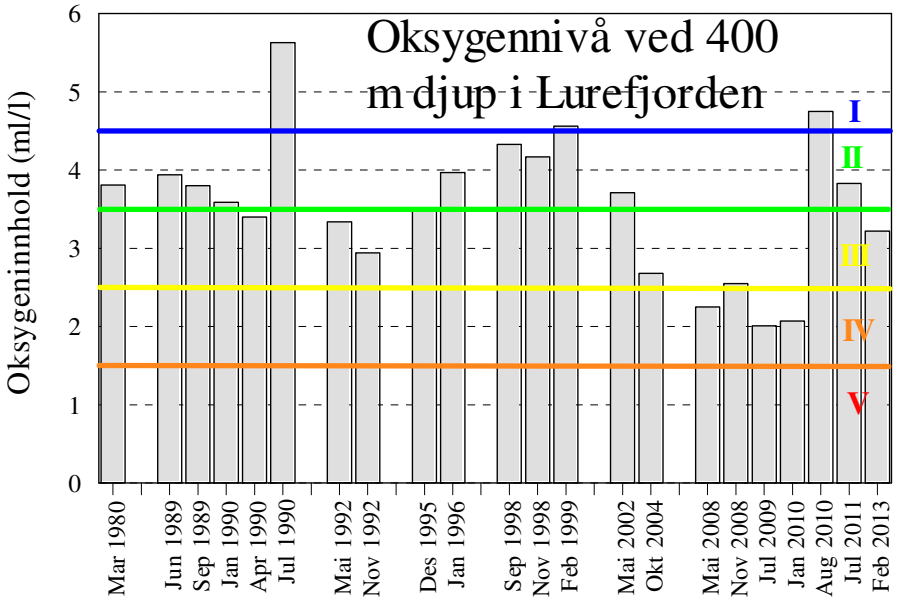
VANNKVALITET I LUREFJORDEN

Sjøområdet utenfor Nesfossen og videre utover mot Lurefjorden kan karakteriseres som moderat påvirket av næringssalter på prøvetakingstidspunktet i februar 2013, og ut fra en totalvurdering tilsvarte nivåene av næringssalter tilstandsklasse II= ”god” på samtlige tre steder i overflatelaget i økende avstand fra avløpet. Det var heller ikke noen synlig effekt av utslippet på næringssaltnivåene, siden konsentrasjonen av næringssalter ved utslippene ikke var høyere enn ved de to andre prøvestedene. Det var imidlertid generelt høyere fosfor- enn nitrogen-konsentrasjoner, slik at N:P forholdestaller var på 7-8. Dette antyder at Lurefjorden mottar fosforrike tilførsler, eksempelvis utslipp fra fiskeoppdrett, tilførsler av kloakk eller også avrenning fra landbruksområder,- men som i februar 2013 er mindre aktuelt.

En vannprøve utgjør heller ikke et godt grunnlag for å avgjøre detaljnivået for påvirkningen, men siden sjøområdet utenfor Nesfossen og vestover mot Kråkeosen har relativt store vannvolum i forhold til tilførslene, er det grunn til å anta at målingene er nokså representative for en normalsituasjon for årstiden. Overflatevannkvalitet er ikke undersøkt i forbindelse med de jevnlige resipient-undersøkelsene i Lurefjorden, men i forbindeles med forrige utvidelsessøknad ved Nesfossen ble det målt næringsrikhet utenfor Nesfossen i oktober 2002 (Tveranger m.fl. 2003). Det er ikke uten videre mulig å sammenligne enkeltresultat fra to tidspunkt med tiårs mellomrom, men da var konsentrasjonene av fosfor noe lavere ute i Kråkosen enn ved avløpet, og også lavere enn vinteren 2013. På den andre siden var nitrogen-konsentrasjonene høyere i 2002. Det kan dessuten ha vært høyere fôringsaktivitet i settefiskanlegget i oktober 2002 enn i februar 2013.

HYDROGRAFI

Oksygeninnholdet har blitt målt i dypvannsbassenget i Lurefjorden omtrent ved stasjon KJE 6 siden 1980 (Johannessen 1980, Johannessen mfl. 1990, Golmen 1991, Golmen og Nygård 1996, Lømsland mfl. 1999, Johnsen og Sundfjord 2003, Heggøy mfl. 2005). I tillegg har Rådgivende Biologer AS etter oppdrag fra NGIR målt oksygen samme sted fra november 2008 og hvert år etter dette, sist i juli 2011, jf. **figur 19**. Målingene er gjort med ulike mellomrom med et tidsintervall mellom hver måling fra 4 måneder til 9 år, og de er gjort på ulike tider av året.



Figur 18. *Oksygeninnhold i bassengvannet på 400 m dyp (370 m dyp i desember 1995) på stasjon KJE 6 i Lurefjorden i perioden 1980 – 2013. Grensene for tilstands-klasser er vist.*

Oksygeninnholdet i dypvannet i Lurefjorden har ved de fleste målingene de siste 33 årene vært mellom 3,5 og 4,5 ml/l (tilstand II), men det har også forekommet enkeltmålinger med mer enn 4,5 ml/l og helt opp i over 5,5 ml/l i juli 1990. Det har likeledes forekommet perioder med under 3ml/l og ned mot 2 ml/l i 2009 og 2010 (**figur 19**). Dette viser et forløp med naturlig jevnt avtagende oksygeninnhold, avbrutt av sporadiske delvise eller fullstendige dypvannsutskiftninger.

Oksygeninnholdet var 3,8 ml/l i mars 1980 (Johannessen 1980), og sank fra 3,9 ml/l i juni 1989 (Johannessen mfl. 1990) til et minimum på 3,4 ml/l i april 1990. Det er en reduksjon på 0,5 ml/l på ti måneder, eller 0,05 ml/l/mnd. I juli 1990, bare to måneder etter, var det steget til til 5,6 ml/l, som er det høyeste målte oksygennivået i måleperioden. Her har det trolig vært en **hovedutskifting av dypvannet våren 1990**.

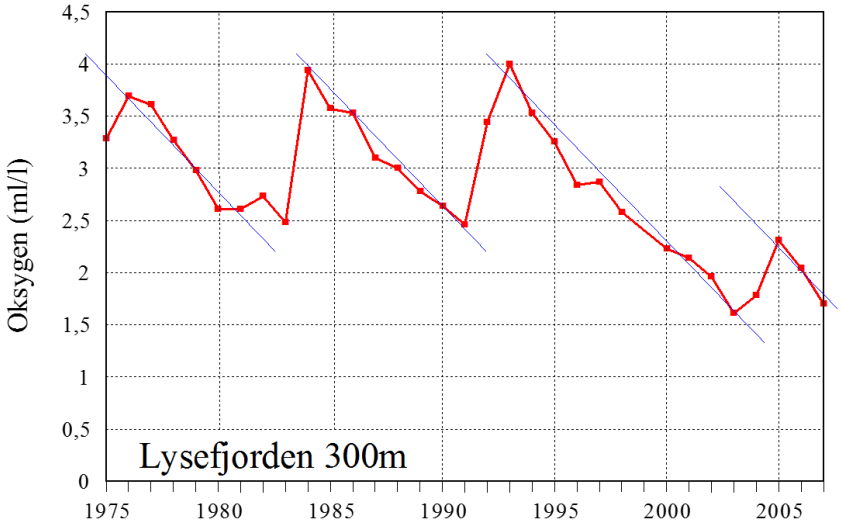
Fram til november 1992 ble det observert et fall i oksygennivået til 2,9 ml/l (Golmen og Nygård 1996), og deretter var det en relativt jevn stigning fram til en ny topp i februar 1999 på 4,6 ml/l (Lømsland mfl. 1999). I hele perioden mellom 1992 og 1999 må det har forekommet **delvise dypvannsutskiftninger**, men ingen hovedutskiftning som den en hadde våren 1990.

I mai 2002 var oksygennivået falt til 3,7 ml/l (Johnsen og Sundfjord 2003), med et ytterligere fall til 2,7 ml/l i 2004 (Heggøy mfl. 2005), en månedlig reduksjon på i størrelsesorden 0,03 ml/l/mnd, dersom en antar at det ikke har vært noen delvis utskiftning underveis. I mai 2008 til januar 2010 var konsentrasjonene lave, og nivået i juli 2009 falt til det laveste nivået i observasjonsperioden, med 2,01 ml/l (Brekke 2009). I januar 2010 var oksygeninnholdet i dypvannet fremdeles lavt, dvs 2,07 ml/l (Brekke 2010a), men **sommeren 2010 skjedde det igjen en full utskifting** og bunnvannfornying av bassengvannet i Lurefjorden. I august 2010 var det oksygenrikt vann i hele vannsøylen ned til bunn i Lurefjorden (440 m dyp), og på 400 m dyp var oksygeninnoldet 4,75 ml/l (Brekke 2010b).

I juli 2011 ble oksygeninnholdet på 400 m dyp målt til 3,83 ml/l, dvs en reduksjon på 0,82 ml/l på 11 måneder, eller 0,07 ml/l/mnd. I februar 2013 ble oksygeninnholdet på 400 m dyp målt til 3,22 ml/l, dvs en reduksjon på 0,61 ml/l på 19 måneder, tilsvarende 0,03 ml/l/mnd.

Selv om måleserien er sporadisk, med opptil 9 år mellom enkelte av målingene, viser serien at det i perioden mellom 1990 og 1999 i hvert fall forekom enkelte delvise dypvannsutskiftninger, men at det mellom 1999 og 2010 sannsynligvis var færre eller ingen slike. De laveste oksygennivåene som ble målt mellom mai 2008 og januar 2010, skyldes derfor ikke økt belastning på dypvannet i Lurefjorden, men indikerer økt oppholdstid og sjeldenere utskiftning av dypvannet i denne perioden.

Det samme mønsteret for redusert dypvannsutskifting er dokumentert gjennom Havforskningsinstituttets sine årlige målinger fra 1975 til 2007 i Lysefjorden i Rogaland, der fornyelse av bunnvannet skjedde regelmessige med syv års mellomrom fram til 1993, mens det fram til 2007 bare forekom en delvis utskiftning i 2005 (**figur 19**). Dette skyldes mest sannsynlig en klimaeffekt, der både økning i vintertilrenningen til kystvannet, men særlig også endret vindmønster på kysten der varighet og frekvens av nordlige vinder på kysten gjennom vinter og vår har avtatt. Dette reduserer oppvelling av saltere og tyngre vann langs kysten, og dermed sjansen for at slikt vann skal kunne skifte ut bassengvannet i både Lysefjorden (Johnsen mfl. 2008) og i Lurefjorden.



Figur 19. *Årlige målinger av oksygeninnhold i bassengvannet på 300 m dyp i Lysefjorden i Rogaland mellom 1975 og 2007. Blå linjer viser konstant oksygenfor-bruksrate på 0,02 ml/l/mnd. Oksygendata fra Havforsknings-instituttets måleserie (stilt til rådighet av Jan Aure for Johnsen m.fl. 2008).*

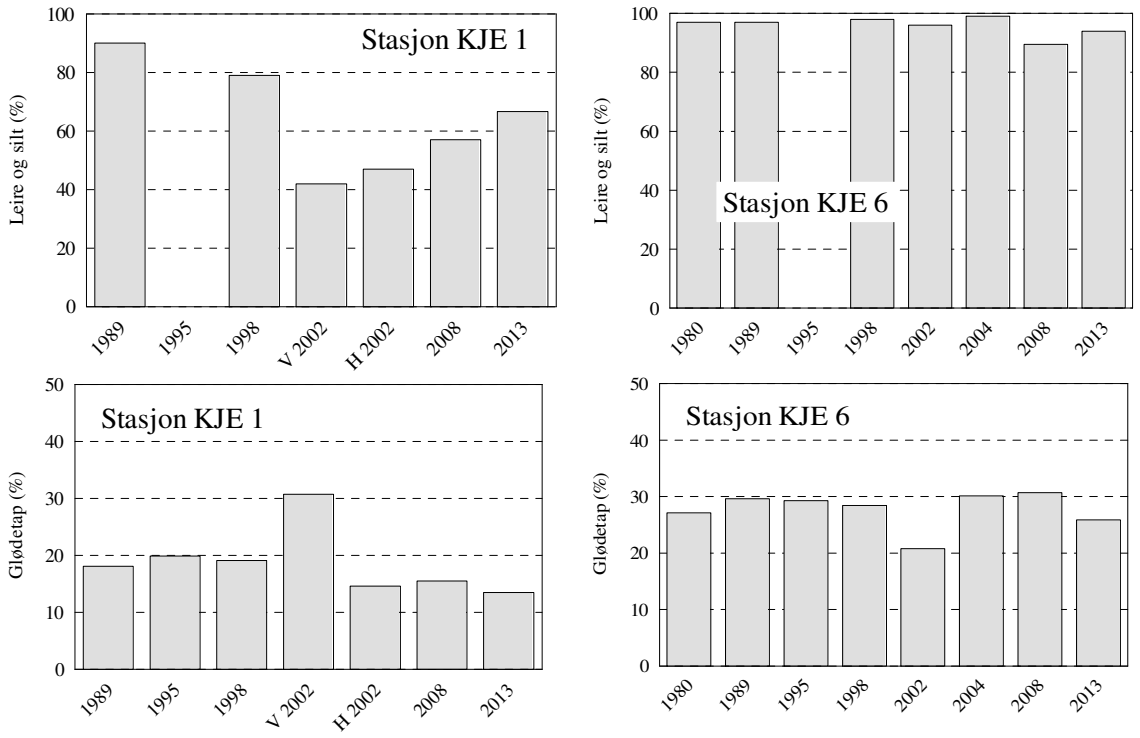
Vinteren 2010 var tørr og kald, og det blåste mye nord og nordvestlige vinder i siste halvdel av mai og langt ut i juni måned, noe som medførte en betydelig upwellingseffekt langs kysten og innover i fjordene og utskifting av bassengvann i fjorder langs Vestlandet. Tilnærmet fullstendig utskifting av bunnvann i Lurefjorden i 2010 fant rolig sted en gang mellom sein vinter og tidlig vår.

SEDIMENTKVALITET

Lurefjorden har altså stagnerende dypvann og sedimentkvaliteten på de dypeste områdene bærer preg av at det er mest sedimenterende forhold og høyest andel pelitt (silt og leire) på stasjonene på vel 300 meters dyp og ved det dypeste i Lurefjordens på 440 meters dyp, med henholdsvis 95,9 og 93,9 % av prøven på vektbasis. Det var noe mindre sedimenterende forhold på stasjon i Kråkeosen på vel 180 meters dyp, med 66,7 % silt og leire.

Tørrstoffinnholdet var lavt i Kråkeosen og meget lavt på de to dypeste i Lurefjorden, noe som skyldes at prøvene inneholdt mest organisk materiale og mindre mineralsk materiale i form av primærsediment. Dette bekreftes ved at glødetapet i sedimentet i Kråkeosen var 13,5 %, mens det ved det dypeste i Lurefjorden var det et høyt innhold av organisk materiale, med et glødetap på omtrent 26 % begge stedene. 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 normalisert TOC var 67,0 mg C/g i Kråkeosen og henholdsvis 120,7 og 111,1 mg C/g på stasjonene i Lurefjorden, tilsvarende tilstandsklasse V = "meget dårlig" for samtlige stasjoner.



Figur 20. *Sammenligning av sedimentkvalitet med hensyn på prosent andel silt og leire (**øverst**) samt glødetap (**nederst**) på de to stasjonene KJE 1 (**venstre**) i Kråkeosen og KJE 6 (**høyre**) i Lurefjorden i perioden 1980 - 2008.*

Sedimentkvalitet i Kråkeosen har vært undersøkt syv ganger siden 1989 (**figur 20**), og andel silt og leire har variert svært mye, med en maksimal andel silt og leire på 90 % i 1989 (Johannessen m. fl 1990) og en minste andel silt og leire på 42 % i 2002 (Johnsen og Sundfjord 2003). Det er også vesentlig variasjon i glødetap med et nivå på hele 31 % våren 2002, mens målingene samme høst viste vesentlig lavere verdi, dvs 15 % (Tveranger mfl. 2003). Det er mulig at 31 % glødetap på stasjon KJE 1 i 2002 oppgitt i tabell 10 på side 22 i NIVA sin rapport er feil fordi det på side 21 i teksten står at det er en liten reduksjon i mengden organisk innhold uttrykt som TOC siden 1998 på stasjon KJE 1, mens glødetapet hadde økt med over 10 % siden 1998 (Johnsen og Sundfjord 2003). Om man ser vekk i fra denne verdien har kvaliteten på sedimentet uttrykt som glødetap på stasjon KJE 1 i Kråkeosen vært relativt stabilt høyt siden 1989, med en tendens til en reduksjon de siste ti årene. Glødetapet på 13,5 % i 2013 er det laveste nivået som er målt i observasjonsperioden.

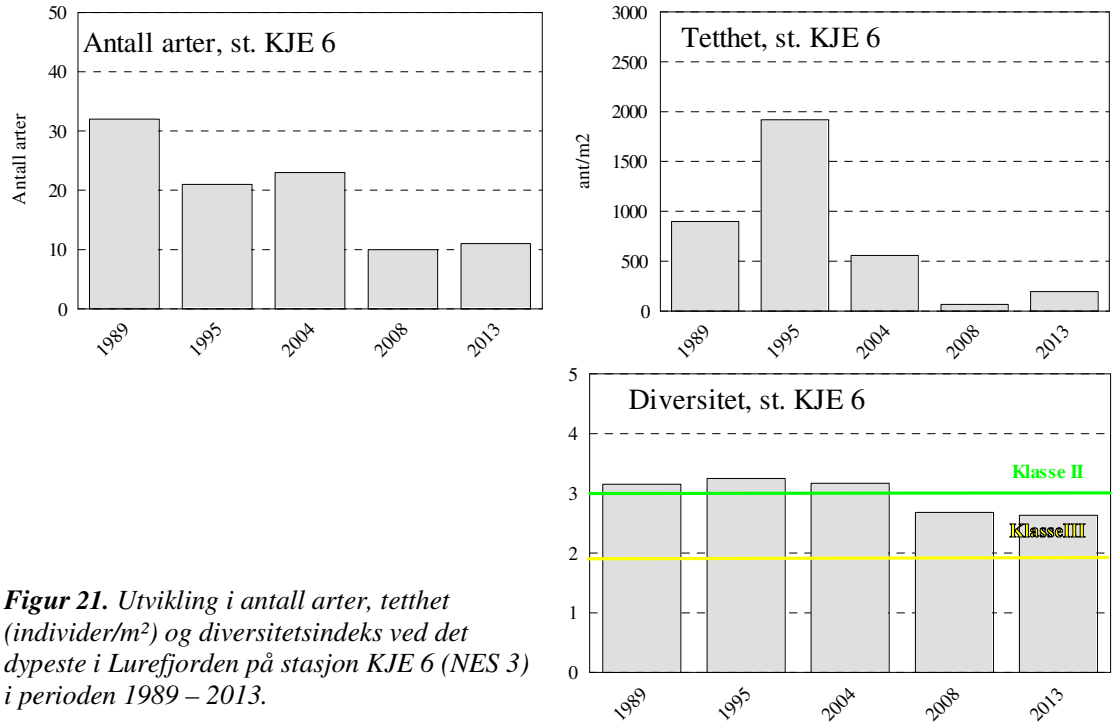
Sedimentet ved det dypeste i Lurefjorden har vært undersøkt åtte ganger siden 1980, og prøvestedet ligger i et relativt flatt område, der sedimentkvaliteten viser liten variasjon mellom undersøkelsene (**figur 20**). Andelen silt og leire har i hele perioden vært svært høy, mens glødetap stort sett har vært opp mot 30 %. Her er det også målingen fra 2002 som avviker. Om man ser vekk i fra denne verdien har kvaliteten på sedimentet uttrykt som glødetap ved det dypeste i Lurefjorden vært relativt stabil siden 1980, med et naturlig og svært høyt glødetap i hele perioden.

BLØTBUNNFAUNA I LUREFJORDEN

I Kråkeosen omtrent 280 meter sør for utslippene, ble det til sammen i de to parallelle prøvene fra rundt 182 m dyp funnet 348 individer fordelt på 49 arter. Diversiteten ble samlet beregnet til 4,46, (30,4 for Hurlberts indeks) og stasjonen faller inn i økologisk tilstandsklasse I = "svært god" i 2013. Verdiene for artsindeksen og kvalitetsindeksen viste også til gode forhold hos bunnfaunaen. Generelt får en høy verdi av artsindeksen og kvalitetsindeksen der faunaen har et lavt innslag av forurensningstolerante arter. Hyppigst forekommende arter på stasjonen var flerbørstemarkene *Prionospio cirrifera* og *Paramphinome jeffreysi*, som henholdsvis hadde omtrent 18 og 15 prosent av individene. Dyresamfunnet var middels artsrikt, og en jevnhet på 0,79 er assosiert med lite dominans. Stasjonen framstår som relativt upåvirket.

På stasjonen i Lurefjorden omtrent 1 km vest for utslippene, ble det til sammen i de to parallelle prøvene fra ca 312 m dyp, funnet 42 individer fordelt på kun 12 arter. Dyresamfunnet hadde et lavt arts- og individantall, men diversiteten ble samlet beregnet til 3,22, og stasjonen faller dermed inn under tilstandsklasse II = "god", men nær klasse III= "moderat". Verdiene for artsindeksen og kvalitetsindeksen tilsvarte også klasse III= "moderat", noe som kommer av at artssammensetningen hovedsakelig består av arter som ikke er spesielt forurensningstolerante. Stasjonen framstår som svakt påvirket, og tilstandsklasse III= «moderat» synes å karakterisere stasjonen best på det aktuelle tidspunkt.

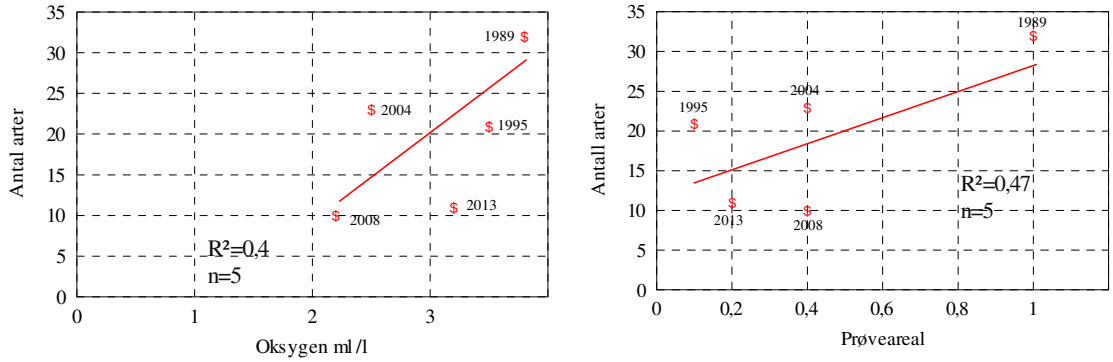
Ved det dypeste i Lurefjorden omtrent 4 km nordvest for utslippene, ble det til sammen i de to parallelle prøvene fra ca. 440 m dyp funnet 39 individer fordelt på 11 arter. Dyresamfunnet hadde et lavt arts- og individantall, og diversiteten ble samlet beregnet til 2,63, og stasjonen faller dermed inn under økologisk tilstandsklasse III = "moderat". Kvaliteten på dyresamfunnet uttrykt som artsindeks (ISI) og NQI1-indeks viste omtrent det samme eller noe bedre forhold enn diversitetsindeksen med økologisk tilstandsklasse II= "god" og III= "moderat", som kommer av at artssammensetningen hovedsakelig består av arter som er moderat forurensnings-tolerante.



Figur 21. *Utvikling i antall arter, tetthet (individer/m²) og diversitetsindeks ved det dypeste i Lurefjorden på stasjon KJE 6 (NES 3) i perioden 1989 – 2013.*

Bløtbunnfauna ved det dypeste punktet i Lurefjorden har vært undersøkt seks ganger, men i 1980 ble ikke dyr utover børstemakk artsbestemt, og resultatene er derfor ikke tatt med her. Flest arter og individer ble funnet i 1989, med jevnt avtagende artsrikhet i de påfølgende undersøkelsene (**figur 21**).

Ved den første undersøkelsen ble et bunnareal på til sammen 1 m² undersøkt (Johannessen mfl. 1990), mens prøvetakingsarealet for de siste seriene redusert til henholdsvis 0,2 og 0,4 m², med undersøkelsen fra 1995 som et avvik i hele serien der bare 0,1 m² ble undersøkt. I denne serien på fem undersøkelsespunkt forklarer størrelse av prøvearealet nesten halvparten av variasjon i artsantall (**figur 22**). Ved en tilsvarende sammenligning av en prøveserie i Ålfjordbotn i Fjon, ble det vist at 80 % av variasjonen i antall arter der skyldes prøvearealets størrelse (Eilertsen & Johnsen 2012). Dessuten er de ulike undersøkelene i Lurefjorden foretatt ved ulike oksygenverdier ved det dypeste, der også forholdene har vært dårligere ved undersøkelene i 2004 og 2008 enn særlig 1990 og 1995, og 40 % av variasjonen forklares ut fra variasjon i oksygen (**figur 22**). Diversiteten har vært lavest ved de to siste undersøkelsene i 2008 og 2013, noe som er en kombinasjon av både lavere artsantall og dårligere oksygenforhold.



Figur 22. *Sammenheng mellom variasjon i antall arter og oksygenforhold (til venstre) og prøvearealets størrelse (til høyre) ved det dypeste i Lurefjorden i perioden 1989 – 2013.*

Oksygeninnholdet i dypvannet vil naturlig påvirke bunnfaunaen i sedimentet dersom det går for langt. Rosenberg (1980) viste at biomasse og artsmangfold av bunnfauna ble kraftig redusert ved oksygenkonsentrasjoner under 2 ml/l og Nilsson & Rosenberg (2000) fant at sterk oksygenmangel unedr 0,7 ml O/l var det kritiske nivået for overlevelse av de fleste arter bunndyr. Det er imidlertid ingenting som tyder på at bunnfaunaen ved det dypeste i Lurefjorden fram til nå har blitt utsatt for slike lave oksygennivåer i dypbassenget, men ved undersøkelsene i 2008 var en på et oksygennivå som burde gi seg utslag i redusert artsmangfold (**figur 22**).

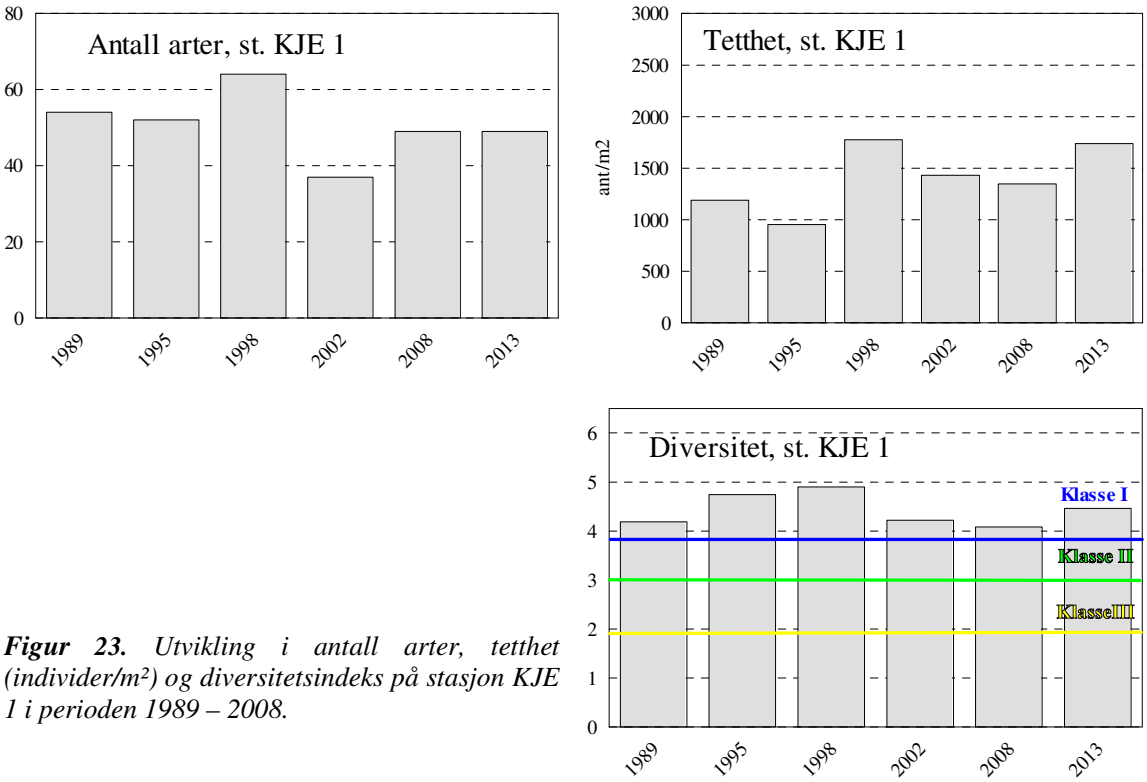
I Lysefjorden i Rogaland fant man en helt tilsvarende reduksjon i antall individer, antall arter og en lavere diversitetsindeks på alle tre dypvannstasjoner i 2007 i forhold til undersøkelsen 15 år tidligere, da det var betydelig høyere oksygeninnhold i dypvannet. Samtidig var forholdene på de to grunneste stasjonene uten oksygenstress lenger ute i Lysefjorden uendret eller noe bedret (Johnsen mfl. 2008).

Tabell 21. *De tre dominerende artene på stasjon KJE 6 (NES 3) ved undersøkelsene i 1989, 1995, 2004 og 2008.*

1989	*Spiochaetopterus typicus* (41 %)	*Ceratocephale loveni* (13 %)	*Tharyx marioni* (12 %)
1995	*Tharyx sp* (30 %)	*Spiochaetopterus typicus* (16 %)	*Thyasira equalis* (15 %)
2004	*Aphelochaeta* sp. (36 %)	*Paramphinome jeffreysii* (16 %)	*Heteromastus filiformis* (14 %)
2008	*Thyasira* sp. (41 %)	*Tharyx* sp. (15 %)	*Heteromastus filiformis* (15 %)
2013	*Paramphinome jeffreysi* (41 %)	*Thyasira sarsi* (21 %)	*Ceratocephale loveni* (13 %)

Når man ser på hvilke tre arter som har dominert i prøvene ved det dypeste i Lurefjorden, har dette vært litt variabelt, men børstemakken *Tharyx* sp. forekom som dominerende art ved undersøkelsene i 1989, 1995 og i 2008 (**tabell 21**). Det samme gjaldt skjellet *Thyasira* sp. i 1995, 2008 og 2013 samt børstemakken *Heteromastus filiformis* i 2004, 2008 og 2013. Så godt som alle artene som dominerte prøvene i 2013 har således vært til stede ved tidligere undersøkelser, og de er relativt hardføre arter som tåler moderat til dårlige miljøforhold.

Bunnfauna på 182 meters dyp i Kråkeosen (KJE 1 / NES 1) har vært undersøkt fem ganger tidligere, men selv om bunnarealet som er undersøkt også her er redusert fra 1 m² i 1989 til 0,4 m² i 2008 og 0,2 m² i 2013, ble det funnet 49 arter både i 2008 og 2013, hvilket heller ikke er mye lavere enn i 1989 og 1995. Alle undersøkelser har gitt en diversitetsindeks på over 4, tilsvarende økologisk tilstandsklasse I= "svært god" (**figur 23**). Høyest diversitetsindeks ble beregnet i 1998 med 4,9, og den laveste på 4,08 ble beregnet i 2008, men forskjellene mellom undersøkelsene er små og blir ikke tillagt noe vesentlig vekt. Miljøforholdene for bunnlevende dyr er lite endret i undersøkelsesperioden på stasjonen KJE 1.



Figur 23. *Utvikling i antall arter, tetthet (individer/m²) og diversitetsindeks på stasjon KJE 1 i perioden 1989 – 2008.*

Stasjonen her framstår som relativt upåvirket og det ser ikke ut til å være noe særlig effekt av at oksygennivået ved bunnen var 3,59 ml/l tilsvarende tilstandsklasse II= "god" på prøvetakingstidspunktet i 2013. Prøvene er samlet inn omtrent 150 meter under terskeldypet i Lurefjorden, og resultatene antyder at det kan være intermediær vannutskifting ned mot 200 meters dyp nesten årlig.

Også på dette prøvestedet har dominerende arter variert noe, men børstemakken *Tharyx* sp. forekom som dominerende art ved undersøkelsene i 1989, 1995, 2002 og i 2008 (**tabell 22**). Det samme gjaldt børstemakken *Heteromastus filiformis* i 1995 og 1998, samt børstemakken *Paramphinome jeffreysii* i 1998, 2002, 2008 og 2013. Denne arten finnes tallrikt i upåvirkede områder, men kan også øke i antall ved moderat organisk belastning. Antall arter og fordelingen av disse tilsier at miljøforholdene er og har vært gode i Kråkeosen i gele prøveperioden.

Tabell 22. *De tre dominerende artene på stasjon KJE 1 ved de ulike undersøkelsene.*

1989	*Tharyx marioni* (16 %)	*Paramphinome pulchella* (15 %)	*Amphielpis norvegica.* (14 %)
1995	*Heteromastus filiformis* (12 %)	*Tharyx* sp. (10 %)	*Cyprnida norvegica.* (9 %)
1998	*Paramphinome jeffreysii* (13 %)	*Aphelochaeta* sp. (9)	*Heteromastus* sp. (8 %)
2002	*Tharyx* sp. (19 %)	*Mediomastus fragilis* (13 %)	*Paramphinome jeffreysii* (12 %)
2008	*Paramphinome jeffreysii* (22 %)	*Notomastus latericus* (13 %)	*Tharyx* sp. (12 %)
2013	*Prionospio cirrifera* (18 %)	*Paramphinome jeffreysi* (15 %)	*Aphelochaeta sp.* (10 %)

OPPSUMMERING MED STATUS ETTER VANNDIREKTIVET

Sjøområdet innenfor sundene til Lurfjordenbassenget er inndelt i flere vannforekomster (jf. Vann-Nett), hvor Lurefjorden (fjordkatalog nr 02.61.04.02.03) er den største (rundt 36 km²), og der Lureosen (fjordkatalog nr 02.61.04.02.02), Lindåspollane (fjordkatalog nr 02.61.04.02.04), Vikaosen – Monslauposen (fjordkatalog nr 02.61.04.02.06) og Bakkøysundet (fjordkatalog nr 02.61.04.02.05) utgjør de øvrige vannforekomstene (jf. **figur 2**). Lurefjorden (og Lindåspollane) er av typen ***CNs6 = "oksygenfattig fjord"*** basert på følgende:

- Økoregion Norsdsjøen
- Polyhalin 18 – 30 ‰ saltinnhold
- Beskyttet
- Delvis lagdelt med lang oppholdstid i bunnvann
- Tidevann > 1 meter

De øvrige tre vannforekomstene i Lurefjordenbassenget er av typen ***CNs3 = "beskyttet kyst/fjord"***.

Lurefjorden er oppført med "**god"** økologisk tilstand i Vanndirektiv databasen Vann-Nett. Denne og tidligere unedrsøkelser understøtter denne tilstandsbeskrivelsen når følgende forhold legges til grunn:

Biologiske forhold:

- Bløtbunnfauna er lite påvirket utenfor utslippet.
- Bløtbunnfauna tilsvarte ut fra en samlet vurdering tilstandsklasse I – II = "svært god" – "god" i områdene med god vannutskifting.
- Men tilsvarte tilstandsklasse III = "moderat" ved de to dypeste stedene i Lurefjorden, Hvilket er nær naturtilstanden i slike tersklete fjordbasseng
- Siktedypet lå mellom 18 og 20 meter (vintersituasjon)

Kjemiske forhold:

- Relativt næringsfattig, miljøtilstand II = "god" i vann (vintersituasjon)
- TOC i sediment tilsvarer miljøtilstand V = "meger dårlig" på tre steder i resipienten, noe som reflekterer naturtilstanden
- Sedimentet er ikke undersøkt for miljøgifter i denne sammenhengen

Fysiske forhold:

- Periodevis oksygenreduksjon i dypvannet i Lurefjorden, dvs miljøtilstand III ="mindre god" ved måletidspunktet, der klimatiske variasjoner sannsynligvis forklarer edn store variasjonen
- Lite omfattende fysiske inngrep i dette sjøområdet og ingen inngrep som endrer vannstrømmen, vannutskiftingen og temperatur- eller oksygenforholdene

De undersøkte sjøområdene i vannforekomsten Lurefjorden har sannsynligvis **"god"** økologisk status i henhold til EUs vannrammedirektiv. Dårlig tilstandsklassifisering med hensyn på oksygenforholdene og biologisk mangfold ved det dypeste er ikke tillagt vekt da dette samtidig er tilnærmet naturlig tilstand. Sjøområdet utenfor Nesfossen og videre utover mot Lurefjorden kan karakteriseres som moderat påvirket av næringssalter på prøvetakingstidspunktet. Resultatene indikerer moderat påvirkete systemer der en har god spredning og fortynning av avløpsvannet. Det ble målt relativt svake strømforhold utenfor avløpene, men samtidig viser en modellering av utslippene en god borttransport og fortynning av avløpsvannet. Utslippene går ut i den delen av vannsøylen som har gode oksygenforhold året rundt, og dette bidrar til en rask og effektiv sedimentomsetning utenfor utslippene. MOM B-undersøkelsen i en avstand fra 0 – 135 m fra utslippene, og lokaliteten ble samlet også karakterisert til MOM B-tilstandsklasse 1= "meget god".

Økologisk status (**tabell 23**) utgjør en vektet vurdering av alle de ulike undersøkte elementene. Vannkvaliteten er stort sett god i disse områdene med god vannutveksling, mens forholdene ved og i sedimentet varierer noe i forhold til naturtilstand og belastning. Ved vurdering av økologisk status er det lagt størst vekt på forholdene knyttet til vannkvalitet, bunnfauna og miljøtilstand i sedimentene.

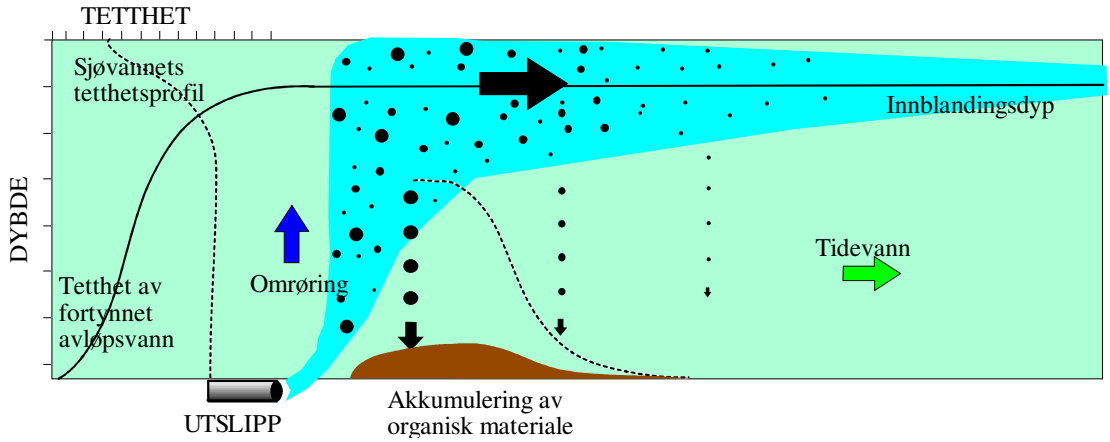
Tabell 23. *Oversikt over klassifisering av miljøtilstand for hver av de undersøkte stedene og alle de undersøkte elementene i 2013, i økende avstand fra utslippet (til venstre i tabellen). For miljøtilstand er følgende femdelte skala benyttet, og det vises til Molvær mfl. (1997) samt Vanndirektivets indekser (2009) for nærmere detaljer om grensene. Miljøstatus for alle elementene er summert til "økologisk status" for resipienten. Klassifisering av siktedyp er satt i parentes uten farge da dette er målt vinterstid.*

	Kråkeosen					Lurefjord	
	B3	B4	B5	B6	NES 1	NES 2	NES 3
Siktedyp	(I)	-	-	-	(I)	(I)	-
Fosfor	III	-	-	-	III	III	-
Nitrogen	I	-	-	-	I	I	-
Vannkvalitet	II	-	-	-	II	II	-
Oksygen	I	I	I	I	II	III	III
Bunnfauna i resipient	-	-	-	-	I-II	III	III
Bunnfauna ved avløp NS 9410	-	1	2	2			
TOC i sediment[1]		I	IV	I	V	V	V
Sedimentkvalitet	-	-	-	-	II	III	III
Økologisk status[2]						**II = God**	

[1]*Nivået av TOC i sedimentet vil naturlig kunne være høyt i tersklete fjordbasseng som ligger slik til at de enten mottar en god del organisk materiale av terrestrisk opprinnelse fra land via avrenning, eller at de ligger i tilknytning til tersklete område med naturlig avgrensete nedbrytingsforhold, som for eksempel ved det dypeste i Lurefjorden og Kråkeosen. Et høyt TOC i sedimentet sier heller ikke så mye om forholdene for bunndyrene, som primært avgrenses av oksygenforholdene og de lokale tilførslene.*
[2]*Lurefjorden har* ***"god" økologisk status****", fordi dårlig miljøtilstandsklasse med hensyn på oksygenforholdene og biologisk mangfold ved det dypeste ikke er ikke tillagt vekt da dette er tilnærmet naturlig tilstand.*

De foretatte undersøkelsene og tolkningene av resultatene spriker noe med hensyn på de ulike metoder, indekser og klassifiseringer som benyttes. MOM-C metodikk benyttes for å beskrive miljøtilstanden i et sjøområde (resipienten), mens MOM-B metodikk benyttes for å beskrive miljøtilstanden ved selve belastningens kilde (oppdrettslokalitet), og for å avgrense hvor stort område som påvirkes. Det er ulik følsomhet på de indekser som benyttes for å beskrive bløtbunnfauna ved den ene eller andre tilnærmingen.

Utslippsledningene fra Nesfossen Smolt AS ligger på omtrent 12 m dyp utenfor Nesfossen. Beregninger av spredning og fortynning av avløpsvannet viser at utslippet har gjennomslag til overflaten med dagens plassering. Utslippsvannet er lettere enn det omkringliggende sjøvannet, og stiger derfor opp før det innlagres på aktuelt innlagringsdyp. Innblandingsdypet for avløpsvannet vil normalt være i de øvre delene av vannsøylen, der tidevannet sørger for hyppig og god vannutskifting. På denne måten vil de aller fineste tilførslene spres effektivt vekk fra utslippstedet med tidevannet (**figur 24**). Utslippet vil ha en upwellingseffekt på omkringliggende vannmasser ved utslippsstedet og rive disse med seg på veg mot overflaten. Isolert sett vil det således alltid være gode lokale utskiftings- og omrøringsforhold rundt selve utslippet.

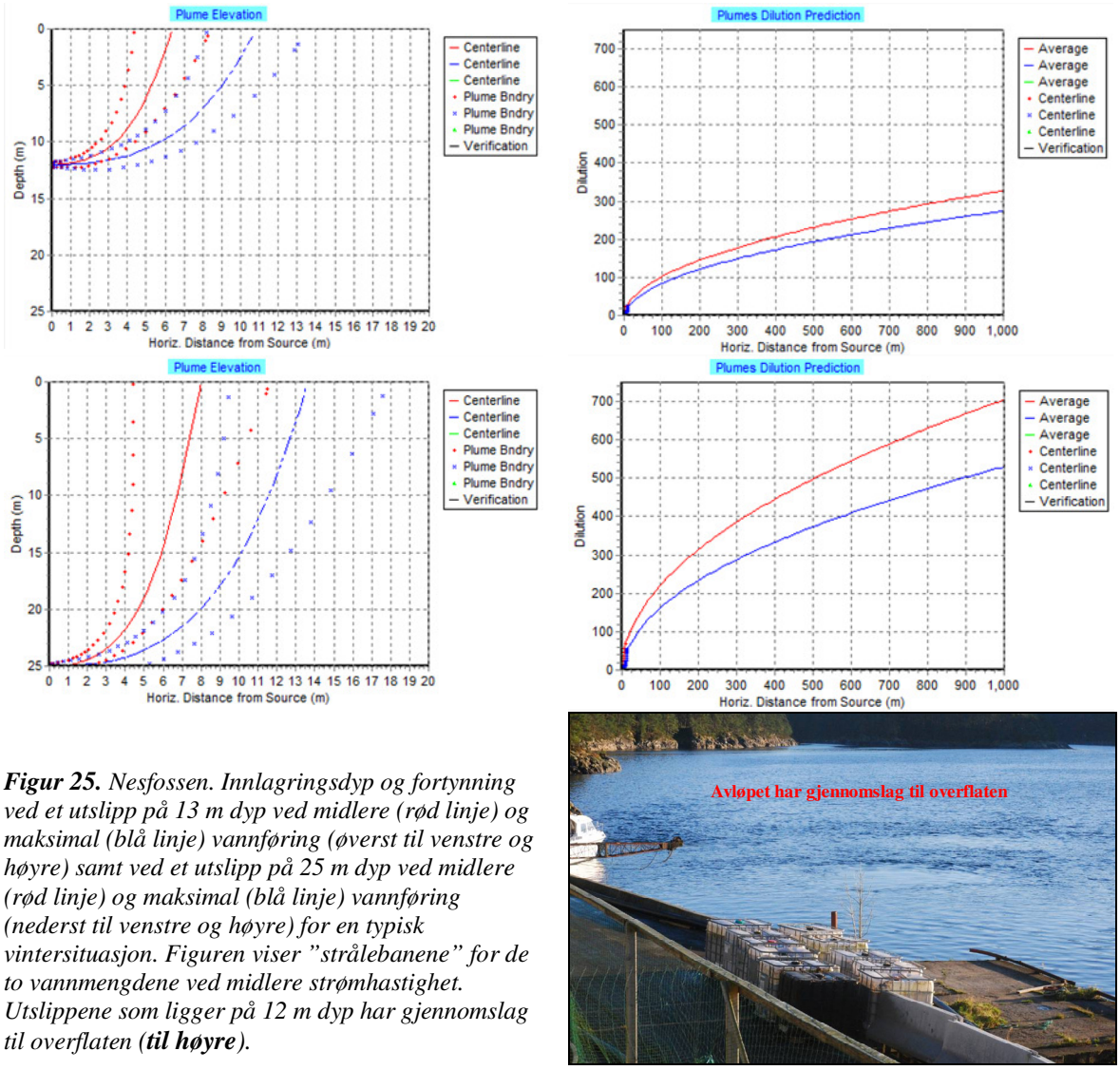


Figur 24. *Prinsippskisse for primærfortynningsfasen av innblanding av et ferskvannsutslipp i en sjøresipient, med gjennomslag til overflaten og kun lokal sedimentering av organiske tilførsler i resipientens umiddelbare nærhet til utslippspunktet. Utslippet får økt sin tetthet ettersom det lettere ferskvannet stiger opp og blandes med sjøvannet (heltrukken linje og lyseblått).*

MODELLERING OG SPREDNING AV AVLØPET

Innlagringsdyp og fortynning av avløpet til Nesfossen Smolt AS er beregnet ut fra middel strømhastighet i måleperioden om våren og temperatur og saltinnhold i vannsøylen like ved avløpene utenfor Nesfossen 21. februar 2013. Tettheten på avløpet er satt til 1000 kg/m³, og temperaturen i avløpsvannet lik 4 °C vinterstid. Avløpsvannet ledes ut fra smoltanlegget gjennom 3 stk rundt 30 m lange avløpsledninger på 12 m dyp rundt 15 m fra land. Alle avløpene har en diameter på 450 mm PEH. Beregning av innblandingsdyp er gjort for en vintersituasjon og nåværende utslippsdyp på 12 m samt for et utslipp på 25 m ved en eventuell forlengelse av utslippet, og dette er vist i **figur 25**.

Med utslipp av middel og maksimal planlagt vannmengde på 9 og 18 m³/min, og ved midlere strømhastighet, vil "skyen" med avløpsvann på 12 m dyp i en vintersituasjon ha gjennomslag til overflaten og innlagres der. Avløpsvannet vil være fortynnet henholdsvis 26,8 og 24,3 ganger når det når overflaten, og en km fra utslippet vil avløpsvannet være fortynnet henholdsvis ca 330 og 275 ganger (**figur 25**). Med utslipp av middel og maksimal vannmengde (9 og 18 m³/min) ved midlere strømhastighet, vil "skyen" med avløpsvann på 25 m dyp i en vintersituasjon ha gjennomslag til overflaten og innlagres der. Avløpsvannet vil være fortynnet henholdsvis 70 og 55 ganger når det når overflaten, og en km fra utslippet vil det være fortynnet henholdsvis 705 og 530 ganger (**figur 25**).



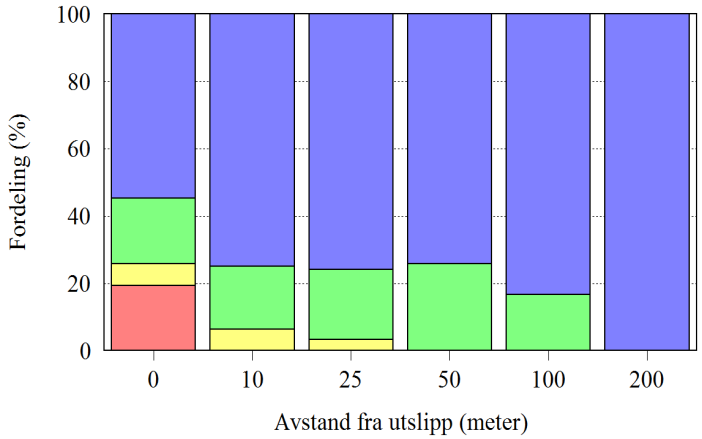
Figur 25. *Nesfossen. Innlagringsdyp og fortynning ved et utslipp på 13 m dyp ved midlere (rød linje) og maksimal (blå linje) vannføring (øverst til venstre og høyre) samt ved et utslipp på 25 m dyp ved midlere (rød linje) og maksimal (blå linje) vannføring (nederst til venstre og høyre) for en typisk vintersituasjon. Figuren viser "strålebanene" for de to vannmengdene ved midlere strømhastighet. Utslippene som ligger på 12 m dyp har gjennomslag til overflaten (**til høyre**).*

En betydelig fortynning av avløpsvannet på vei mot overflaten, medfører at vannkvaliteten i nærområdet av avløpet blir noe mer preget av næringssalter. Små partikler fra avløpet vil også følge med i strålebanen opp mot overflaten, og vil drive bort med vannstrømmen og sedimentere til bunns over et stort område fra avløpet nærområde og videre utover i resipienten. Modelleringene viser også at selv om utslippene hadde lagt på 25 m dyp, ville det oppført seg tilsvarende som i dag, og hatt gjennomslag til overflaten vinterstid, men avløpsvannet vil blit noe mer fortynnet med henholdsvis 70 og 55 ganger.

VIRKNING AV OMSØKT UTVIDET UTSLIPP

Nesfossen Smolt AS søker om produksjon av postsmolt med økte utslipppsrammer fra dagens 216 tonn i året til 2000 tonn i året, ved bruk av resirkulering og sjøvann innenfor dagens konsesjonsramme på 2,5 millioner settefisk. Ved å benytte et filter på 40 µm på avløpet i kombinasjon med effekten av biofilteret i resirkuleringsanlegget, ser en at utslippet av oganisk stoff og nitrogenstoff vil tredobles, mens utslippet av fosforstoff nesten firedobles i forhold til dagens urensete utslipp. Næringsstoffene vil i hovedsak være oppløst, mens organisk stoff i større grad består av fine partikler som i mindre grad vil sedimentere i nærområdet av utslippet i forhold til dagens urensete utslipp. Tilførslene fra det omsøkte anlegget blir derfor i større grad tilført og fordelt i hovedresipienten Lurefjorden mer enn den helt lokale nåværende resipienten.

Utenfor urensete avløp fra settefiskanlegg er det vanlig å observere en avgrenset punktbelastning, dersom det er god oksygentilgang med gode nedbryting som holder tritt med tilførslene. En sammenstilling av resultatene fra mer enn 20 undersøkelser av avløp fra settefiskanlegg, viser at miljøvirkningen på bunnen, selv med store utslipp, sjelden har noen betydelig miljøvirkning mer enn 50 meter unna selve utslippspunktet (**figur 26**).



Figur 26. *Sammenstilling av resultater fra Rådgivende Biologer AS 31 undersøkelser av utslipp til sjø fra 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" miljøtilstand*

Vinteren 2013 ble det foretatt en MOM-B undersøkelse på seks stasjoner i en avstand fra 0 – 135 m fra avløpene ved Nesfossen. Bunnsubstratet utenfor avløpene bestod for det meste av fjellbunn i den bratte skråningen rundt utslippene ned til rundt 40 meters dyp mens andelen primærsediment økte nedover i skråningen på det tre dypeste stasjonene ned til 135 meters dyp. På disse stedene bestod prøvene av mest skjellsand, grus og sand. Samtlige stasjoner var lite påvirket av utslippet og havnet i tilstandsklasse 1 = "meget god", og lokaliteten ble samlet også karakterisert til MOM B-tilstandsklasse 1= "meget god" på bunnen i en avstand på 0 – 135 m fra avløpene. Den synlige påvirkningen fra avløpet var begrenset til stasjonen nærmest avløpene, der en fant spor av fekalierester.

Ved en tilsvarende undersøkelse i 2002 på omtrent de samme stedene som ved denne undersøkelsen, ble heller ikke den gangen funnet organisk sedimentering fra settefiskanlegget, og også den gangen var samtlige stasjoner lite påvirket av utslippet og havnet i tilstandsklasse 1 = "meget god", og lokaliteten ble samlet også karakterisert til MOM B-tilstandsklasse 1= "meget god" på bunnen i en avstand på 0 – 150 m fra avløpene (Tveranger mfl. 2003). Til tross for betydelig økning i produksjonen ved anlegget i perioden, er det altså ikke mulig å observere noen økning i miljøbelastning på bunnen ved avløpet. Undersøkelsen i 2002 ble foretatt i oktober etter en periode med noe mer intens fôringsaktivitet enn undersøkelsen fra februar 2013.

Begge disse undersøkelsene indikerer at mesteparten av dagens utslipp omsettes og brytes ned lokalt i sjøområdet utenfor utslippet ved Nesfossen. Med etablering av et renseanlegg på avløpet, vil det således være ventet at den lokale påvirkningen på bunnen ved avløpet vil kunne bli redusert, mens resipienten samlet sett får økt sine tilflørsler av både næringsstoff og organisk stoff.

En modellering med Fjordmiljømodellen er benyttet for å svare på hvordan oksygenforholdene i dypvannet vil kunne påvirkes. Lurefjordens morfologi med volumer på ulike dyp, samt beskrivelse av de fire hoved sundene inn til bassenget med maksimalt terskeldyp og bredde er vist i **vedleggstabell 4 og 5**. Fjordmiljømodellen forutsetter at fjordbassenget har ett fjordutløp og ett terskeldyp, og for å gjennomføre beregninger for Lurefjorden må en da summere tverrsnittet av de fire hovedmunningene og beregne for maksimaldybden på 25 meter i disse (Jan Aure pers. medd,). Samlet munningsreal er på 4.895 m², arealet av Lurefjordenbassenget er 49,3 km², volumet av fjordbassenget er beregnet til 5,73 km³, og volumet under det terskeldypet inn til Lurefjorden (25 m) utgjør 4,64 km³. En har også lagt inn i modellen dagens produksjon i anlegget på 216 tonn i 2012 der alt utslippet går ut til vannvolumet som ligger over terskeldyp, men likevel beregnet effekten av dagens produksjon på bassengvannet under terskeldyp, siden utslippene går ut i indre deler av Lurefjorden. I

modellberegningen er øvrige tilførsler fra menneskelig aktivitet (kloakk, industri, landbruk o.l.) satt til 3 tonn fosfor og 50 tonn nitrogen.

Tabell 24. *Teoretisk beregnet "naturlige" vannutskiftingsforhold i Lurefjorden. Tallene er beregnet fra modellen "Fjordmiljø" (Stigebrandt 2001).*

Oppholdstid overflatevann	Nåværende oksygenforbruk i dypvatnet	Tidsintervall til oksygenfrie forhold i dypvannet	Tidsintervall til utskifting av dypvannet	Fyllingstid for bassengvatnet
10,3 døgn	0,044 ml O/l/mnd	136,3 mnd	90,6 mnd	43,77 døgn

Tabell 24 viser at nåværende oksygenforbruk i bassengvannet er beregnet til 0,044 ml/l/mnd, og ut fra oksygenmålinger i dypvannet over mange år, stemmer dette relativt godt overens med de faktiske målingene. Fjordmiljømodellen viser videre at det ville ha tatt omtrent 11 år før det oppsto oksygenfrie forhold i dypvannet dersom ikke dypvannet ble fornyet, men at det tar omtrent 7,5 år før tetthetsreduksjon i vannsøylen ville gitt full utskifting av dypvannet. Volumet av dypvannet er så stort tar også 6 uker å skifte det ut.

Målingene av oksygeninnhold i bassengvannet på 400 m dyp i perioden 1980 – 2013 gir ikke noe entydig bilde av hvor ofte det skjer en bunnvannfornyelse i Lurefjorden, siden det ofte er 2 – 4 år mellom målingene. Vi vet med sikkerhet at det skjedde en bunnvannfornyelse i 2010, og at en kan antyde at det da muligens var anslagsvis 10 år siden forrige utskifting. Lurefjordens spesielle topografi med flere grunne innløpsterskler i lange, trange og smale sund, gjør at strømhastigheten inn og ut av disse sundene er betydelig. Dette kan være noe av forklaringen på hvorfor det årlig synes å skje en intermedier vannutskifting ned mot 100 meters dyp, og enkelte år helt ned mot 200 meters dyp (sist i 2009), utenom full bunnvannfornying kanskje hvert 10. år. Dette gjør at det året rundt er gode oksygenforhold ned mot 100 meters dyp i Lurefjorden, og det kan synes som om systemets evne til å omsette og omdanne organisk materiale i Lurefjorden er betydelig høyere helt ned mot 150 – 200 meters dyp enn det topografien og tersklene inn til Lurefjorden skulle tilsi.

En utvidelse ved anlegget og økte utslipp er så modellert, for å se hvordan dette vil påvirke både primærproduksjon i overflatevannmassene og oksygenforbruk i dypvannet. Av beregningene ser en at om hele den omslkte produksjonsøkningen på 1800 tonn slippes urenset ut i resipienten, så vil oksygenforbruket øke med 13,4 % til 0,050 ml, mens priomærproduksjonen bare blir marginalt høyere med en reduksjon i siktedyp på 0,8 % (**tabell 25**). Det omsøkte utslippet skal imidlertid renses med vel 75 % i forhold til S-TS og BOF_5, slik at det samlete utslipp da tilsvarer en urenset produksjon på 500 tonn. Og siden dette også inkluderer dagens urensete utslipp på 200 tonn, vil nettoøkningen av utslipp til Lurefjorden da øke med 300 tonn, noe som øker oksygenforbruket i bassengvannet med 2,2 %. Nytt oksygenminimum i bassengvannet vil da bli 1,92 ml/O/l når en tar utgansgpunkt i det laveste nivået av okygen i dypvannet på 400 meters dyp som er målt i 2009 (2,01 mlO/l). Modelleringen viser at effekten av den omsøkte utvidelse vil være meget beskjeden og sannsynligvis ligger innenfor et som er naturlig variasjon for både oksygeninnhold og primærproduksjon. Dette skyldes det store vannvolumet i bassenget under terskeldyp, som gir fjorden en betydelig resipientkapasitet, selv om oksygen-innholdet i bassengvannet naturlig er lavt før bunnvannfornying inntrer.

Undersøkelsen av vannkvalitet vinteren 2013 viste noe forhøyet innhold av fosfor i overflaten både ved utslippet og ute i Lurefjorden, mens innhold av nitrogenstoff var nær naturtilstand. Siden aktiviteten ved anlegget da var liten på grunn av lave temperaturer, og utslippene derfor relativt beskjedne, må det også være andre tilførlser til Lurefjorden som kan påvirke forholdene ved fjordens dypeste punkt. Ved utvidet produksjon vil utslippene av næringsstoff øke med tre til fire ganger, og tilførslene vil dessuten være større når produksjonen ved anlegget er på det mest intense i juli og august. Det kan ikke utelukkes at dette kan medføre en økt primærproduksjon lokalt ved selve utslippet, men beregninger viser altså at det for fjordens vedkommende ikke vil resultere i målbar økning av algeblomstring (**tabell 25**).

Tabell 25. *Beregnet effekt av planlagt produksjon ved Nesfossen Smolt AS på beregnet "naturlige" vannutskiftingsforhold i Lurefjorden. Det er først beregnet for en produksjonsøkning som tilsvarer et urenset utslipp, og til slutt for et planlagt renset utslipp på hele produksjonen. Tallene er beregnet fra modellen "Fjordmiljø" (Stigebrandt 2001).*

Årlig økning i produksjon	Oksygenforbruk i bassengvannet	Oksygenmin. i bassengvann	Endring i oksygenforbruk	Endringer i siktedyp
200 tonn	0,044 ml O/l/mnd	1,95 ml O/l	1,5 %	99,92 %
300 tonn	0,044 ml O/l/mnd	1,92 ml O/l	2,23 %	99,87 %
500 tonn	0,045 ml O/l/mnd	1,86 ml O/l	3,73 %	99,79 %
1000 tonn	0,047 ml O/l/mnd	1,71 ml O/l	7,44 %	99,58 %
1800 tonn	0,050 ml O/l/mnd	1,48 ml O/l	13,4 %	99,24 %

KONKLUSJON

Anlegget søker om en tidobling av produksjon i forhold til dagens situasjon. Etablering av nytt anlegg med resirkuleringsteknologi og rensing av avløpet, medfører at utslippene av partikulært stoff og næringssalter til Kråkeosen likevel bare blir tre til firedoblet. Dessuten vil det meste av partiklene bli fjernet fra avløpet, slik at tilførslene i større grad vil være oppløst eller suspendert finstoff, som effektivt fortynnes og fjernes fra utslippet. Dette vil medføre reduksjon i lokal sedimentering, der den lokale virkning av dagens tilførsler på bunnforholdene er liten, og forholdene er lite endret fra forrige undersøkelse i 2002. Beregninger viser at økning i tilførsler av organisk stoff til Lurefjorden vil medføre kun marginale endringer i oksygenforbruk i fjordens dypvann, og at de økte næringstilførslene ikke vil ha noen målbar virkning på primærproduksjon i fjordystemet.

Lurefjorden er med i utkast til Marin verneplan, og er anført med «nordisk verneverdi» grunnet både store forekomster av maneten *Periphylla periphylla,* samt at området har vært gjenstand for stor vitenskapelig aktivitet med 23 hovedfags- og 4 dr.-gradsarbeider, over 30 vitenskapelige arbeider samt rappporter og artikler (fra Utredning for DN 1995-3: Forslag til marine verneområder i Norge). Omsøkte utvidelse vil i liten grad påvirke de aktuelle verneverdiene i Lurefjorden.

REFERANSER

AKSNES, D.L. 2013
Coastal water darkening causes eutrophication symptoms
Universitet i Bergen, prosjekt Norges Forskningsråd 2010 – 2013 (in prep).

ANON 2012.
Vedlegg til søknad om tillatelse til akvakultur i landbaserte anlegg. 14.03.2012.
Nesseby Smolt AS. 32 siders vedlegg.

BERGHEIM, A.. A. JØSANG & F. MATHISEN 2012
Sammenligning av fôrbasert utslipp fra hhv. RAS og anlegg med enkel gjennomstrømming (FTS) uten avløpsrensing. Foreløpige resultater.
IRIS og Grieg Seafood Rogaland. Foredrag på Smoltkonferansen på Sunndalsøra oktober 2012.

BOTNEN, H., E. HEGGØY, PJ. 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.

BREKKE, E. 2009
Notat profilar i Lurefjorden 2009, Rådgivende Biologer AS, 3 sider

BREKKE, E. 2010a
Notat profilar i Lurefjorden januar 2010, Rådgivende Biologer AS, 3 sider

BREKKE, E. 2010b
Notat profilar i Lurefjorden august 2010, Rådgivende Biologer AS, 3 sider

BREKKE, E. 2011
Notat profilar i Lurefjorden juli 2011, Rådgivende Biologer AS, 3 sider

DIREKTORATGRUPPA VANNDIREKTIVET 2009.
Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

EILERTSEN, M. & G.H. JOHNSEN 2012.
Resipientundersøkelse i Ålfjordbotn, utenfor Fjonavika 2011, Sveio kommune
Rådgivende Biologer AS, rapport 1524, 30 sider, ISBN 978-82-7658-902-3

FRICK, W.E., ROBERTS, P.J.W., DAVIS, L.R., KEYES, J, BAUMGARTNER, D.J. AND GEORGE, K.P., 2001.
Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes).
Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia.

GADE, H & T. FUREVIK 1994.
Hydrografi og strøm
Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen,.34 sider
Delrapport i Lie, U. & T. Magnesen (red):
Riksvegsamband Sveio-Stord-Bømlo: Konsekvenser for det marine miljø.

GOLMEN, L.G. 1991.
Vassutskifting i Lurefjorden og Seimsfjorden. Resultat frå granskingar i 1989 og 1990.
NIVA-rapport O-89123, 78 s.

GOLMEN, L. & E. NYGÅRD 1996
Kontroll av djupvasskvalitet i Lurefjorden hausten 1995/vinteren 1996.
NIVA-notat nr. V96/06, 8 sider

GOLMEN, L. G. & E. NYGAARD 1997.
Strømforhold på oppdrettslokalitetar i relasjon til topografi og miljø.
NIVA-rapport 3709, 58 sider, ISBN 82-577-3275-3

GOLMEN, L. G. & A. SUNDFJORD 1999.
Strøm på havbrukslokalitetar.
NIVA-rapport 4133, 33 sider, ISBN 82-577-3743-7

GRAY, J.S. & F.B MIRZA 1979.
A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities.
Marine Pollution Bulletin 10: 142-146.

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.

HEGGØY, E., P.O. JOHANSEN, G.A. HALVORSEN, G. VASSENDEN, H. BOTNEN & P. JOHANNESSEN 2005.
Miljøundersøking i Lindås kommune 2004.
Vestbio, Institutt for biologi, Universitetet i Bergen. Rapport nr 3-2005. 105 sider

JOHNSEN, G.H., B. TVERANGER & M. EILERTSEN 2008.
Utvidelse av Eidane Smolt AS, Forsand kommune.
Konsekvensutredning for økologisk status i Lysefjorden.
Rådgivende Biologer AS, rapport 1073, 55 sider. ISBN 978-82-7658-590-2

JOHNSEN, T.M. & A. SUNDFJORD 2003.
Resipientgransking i Lurefjorden 2002
NIVA-rapport 4630-2003, 43 sider

JOHANNESSEN, P. J. 1980.
Resipientundersøkelser av enkelte fjordavsnitt i Lindås kommune med hovedvekten lagt på bunnforhold og bunndyr.
Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen. 39 pp.

JOHANNESSEN, P. , K.SJØTUN & Ø.TVEDTEN 1990.
Resipientundersøkelser i Lurefjorden og Seimsfjorden, Lindås kommune.
Institutt for marinbiologi, Universitetet i Bergen, rapport 6/1990, ISSN 0802-3077, 39 sider

KUTTI, T. & S.AA. OLSEN 2007.
Oppdrett stimulerer dyreliv i fjordene
Havforskningsinstituttets Kyst og havbruk 2007, kap 312.2, sidene 195-197.

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.

LØMSLAND, E.R., T. JACOBSEN, J. MOLVÆR & E. OUG 1995.
Resipientgransking i Lurefjorden
NIVA-rapport 3367, 60 sider

LØMSLAND, E.R., E. OUG & A. SUNDFJORD 1999.
Resipientgransking i Lurefjorden 1998
NIVA-rapport 4051-99, 50 sider

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.

MOY, F., T. BEKKEBY, S. COCHRANE, E. RINDE & B. VOEGELE 2003.
Typifisering av norske marine vannforekomster. System for å beskrive økologisk naturtilstand. Forslag til referansenettverk. *NIVA-rapport 4731, ISBN 82-577-4403-4, 90 sider*

NILSSON, H.C. & ROSENBERG, R. 2000
Succession in marine benthic habitats and fauna in response to oxygen deficiency: analysed by sediment profile-imaging and by grab samples.
Marine Ecology Progress series. Vol 197: 139-149.

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

ROSENBERG, R. 1980
Effect of oxygen deficiency on benthic macrofauna.
Fjord oceanography. Plenum Publ. Corp., New York, p. 499-514.

ROSENBERG, R., B. HELLMANN & B. JOHANSSON 1991
Hypoxic tolerance of marine benthic fauna.
Marine Ecology Progress series. Vol 79: 127-131.

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 Illinios Press, Urbana, 117 sider.

STIGEBRANDT, A. 1992.
Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.

STIGEBRANDT, A. 2001.
FjordEnv – a water quality model for fjords and other inshore areas.
Göteborg University, Earth Sciences Centre, Report C40, 41 pp.

TVERANGER, B., K. BØRSHEIM & G.H. JOHNSEN 2003.
Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved Lindås Fiskeoppdrett AS på Nesfossen
Rådgivende Biologer AS, rapport 612, 40 sider.

TVERANGER, B., G. H. JOHNSEN & E. BREKKE 2008
Resipientgransking i Lurefjorden 2008
Rådgivende Biologer, rapport 1155, 62 sider, ISBN 978-82-7658-636-7

VEDLEGGSTABELLER

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

Utslippssted	Avløpsrøret og dimensjon				Vannføring i avløp		hastighet i avløp	
	avløpsdyp	ytre diameter	indre diameter	indre areal i m²	middel l/s	maks l/s	middel m/s	maks m/s
Nesfossen	12 og 25	450	396	0,123	150	300	1,22	2,44

Vedleggstabell 2. *Benyttet sjiktningsprofil tatt utenfor avløpene i sjøområdet utenfor Nesfossen 21. februar 2013. Grunnlag for modellering.*

	Nesfossen 21. februar 2013		
Dyp	temp	salt	tetthet
0,4	4,6	31,53	24,97
0,6	4,6	31,53	24,97
0,8	4,6	31,52	24,97
1	4,6	31,53	24,98
1,2	4,6	31,53	24,98
1,4	4,6	31,52	24,97
1,6	4,6	31,53	24,97
1,8	4,6	31,51	24,96
2	4,6	31,54	24,98
3	4,6	31,55	24,99
4	4,6	31,54	24,99
5	4,6	31,55	25,00
6	4,6	31,53	25,00
7	4,6	31,51	24,99
8	4,6	31,52	24,99
9	4,7	31,51	24,99
10	4,7	31,56	25,02
11	4,8	31,54	25,01
12	4,8	31,56	25,03
13	4,8	31,59	25,06
14	4,9	31,62	25,08
15	4,9	31,64	25,09
16	4,9	31,66	25,11
17	5,0	31,68	25,12
18	5,1	31,69	25,13
19	5,2	31,72	25,14
20	5,3	31,74	25,15
21	5,3	31,75	25,17
22	5,3	31,76	25,18
23	5,3	31,77	25,19
24	5,3	31,78	25,20
25	5,3	31,77	25,20

Vedleggstabell 3. *Sammenfatning av resultatene fra de utførte strømmålingene i en sommersituasjon (perioden 12. mars – 10. april 2013) utenfor Nesfossen, med middel og maks registrert strømhastighet, strømmens retning og retningsstabilitet.*

Måledyp	Strømhastighet		Strømstabilitet	resultantretning
	middel cm/s	maks cm/s	Neumann-parameter	grader
Nesfossen 2 m vår	1,9	7,0	0,597	227
Nesfossen 10 m vår	1,2	6,8	0,522	91
Nesfossen 20 m vår	1	4,4	0,305	306

Vedleggstabell 4. *Morfometriske tall for fjordsystemet Lurefjorden. Tallene er basert på dybdekartet i* ***figur 2*** *der dybdene er tegnet inn med 50- meters koter.*

Dyp (i meter)	Areal på dyp km²	Volum av sjikt mill m³	Volum under dyp mill m³
0	49,30	1907,5	5733,7
50	27,00	1175,0	3826,2
100	20,00	867,0	2651,2
150	14,68	646,5	1784,2
200	11,18	484,0	1137,7
250	8,18	332,8	653,7
300	5,13	200,0	321,0
350	2,87	96,35	121,0
400	0,98	24,6	24,6

Vedleggstabell 5. *Beskrivelse av tersklene i sundene inn til Lurefjorden. Tallene er basert på dybdedata fra (http://kart.fiskeridir.no /adaptive/). Ingen av sundene er kontrollmålt i forbindelse med utarbeidelse av rapporten.*

Sund	Anslått bredde (i meter) på angitt dyp			Terskeldyp meter	Terskelareal m²
	0 m	10 m	20 m		
Radsundet	100	50	10	20	1.050
Fosnstraumen	200	175	5	25	2.800
Kjelstraumen	50	2	0	10	270
Fonnesstraumen	60	45	0	15	775
SAMLET	410	272	15		**4.895**

Vedleggstabell 6. *Oversikt over bunndyr funnet i sedimentene på stasjonene NES 1 – NES 3 i Lurefjoden 12. mars 2013. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,1 m^2 stor vanVeen-grabb, og det ble tatt to parallelle prøver på hver stasjon. Prøvetakingen dekker dermed et samlet bunnareal på 0,2 m^2 på hver stasjon. Prøvene er sortert av Ingrid Hellen og Anette Skålnes og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS av Cand. scient. Øystein Stokland. Tabellen fortsetter på neste side.*

Taxa	**ST. NES 1**			**ST. NES 2**			**ST. NES 3**		
	A	B	sum	A	B	sum	A	B	sum
CNIDARIA - nesledyr									
Paraedwardsia arenaria		1	**1**						
NEMERTINI - slimorm									
Nemertini indet	6	11	**17**	1	1	**2**			
POLYCHAETA - flerbørstemakk									
Amythasides macroglossus	1	2	**3**						
Aphelochaeta sp.	12	22	**34**	1		**1**	1	1	**2**
Aricidea catherinae	2	5	**7**						
Augeneria tentaculata		1	**1**						
Ceratocephale loveni	1	8	**9**	6	4	**10**	1	4	**5**
Chaetozone setosa	8	11	**19**						
Clymenura borealis	5	1	**6**						
Euclymeninae indet.		1	**1**						
Exogone hebes	2	8	**10**						
Heteromastus filiformis		2	**2**					1	**1**
Jasmineira sp.	2	3	**5**						
Langerhansia cornuta	1	2	**3**						
Levinsenia gracilis								2	**2**

Lumbrineris sp.		5	**5**						
Neoleanira tetragona								1	**1**
Notomastus latericeus	6	12	**18**						
Ophelina abranchiata								1	**1**
Ophryotrocha sp.							1		**1**
Paradoneis lyra									
Paramphinome jeffreysi	17	36	**51**	4			2	14	**16**
Pholoe baltica	1	1	**2**						
Phylo norvegica	1	1	**2**						
Prionospio cirrifera	8	53	**61**	4					
Pseudopolydora paucibranchiata	4		**4**						
Sabellides octocirrata	1		**1**					1	**1**
Samytha sexcirrata		1	**1**						
Sige fusigera		1	**1**						
Sosanopsis wireni		2	**2**						
Spiophanes kroeyeri	3	1	**3**	2	1	**1**			
Terebellides stroemi	1	4	**5**	2					
OLIGOCHAETA - fåbørstemakk									
Oligochaeta indet	1		**1**						
SIPUNCULA - pølseorm									
Phascolion strombi	1	2	**3**						
Golfingia sp	3	1	**4**						
CRUSTACEA - krepsdyr									
Calanoida indet	3	9	**12**	2		**5**			
Cypridina norvegica	3	1	**4**	3		**3**			
Diastyloides serrata		1	**1**						
Eriopisa elongata	4		**4**						
Eudorella emarginata		1	**1**						
Mysidacea indet.				1		**1**			
Tanaidacea indet	1		**1**						
Tryphosites longipes	2		**2**						
MOLLUSCA - bløtdyr									
Caudofoveata indet	5	8	**13**	1	5	**6**			
Cuspidaria lamellosa	1		**1**						
Delectopecten vitreus	1		**1**						
Kelliella miliaris	1		**1**						
Nucula tumidula	4		**4**						
Thyasira croulinensis	1		**1**						
Thyasira equalis	4	4	**8**	2	1	**3**			
Thyasira obsoleta	1		**1**						
Thyasira pygmaea	7		**7**						
Thyasira sarsii	2	6	**8**		2	**2**	4	4	**8**
Yoldiella sp juv	1		**1**						
ECHINODERMATA – pigghuder									
Amphipholis squamata	2		**2**		1	**1**			
Brisaster fragilis									
Brissopsis lyrifera							1		**1**
Ophiura sarsii	2		**2**		2	**2**			

Vedleggstabell 7. *Oversikt over bunndyr funnet på stasjonene B4 – B6 i MOM B-undersøkelsen tatt utenfor utslippene til Nesfossen Smolt på Nesfossen 21. februar 2013. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,028 m^2 stor vanVeen-grabb i ulik avstand fra utslippene. Prøvene er sortert av Ingrid Hellen og Anette Skålnes og artsbestemt ved Marine Bunndyr AS av cand. scient. Øystein Stokland.*

Taxa	Stasjon B4	Stasjon B5	Stasjon B6
POLYCHAETA - flerbørstemakk			
Amaeana trilobata		1	
Amphicteis gunneri	2	1	
Amphitrite cirrata	1		
Aphelochaeta sp.		1	
Apistobranchus tullbergi		2	
Chaetozone setosa	2	2	
Cirratulus cirratus	2	1	
Eteone longa	2	3	
Exogone hebes	3		
Glycera lapidum	1		
Gyptis rosea	4		
Heteromastus filiformis	4		
Jasmineira sp.	1	4	2
Langerhansia cornuta	2		
Levinsenia gracilis	1	2	
Lipobranchius jeffreysi	3		
Lumbrineris sp.		1	
Nothria conchylega	6	10	6
Notomastus latericeus	3		
Ophryotrocha sp.	1		
Orbinia armandi	1		
Paradoneis lyra	3		
Paramphinome jeffreysi	51	28	2
Phyllodoce rosea	2		
Polycirrus norvegicus	6	1	
Prionospio cirrifera	116	12	
Scoloplos armiger	14		
Sige fusigera	1		
Sphaerodorum gracilis	1		
Sphaerosyllis hystrix	1		
Spiophanes kroeyeri	11	1	
Spiophanes wigleyi			1
Terebellidae indet juv	4	2	1
CRUSTACEA - krepsdyr			
Ampelisca amblyops	1		
Cypridina norvegica			2
Tryphosites longipes	3		
MOLLUSCA - Bløtdyr			
Leptochiton asellus	1		
Puncturella noachina	1		
Thyasira sarsii		1	
ECHINODERMATA - Pigghuder			
Amphiura chiajei	1	1	2
Labidoplax buskii	1	1	

OM GYTRE STRØMMÅLERE

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

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

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

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

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

OM FJORDER OG POLLER

Fjorder og poller er pr. definisjon adskilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområder med en terskel i munningen/utløpet. For Lurefjorden sin del er det flere større og mindre terskler inn til fjordbassenget. 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. Lurefjorden er resipient for Nesfossen Smolt AS. Lurefjorden har et overflateareal på over 50 km² og er på det dypeste 440 meter. Lurefjorden er en markert terskelfjord med mange grunne terskler som stenger dypvannet inne, slik at navnet "-fjord " er beskrivende for området. Fosnstraumen er trolig det viktigste sundet med hensyn på vannutskifting i Lurefjorden. Dette sundet er ca 200 meter bredt og 25 meter dypt.

I fjorder vil *"Overflatelaget"* 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 nokså grunn terskel (slik som i Lurefjorden) har man ikke et typisk 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 Lurefjorden har man et dypvannslag fra rundt 30 m dyp og nedover til bunnen.

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

Vinterstid kan også tyngre og saltere vannmasser komme nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere. Dersom dette tyngre vannet kommer opp over terskelnivå, vil en kunne få en fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen. Hyppigheten av slike utskiftinger avhenger i stor grad av terskelens dyp,- jo grunnere terskel jo sjeldnere forekommer utskiftinger av denne typen. De relativt grunne tersklene inn til Lurefjorden gjør at det går flere år mellom hver full fornying av bassengvannet, og som oftest skjer dette 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 Lurefjorden vil det foregår et oksygenforbruk i det ytre bassengvannet, men på grunn av det store volumet av bassengvann, vil reduksjonen gå sakte, og fordi terskelen inn til fjordens ytre basseng er så dyp, sikrer det utskifting av bassengvannet ned til bunns lenge før det oppstår oksygenfrie forhold i de dypereliggende 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. Miljødirektoraret har utarbeidet oversiktlige 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.

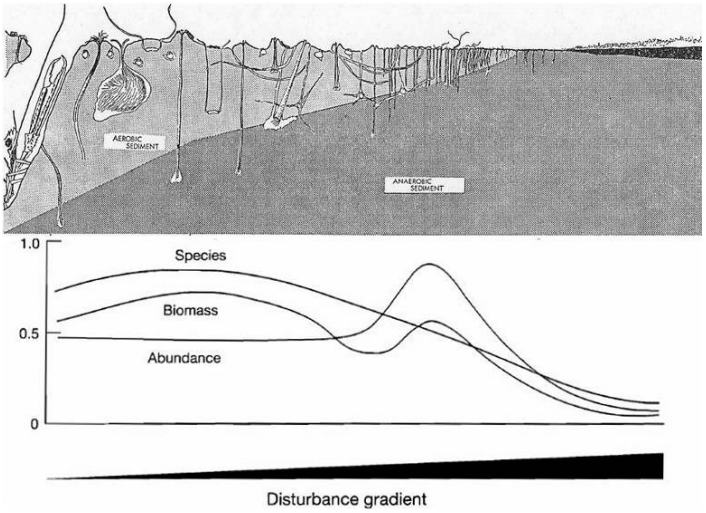
Næringsmengdene måles direkte ved å ta vannprøver av overflatelaget, dit det meste av tilførslene kommer, og analysere disse for innhold av næringsstoffene fosfor og nitrogen. Disse stoffene utgjør viktige deler av næringsgrunnlaget for algeplanktonet i sjøområdene, og beskriver sjøområdets "næringsrikhet". Miljødirektoratet har utarbeidet oversiktlige 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 overvåkningsprogrammet 1997» (Hansen m. fl., 1997) og Norsk Standard for miljøovervåking av marine matfiskanlegg (NS 9410:2007), og denne resipientundersøkelsen følger i all hovedsak opplegget for en MOM C- og en MOM B-undersøkelse, som er en undersøkelse av bunntilstanden fra rundt selve anlegget/utslippet (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen).

OM MARIN 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 27**). 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 "overgjødsling" vil føre til at dyresamfunnet kveles.



Figur 27. *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 overvåkning av bløtbunnssamfunnet over tid i større skala er fra olje og gassvirksomheten i Nordsjøen. Med utbygging og etablering av oljevirksomhet 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-/ustlippskrav har en sett en merkbar endring i tilstanden hos bløtbunnsfaunaen, til mindre forstyrrelser (Botnen m.fl. 2007).