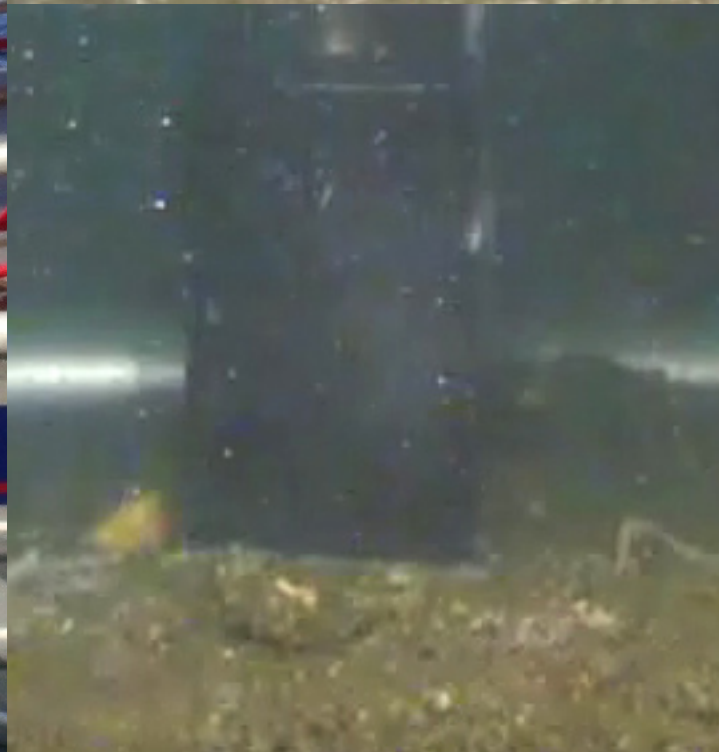


Bløtbunnsundersøkelser ved oppdrettslokaliteter

Delstudie 1 i prosjektet FROAN-SCENARIER



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Bløtbunnsundersøkelser ved oppdrettslokaliteter Delstudie 1 i prosjektet FROAN-SCENARIER	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	5679-2008	28.10.2008
Forfatter(e) Morten T. Schaanning, Hans Christer Nilsson, Jarle Håvardstun og Trine Bekkby	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	26448 SPI	27
	Fagområde	Distribusjon
	Marin forurensning	Åpen
	Geografisk område	Trykket
	Froan, Sør-Trøndelag	NIVA


Oppdragsgiver(e) Norges forskningsråd og KMB (Kompetanseprosjekt Med Brukermedvirkning)-partnerne Frøya kommune, Frøya Nye Næringsforening, Trøndelag fiskeoppdretterlag, Fiskarlaget Midt-Norge og SalMar ASA	Oppdragsreferanse NFR/177998/I10
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

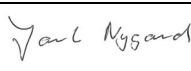
Sammendrag

Denne rapporten er en delstudie, og flere rapporter om miljøtilstanden i Froan følger senere. Sjøbunnen i Froan ble undersøkt med et sedimentprofilkamera (SPI) som tar bilder og måler redokspotensial, hydrogensulfid og pH med elektroder i overgangssonen mellom vann og sedimenter. Vannkikkert og undervannskamera ble også benyttet til å kartlegge dekningsgraden av fintrådigge alger, som er kjent for å respondere raskt på forhøyet næringsinnhold. Undersøkelsen ble konsentrert om de to oppdrettslokalitetene Sørøyflesa og Hallarøy. Området er generelt sterkt eksponert mot strøm og bølger og bunnen består for det meste av skjellsand, stein eller fjell. Lokaliteten ved Sørøyflesa var ikke i drift under feltarbeidet i august 2007. Bunnen var dominert av skjellsand og det ble ikke funnet spor etter avfall fra oppdrettsanlegg. Ved Hallarøy var det tre store, sirkelformete nøter med ca 1 800 tonn slaktemoden laks. Bunnen under dette anlegget var mer kupert og varierte fra fjell til skjellsand. Kameraet avdekket forekomster av surt, sulfidholdig organisk avfall i groper og mellom steiner på noen av stasjonene nærmest nøtene. Disse stasjonene ble prøvetatt med en liten van Veen-grabb, og materialet ble analysert for organisk karbon, nitrogen, fosfor, sink og kopper. Slik prøvetaking vil i større grad avdekke de dårligste enn de typiske bunnforholdene på lokaliteten. De samme stasjonene ble prøvetatt på nytt i januar 2008 etter at lokaliteten hadde ligget brakk siden utslaktning i oktober 2007. Elektrodemålingene viste at forholdene, som forventet, hadde bedret seg fra august til januar. De kjemiske analysene av materialet innsamlet med grabben viste ingen klar bedring, men avdekket store variasjoner fra en prøve til en annen. I forhold til SFTs kriterier for fjord- og kystfarvann viste en prøve en konsentrasjon av kopper tilsvarende moderat tilstand, noe som ved langtidspåvirkning vil kunne potensielt ha stor effekt. De resterende åtte prøvene analysert for kopper og alle ni prøver analysert for sink var både i august 2007 og januar 2008 godt innenfor grenseverdien for bakgrunnstilstand. Bakgrunnstilstanden refererer til konsentrasjoner målt i eksponerte områder langs norskekysten.

Fire norske emneord 1. Akvakultur 2. Miljøovervåking 3. Bløtbunn 4. Sedimentkjemi	Fire engelske emneord 1. Aquaculture 2. Environmental monitoring 3. Soft bottom 4. Sediment chemistry
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Trine Bekkby
 Prosjektleder


Mats Walday
 Forskningsleder
 ISBN 978-82-577-5414-3


Jarle Nygard
 Fag- og markedsdirektor

Forord

Denne studien er en del av forskningsprosjektet "Bruk av scenarier som et verktøy for dialog, næringsutvikling og forvaltning i verna kystområder - FROAN-SCENARIER". Prosjektet er et tverrfaglig KMB-prosjekt (Kompetanseprosjekt Med Brukermedvirkning) og utføres i samarbeid med Norsk senter for bygdeforskning (prosjektleder) og Norsk institutt for skog og landskap. Norges forskningsråd er hovedfinansør og Frøya kommune, Frøya Nye Næringsforening, Trøndelag fiskeoppdretterlag, Fiskarlaget Midt-Norge og SalMar ASA er brukere som bidrar med delfinansiering. Prosjektet løper fra 2007 til 2009. Det overordnede målet med prosjektet er å studere potensialet for interdisiplinære scenarier i utviklingen av en arena for konfliktløsning i omstridte områder. NIVA står ansvarlig for det marine arbeidet, som består av flere delstudier som skal bidra med kunnskap om den marine miljøsituasjonen i Froan og som skal ligge til grunn for scenariene. Delstudien presentert i denne rapporten fokuserer spesielt på bløtbunnsområder og undersøkelser ved oppdrettsanlegg i Froan. Prosjektleder i NIVA er Trine Bekkby.

Oslo, 28. oktober 2008

Trine Bekkby
Prosjektleder, NIVA

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
1.1 Kort om Froan	7
1.2 Formål med delstudien	8
2. Materiale og metoder	9
3. Resultater	12
3.1 Generelt	12
3.2 Sørøyflesa	13
3.3 Hallarøy august 2007	15
3.4 Hallarøy januar 2008	17
3.5 Hallarøy - kjemiske analyser og tilstandsklassifisering	17
4. Samlet vurdering	20
5. Konklusjoner	21
6. Referanser	22
Vedlegg A. Stasjonenes koordinater	23
Vedlegg B. Rapport fra Havbruktjenesten AS	24

Sammendrag

Tittel: Bløtbunnsundersøkelser ved oppdrettslokaliteter - delstudie 1 i prosjektet FROAN-SCENARIER

År: 2008

Forfattere: M.T. Schaanning, H.C. Nilsson, J. Håvardstun og T. Bekkby

Kilde: Norsk institutt for vannforskning, ISBN 978-82-577-5414-3

Denne rapporten er en delstudie, og flere rapporter om miljøtilstanden i Froan følger senere. Sjøbunnen i Froan ble undersøkt med et sedimentprofilkamera (SPI) som tar bilder og måler redokspotensial, hydrogensulfid og pH med elektroder i overgangssonen mellom vann og sedimenter. Vannkikkert og undervannskamera ble også benyttet til å kartlegge dekningsgraden av fintrådiges alger, som er kjent for å respondere raskt på forhøyet næringsinnhold. Undersøkelsen ble konsentrert om de to oppdrettslokalitetene Sørøyflesa og Hallarøy. Området er generelt sterkt eksponert mot strøm og bølger og bunnen består for det meste av skjellsand, stein eller fjell. Lokaliteten ved Sørøyflesa var ikke i drift under feltarbeidet i august 2007. Bunnen var dominert av skjellsand og det ble ikke funnet spor etter avfall fra oppdrettsanlegg. Ved Hallarøy var det tre store, sirkelformete nøter med ca 1 800 tonn slaktemoden laks. Bunnen under dette anlegget var mer kupert og varierte fra fjell til skjellsand. Kameraet avdekket forekomster av surt, sulfidholdig organisk avfall i groper og mellom steiner på noen av stasjonene nærmest nøtene. Disse stasjonene ble prøvetatt med en liten van Veen-grabb, og materialet ble analysert for organisk karbon, nitrogen, fosfor, sink og kopper. Slik prøvetaking vil i større grad avdekke de dårligste enn de typiske bunnforholdene på lokaliteten. De samme stasjonene ble prøvetatt på nytt i januar 2008 etter at lokaliteten hadde ligget brakk siden utslakting i oktober 2007. Elektrodemålingene viste at forholdene, som forventet, hadde bedret seg fra august til januar. De kjemiske analysene av materialet innsamlet med grabben viste ingen klar bedring, men avdekket store variasjoner fra en prøve til en annen. I forhold til SFTs kriterier for fjord- og kystfarvann viste en prøve en konsentrasjon av kopper tilsvarende moderat tilstand, noe som ved langtidspåvirkning vil kunne potensielt ha stor effekt. De resterende åtte prøvene analysert for kopper og alle ni prøver analysert for sink var både i august 2007 og januar 2008 godt innenfor grenseverdien for bakgrunnstilstand. Bakgrunnstilstanden refererer til konsentrasjoner målt i eksponerte områder langs norskekysten.

Summary

Title: Soft sediment investigations at fish farm locations – sub project 1 under the project FROAN-SCENARIOS

Year: 2008

Authors: M.T. Schaanning, H.C. Nilsson, J. Håvardstun and T. Bekkby

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-5414-3

Benthic environments in Froan, a highly exposed archipelago off the coast of Trøndelag, Norway, was investigated using a sediment profile imaging camera (SPI) equipped with electrodes for the determination of redox potentials, hydrogen sulphide and pH. An under water camera was also used to record coverage of filamentous algae, known to respond quickly to increased nutrient levels. The bottom substrate in the area is mostly rock, boulder or coarse, shell debris. At one of the farm locations, where all fish had been removed approximately one month before our field work in August 2007, the bottom was dominated by shell debris. No trace was found from farming activities. At the other farm location, about 1 800 tons of large salmon were kept in three circular net cages. Farm debris with low pH and hydrogen-sulphide was found in between stones on the bottom close to the cages. These stations, which represent a “worst case” selection of sediment samples from the area, were sampled using a small van Veen grab, and the material was stored for chemical analyses. The fish was slaughtered in October 2007 and the same stations were sampled again in January 2008. The electrode measurements revealed an expected improvement from August to January, whereas the chemical analyses revealed large variations from one sample to another and no clear improvement. In accordance with the classification system used by Norwegian environmental control authorities, the maximum concentration of $52 \mu\text{g g}^{-1}$ (dry weight) copper corresponded to environmental class III “moderately” polluted. However, the mean concentration for the area was well below the upper limit of class I “background” both in August 2007 and January 2008.

1. Bakgrunn

1.1 Kort om Froan

Øygruppa Froan ligger nord i Frøya kommune, nordvest i Sør-Trøndelag fylke. Froan verneområde ble opprettet i 1979, og utgjør rundt 2500 øyer, holmer og skjær. Fire av øyene har fastboende; Gjæsingen, Sørburøy, Sauøya og Risøya, med totalt ca 55 personer (i tillegg kommer Halten fyr). Bosettingen går tilbake til trolig 16-1700-tallet, men Froan ble før dette benyttet til fiske, kobbeføding, dunsanking og sauebeite. På det meste har det bodd rundt 400 mennesker fast i Froan, langt flere i fiskerisesongene (Wold 2001, Bryn 2008).

Froan verneområde er betydelig, både i norsk og europeisk sammenheng (Fylkesmannen i Sør-Trøndelag 2002). Totalt 761 km² er vernet, hvorav 405 km² er naturreservat, 80 km² er landskapsvernområde. Hele området er dessuten dyrelivsfredningsområde. Videre har Froan internasjonal vernestatus som RAMSAR-område. Den komplekse vernesituasjonen, sammen med andre forhold, har bidratt til uklarheter og misforståelser rundt hva slags vernekategorier som gjelder hvor og hva en kan foreta seg i hvilke områder, og bruk-vern-situasjonen har i perioder vært konfliktfylt. Til tross for at vernet ble opprettet i 1979, foreligger det ennå ikke forvaltningsplan for området, noe som har bidratt til en fortsatt uavklart situasjon. De bosatte øyene er unntatt landskapsvernbestemmelser, og omfattes kun av dyrelivsfredningsbestemmelser. Froan er foreslått som et marint verneområde med høy prioritet i tilrådingen (utredning for DN 1995-3).

Næringsrike gruntvannsområder gjør Froan svært verdifullt for en rekke sjøfuglarter, for fiskeri- og oppdrettsnæring og for tilknyttede verneinteresser. Formålet med fredningen har derfor vært å ”verne om et rikt og interessant dyre- og planteliv og bevare leve- og yngleområdene for fugl, sel og andre pattedyr i et variert og egenartet kystlandskap” (FOR 1979-12-14 nr 01). Områdets verdi som referanseområde i naturmiljøsammenheng er trukket fram fra miljømyndighetenes side, dette er spesielt ut fra områdets størrelse og relativt isolerte beliggenhet. Videre er det prioriterte kulturmiljøer på enkelte av de bebodde øyene (bygningmiljø og den tilknyttede brukshistorikken og fortsatte bruk av disse), spesielt Sauøya. I tillegg er det verneinteresser knyttet til kulturlandskapet i form av kystlynghei, som krever vedlikehold ved brenning og beiting.

Froan er utsatt for miljøtrusler på flere nivå: Internasjonalt/nasjonalt er det svært eksponert for flyteavfall og oljespill fra skipsfart/oljeindustri etc. Froan er landets eneste kystbombarderingsområde for Forsvaret, med 5-10 øvelser i året. Lokale miljøtrusler har spesielt vært knyttet til ulovlig ferdsel, ulovlig høsting av egg og herjing av reir. Samtidig kan mangel på bruk og høsting også redusere områdets verne kvaliteter. Videre er oppdrettsaktiviteten en mulig trussel mot områdets verne kvaliteter, og spesielt betydningen som referanseområde og føre-var-prinsippet har vært trukket fram.

En midlertidig dispensasjon ble gitt til SalMar for å flytte et anlegg til landskapsvernområdet i 1998, i forbindelse med utbrudd av ILA annet sted i Frøya kommune. Dispensasjonen er senere blitt forlenget, og dispensasjonen og de senere forlengelsene har vært omstridt. Oppdrett er ikke nevnt i forskriften fra 1979, da problemstillingen var lite aktuell på det tidspunktet (teknologien muliggjorde ikke anlegg så langt ut, og oppdrettsaktiviteten var henvist til skjermede lokaliteter nær fastlandet).

1.2 Formål med delstudien

Det overordnede målet med prosjektet FROAN-SCENARIER er å studere potensialet for interdisiplinære scenarier i utviklingen av en arena for konfliktløsning. NIVA står ansvarlig for det marine arbeidet. Det marine arbeidet består av flere deler som skal bidra til den kunnskapen som skal ligge til grunn for scenariene. Disse delene skal til sammen bidra

1. med kunnskap om miljøforholdene på bløtbunn rundt oppdrettsanlegg
2. med kunnskap om miljøforhold (geofysiske faktorer) og utbredelsen av marine arter og naturtyper i Froan
3. med kunnskap om arters fordeling langs miljøgradienter og i forhold til naturtypens fordeling
4. til å integrere kunnskapen og danne grunnlag for scenariestudien

Arbeidet skal være ferdig innen utgangen av 2009. Denne delstudien (punkt 1 i listen over) har spesielt fokus på bløtbunnsområder og undersøkelser ved SalMars oppdrettsanlegg i Froan. Formålet med undersøkelsen var å bidra med kunnskap om effekten av et oppdrettsanlegg i et område med de miljøforholdene som Froan representerer. Selv om miljøforhold kan variere over korte avstander, er Froan et område med generelt mye strøm og bølgeeksponering. Rapporten beskriver resultatene fra sedimentundersøkelser ved de to oppdrettslokalitetene Hallarøy og Sørøyflesa. NIVAs feltarbeider ble utført i august 2007. Undersøkelsen ble foretatt ved hjelp av et Sediment-Profil-Kamera (SPI) og registrering av fintrådig alger ved hjelp av vannkikkert og undervannskamera. SPI-kameraet tar videobilder gjennom et prisme som kan senkes ned i sedimentenes topplag. Kamerariggen (**Figur 1**) er også utstyrt med elektroder for feltmålinger av pH, redokspotensial og hydrogensulfid (H_2S). Redokspotensialet brukes i denne forbindelse for å karakterisere eutrofitilstanden i sedimentene. Potensialet kan variere fra høye, positive verdier i oksygenmettet sjøvann og topplaget i sedimenter med lavt innhold av organisk materiale, til ca -200 mV i oksygenfrie og sulfid-holdige sedimenter. Utstyret gir dermed grunnlag for vurdering av de samme parametrene som inngår i de standardiserte undersøkelsene (MOM-B) av miljøtilstanden på norske oppdrettslokaliteter (NS9410). Der SPI-



Figur 1. SPI-kamerariggen. Foto: NIVA.

kameraet ga grunnlag for videre analyse (ved å vise spor av organisk forurensning), ble det i tillegg samlet inn sediment-prøver til kjemiske analyser av organisk karbon (TOC), fosfor (P), kopper (Cu) og sink (Zn). Høye konsentrasjoner av disse elementene er karakteristisk for sedimenter påvirket av rester av fôrspill og fekalier fra oppdrettsanlegg. TOC, P og Zn stammer i hovedsak fra fiskefôret, mens Cu kan komme fra begroingshindrende midler på nøter, faste installasjoner, hjelpebåter o.l.

Tilstanden i sedimentene under oppdrettsanlegg kan variere med topografi og endres hurtig som følge av intens nedbrytning av organisk avfall og episodisk spredning via bølgeeksponering og sterke bunnstrømmer. Lokaliteten ved Hallarøy ble undersøkt både i august 2007 og i januar 2008.

Havbruktjenesten AS v/Arild Kjerstad gjennomførte i 2008 en standard MOM-B-undersøkelse (**Vedlegg B**) og tok prøver av sedimentene som ble sendt til NIVA for kjemiske analyser. Hensikten med dette var å undersøke hvorvidt forholdene hadde bedret seg etter utslakting av all fisk på lokaliteten i oktober 2007.

2. Materiale og metoder

Totalt 31 stasjoner ble filmet ved hjelp av SPI-kameraet i dagene 9.-11. august 2007 (**Figur 2** viser stasjonsoversikt på kart, **Vedlegg A** viser koordinater). Stasjonene ble valgt ut basert på en digital modell (utviklet av NIVAs i en annen delstudie, rapport under arbeid) som ga en indikasjon på sannsynligheten for å finne bløtbunn. I tillegg til stasjoner rundt de to oppdrettslokalitetene, ble kameraet brukt på mer eller mindre tilfeldig valgte lokaliteter i området og enkelte lokaliteter plukket ut av modellen.

SPI-instrumentet består av en nedsenkbar enhet, 40 m kabel og instrumentkoffert med avlesingsutstyr og 12V strømforsyning (**Figur 1**). Den nedsenkbare enheten består av en metallramme påmontert følgende utstyr:

- Prisme med et vertikalt montert videokamera med videooptaker (VGA 640x480) som tar bilder av sediment-vann grenseflaten gjennom et 105x135mm prismevidu som synker vertikalt ned i sedimentet.
- pH-kombinasjonselektrode (Global Water WQ201). Elektroden er montert slik at den synker ned i bløte sedimenter. Nøyaktig måledyp avleses fra videobildene.
- Platina-elektroder (Pt) for måling av redokspotensialet i fem punkter fordelt vertikalt over bildeutsnittet.
- Sulfid-ion-spesifikke elektroder (Ag-AgS) for måling av aktiviteten av S^{2-} ioner i fem punkter fordelt vertikalt over bildeutsnittet.
- Felles sølv-sølvklorid referanse-elektrode (STAPERM™ AG-3-SW) for sulfid- og redoks-elektrodenes.

Sedimentprøver ble innsamlet fra 8 stasjoner i nærheten av anlegget ved Hallarøy (**Tabell 1**). Prøvene ble tatt med en liten van Veen-grabb som beskrevet i NS9410. Prøver ble kun innsamlet der kameraet viste indikasjoner på organisk forurensing. Dette innebærer at sedimentprøvene innsamlet for kjemiske analyser vil være mer representative for de dårligste enn for de typiske delene av arealet.

Kameraets pH-elektrode viste seg å være defekt under feltarbeidet. pH ble derfor bare registrert ved bruk av en håndholdt pH-elektrode som ble stukket direkte inn i sedimentet gjennom en luke i grabben. pH elektroden ble kalibrert daglig i buffere med pH 4 og 7.

Metallelektroden ble kontrollert i ZoBells buffer som har et redokspotensial (Eh) på 430 mV. På grunnlag av målingene i bufferen ble det lagt til et halvcellepotensial for referenseelektroden på 240 mV til alle avleste potensialer. De rapporterte potensialene (Tabell 1, Figur 3) viser redokspotensialet i prøvene. Sulfidelektroden viser avtagende potensialer ved økende aktivitet av S^{2-} -ioner, og konsentrasjonen av H_2S kan teoretisk beregnes på grunnlag av det målte halv-cellepotensialet og pH. Begge elektrodene fungerer best i sulfidholdige sedimenter og forskjeller mellom stasjonene øverst til høyre i diagrammet i **Figur 3** bør ikke vektlegges (jfr. tolking av redokspotensialer i NS9410).

Deteksjonsgrenser er vanskelig å angi for elektrodemålinger. Sulfidelektroden er svært følsom og reagerer med tydelig drift mot lavere potensialer når den kommer i berøring med prøver med konsentrasjoner av H_2S lavere enn lukt-grensen på ca 1-10 μM . I slike tilfeller ble potensialet alltid notert. På mange av stasjonene i Froan viste ingen av elektrodene vesentlig endringer når kameraet ble satt ned på bunnen. Potensialene ble ikke alltid notert på disse stasjonene (gjelder stasjonene 10, 16, 17, 18, 19 og 22 i **Tabell 1**). Disse sedimentene anses derfor under deteksjonsgrense m.h.t. konsentrasjon av H_2S .

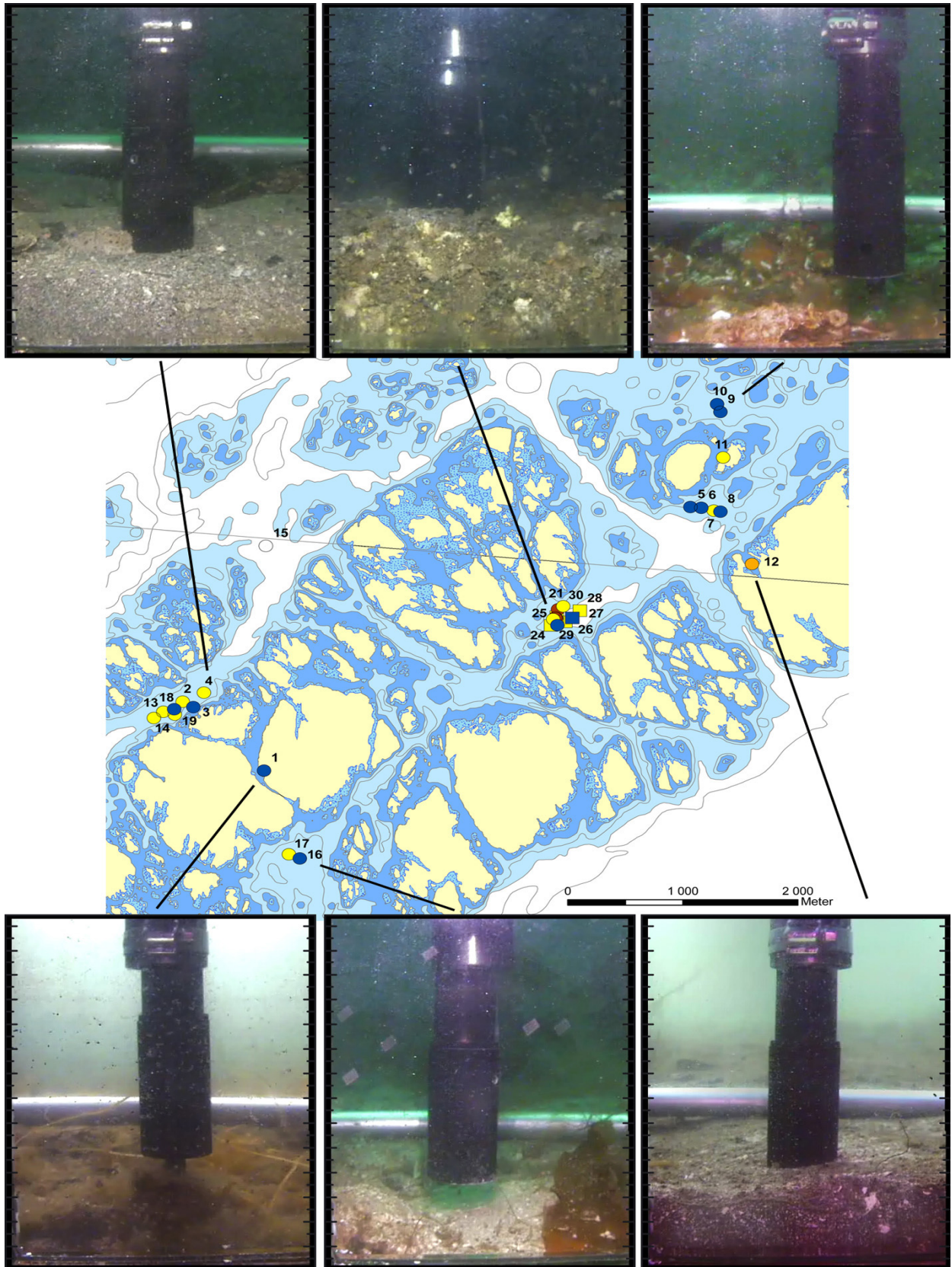
Sub-prøver av sedimentene ble overført fra grabben til brente glass med tette skrulokk og lagret til etter Havbruktjenestens undersøkelse i januar 2008. Prøver fra stasjonene 20, 23, 26 og 28 ble innsamlet både i august 2007 og januar 2008. Disse ble analysert for totalt innhold av organisk karbon

(TOC), nitrogen (N), fosfor (P), kopper (Cu) og sink (Zn) ved NIVAs laboratorium i Oslo. Organisk karbon og nitrogen ble analysert i forbrenningsovn (ved 1800 °C) etter fjerning av uorganisk karbon ved surgjøring. Totalkonsentrasjoner av P, Cu og Zn ble analysert på ICP-MS.

Som en del av en annen delstudie ble marine arter og naturtyper kartlagt i området i perioden 1-11. august 2007 (rapport under arbeid). Dekningsgraden av fintrådige alger ble i den anledning registrert ved hjelp av GPS, vannkikkert og undervannskamera. Dekningsgrad ble definert som 1=spredte forekomster, 2=vanlig og 3=dominerende.

Tabell 1. Stasjoner prøvetatt med SPI-kamera og grabb 9.-11. august 2007. Kolonne 2 viser hva slags prøver som ble tatt (k=kamera, g= grabb), hvilke prøver som ble sendt til kjemisk analyse (a) og referanse til videobilde i fig. 2, 4 eller 6. Potensialene ble avlest på elektrodene montert i nedkant av prismet. ”+” betyr ikke notert, potensial uendret i forhold til vannet over bunnen. ”-” betyr ingen måling.

Stasjon	Prøver, fig.ref.	Dyp (m)	Substrat	Penetrasjon (cm)	Eh (mV)	Es (mV)
1	k, 2	6	Hardbunn	0,0	59	-71
2	k	51	Hardbunn	0,0	27	-158
3	k	41	Hardbunn	0,0	22	-160
4	k, 2, 4	44	Skjellsand	0,5	-60	-169
5	k	21	Hardbunn	0,0	-40	-106
6	k	25	Hardbunn	0,0	15	-81
7	k	37	Skjellsand	0,0	16	-127
8	k	54	Hardbunn	0,0	9	-152
9	k, 2	30	Hardbunn	0,0	20	-156
10	k	40	Hardbunn	0,0	+	+
11	k	8	Skjellsand	1,0	13	-153
12	k, 2	8	Sediment	3,5	-130	-171
13	k, 4	51	Skjellsand	0,0	20	-80
14	k	51	Skjellsand	0,5	35	-40
16	k, 2	36	Hardbunn	0,0	+	+
17	k	35	Skjellsand	0,0	+	+
18	k, 4	44	Skjellsand	0,5	+	+
19	k, 4	43	Skjellsand	0,5	+	+
20	k, g, a, 6	49	Slam	5,0	-120	-180
21	k, 6	39	Skjellsand	0,5	-62	-150
22	k, 6	38	Skjellsand	1,0	+	+
23	k, g, a, 2, 6	40	Slam	8,5	-150	-290
24	k, g, 6	45	Slam	6,0	-90	-210
25	k, 6	45	Hardbunn	0,0	-30	-150
26	g, a	65	Skjellsand	0,0	-	-
27	g	71	Hardbunn	0,0	-	-
28	g, a	67	Skjellsand	0,0	-	-
29	g	35	Skjellsand	0,0	-	-
30	g	50	Skjellsand	0,0	-	-



Figur 2. Stasjonsoversikt og typiske bilder av bunnen på de to oppdrettslokalitetene ved Sørøyflesa (øverst til venstre) og Hallarøy (øverst midten). Øvrige bilder fra bløtbunnslokaliteter i området uten direkte, antropogen påvirkning. Runde symboler er SPI-stasjoner (sedimentprofilkamera) og firkantede symboler er grabbskudd. Blå=hardbunn, gul=skjellsand, oransje=bløtbunn, rød=observasjoner av fôrspill og fekalier. Horisontalt blankt rør er rammen på kamerariggen, vertikal sonde er pH-elektroden.

3. Resultater

3.1 Generelt

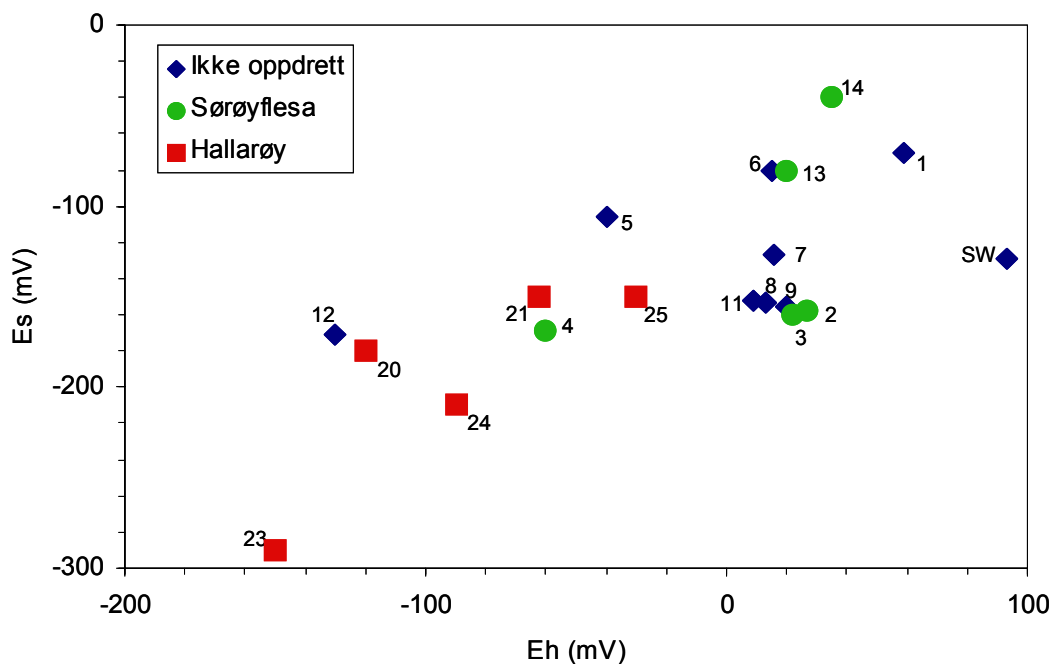
I tillegg til de to oppdrettslokalitetene ble kameraet brukt på mer eller mindre tilfeldig valgte lokaliteter i området og enkelte lokaliteter der den digitale modellen (utviklet av NIVAs i en annen delstudie, rapport under arbeid) indikerte at sjansene for å finne bløtbunn var størst. Dette gjelder stasjonene 1, 5-12, 16 og 17 (**Figur 2**).

Bløtbunn med finkornet sediment ble funnet på stasjon 12. Bildet i **Figur 2** viser finkornet sediment med innslag av skallrester. Kameraet trengte ned til 3,5 cm og redokspotensialet var lavt ($E_h = -130$ mV). Sulfidelektroden viste $E_s = -171$ mV, noe som var den laveste verdien registrert utenom oppdrettslokaliteten ved Hallarøy. Disse observasjonene indikerer høy omsetning av organisk materiale og begrenset nedadrettet diffusjon av O_2 i det finkornete materialet.

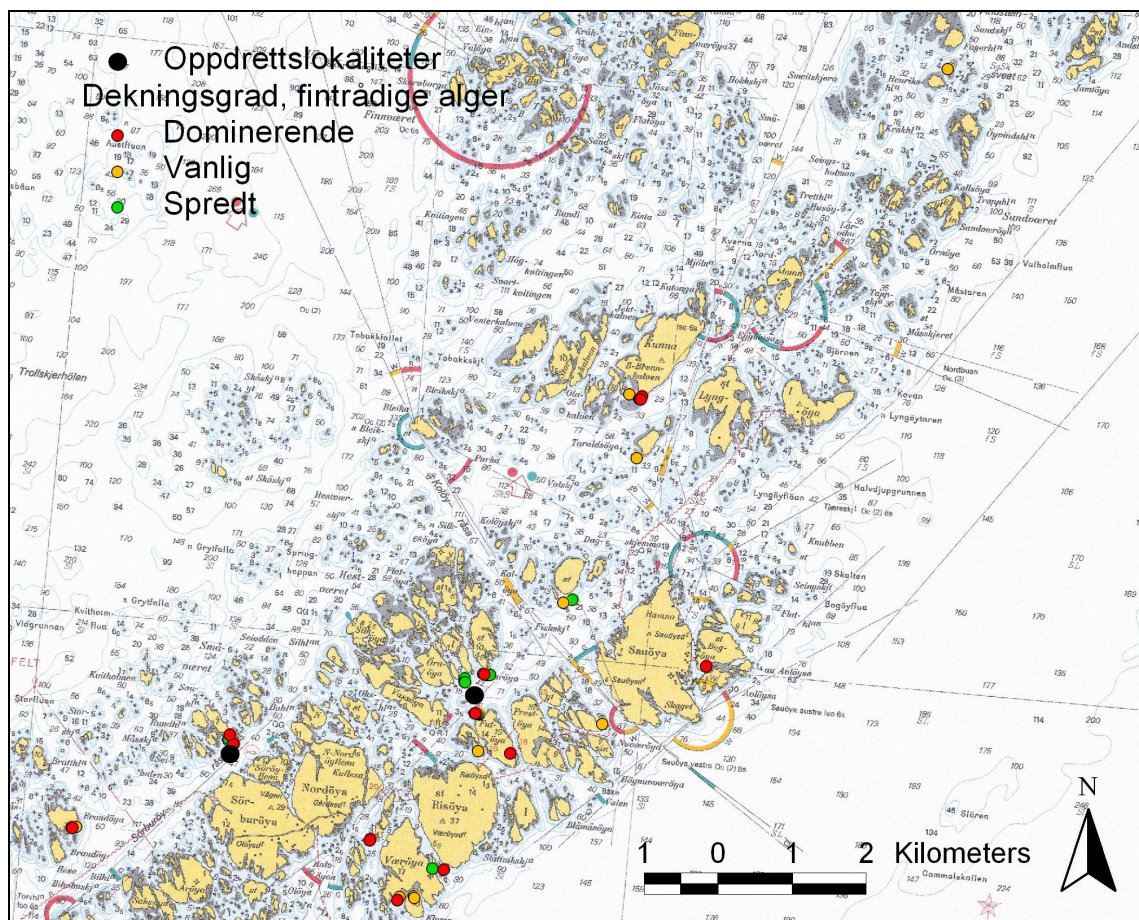
Omsetningen av organisk karbon kan være like høy på de andre stasjonene, men raskere diffusjon av O_2 ned i den grovkornete skjellsanden holder sulfidkonsentrasjonen lav og redokspotensialet forholdsvis høyt. Penetrasjonen i skjellsand var lav (0-1 cm) og E_h (9-59 mV) var litt lavere enn E_h målt i sjøvann fra overflaten (93 mV, SW i **Figur 3**). E_s (-40 til -156 mV) var imidlertid ikke systematisk forskjellig fra E_s målt i sjøvann som ikke inneholder H_2S .

Typisk skjellsandlokalitet er vist på bildet fra stasjon 16 (**Figur 2**), mens typiske hardbunnslokaliteter er vist på bildene fra stasjon 1 og 9. Det litt lave redokspotensialet (-40 mV) som ble målt på stasjon 5 kan skyldes at elektroden har vært i kontakt med ansamlinger av råtnende algerester i groper og mellom steiner på hardbunn (slike rester ble observert på SPI-fotografi).

Figur 4 viser lokaliteter der der fintrådigde alger ble observert, fordelt på de tre dekningsgradene.



Figur 3. Redokspotensialer (E_h) og potensialer på sulfid-ion-selektiv elektrode (E_s) målt i sjøvann (SW) og sedimenter på stasjoner i Froan 9-11 august 2007.

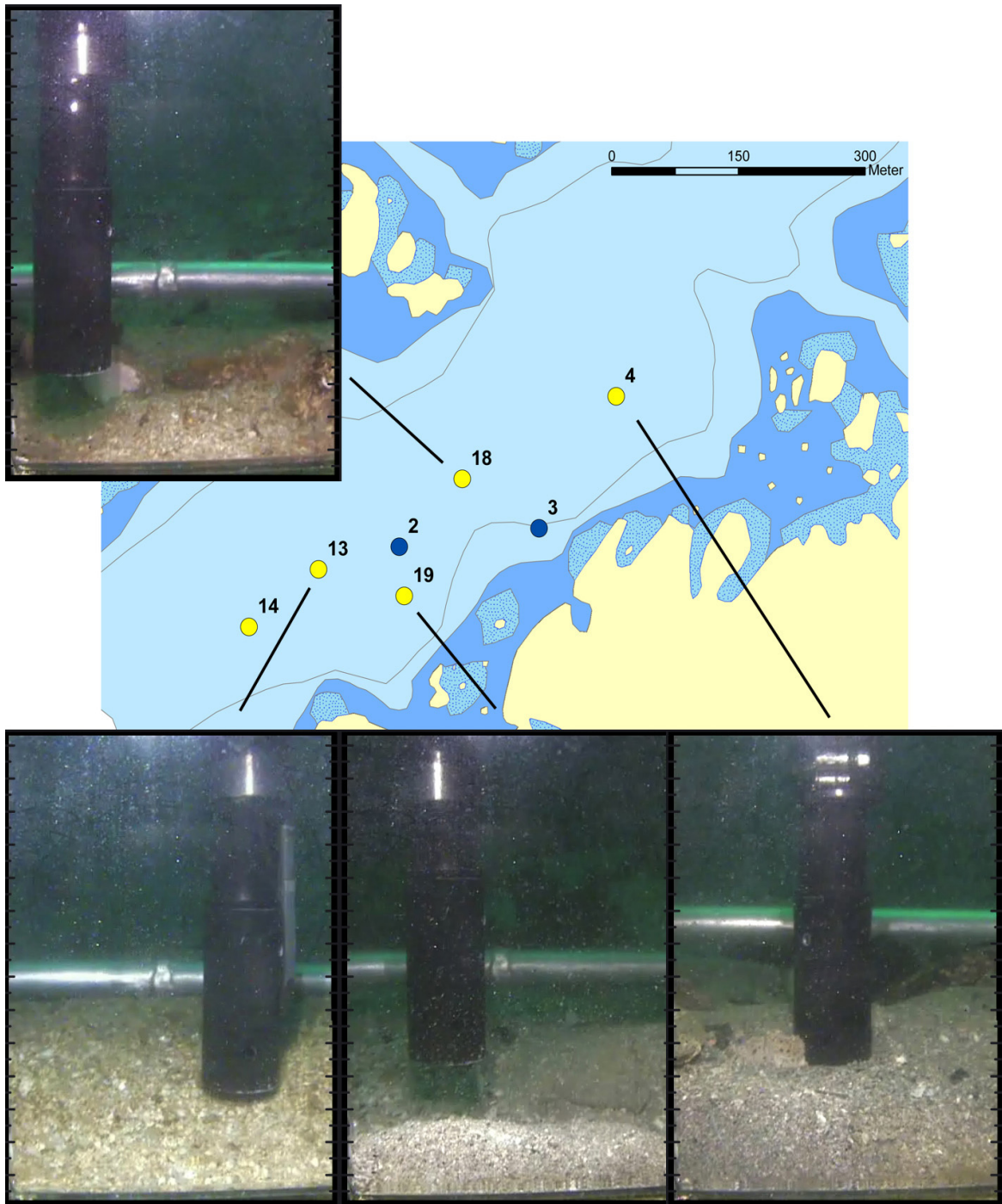


Figur 4. Lokalteter med fintrådige alger i Froan observert 1-11. august 2007. Røde stasjoner: fintrådige alger er dominerende, gule stasjoner: vanlige og grønne stasjoner: kun spredte forekomster. De to oppdrettslokalitetene er vist i sort.

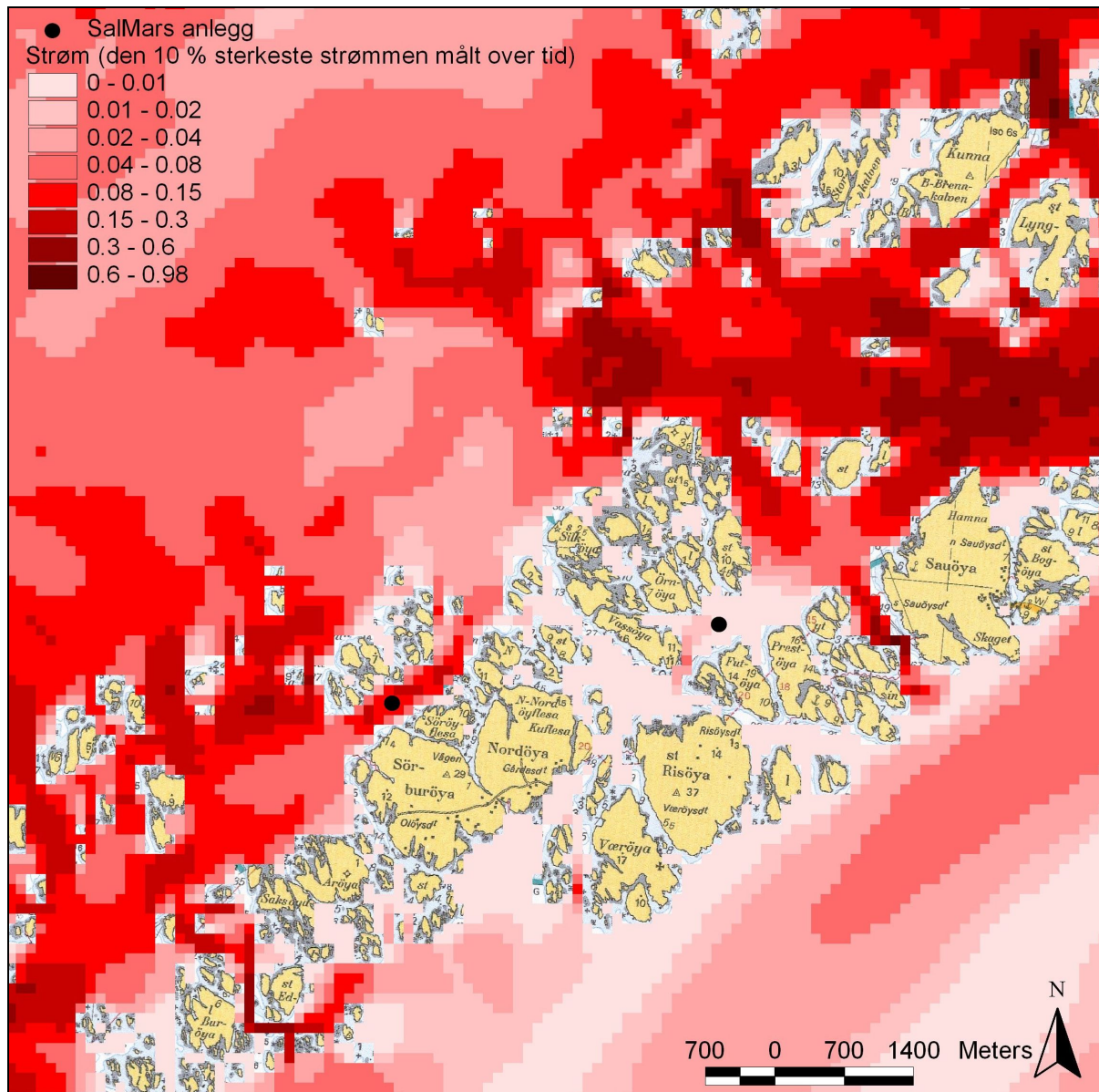
3.2 Sørøyflesa

Ved denne lokaliteten var det ikke fisk under feltarbeidet i august 2007, men lokaliteten var lett å identifisere fra bøyene som ikke var fjernet. Iflg. Bjørn Larsen, SalMar, hadde all oppdrettsfisk blitt slaktet i juli samme år, dvs at lokalitetene hadde ligget brakk ca en måned da undersøkelsen ble gjort. Det ble ikke observert rester av fôr, fekalier eller andre spor av avfall fra oppdrettsvirksomhet. Kameraet viste hardbunn ved stasjon 2 og 3. De øvrige stasjonene var dominert av skjellsand (se bilder i **Figur 5**). Elektrodene viste ingen vesentlige avvik fra verdiene observert på kontrollstasjonene antatt upåvirket av oppdrettsvirksomhet. De laveste potensialene ble observert på stasjon 4, som lå litt nordenfor selve not-området. Kameraet viste penetrasjon 0,5 cm og avviket i Eh og Es kan skyldes at skjellsanden var litt mer finkornig enn på de øvrige stasjonene i området.

Strømmodellen viste gode strømforhold ved denne lokaliteten (**Figur 6**). De gode forholdene i sedimentene skyldes derfor mest sannsynlig at partikulært avfall i liten grad akkumuleres gjennom produksjonssyklusen eller at avsatt avfall er vasket bort etter at fisken ble tatt ut.



Figur 5. Stasjonsoversikt og utvalgte bilder av bunnen på oppdrettslokalitet ved Sørøyflesa. Det var ikke fisk på lokaliteten da disse prøvene ble tatt. Blå=hardbunn, gul=skjellsand. Alle stasjonene her er undersøkt med SPI-kamera. Horisontalt blankt rør er rammen på kamerariggen, vertikal sonde er pH-elektroden.



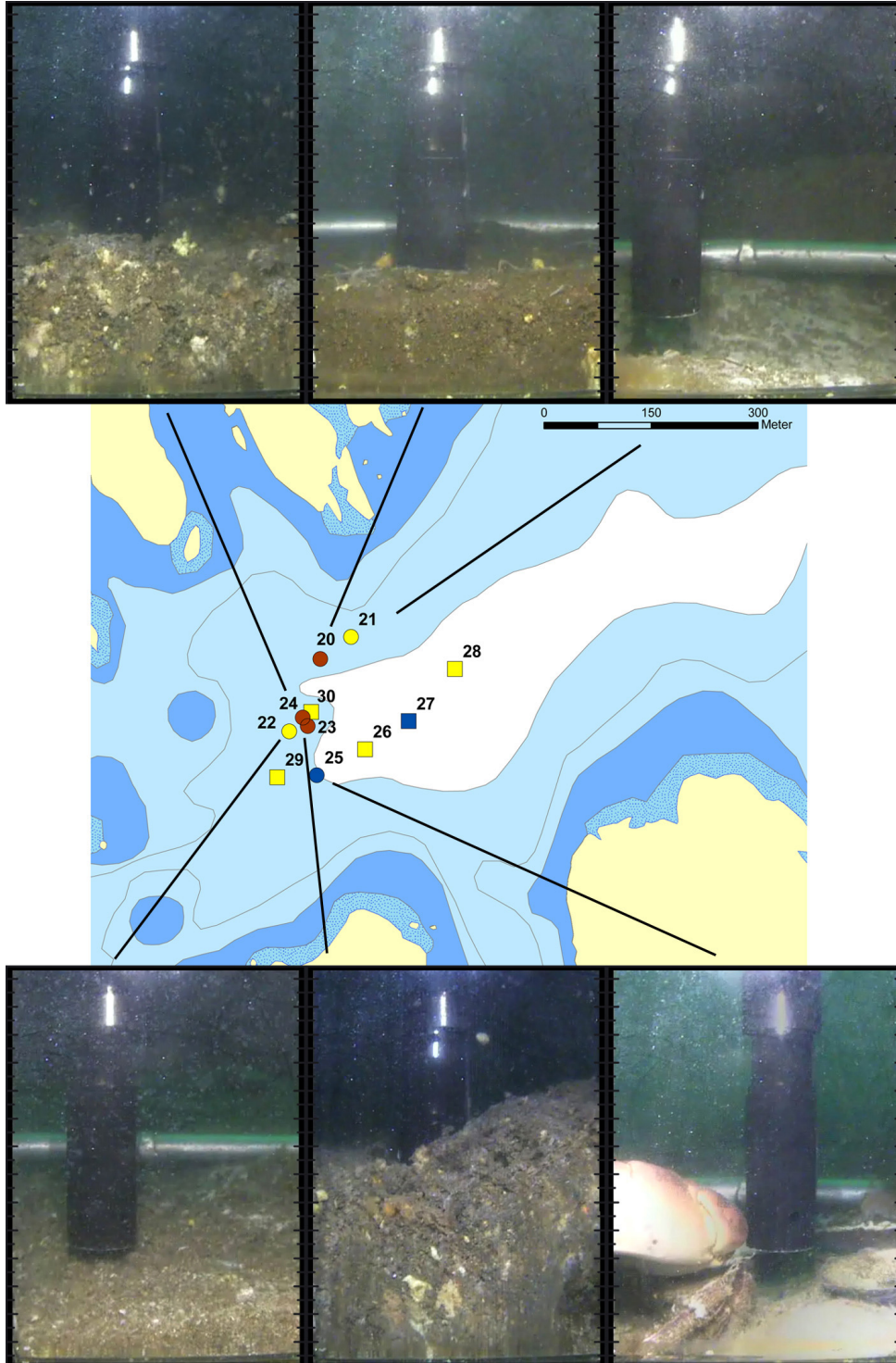
Figur 6. Modellerte strømforhold (med 100 m horisontal oppløsning). Jo mørkere rødt, jo sterkere strøm. Strømmodellen vises som de 10 % sterkeste målingene over tid. Det romlige mønsteret er det samme uansett hvilken komponent av strøm vi velger å vise. Oppdrettslokalitetene ved Sørøyflesa og Hallarøy er merket med sorte prikker.

3.3 Hallarøy august 2007

Lokaliteten er vist i **Figur 6**. Under feltarbeidet i august 2007 lå det tre store sirkelformede nøter med til sammen ca 1 800 tonn slakteferdig laks på denne lokaliteten. Iflg. SalMar ved Bjørn Larsen ble fisken slaktet i oktober 2007. Stasjon 20 lå ca 30 m NØ for innerste not. Stasjon 29 lå ca 50 m SV for ytterste not.

Mellom og langs kanten av nøtene ble det observert forspill og fekalier på noen av stasjonene (stasjon 20, 23 og 24). På disse stasjonene, 10-30 m fra vertikalprojeksjonen av nærmeste not ble det observert 5-10 cm centimeter tykke lag med organisk avfall (bilder i **Figur 7**). Penetrasjonen var 5-8,5 cm og elektrodene viste Eh fra -90 til -150 mV og Es fra -180 til -290 mV. Tydelig lukt av H₂S ble registrert på stasjon 23. I grab-prøven fra denne stasjonen ble det også observert gassdannelse og pH ble målt til 6,7.

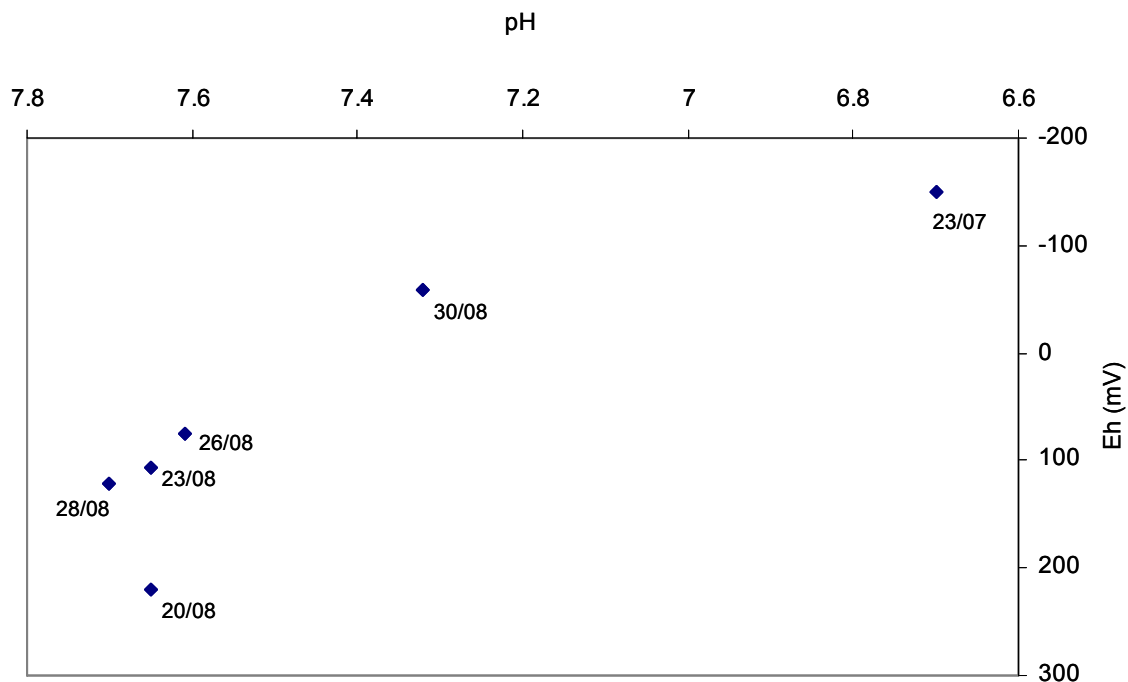
Iflg. Schaanning og Kupka-Hansen (2005), er gassdannelse og lav pH (<6,8-7,0) karakteristisk for oppdrettslokaliteter overbelastet med organisk materiale. Dersom store deler av bunnen under et oppdrettsanlegg er dominert av slike forhold, er lokaliteten overbelastet i hht NS9410. I Hallarøy var forholdene under anlegget svært varierende. Slam ble observert på tre av stasjonene, mens utgassing og lav pH ble registrert i bare en prøve. I hht NS9410 var forholdene i denne prøven dårlige, dvs tilstand 4.



Figur 7. Stasjonsoversikt og utvalgte bilder av bunnen på oppdrettslokalitet ved Hallarøy. Organisk avfall fra anlegget ses tydelig på bildene øverst og midten nede. Hvitt belegg på bildet øverst til høyre skyldes trolig *Beggiatoa* (sulfidoksidende bakterier). Runde symboler er SPI-stasjoner og firkanta symboler er grabbskudd. Blå=hardbunn, gul=skjellsand, rød=observasjoner av forspill og fekalier. Horisontalt blankt rør er rammen på kamerariggen, vertikal sonde er pH-elektroden.

3.4 Hallarøy januar 2008

Stasjonene ved Hallarøy ble undersøkt om igjen den 23. januar 2008 (**Vedlegg B**). **Figur 8** viser langt bedre forhold på stasjon 23 i januar 2008 sammenlignet med august 2007. Riktignok varierte forholdene under dette anlegget mye over bare noen få meters avstand. Men det faktum at ingen av stasjonene i 2008 viste forhold tilsvarende 23/07 (se **Figur 8**) indikerer en bedring i løpet av høsten. De eneste avvikene i forhold til beste kategori i MOM-klassifiseringen (NS9410) var stasjon 30, som hadde lavere pH og Eh enn de øvrige stasjonene. Denne stasjonen ble klassifisert til tilstand 2, mens de øvrige 10 stasjonene ble klassifisert til tilstand 1, som er beste tilstand i dette klassifiseringssystemet. Også lokaliteten som helhet ble klassifisert til tilstand 1 på grunnlag av undersøkelsen i januar 2008.



Figur 8. pH-Eh diagram (Eh=redokspotensialet) for målinger i grabbprøver, Hallarøy august 07 og januar 08.

3.5 Hallarøy - kjemiske analyser og tilstandsklassifisering

Resultatene av de kjemiske analysene er vist i **Tabell 2**. Til hjelp ved vurderingen av de analyserte parametrene har vi i tillegg til MOM-systemet (NS9410) benyttet tre ulike klassifiseringssystemer. Målingene av organisk karbon er benyttet for klassifisering av eutrofitilstand (SFTs Veileder 1467/1997), og de to metallene sink og kopper er benyttet for klassifisering i hht potensielle skader på sedimentlevende organismer (SFT Veileder 2229/2008). I tillegg har vi beregnet en kjemisk indeks for påvirkningsgraden ("farm impact") basert på målinger av nitrogen, fosfor, kopper og sink i sedimenter ved norske oppdrettsanlegg (Schaanning, 1994). En oversikt over systemene med resultater for enkeltprøver og for lokaliteten som helhet er vist i **Tabell 3**.

De høyeste konsentrasjonene av organisk karbon (TOC) ble observert på stasjonene 23/08 og 30/08. Dette var i overensstemmelse med elektrodemålingene som viste at disse to stasjonene skilte seg ut fra de andre stasjonene (**Figur 3, Figur 8**). Iflg. klassifiseringssystemet for sedimenter i fjord- og kystfarvann (Molvær et al., 1997) tilsvarte de to prøvene hhv. tilstand III ("moderat") og IV ("dårlig"). Konsentrasjonene av TOC var påfallende lave i alle prøvene innsamlet i 2007 og det kan ikke utelukkes at karbon kan ha gått tapt i løpet av den forholdsvis lange lagringstiden før analyse, eller at resultatene er påvirket av varierende og høyt innhold av uorganisk karbon som fjernes før bestemmelsen av TOC. Observasjonene av TOC ble bare delvis bekreftet av relativt høye konsentrasjoner av nitrogen i sedimentene på stasjonene 23/08 og 30/08 i tillegg til en relativt høy

verdi på stasjon 26/07. Nitrogen er ofte benyttet som alternativt mål for organisk materiale i sediment og dårlig samvariasjon mellom TOC og nitrogen kan skyldes analysefeil knyttet til syrebehandlingen som brukes for fjerning av uorganisk karbon.

Konsentrasjonene av kopper var lav (3-15 µg/g TS) i alle prøvene unntatt stasjon 30/08, der konsentrasjonen var 52 µg/g TS, tilsvarende tilstand III "moderat" i hht SFTs klassifiseringssystem for sedimenter (SFT Veileder 2229/2008). Konsentrasjonene av sink varierte fra 10 til 133 µg/g TS som er under grenseverdien på 150 µg/g TS for tilstand I "bakgrunn" (SFT Veileder 2229/2008).

Som vist i **Tabell 3** ble tilstanden, basert på middelverdiene for de 4 prøvene innsamlet i 2007 og de 5 prøvene innsamlet i 2008, klassifisert i beste eller nest beste kategori i alle de fire systemene.

Korrelasjonskoeffisienten $R^2 = 0,95$ viste god korrelasjon mellom Zn og fosfor (P) (**Figur 9**). Dette indikerer at de to elementene tilføres sammen fra samme kilde. Både P og Zn er viktige ingredienser i fiskefôr. Tilsvarende god korrelasjon mellom disse to elementene er tidligere påvist i sedimenter påvirket av utslipp fra oppdrettsanlegg langs store deler av norskekysten (Schaanning, 1994) og de to elementene er trolig et godt alternativ til Zn og Cu, som har vært benyttet til sporing av avfall fra kanadisk lakseoppdrett (Yeats et al., 2005). Figuren viser igjen størst påvirkning på de to stasjonene 23 og 30 og korrelasjonen levner liten tvil om at det er utslipp fra oppdrettsanlegget som er kilden til de endrede forholdene i sedimentene på disse stasjonene. Referansestasjoner i eksponerte områder langs norskekysten har typiske konsentrasjoner $<2000 \text{ mgP kg}^{-1}$ og $<50 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ (Schaanning, 1994).

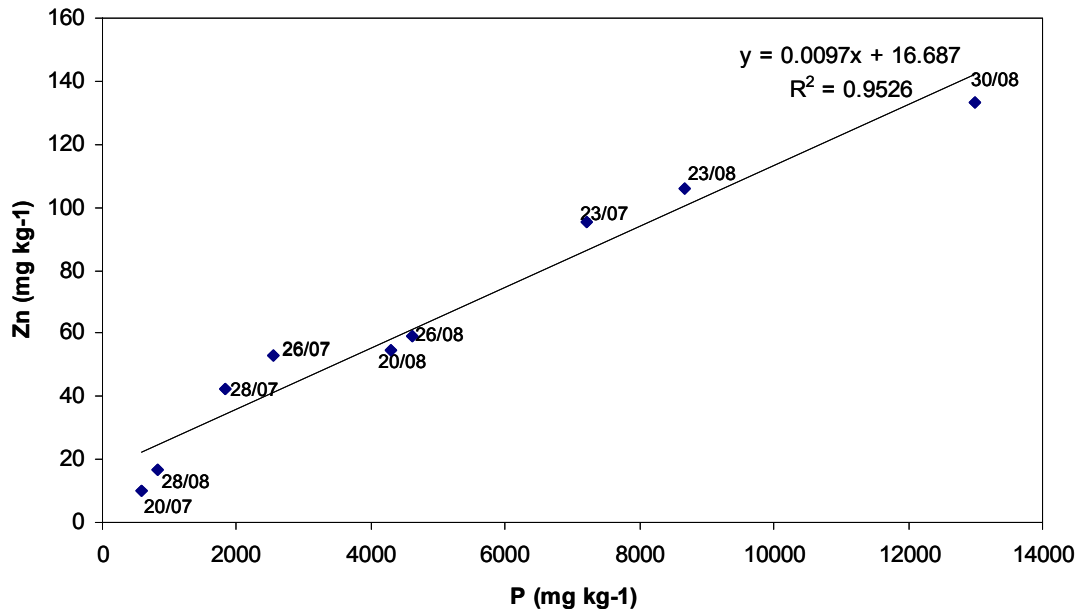
Tabell 2. Kjemisk analyse av sedimentprøver fra Hallarøy og klassifisering av N, P, Zn og Cu i hht grenseverdier for effekter av oppdrettsanlegg foreslått i Schaanning (1994). Konsentrasjonene av TOC er klassifisert i hht kriterier for fjorder og kystfarvann (Molvær et al., 1997).

Stasjonsnr	TOC mg g ⁻¹ TS	N mg g ⁻¹ TS	P	Zn µg g ⁻¹ TS	Cu	TOC M.kl*	N	P	Zn	Cu	Indeks indeks (0-3)	Effekt av anlegget
20/07	4,0	<1,0	0,5	10	3,2	I	0	1	1	0	0,50	liten
23/07	16,5	2,2	7,2	95	7,7	I	1	2	1	1	1,25	moderat
26/07	19,6	5,2	2,5	53	7,7	I	1	2	1	1	1,25	moderat
28/07	10,9	<1,0	1,8	43	8,1	I	0	1	1	1	0,75	liten
Middel 2007	12,8	2,1	3,0	50,3	6,69	I	I	2	I	I	1,25	moderat
20/08	23,7	2,8	4,2	55	5,5	II	1	2	1	1	1,25	moderat
23/08	40,3	3,4	8,6	106	15,2	IV	1	2	1	1	1,25	moderat
26/08	24,3	3,3	4,6	59	7,4	II	1	2	1	1	1,25	moderat
28/08	10,5	2,4	0,8	17	4,8	I	1	1	1	0	0,75	liten
30/08	31,2	5,5	13,0	133	52,1	III	1	3	1	2	1,75	moderat
Middel 2008	26,0	3,5	6,28	74,0	17,0	II	I	2	I	I	1,25	moderat

* Miljøklasse

Tabell 3. Klassifiseringssystemer og klassifisering av tilstanden i sedimentene ved Hallarøy.

Referanse	Anvendelsesområde	Parametere	Tilstandsklasser	Resultat Hallarøy	
				enkelt-prøver	middel
NS9410	Sedimenter ved oppdrettslokaliteter	pH, Eh, visuelle og olfaktoriske	1, 2, 3, 4	1-4	1
Schaanning, 1994	Sedimenter ved oppdrettslokaliteter	N, P, Zn, Cu	0, 1, 2, 3	0-3 Ingen-stor påvirkning	1,25 Moderat påvirket
SFT Veileder 1467/1997 (Molvær et al., 1997)	Generelt fjord og kystfarvann	TOC	I, II, III, IV, V	I-IV God-dårlig tilstand	I God tilstand
SFT Veileder 2229/2008	Generelt vann og sedimenter	Cu, Zn	I, II, III, IV, V	I-III Bakgrunn - moderat forurenset	I Bakgrunn



Figur 9. Kjemiske analyser av sink (Zn) og fosfor (P), i sediment fra grabbprøver innsamlet i august 2007 (07) og januar 2008 (08). Prøvene var lite homogene og analysene ble utført på restmaterialet etter fjerning av stein og skallrester større enn ca 5 mm. Kurven, kurveligningen og korrelasjonskoeffisienten beregnet ved lineær regresjon viste god korrelasjon mellom Zn og P i disse sedimentene.

4. Samlet vurdering

All oppdrettsvirksomhet i åpne nøter medfører utslipp av næringsalter og organisk materiale som kan regnes å være tilnærmet proporsjonalt med produksjonen av fisk. I tillegg er det vanlig å se noe forhøyete konsentrasjoner av fosfor, sink og kopper i sedimentene nær inntil anlegget. Dersom organisk materiale akkumuleres i sedimentene under anlegget kan det oppstå lokale problemer, først og fremst i forhold til fisken i anlegget, som kan bli utsatt for utgassing (metan og hydrogensulfid), men også ved lokale eutrofieffekter som følge av at en større andel av næringsstoffene omsettes og resirkuleres i området.

Uansett om avfallet akkumuleres på et lite område under anlegget eller spres med strømmen over et større område, vil det organiske materialet gradvis brytes ned av bakterier. Under denne prosessen lekker næringsalter til omgivelsene. Økt tilførsel av næringsalter kan gi grunnlag for økt produksjon av plantemateriale og endret artssammensetning dersom de bringes opp i produktive vannmasser nærmere overflaten. Dette er den forventete effekten på omgivelsene.

Det ble observert flere lokaliteter med mye fintrådige alger. Fintrådige alger responderer raskt på forhøyet næringsinnhold og brukes ofte som en indikator på menneskelig næringsaltpåvirkning. Resultatene viste ingen overrepresentasjon av fintrådige alger nær anleggene sammenlignet med stasjoner lenger vekk. Vi kan derfor ikke relatere observasjonene av fintrådige alger til oppdrettsvirksomheten i området. En spredningsmodell (som kobler topografi og strøm) vil muligens kunne belyse eventuelle relasjoner mellom de to oppdrettslokalitetene og observasjonene av fintrådige alger.

Både i Froan og langs kysten for øvrig er det store variasjoner i terreng-, bølgeeksponerings- og strømforhold. Dette vil gi store lokale variasjoner i områders egnethet for oppdrett. Mange lokaliteter i Froan har gode strømforhold og er dermed godt egnet for fiskeoppdrett. Sørøyflesa er et eksempel på en slik lokalitet, og en måned etter brakklegging ble det ikke funnet spor etter virksomheten. Dette skyldes nok både gode strømforhold og at bunnen var svært flat uten søkk eller groper der avfall kan ansamles.

Lokaliteten ved Hallarøy lå i et mindre strømsterkt område med sterkt kupert stein- og fjellbunn og noe skjellsand. I august 2007 stod det ca 1 800 tonn laks på lokaliteten. SPI-kameraet avdekket surt, sulfidholdig organisk avfall i groper og mellom steiner på noen av stasjonene nærmest nøtene. All fisk ble slaktet i oktober 2007 slik at lokaliteten ble liggende brakk frem til undersøkelsene i januar. Elektrodemålingene viste, som forventet, generelt bedre forhold i sedimentene under anlegget i januar sammenlignet med august. De kjemiske analysene av sedimentene viste store variasjoner mellom stasjoner som lå like i nærheten av hverandre og ingen klar endring mellom de to toktene.

I forhold til organisk belastning viste en prøve tilstand IV ”dårlig”, mens gjennomsnittet for alle prøvene i januar viste tilstand II ”god”. Sammenfall mellom de høyeste verdiene av organisk materiale (TOC og nitrogen) og forhøyete konsentrasjoner av fosfor, sink og kopper viste at det organiske materialet i disse prøvene med stor sannsynlighet skyldtes påvirkning fra anlegget og ikke rester av makroalger eller annet organisk materiale tilført fra omkringliggende, grunnere områder.

Alle prøvene viste konsentrasjoner av sink innenfor grenseverdien for tilstand I ”bakgrunn”. Denne bakgrunnstilstanden refererer til konsentrasjoner målt i eksponerte områder langs norskekysten. Høyeste konsentrasjon av kopper tilsvarte tilstand III ”moderat”. For miljøgifter er tilstand III definert som et nivå som antas å kunne gi ”kroniske skader ved langtidspåvirkning” på sedimentlevende organismer.

Middelverdiene av kopper og sink i alle de analyserte prøvene var godt innenfor grenseverdien for tilstand I ”bakgrunn” både i august og januar. En stor del av bunnen i området består av stein og fjell uten spor etter utslipp fra anlegget. Prøver blir tatt bare der grabben kan få tak i løsmasser, dvs i

lommer og groper der kameraet ofte viste ansamlinger av organisk materiale. Det kan derfor være rimelig å hevde at de faktiske forholdene på lokaliteten er bedre enn det som vises av gjennomsnittlig konsentrasjon i de innsamlete prøvene.

5. Konklusjoner

- Mange lokaliteter i Froan har gode strømforhold og er godt egnet for fiskeoppdrett.
- Sørøyflesa er et eksempel på en slik lokalitet der det ikke ble funnet spor etter oppdrett bare en måned etter brakklegging.
- Lokaliteten ved Hallarøy lå i et mindre strømsterkt område og med sterkt kupert stein- og fjellbunn og noe skjellsand.
- Kameraet og elektrodene avdekket at det ved Hallarøy i august 2007 fantes groper med inntil 5-10 cm centimeter tykke lag med surt, sulfidholdig (H₂S), organisk materiale.
- Nye elektrodemålinger i januar 2008 viste at forholdene ved Hallarøy hadde bedret seg, som forventet etter uttak av all fisk på lokaliteten i oktober.
- Kjemiske analyser av fosfor, sink og kopper viste at det organiske materialet var avfall fra oppdrettsanlegget på Hallarøy.
- De kjemiske analysene rundt Hallarøy-anlegget viste også store forskjeller mellom nærliggende prøvetakingspunkter og ingen klar endring fra august til oktober.
- Konsentrasjonen av kopper ved Hallarøy ga tilstand III "moderat" i en av ni prøver. Alle andre prøver var innenfor grenseverdien for tilstand I "bakgrunn" både for kopper og sink.
- Til tross for at det kun ble tatt prøver fra groper og søkk der avfallet samler seg var gjennomsnittsnivåene for sink og kopper ved Hallarøy godt innenfor øvre grense for tilstand I "bakgrunn". Denne bakgrunnstilstanden refererer til konsentrasjoner målt i eksponerte områder langs norskekysten.
- Prøver blir tatt bare der grabben kan få tak i løsmasser, dvs i lommer og groper der kameraet ofte viste ansamlinger av organisk materiale. Det kan derfor være rimelig å hevde at de faktiske forholdene på Hallarøy er bedre enn det som vises av gjennomsnittlig konsentrasjon i de innsamlete prøvene.

6. Referanser

- Bryn, A. 2008. Kystlynghei i Froan. Norsk institutt for skog og landskap. Oppdragsrapport 15/2008.
- DN. 1995-3. Kartlegging av egnede marine verneområder i Norge. Tilråding fra rådgivende utvalg. Utredning for DN 1995-3. Direktoratet for naturforvaltning. Red: Brattegard, T. & T. Holthe. 179 s.
- FOR 1979-12-14 nr 01. Forskrift om vern for Froan naturreservat og landskapsvernområde med tilhørende dyrelivsfredning, innenfor Frøøyene, Frøya kommune, Sør-Trøndelag.
- Fylkesmannen i Sør-Trøndelag. 2002. Froan landskapsvernområde og naturreservat – Frøya (www.fylkesmannen.no/fmt_fagomrade.asp?) Publisert 24.10.2002.
- NS9410. Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine matfiskanlegg. Norsk Standard prNS 9410:2007.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 s.
- SFT. 2007. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007. 12s.
- Schaanning, M.T. 1994. Distribution of Sediment Properties in Coastal Areas Adjacent to Fish Farms and Environmental Evaluation of Five Locations Surveyed in October 1993. NIVA report no 3102.
- Schaanning, M. & Kupka-Hansen, P. 2005. The Suitability of Electrode Measurements for Assessment of Benthic Organic Impact and Their use in a Management System for Marine Fish Farms. In B. T. Hargrave (ed.), *The Handbook of Environmental Chemistry* (Springer Verlag), Vol. 5M, 381-408.
- Wold. 2001. Halten – fra fiskevær til stiftelse. Stiftelsen Halten Nikolai Dahls Minne, Trondheim.
- Yeats, P.A., Milligan, T.G., Sutherland, T.F., Robinson, S.M.C., Smith, J.A., Lawton, P. & Levings, C.D. 2005. Lithium-Normalized Zinc and Copper Concentrations in Sediments as Measures of Trace Metal Enrichment due to Salmon Aquaculture. In B. T. Hargrave (ed.), *The Handbook of Environmental Chemistry* (Springer Verlag), Vol. 5M, 207-220.

Vedlegg A. Stasjonenes koordinater

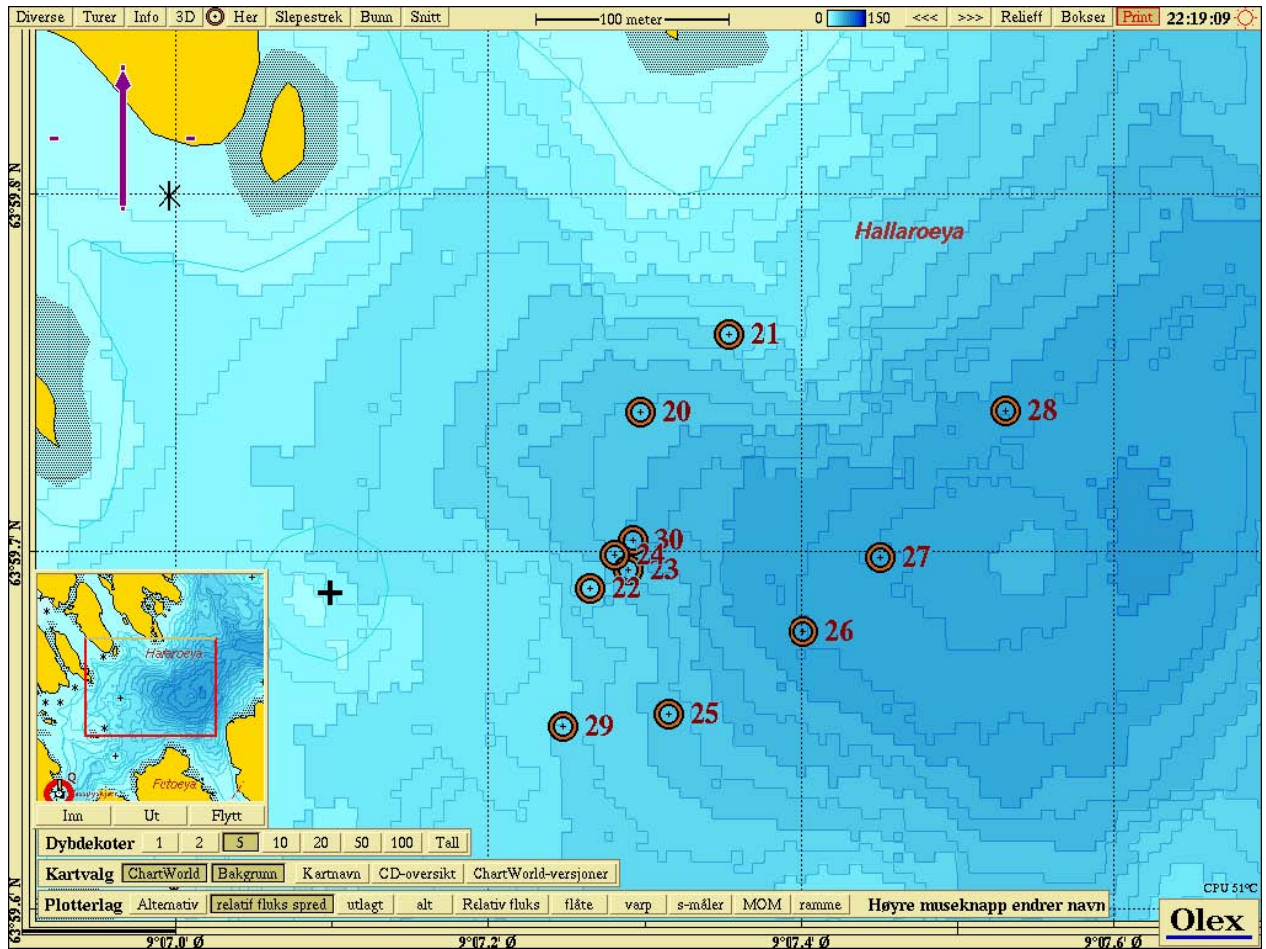
ID	Stasjon	Lat	Long	Dyp
1272	FeSPI01	63,97890	9,07288	6
1273	FeSPI02	63,98383	9,05585	51
1274	FeSPI03	63,98415	9,05917	41
1275	FeSPI04	63,98555	9,06075	44
1276	FeSPI05	64,00592	9,14318	21
1277	FeSPI06	64,00593	9,14512	25
1278	FeSPI07	64,00575	9,14738	37
1279	FeSPI08	64,00570	9,14860	54
1280	FeSPI09	64,01477	9,14668	30
1281	FeSPI10	64,01545	9,14595	40
1282	FeSPI11	64,01065	9,14802	8
1283	FeSPI12	64,00100	9,15567	8
1284	FeSPI13	63,98352	9,05395	51
1285	FeSPI14	63,98288	9,05240	51
1286	FeSPI15	63,99933	9,06885	
1287	FeSPI16	63,97117	9,08093	36
1288	FeSPI17	63,97147	9,07892	35
1289	FeSPI18	63,98457	9,05722	44
1290	FeSPI19	63,98334	9,05607	43
1291	FeSPI20	63,99567	9,12177	49
1292	FeSPI21	63,99598	9,12258	39
1293	FeSPI22	63,99473	9,12107	38
1294	FeSPI23	63,99482	9,12158	40
1295	FeSPI24	63,99492	9,12142	45
1296	FeSPI25	63,99422	9,12197	45
1297	FeSPI26	63,99460	9,12328	65
1298	FeSPI27	63,99500	9,12445	71
1299	FeSPI28	63,99570	9,12563	67
1300	FeSPI29	63,99415	9,12085	35
1301	FeSPI30	63,99500	9,12165	50
1284	FeSPI13	63,98352	9,05395	51

Vedlegg B. Rapport fra Havbrukstjenesten AS

Havbrukstjenesten AS 7260 Sistranda Telefon: 72 44 93 77 Felefax: 72 44 97 61 Internett: www.havbrukstjenesten.no E-post: arild@havbrukstjenesten.no		Rapport	
		Arbeid: Sediment prøver fra lokaliteten Hallarøya.	
		Forfatter: Arild Kjerstad	
		Oppdragsgiver: NIVA	
Rapport nr: 20081	Gradering: Åpen	Oppdragsgiver ref: Trine Bekkby	
Dato: Felt: 23.01.2008 Rapport: 27.01.2008	Antall sider: 4	Prosjektleder: Arild Kjerstad	Godkjent av:
<p>Oppdrag:</p> <p>Havbrukstjenesten fikk i oppdrag av NIVA ved Trine Bekkby å ta opp sedimentprøver fra 11 prøvestasjoner ved lokaliteten Hallarøya (lok nr 13886). Viser til e-post fra Trine Bekkby den 21.01.2008. Prøvestasjonene var de samme som det ble tatt ut prøver av fra NIVA i august/september 2007.</p> <p>Det ble tatt ut ca 50 gram med sediment fra hver prøvestasjon. Sedimentet ble sendt med "Ekspress over natt" til NIVA den 24. januar for videre undersøkelse.</p> <p>Undertegnede gjorde kjemiske og sensoriske undersøkelse av sedimentet fra hver prøvestasjon. Se vedlegg 1-3.</p> <p>De sensoriske observasjonen viste at det var bunngravende dyr i alle prøvestasjonene der en fikk opp tilstrekkelig med sediment fra. De kjemiske målte verdien viste at sedimentet er fra upåvirket til noe påvirket. Det var ingen av prøvestasjonene som hadde anoksiske forhold i sedimentet.</p> <p>Vedlegg: Vedlegg 1: Kart over prøvestasjoner, merket 20 – 30. Vedlegg 2: MOM-B skjema 1. Vedlegg 3: MOM-B skjema 2.</p>			

Vedlegg 1: Prøvetakningssted

Kart nr 1: Topografisk kart med avmerking av prøvestasjonene.



Vedlegg 2:

MOM-B skjema 1

Havbruksstjenesten AS

Prøvetakingsskjema MOM-B Skjema 1

Firma:

Salmar Farming AS

Lokalitet:

Hallarøya (lok.nr.13886)

Dato:23.01.2008

Prøvetaksingssted (nummer)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Dyp (m)ca	46	31	35	45	42	43	63	68	63	31	50
Antall forsøk på prøvetaking	1	3	1	1	2	3	1	3	1	3	1
Bunntype: Skjellsand	1		2	2	2	2			2		2
Sand/grus	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Leire											
Mudder											3
Steinbunn								2			
Fjellbunn		1									
Pigghuder								Få	Få		
*Krebsdyr	Få						Få	Få			
*Bløtdyr											
*Mark	Få		Få	Få	Få		Få	Få	Få		Få
** <i>Malacoceros fuliginosa</i>											
Dyr fra anleggsinstallasjon	x				x						
For/fekalier											
<i>Beggiatoa</i>											
Spontan bobling											
Bobling (ved prøvetaking)											
Bobling (i prøve)											
Tare											
MERKNAD											
Grabb areal: 250 cm ²	* Få/Mange/En art dominerer. ** Antall individer noteres										

SKJEMA FOR KONTROLBETINGELSER

	Sjøvann	Sediment	pH-buffer
Temperatur (gr. C)	6,5		10,0
pH	7,78		
Eh (mV)	56	Referense elektrodens potensial: 231	

Signatur:

Arild Kjerstad

Vedlegg 3:
MOM-B skjema 2

Havbruktjenesten AS

Prøvetakingskjema MOM-B Skjema 2

Firma: Lokalitet:

Salmar Farming AS Hallarøya
(lok.nr.13886)

Dato:23.01.2008

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer											Indeks								
			20	21	22	23	23	25	26	27	28	29	30									
I	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0,3								
Tilstand (Gruppe I)													1									
II	pH	Målt verdi	7,65		7,74	7,70	7,65		7,61		7,70	7,76	7,32	0,4								
	Eh (mV)	Målt verdi	-10		-20	-35	-125		-155		-109	-105	-290									
		plus ref. potensial	221		211	196	106		76		122	126	-59									
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0		0	0	0		1		0	0	2									
Tilstand (prøve)											1		1	1	1		1		1	1	2	1
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3								
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
		Brun/sort (2)											1									
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0			0		0	0	0										
		Noe (2)				1	1		1				2									
		Sterk (4)																				
	Konsistens	Fast (0)	0	0	0			0		0	0	0										
		Myk (2)				2	1		1				2									
		Løs (4)																				
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)	0	0	0		0	0	0	0	0	0										
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)				1							1									
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)																				
	Slamykkelse	$t < 2$ cm (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
$2 \leq t < 8$ cm (1)																						
$t \geq 8$ cm (2)																						
Sum			0	0	0	4	2	0	2	0	0	0	6									
Korr. Sum (0.22)			0,00	0,00	0,00	0,88	0,44	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	1,32	0,3								
Tilstand (prøve)											1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
Tilstand (Gruppe III)																					1	
II & III	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,7	0,3								
Tilstand (prøve)			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1								
Tilstand (Gruppe II & III)																					1	
LOKALITETENS TILSTAND						1	Signatur		Arild Kjerstad													

Frøya 27.01.2008



 Arild Kjerstad
 Havbruktjenesten AS

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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