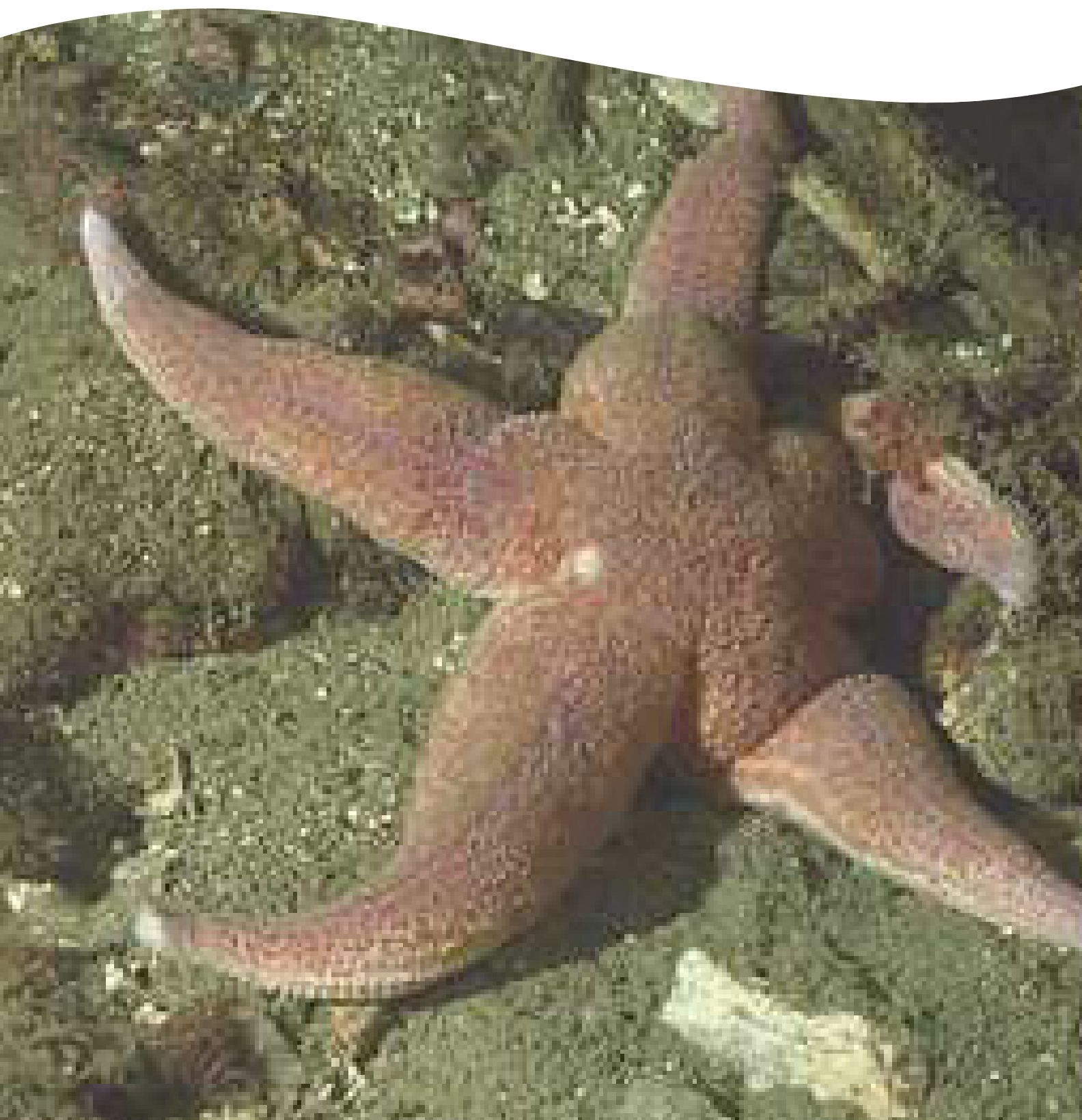


**PILOTANLEGG FOR PRODUKSJON AV  
SALTKRAFT PÅ HURUM  
REGISTRERING AV MARIN FAUNA OG  
FLORA I FJÆRA OG PÅ GRUNT VANN**



**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**

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

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel <b>PILOTANLEGG FOR PRODUKSJON AV SALTkraft PÅ HURUM - REGISTRERING AV MARIN FAUNA OG FLORA I FJÆRA OG PÅ GRUNT VANN</b>	Løpenr. (for bestilling) 5925-2010	Dato 2010.05.14
	Prosjektnr. Undernr. 29380	Sider Pris 27
Forfatter(e) Walday, Mats Berge, John Arthur Gitmark, Janne Green, Norman	Fagområde Marin biologi	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statkraft development AS, v. kontaktperson Mari Roald Bern	Oppdragsreferanse Kontrakt 4500057707
--	--

<p>Sammendrag</p> <p>Det er foretatt førundersøkelser av marine biologiske samfunn på grunt vann i området utenfor Statkrafts pilotanlegg for saltkraft ved Tofte på Hurum. Det er her fokus på eventuelle effekter som utslipp av vann med forhøyet næringssaltinnhold og endret temperatur kan ha på det biologiske miljøet. Artslister fra samtlige registreringer er inkludert i rapporten og det er gjort enkelte statistiske vurderinger av resultatene. Undersøkelsene viste at det er noe lokale forskjeller i de biologiske samfunnene på de fire stasjonene innenfor det undersøkte området. Dette kan i stor grad relateres til substrat. En sammenligning med stasjoner fra overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord indikerer at dykkerstasjonen på Tofte i liten grad skiller seg fra disse, og at en derfor kan bruke den nærmeste stasjonen på Bevøya som en referanse ved eventuelle oppfølgende undersøkelser. Det foreslås en årlig oppfølging av de registreringer som ble gjort under førundersøkelsen.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. marin</li> <li>2. næringssalter</li> <li>3. hardbunnssamfunn</li> <li>4. Oslofjorden</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. marine</li> <li>2. nutrients</li> <li>3. rocky shore communities</li> <li>4. Oslofjord</li> </ol>
--	--



Mats Walday  
Prosjektleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

Forskningsleder

ISBN 978-82-577-5660-4

# **P**ilotanlegg for produksjon av saltkraft på Hurum

Registrering av marin fauna og flora  
i fjæra og på grunt vann

## **Forord**

NIVA har på oppdrag fra Statkraft development AS gjennomført en førundersøkelse av de marinbiologiske forhold i området utenfor Statkrafts pilotanlegg for saltkraft ved Tofte på Hurum. Kontaktperson hos Statkraft har vært Mari Roald Bern.

Undersøkelsene ble utført av Norman Green, Mats Walday og Janne K Gitmark. John Arthur Berge har bidratt i planlegging og rapportering.

Rapporten er kvalitetssikret av Morten Schaaning.

Oslo, 14.mai 2010

*Mats Walday*

---



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2. Metodikk</b>	<b>10</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>12</b>
3.1 Strandsonen	12
3.2 Sjøsonen	15
<b>4. Oppsummering</b>	<b>20</b>
<b>5. Oppfølgende undersøkelser</b>	<b>20</b>
5.1 Resipientundersøkelser	20
5.2 Miljøgifter	20
<b>6. Referanse</b>	<b>21</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>22</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>27</b>

---

## Sammendrag

Statkraft Energi AS er i ferd med å ferdigstille et pilotanlegg for saltkraft ved Tofte på Hurum. I den forbindelse ønsket bedriften å undersøke miljøtilstanden i resipienten før anlegget settes i full drift. Det ble høsten 2009 foretatt førundersøkelser av marine, biologiske samfunn på grunt vann i området utenfor anlegget ved Tofte. Følgende miljøutfordringer er aktuelle i forhold til driften av saltkraftverket på Hurum: økt næringssaltinnhold i overflatevann, endrede temperaturforhold, miljøgifter i partikler samt effekter av eventuell tilsetning av kjemikalier. Denne undersøkelsen hadde fokus på de eventuelle effekter som utslipp av vann med forhøyet næringssaltinnhold og lokale endringer av temperaturforhold kan ha på det biologiske miljøet.

Artslistene fra samtlige registreringer er inkludert i rapporten og det er gjort enkelte statistiske vurderinger av resultatene. Undersøkelsene viste at det er noen lokale forskjeller i de biologiske samfunnene på de fire stasjonene innenfor det undersøkte området. Dette kan i stor grad relateres til substrat. En sammenligning med stasjoner fra overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord indikerer at dykkerstasjonen på Tofte i liten grad skiller seg fra disse, og at en derfor kan bruke den nærliggende stasjonen på Bevøya som en referanse ved eventuelle oppfølgende undersøkelser. Det foreslås en årlig oppfølging av de registreringer som ble gjort under førundersøkelsen.

## Summary

State energy producer Statkraft has built the world's first osmotic power plant prototype in Hurum in Norway's Buskerud County. The plant uses seawater and fresh water separated by a membrane. The fresh water creates pressure as it enters the seawater via the membrane and this pressure is converted to energy. Seawater is pumped from a depth of 35 m up to the power plant. At the end of the process the fresh water and seawater is discharged at about 2 m depth in the fjord outside the power plant.

Possible environmental impact on the fjord from running the power plant is: increased levels of nutrients in surface water, changed temperature in surface water, transport of contaminated particles towards surface water, and discharge of chemicals that might be used in the process.

The report presents the results from baseline registrations of benthic algae and invertebrates in the recipient, possible impact on the fjord is discussed, and there are suggestions for further monitoring of the recipient.

Title: Osmotic power plant prototype at Hurum, Norway - Baseline documentation of benthic algae and evertebrates in shallow water in the recipient for the power plant

Year: 2010

Author: Walday, Mats; Berge, John Arthur; Gitmark, Janne; Green, Norman

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5660-4



# 1. Innledning

Statkraft Energi AS er i ferd med å ferdigstille et pilotanlegg for saltkraft ved Tofte på Hurum. I den forbindelse ønsket bedriften å undersøke miljøtilstanden i resipienten før anlegget settes i full drift. NIVA ble engasjert for å gjøre denne jobben.

Saltkraftanlegget ligger på industriområdet til Södra Cell på Tofte. Anlegget medfører at en tar inn saltvann (ca 20 L/s) fra 35 m dyp i Oslofjorden utenfor industriområdet. Det benyttes også vann (ca 10 L/s) fra en ferskvannskilde i området. Overskuddsvann fra denne ferskvannskilden ville normalt renne ut i overflaten innenfor industriområdet til Södra Cell. I pilotanlegget vil det skje en blanding av saltvannet og ferskvannet ved at ferskvannet ved osmose passerer en membran som skiller de to vannotypene. Trykket som dannes på sjøvannssiden (ca 12 bar) ved osmosen utnyttes til produksjon av el-kraft i en generator. Etter at blandingsvannet har passert generatoren vil dette sammen med overskudd av sjøvann slippes ut i resipienten. NIVA ble under planleggingen av arbeidet forespeilet at utslippet skulle ligge på ca 10 m dyp. I virkeligheten ligger utslippet på ca 2 m dyp og mye nærmere saltkraftanlegget. Dette ble vi klar over under feltarbeidet, og måtte derfor revidere arbeidsplanen noe for å optimalisere undersøkelsene i forhold til dette.

Følgende miljøutfordringer er aktuelle i forhold til driften av saltkraftverket på Hurum:

- Næringsaltpumpe: fordi næringsalkonsentrasjonene på dypere vann normalt er høyere enn i overflatevannet vil pumping av sjøvann fra 35 m til 10 m føre til en netto transport av næringsalter til overflatevannet hvor disse kan gi opphav til overgjødningseffekter i form av øket primærproduksjon og endringer i plante og dyresamfunn. Når det gjelder lokaliteten for pilotanlegget er det viktig å være klar over at Södra Cell på Tofte har et relativt stort næringsaltutslipp i samme område.
- Temperaturrendringer lokalt i overflatevannet: Transport av vann fra 35 m til 10 m og utslippet av ferskvann vil kunne endre temperaturforholdene lokalt som igjen kan føre til endringer i forekomst av enkelte alger og dyr. Vanntemperaturen på 35 m dyp er sommerstid lavere enn overflatetemperaturen og vinterstid høyere. Sommerstid vil ferskvannet være varmt og vinterstid kaldt.
- Miljøgifter i partikler. De frafiltrerte partiklene (filterkake) kan inneholde miljøgifter. Miljøgiftinnholdet vil gjenspeile forholdene i fjorden og i ferskvannskilden. I utgangspunktet vil imidlertid utslippet ikke tilføre fjorden mer miljøgifter enn det som allerede var der fra før av eller ville havne der uansett via ferskvannskilden som renner ut lokalt. Dersom en velger å ikke sende de frafiltrerte partiklene ut i fjorden kan det imidlertid være av interesse å vite om filterkakene utgjør noe miljøgiftproblem
- Effekter av tilsetningen av hypokloritt (eventuelt også andre kjemikalier). Hypokloritt brukes for å hindre begroing i anlegget.

Den foreliggende rapport beskriver det biologiske miljøet i sjøen rundt anlegget og adresserer de to første punktene ovenfor.

For å dokumentere/avkrefte eventuelle effekter av pilotanlegget er det nødvendig å ha tilstrekkelig med bakgrunnsdata fra førundersøkelser for å kunne sammenligne med tilstanden etter at anlegget kommer i full drift. I et område som Hurumlandet som er relativt eksponert (vind og bølgeutsatt) er det først og fremst effekter på fastsittende organismer i fjæra og på relativt grunt vann på hardbunn som er

relevant. Bløtt substrat (bunn bestående av sand, leire og mudder) der partikler som sedimenterer har anledning til å akkumulere på bunnen vil også kunne forekomme.

Som eksempel er en økning i grønnalgeforekomster ofte et resultat av økte næringssalttilførsler, endrede temperaturforhold kan forskyve artssammensetningen og en heving av nedre voksegrense for bunnlevende alger er vanligvis et resultat av redusert sikt i vannmassene.

Det er tidligere utført en rekke biologiske undersøkelser på grunne hardbunnsområder i Ytre Oslofjord. Bakgrunn og formål for undersøkelsene har variert og noen systematisk overvåking av hele området har ikke blitt gjennomført før i 2001. NIVA gjennomfører nå regelmessige undersøkelser i Ytre Oslofjord for Fagrådet for Ytre Oslofjord og KLIF (Walday m fl. 2008). Nærmeste relevante stasjon ligger på Bevøen på fjordens østside. Södra Cell gjennomfører også overvåking av resipienten i forhold til sine utslipp.

Bedriftens forbruk av kjemikalier ses i **Tabell 1**.

- Climax Divos 80-5 er et rengjøringsmiddel for membraner. I følge kjemikaliets produktdatablad er økologiske skader verken kjent eller forventet under normal bruk. Produktet inneholder imidlertid fosfat som kan bidra til økt algevekst.
- Trinatriumcitrat er en buffer og benyttes til daglig vask av membraner i kombinasjon med natriumhypokloritt. Forbindelsen brukes i forskjellige næringsmidler og anses ikke som noe miljøproblem i de mengder som brukes ved anlegget.
- Natriumbisulfitt ( $\text{Na}(\text{HSO}_3)_2$ ) benyttes kun dersom membranene skal stå ubrukt i en lengre periode. Den brukes til å fjerne oksygen som blir stående i membranen. Mengden som brukes er svært liten. Bisulfitt vil også raskt omdannes til sulfat. Både natrium ( $\text{Na}^{2+}$ ) og sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) opptrer begge normalt i høye konsentrasjoner i sjøvann. Bedriftens bruk av natriumbisulfitt anses ikke som noe miljøproblem i resipienten.
- Natriumhypokloritt ( $\text{NaOCl}$ ) brukes for å hindre uønsket begroing i anlegget. Na-hypokloritt har meget bred anvendelse. Det brukes i stor utstrekning i desinfeksjon av råvann, badevann og kloakk (Bakke et al. 2006). Mange allment tilgjengelige rengjøringsmidler/ desinfeksjonsmidler inneholder Na-hypokloritt. Hypokloritt nedbrytes/omdannes relativt raskt til forbindelser som ikke er giftige. Nedbrytningen/omdannelsen er avhengig av bl.a. sjøens temperatur og innhold av oksiderbart organisk stoff. Halveringstiden varierer iflg litteraturen en del, men ligger typisk mellom 10 og 30 minutter (Golmen og Nygaard 1996). Dette betyr trolig at restgiftigheten i resipienten av bedriftens bruk av hypokloritt kun har et lokalt omfang. Bedriftens bruk av hypokloritt behandles ikke videre i rapporten.

**Tabell 1.** Bedriftens forbruk av kjemikalier (data oppgitt fra bedriften).

Kjemikalier	Forbruk ved saltkraftverket på ofte
Climax Divos 80-5	Hovedrens: 80l hver 3. måned. 320 l/år
Trinatriumcitrat	3 l/dag 25% utblandet med vann. 1095 l/år.
Natriumbisulfitt	2 kg/år.
Natriumhypokloritt	1.prosess: 2,9l pr dag. 1095 l/år. 30% utblandet med vann 2.prosess: 1200l vann med 10ppm/dag. 438.000l/år 10ppm

## 2. Metodikk

Feltarbeidet ble gjennomført 14. oktober 2009 og fra NIVA deltok forsker Norman Green, forskningsleder Mats Walday og forskningsassistent Janne Gitmark. Mari Roald Bern fra Statkraft Energi AS var tilstede under deler av feltarbeidet. Det var godt arbeidsvær under hele dagen, men samtidig anleggsdykking i nærheten av våre stasjoner gjorde at sikten i vannet ble kraftig redusert.

Det ble gjennomført en kartlegging av hardbunnsorganismer (dyr og planter som lever på stein og fjell) i fjæra og i grunnområdet på 4 stasjoner i nærheten av utslippet fra anlegget:

Stasjon	Latitud	Longitud
1	N59 32.538	E10 33.875
2	N59 32.626	E10 33.887
3	N59 32.631	E10 33.911
4	N59 32.630	E10 33.925



**Figur 1.** Plassering av de 4 stasjonene utenfor Statkrafts saltkraftanlegg på Hurum. De prikkete hvite linjene indikerer transektene hvor dykkeregistrering ble gjennomført. Utslippspunktet ligger omtrent ved enden av transektet på stasjon 2.

På samtlige stasjoner ble det registrert i fjæra. På stasjon 1 ble det i tillegg registrert ned til 20 m dyp og på stasjon 2 ned til 2 m dyp.

Følgende metodikk ble benyttet:

- Registreringer i strandsonen på 4 stasjoner. Det ble ikke benyttet ruteregistreringer siden underlaget ikke egnet seg, men isteden semikvantitativ registrering av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr langs ca 8 m av strandlinjen (i fjæresonen ned til ca 1 m dyp).
- Transektregistreringer av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr på én stasjon fra fjæresonen og nedover langs en linje til 20 m dyp. Registreringer ble utført på 1 m, 2 m, 3 m, 4 m og deretter annenhver dybdemeter.
- Transektregistreringer av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr på én stasjon fra fjæresonen og nedover langs en linje til utslippspunktet på ca. 2 m dyp.

Forekomsten (mengden) ble anslått etter følgende gradering (semikvantitativ skala):

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1) enkeltfunn       | (< 5% dekning)   |
| 2) spredt forekomst | (5-20 % dekning) |
| 3) vanlig           | (20-80% dekning) |
| 4) dominerende      | (>80% dekning)   |

Organismer som ikke kan identifiseres i felt ble samlet inn og er bestemt til art (eller høyere taxanivå) under lupe eller mikroskop. Det ble tatt bilder av alle stasjoner og eventuelle karaktertrekk ved strandsonesamfunnene er registrert.

De biologiske registreringene ble utført av en marin botaniker og en marin zoolog.

Ved dykkeundersøkelsene ble registreringene via undervannstelefon rapportert opp til assistent som gjorde notater. Dykkingen er gjennomført i henhold til offentlige- og NIVAs egne forskrifter.

### 3. Resultater

Samtlige data fra undersøkelsene er gjengitt i rapporten. Rådata fra strandsoneregistreringene er vist i Tabell 4 og Tabell 5. Data fra transektregistreringene på stasjon 1 og 2 finnes i vedlegg.

#### 3.1 Strandsonen

Hvis utslippet har lavere saltholdighet enn resipienten, forventes det at utslippsvannet stiger opp til overflaten. Dette kunne også observeres under feltarbeidet. Undersøkelser i strandsonen er derfor viktige for å kunne avdekke eventuelle effekter av utslippsvannet.

Det ble funnet til sammen 34 algearter/-taxa på de fire strandsonestasjonene, mens det tilsvarende ble funnet 15 dyrearter/-taxa. Antallet på hver av de fire stasjonene er vist i Tabell 2. Komplette artslistene er gitt i Tabell 4 og Tabell 5.

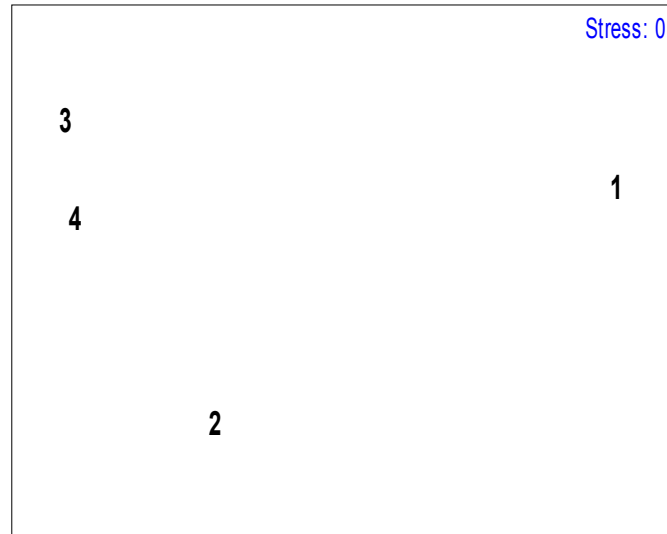
**Tabell 2.** Antall alge- og dyretaxa på de 4 strandsonestasjonene utenfor Statkrafts saltkraftanlegg på Hurum.

Stasjon	alger	dyr	sum
Stasjon 1: På småbåtmoloen	19	9	28
Stasjon 2: På svaberget	25	10	35
Stasjon 3: Ved røret	21	3	24
Stasjon 4: Ved betongmuren/gjerdet	23	5	28

Ved å analysere dataene med Bray-Curtis likhetsindeks i programpakken PRIMER får en i tillegg til antall arter også avdekket likheter og ulikheter mht *hvilke* taxa som er tilstede, og i hvilke *mengder* de forekommer (Figur 2). Fra figuren, som er basert på data fra strandsonen, kan en se at stasjon 3 og 4 er mest like hverandre, mens stasjon 1 er den som skiller seg mest fra de øvrige. En videre analyse av denne forskjellen ved hjelp av en SIMPER-analyse avdekker hvilke arter/taxa som betyr mest for at stasjon 1 skiller seg ut fra de øvrige.

I Tabell 3 er resultatene fra SIMPER vist. Kun de 10 artene/taxa som betyr mest er vist. Det er forskjeller i forekomsten av rødalgen rekeklo (*Ceramium rubrum*, cf. Figur 7) som gir det største bidraget (5,25%) til ulikheten mellom stasjonene. Rekeklo var dominerende på stasjon 1, mens den var vanlig på de øvrige stasjonene.

*strandsonen*



**Figur 2.** Illustrerer likhet mellom stasjoner (1-4) mht forekomst av dyr og alger i strandsonen. Stor avstand indikerer stor ulikhet.

**Tabell 3.** Analyse av forskjell mellom stasjon 1 og de øvrige tre stasjonene. Forekomstene er  $\chi^2$ -transformert. %-bidrag betyr bidrag til den registrerte ulikheten.

Art	Forekomst St. 1	Sn. forekomst St. 2,3,4	% bidrag	Kum. % bidrag
<i>Ceramium rubrum</i>	16	9	5,25	5,25
<i>Fucus serratus</i>	4	9	3,75	9,00
<i>Fucus vesiculosus</i>	4	9	3,75	12,74
<i>Chondrus crispus</i>	4	9	3,75	16,49
<i>Membranipora membranacea</i>	4	0	3,00	19,49
<i>Laomedea flexuosa</i>	4	0	3,00	22,49
<i>Asterias rubens</i> juvenil	4	0	3,00	25,49
<i>Chordaria flagelliformis</i>	4	0	3,00	28,49
Ectocarpales	4	0	3,00	31,49
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	0	4	3,00	34,49

**Tabell 4.** Alger registrert i strandsonen på de 4 stasjonene utenfor Statkrafts saltkraftanlegg på Hurum.

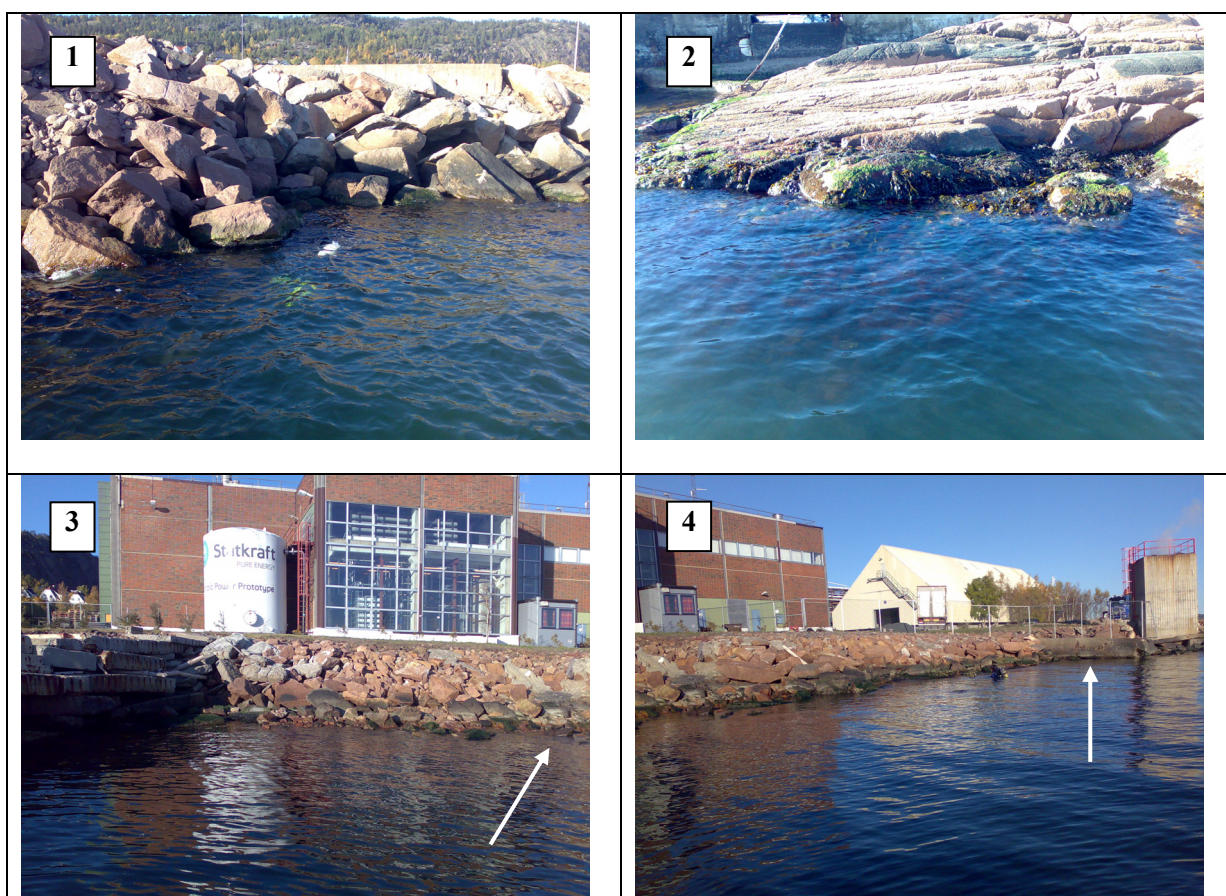
Art / Stasjon	1	2	3	4	Prøver tatt
<i>Ahnfeltia plicata</i>		2	2	2	
<i>Callithamnion corymbosum</i>	2			2	*
<i>Callithamnion</i> sp	2		1		
<i>Ceramium rubrum</i>	4	3	3	3	*
<i>Ceramium</i> cf. <i>tenuicorne</i>		2	2	2	* + Fiksert
<i>Chondrus crispus</i>	2	3	3	3	
<i>Delesseria sanguinea</i>	2				
<i>Dumontia contorta</i>		2	2	2	* + Fiksert
<i>Hildenbrandia rubra</i>	2	3	2	2	
<i>Lithothamnion</i> sp	2	2	2	2	
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	2	2	2	*
<i>Polysiphonia fucoides</i>	2	2	2	2	*
<i>Polysiphonia stricta</i>	2				*
<i>Porphyra</i> cf. <i>purpurea</i>			2		*
<i>Pterothamnion plumula</i>		1			*
<i>Rhodomela confervoides</i>		2	2	2	*
<i>Bryopsis</i> cf. <i>hypnoides</i>		1			*
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	2				
<i>Chaetomorpha linum</i>		2			*
<i>Cladophora albida</i>		2		2	*
<i>Cladophora rupestris</i>	2	2			
<i>Ulva intestinalis</i>	3	3	2	2	*
<i>Ulva lactuca</i>	2	2	2	2	*
<i>Ulva</i> cf. <i>linza</i>		2	2	2	* + Fiksert
Brunt på fjell		2	2	2	
Brunt på <i>Mytilus edulis</i>	2	2	2	2	
<i>Chordaria flagelliformis</i>	2				
Ectocarpales	2				
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>		2	2	2	*
<i>Elachista fucicola</i>		2		2	*
<i>Fucus serratus</i>	2	3	3	3	
<i>Fucus vesiculosus</i>	2	3	3	3	
<i>Ralfsia verrucosa</i>				2	
Kiselalger på fjell og alger		2	2	2	

**Tabell 5.** Dyr registrert i strandsonen på de 4 stasjonene utenfor Statkrafts saltkraftanlegg på Hurum.

Art / Stasjon	1	2	3	4	Prøver tatt
<i>Balanus improvisus</i>	2		3	2	
<i>Mytilus edulis</i> store	2	3		2	
<i>Halicondria panicea</i>	2	2			
<i>Littorina littorea</i>	1	2	2	2	
<i>Electra pilosa</i>	2	2	2	3	
<i>Membranipora membranacea</i>	2				
<i>Laomedea flexuosa</i>	2				*



Art / Stasjon	1	2	3	4	Prøver tatt
<i>Asterias rubens</i>	2	2			
<i>Asterias rubens</i> juvenil	2				
<i>Campanularia johnstoni</i>		2			*
<i>Alcyonidium hirsutum</i>		2			*
<i>Dynamena pumila</i>		2			*
<i>Cryptosula pallasiana</i>		2			*
<i>Leptasterias mulleri</i> juvenil		2			
<i>Laomedea geniculata</i>				2	*



Figur 3. Overflatebilder av de fire strandsonestasjonene (1-4).

### 3.2 Sjøsonen

Transektet på stasjon 1 har et substrat som består av store stein/fjell i de øverste 10 meter og med en bunnhelning mellom 50 og 80 grader. Helningen blir gradvis slakere dypere enn 10 m og på 20 m dyp er helningen ca 10 grader. Fra 10 meter og nedover er det sand/mudderbunn med enkelte større stein. Registreringen ble gjort på disse steinene. Bunnforholdene tilsier at biologien vil være noe fattigere her enn i et transekt som hovedsakelig består av hardbunn.

I Tabell 6 er antall alge- og dyretaxa på stasjon 1 ved Tofte sammenlignet med tilsvarende registreringer fra Bevøya i 2007. Bevøya er den av hardbunnsstasjonene i overvåkingsprogrammet for



Ytre Oslofjord som ligger nærmest Tofte. Kart over stasjonene som inngår i denne overvåkingen finnes i Vedlegg B, og Walday m.fl. (2008). Det er litt flere arter på Bevøya enn ved Tofte. Den mest sannsynlige grunnen til dette er mer hardbunn i transektet ved Bevøya enn ved Tofte (st.1).

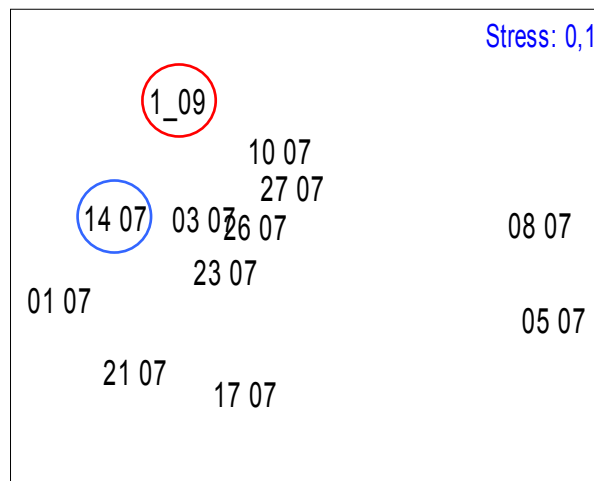
**Tabell 6.** Antall taxa av alger og dyr som ble registrert på dykkerstasjon 1 i 0-20m dyp. Til sammenligning er tilsvarende tall for stasjonen ved Bevøya (se tekst) angitt. På Bevøya registreres det kun i 0-15m dyp. I parentes er antall taxa i det samme dybdeintervall på stasjon 1 angitt.

Stasjon	Stasjon 1 Tofte	Bevøya*
Antall algetaxa	37 (37)	38
Antall dyretaxa	42 (40)	48
SUM	79 (77)	86

\*stasjon 14 i overvåkingen av ytre oslofjord

I forhold til *antall* arter av dyr og alger er de to stasjonene altså ganske like. Ved å analysere dataene i PRIMER får en i tillegg avdekket om denne likhet også gjelder når en sammenligner *hvilke* taxa som er tilstede, og i hvilke *mengder* de forekommer. I Figur 4 er resultatene fra stasjon 1 Tofte sammenlignet med resultatene fra samtlige dykkestasjoner under ytre Oslofjordovervåkingen (2007-data). Vi kan se at Toftestasjonen, markert med rød ring, ligger litt i ytterkanten av plottet, men ganske nær hovedklyngen av stasjoner. Dette forteller oss at sammensetningen av alger og dyr ved stasjonen på Tofte ligner mye på den en generelt har i Ytre Oslofjord og særlig på stasjonen på Bevøya (14 07).

### transekt ytre oslofjord



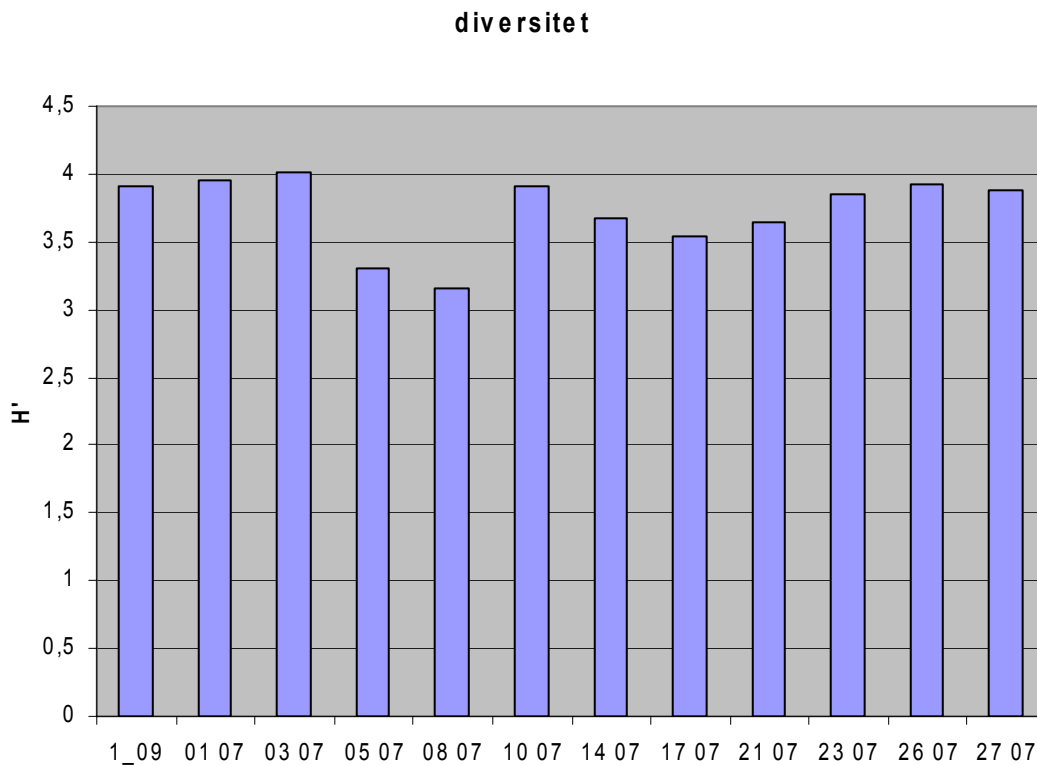
**Figur 4.** Illustrerer likhet mellom stasjoner mht forekomst av dyr og alger. Stor avstand indikerer stor ulikhet. 1\_09 er stasjonen på Tofte (rød ring). De øvrige er stasjoner fra overvåkingsprogrammet i Ytre Oslofjord undersøkt i 2007. Stasjonen på Bevøya (14 07) er markert med blå ring

Forskjellen mellom stasjon 1 og de av stasjonene den lignet mest på (st 3, 10, 14, 23, 26, 27) ble analysert ved hjelp av programpakken SIMPER. Resultatene er vist i Tabell 7. Det er forskjeller i forekomsten av posthornmark (*Spirorbis spirillum*) som gir det største bidraget (2,93%) til ulikheten mellom stasjon 1 og de øvrige stasjonene. *S. spirillum* var vanlig på stasjon 1, mens den i liten grad forekom på de øvrige stasjonene. Det samme gjaldt for sjønellik (*Metridium senile*, cf. **Figur 6**). Det var en annen art av posthornmark (*Spirorbis borealis*) som forekom på overvåkingstasjonene. Det er

liten forskjell i diversitet av alger og dyr mellom de fleste av stasjonene i Ytre Oslofjord. Stasjonen på Tofte er blant de med den høyeste diversiteten (Figur 5).

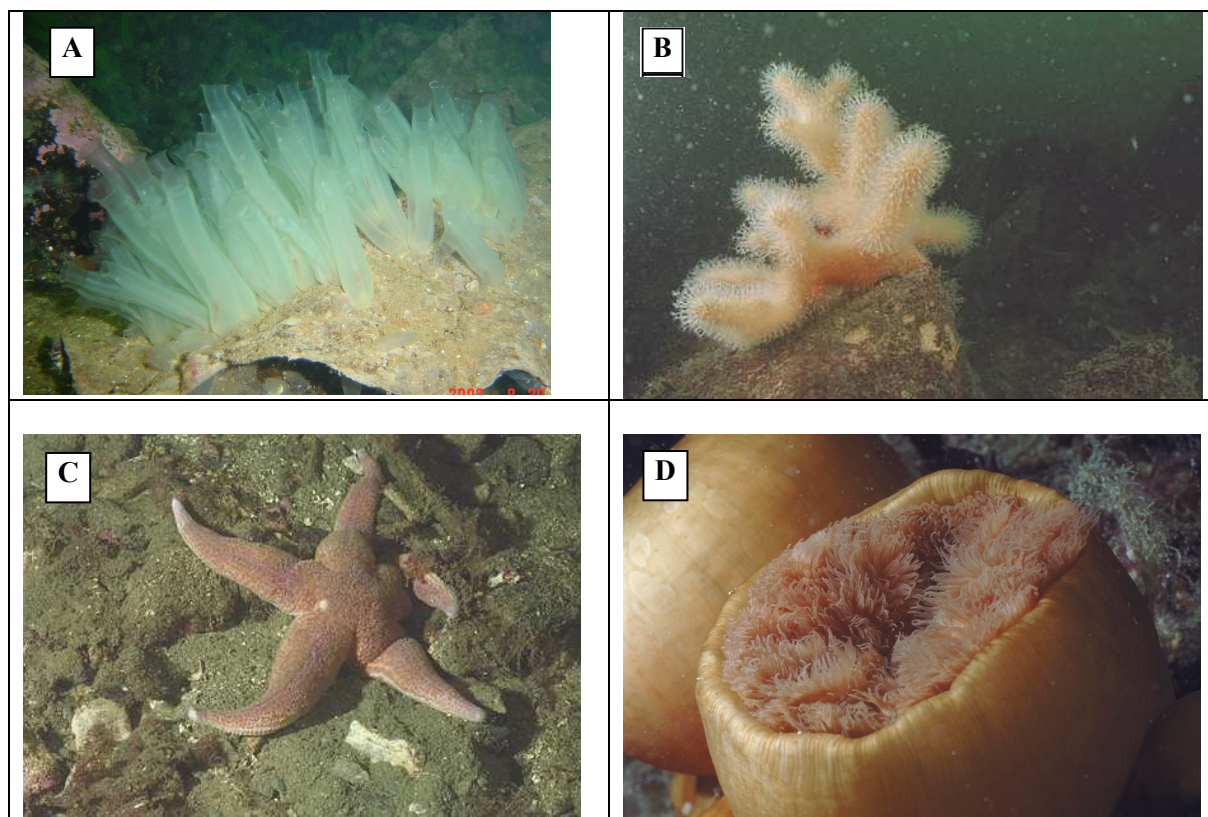
**Tabell 7.** Analyse av forskjell mellom stasjon 1 Tofte og utvalgte stasjoner fra overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord. %-bidrag betyr bidrag til den registrerte ulikheten. Kun de 10 artene med størst betydning er vist.

Art	Forekomst St. 1	Sn. forekomst St. 3, 10, 14, 23, 26, 27	% bidrag	Kum. % bidrag
<i>Spirorbis spirillum</i>	22	1,33	2,93	2,93
<i>Metridium senile</i>	22	1,83	2,88	5,81
<i>Ceramium virgatum</i>	0	19,33	2,77	8,58
<i>Phyllophora</i> sp.	18	0,00	2,58	11,16
<i>Chondrus crispus</i>	3	19,67	2,31	13,47
<i>Ascidia mentula</i>	0	15,00	2,09	15,56
<i>Spirorbis borealis</i>	0	14,67	2,00	17,56
<i>Lithothamnion</i> sp.	40	44,33	1,91	19,47
<i>Laomedea geniculata</i>	0	13,50	1,82	21,29
Brunt på fjell –mørkt	24	22,67	1,75	23,04



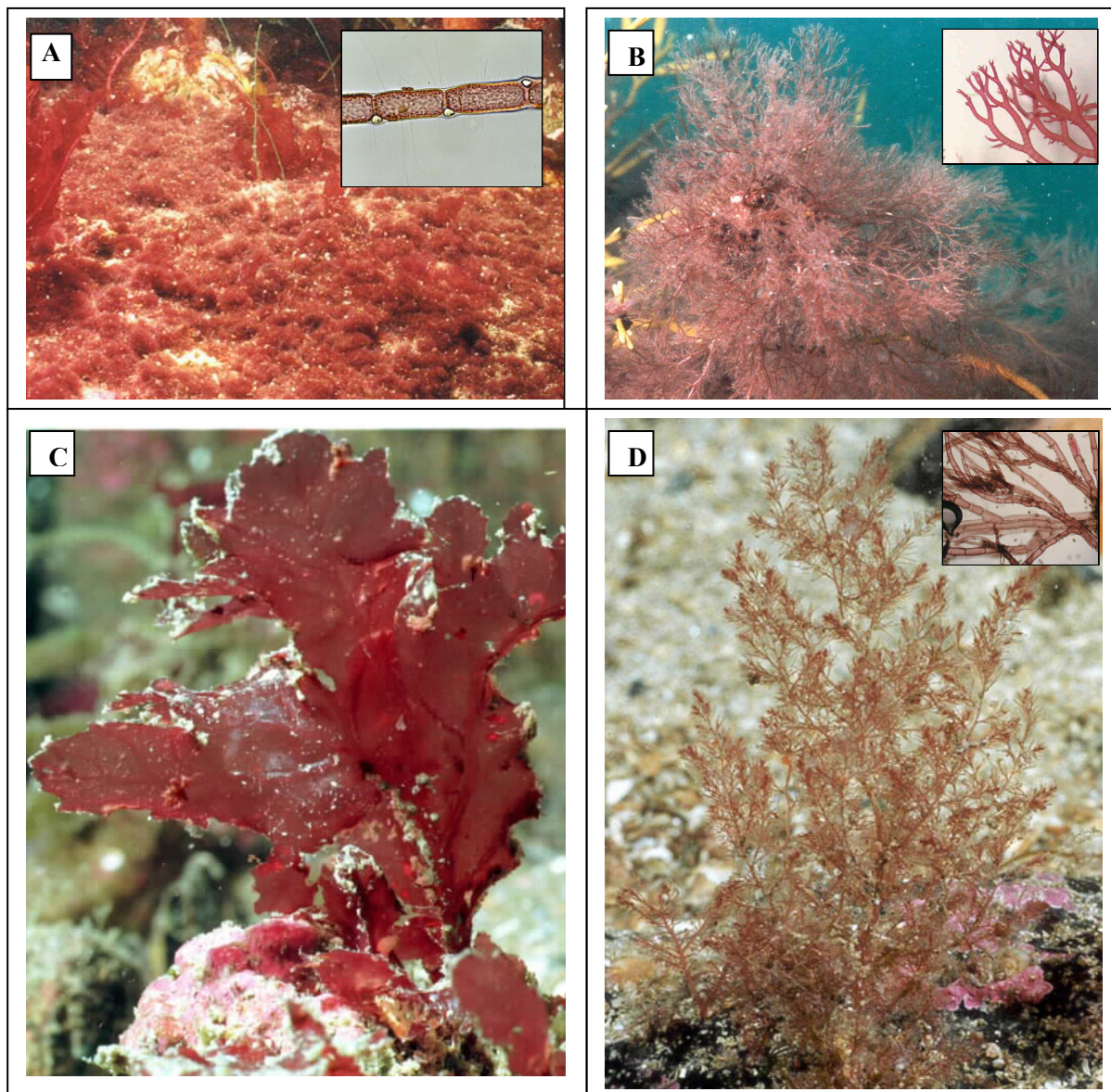
**Figur 5.** Diversitet ( $H'$ ) av alger og dyr på dykkerstasjoner i Ytre Oslofjord. Stasjon 1\_09 er stasjonen på Tofte som ble undersøkt høsten 2009, mens de øvrige stasjonene inngår i overvåkingsprogrammet og ble undersøkt i 2007.

Fire av de vanligst forekommende algene og dyrene i transektet på stasjon 1 er illustrert i Figur 6 og Figur 7. (NB. bildene er fra andre områder enn det undersøkte).



**Figur 6.** Fire av de vanligst forekommende dyrene på stasjon 1 ved Tofte. A: sjøpung (*Ciona intestinalis*), B: Dødningehånd (*Alcyonium digitatum*), C: vanlig korstroll (*Asterias rubens*), D: sjønellik (*Metridium senile*). Foto: A F. Moy, NIVA; B-D A. Pedersen NIVA





**Figur 7.** Fire av de vanligst forekommende algene på stasjon 1 ved Tofte. A: Rødlo (*Traillia intricata*), B: Rekeklo (*Ceramium rubrum*), C: Eikeving (*Phycodrys rubens*), D: Japansk sjølyng (*Heterosiphonia japonica*). Foto: A. Pedersen NIVA

## 4. Oppsummering

Det er foretatt undersøkelser av marine, biologiske samfunn på grunt vann i området utenfor Statkrafts pilotanlegg for saltkraft ved Tofte på Hurum før anlegget ble satt i full drift. Hensikten er å senere kunne gjenta undersøkelsene for å vurdere om drift av anlegget har endret forekomstene av alger og dyr, og dermed har konsekvenser for det marine miljøet.

Det er her fokus på de eventuelle effekter som utslipp av vann med forhøyet næringssaltinnhold og lokale endringer av temperaturforhold kan ha på det biologiske miljøet.

Artslister fra samtlige registreringer er inkludert i rapporten og det er gjort enkelte statistiske vurderinger av resultatene, samt en sammenligning med andre stasjoner i Ytre Oslofjord.

Undersøkelsene viste at det er noe lokale forskjeller i de biologiske samfunnen på de fire stasjonene innenfor det undersøkte området. Dette kan i stor grad relateres til substrat. En sammenligning med stasjoner fra overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord indikerer at dykkerstasjonen på Tofte i liten grad skiller seg fra disse, og at en derfor kan bruke den mest nærliggende stasjonen på Bevøya som en referanse ved eventuelle oppfølgende undersøkelser.

## 5. Oppfølgende undersøkelser

### 5.1 Resipientundersøkelser

Det foreslåes en årlig oppfølging av de registreringer som ble gjort under denne førundersøkelsen:

- Registreringer i strandsonen på 4 stasjoner med semikvantitativ registrering av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr langs ca 8 m av strandlinjen (i fjæresonen ned til ca 1m dyp).
- Transektregistreringer av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr på én stasjon fra fjæresonen og nedover langs en linje til 20 m dyp. Registreringer ble utført på 1 m, 2 m, 3 m, 4 m og deretter annenhver dybdemeter. Dykkerundersøkelsene gir blant annet mulighet til å kunne påvise endringer i nedre voksegrense for makroalger.
- Transektregistreringer av alle alger og fastsittende/langsamt bevegelige dyr på én stasjon fra fjæresonen og nedover langs en linje til utslippspunktet på ca. 2 m dyp.

Undersøkelsene bør gjennomføres sensommer/ tidlig høst. Ved vurdering av resultatene er det behov for tilgang på driftsdata for saltkraftverket, primært vannmengder og tidspunkter for eventuelle endringer i vannmengdene. Større endringer i driftsforholdene bør varsles til ansvarlig for overvåkningen.

Siden saltkraftverket ligger i et område med andre utslipp, bl.a. næringsalter fra Södra Cell, vil det ved tolking av dataene være en fordel å ha tilgang på resultater fra den overvåkningen andre bedrifter driver i det samme området. Informasjon om utslippsmengder fra fabrikkene er tilgjengelig via SFTs hjemmesider.

### 5.2 Miljøgifter

Partikler som frafiltreres vannet i prosessen kan inneholde miljøgifter. Miljøgiftinnholdet i slike partikler (filterkaker) vil gjenspeile forholdene i fjorden og i ferskvannskilden, men vil ikke tilføre

fjorden mer miljøgifter enn det som allerede var der fra før av eller ville ha havnet der uansett via den lokale ferskvannskilden. For å dokumentere dette og samtidig vurdere graden av oppkonsentrasjon av miljøgifter i disse partiklene, anbefales likevel at det gjennomføres miljøgiftanalyser på filtermaterialet. Resultatene vil klargjøre i hvilken grad partiklene utgjør noe problem og kan også være førende for hvorledes filterkaker håndteres. Vi anbefaler at en analyserer tradisjonelle miljøgifter som kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn), arsen (As), polyklorerte bifenyler (PCB), utvalgte pesticider og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). I tillegg bør en muligens også ta med tinnorganiske forbindelser inkludert tributyltinn (TBT) og trifenylytinn (TPhT). En bør også vurdere å ta med miljøgifter som kan tenkes forekomme som en konsekvens av annen lokal industri. Dioksiner kan være aktuelt i så måte.

## 6. Referanse

Bakke, T., Molvær, J., Walday, M og Tobiesen, A. 2006. Miljømessig vurdering av utslipp fra gasskraftverk på Herøya, Porsgrunn. NIVA-rapport 5197, 75s.

Golmen, L.G., Nygaard, E., 1996. Likestrømskabel mellom Sør-Norge og Kontinentet  
Vannutskifting og forventet klorkonsentrasjon på lokaliteter for elektrodeanlegg. NIVA rapport nr. 3485, 56s.

Walday, M., Gitmark, J., Naustvoll, L. (HI), Nilsson, H., Pedersen, A., Selvik, J. 2008. Overvåking av ytre Oslofjord 2007. Årsrapport. NIVA-rapport 5640-2008. 63s.



Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Observator **NOG** Tidevannskorrigert? J/N  m:   
 Skriver **MAT**

Tegnforklaring: 1 = Enkeltfunn 2 = Spredt 3 = Vanlig 4 = Dominerende

= Må utfylles  
 Format: **A = Alfnumm, S = Num**  = Reg. Dyp

Lokalitet:  TOFTE - 29380

Sted **2** Dato **14.10.09** Barom  mm Hg Nederste dyp **3** DYKK: Start **15:40** Slutt: **16:01**  
 Eksponering Retn.  Hellning   
 Supplerende undersøkelse: Stereo  m Ruter  m Tare  m Video  min. TS  m Foto   
 Sted: **2** Bunntype  stein  mudder  
 Format: Loc: **TOFTE - 29380** Hellning  70° 70' 30" 20"  
 Dato: **####** Horisontalsikt  2' 2' 2' 1"  
 Observ: **NOG**  Slett koder  Sjekk koder  Sediment

Kode	cf	sp	NB	TAXA	Dyp:	<1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ROCKX				Bare rock surface			30	40	40	50																											
SEDIM				Sediment: unclassified			10	40	40	50																											
LITLI				Littorina littorea			3	2	2																												
ELEPI				Electra pilosa			2	3	2	2																											
MYATR		d		Mya truncata død						2																											
CARMA				Carcinus maenas						1																											
ASTRU		j		Asterias rubens juv.						2																											
PAGUZ				Pagurus sp.						1																											
MYTED		store, 6-8		Mytilus edulis			3	3																													
HALPA				Halichondria panicea					2																												
ASTRU				Asterias rubens					2																												
LEPMU		j		Leptasterias mulleri juv.					2																												
ALCMA		p		Alcyonidium mamillatum						1																											
CAMJO		p		Campanularia johnstoni					2	2																											
ALCHI		p		Alcyonidium hirsutum					2																												
DYNPU		p		Dynamena pumila					2																												
CRYPA		p		Cryptosula pallasiana					2																												
Summary	12	2	6	2,25	Error?: no																																



Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Observator **JKG**  
 Skriver **MAT**

Tidevannskorrigert? J/N **J** m: **0**

Tegnforklaring: 1 = Enkeltfunn 2 = Spredt 3 = Vanlig 4 = Dominerende

**Format:** **A = Alfannum, S = Num**

**Reg. Dyp**

Lokalitet: **1**

Sted **Filvet** Dato **14.10.09** Barom **mm Hg** Nederste dyp **Bunntype** DYKK: Start **Slutt:**  
 Eksponering **Retn.** Helling **mm**  
 Supplerende undersøkelse: Stereo **m** Ruter **100 100 100 95 90 75 30 10** Video **min.** TS **m** Foto **Format:**

Kode	cf	sp	NB	TAXA	Dyp	<1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
LITHZ				Lithothamnion sp				2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
BRUNT				Brunt på fjell - mørkt						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
CRUPE				Cruoria pelita									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PHYLYZ				Phyllophora sp.									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PHYTR			p14.12	Phyllophora truncata									2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
DELSA				Delesseria sanguinea					2				3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PHYRU				Phycodrys rubens								2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
PHYCR	2		p12	Phyllophora cf. crispa															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
CHOCR				Chondrus crispus			1													1	1																	
TRAIN			p10	Bonnemaisonia hamifera: sporp.					4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2																			
RHOCO			p10	Rhodomela confervoides					2	2	2	2	2	2	2	2	1																					
POLEL			p8	Polysiphonia elongata									2																									
LAMSA				Laminaria saccharina					1				2		1																							
PHYPS				Phyllophora pseudoceanoides					2	2	2	2	2	2	2					1																		
PTEPL			p8.4	Pterothamnion plumula					2	2	2	2	2	2	2	2																						
FURLU				Furcellaria lumbricalis					2	2	2	2	2	2																								
SARMU				Sargassum muticum					2		1																											
ULVLA	1			cf. Ulva lactuca					2	2	2	1																										
MONGR	2		p4	Monostroma cf. grevillei							1																											
POLFU			p6	Polysiphonia fucoides					2	2	2	2	2	2																								
CERRU			p	Ceramium rubrum					2	4	4	3	2																									
CHAME				Chaetomorpha melagonium						2	2																											
CLARU				Cladophora rupestris			1		1		2																											
CLASE			p4	Cladophora sericea					2	2	2																											
BRYPL	2			Bryopsis cf. plumosa					2		1																											
BEGGZ				Beggiatoa sp.																																		
BROBY			p4	Brongniartella byssoides							1																											
ENTIN			p3	Enteromorpha intestinalis					2	3	2	3																										
ENTCO			p3	Enteromorpha compressa					2	2	2	2																										
CALCO			p3	Callithamnion corymbosum					2	2	2																											
DASBA			p3(fix)	Dasya baillouviana							1																											
PORPP	2		p2	Porphyra cf. purpurea					2																													
CLAAL			p2	Cladophora albida					1																													
FUCUZ			p1	Fucus sp. iuv.					2																													
ECTOZ			p2	Ectocarpus sp.					2	2																												
CHALI			p2	Chaetomorpha linum					2																													
CALBY			p6	Callithamnion byssoides										1																								
HETJA			p4	Heterosiphonia japonica						2	2																											
DIKJ				diatome-kjede på fjell						2	2																											
AUDOZ				Audouiniella sp.						2	2																											
CERST			p3	Ceramium strictum					2	2																												
ULVLA			p1	Ulva lactuca					2	2																												
CALLZ			p1	Callithamnion sp.					2					2																								
POLUR			p1	Polysiphonia urceolata					2																													
FUCSE				Fucus serratus					2	2																												
HILRU				Hildenbrandia rubra					2																													
FUCVE			p0	Fucus vesiculosus					2																													
POLVI				Polysiphonia violacea					2																													
ALGCO				Algecover					100	100	100	95	90	75	75	30	10																					

Vertikalutbredelse for gruntvannsorganismer

Observator **JKG** Tidevannskorrigert? J/N  m: **0**  
 Skriver **MAT**

Tegnforklaring: 1 = Enkeltfunn 2 = Spredt 3 = Vanlig 4 = Dominerende

= Må utfylles  
 Format: **A = Alfa numm. S = Nummer**  = Reg. Dyp

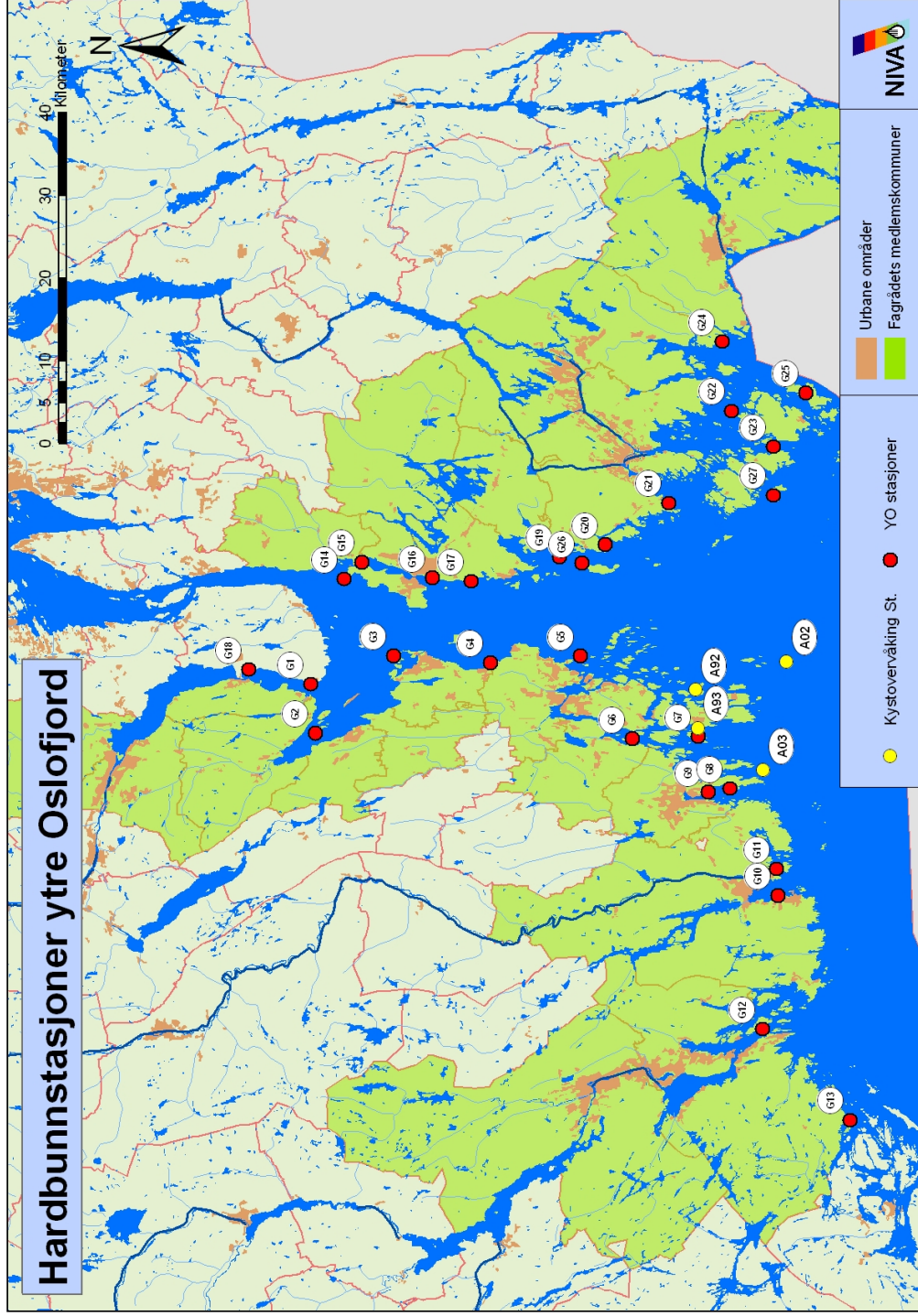
Lokalitet: **2**

Sted **Filtvet** Dato **14.10.09** Barom  mm Hg Nederste dyp  DYKK: Start  Slutt:   
 Eksponering Retn.  Helling  Bunnstype   
 Supplerende undersøkelse: Stereo  m Ruter  m Tare  m Video  min. TS  m Foto   
 Format: Sted: **AASS** Alge Cover   
 Loc: **AS** Helling   
 Dato: **d.m.åå** Hørsisontalsikt   
 Observ: **AAA**

Kode	cf	sp	NB	TAXA	Slett koder	Sjekk koder	Dyp: <1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
CALCO			p3	Callithamnion corymbosum						2	2																												
CERRU				Ceramium rubrum			3	3	4	2																													
POLFU			p3	Polysiphonia fucoides				2	2																														
ULVLA			p1	Ulva lactuca				2	1																														
CHOCR				Chondrus crispus				2	2	2																													
ENTEZ				Enteromorpha sp.					2																														
FUCSE				Fucus serratus			2	3	2	1																													
DELSA				Delesseria sanguinea						1																													
LAMSA				Laminaria saccharina					1	1																													
DASBA				Dasya baillouviana						2																													
LITHZ				Lithothamnion sp			2	2	3																														
PILLI			p2	Pilayella littoralis					1																														
HILRU				Hildenbrandia rubra					2																														
AHNPL				Ahnfeltia plicata					2																														
BRUNT				Brunt på fjell - mørkt					2																														
PHYPS				Phyllophora pseudoceranoides					2																														
TRAIN				Bonnemaisonia hamifera: sporp.					2																														
CRUPE				Cruoria pellita					2																														
ECTOZ				Ectocarpus sp.					1																														
HETJA			p3 (fix)	Heterosiphonia japonica					2	2																													
PHYRU				Phycodrys rubens					1																														
ERYCA			p3	Erythrotrichia carnea					2	2																													
AUDOZ				Audouiniella sp.					2																														
CERST			p2	Ceramium strictum			2	2	2																														
ENTFL	2		p2	Enteromorpha cf. flexuosa-gruppen					1																														
FUCVE				Fucus vesiculosus			2	3																															
HILRU				Hildenbrandia rubra			3	2																															
CLAAL			p1	Cladophora albida					2																														
CHALI			p1	Chaetomorpha linum					2																														
DUMCO			p0	Dumontia contorta					2																														
ENTIN				Enteromorpha intestinalis			3	2																															
RHOCO			p2	Rhodomela confervoides					2																														
DIAKJ			p1	diatome-kjede på fjell			2	2																															
AHNPL				Ahnfeltia plicata					2																														
ECTFA			p1	Ectocarpus fasciculatus					2																														
ELAFU			p1	Elachista fucicola			2	2																															
ENTFL	2			Enteromorpha cf. flexuosa-gruppen					1																														



## Vedlegg B.



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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)