

# Overvåking av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg



**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 Overvåking av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg	Løpenr. (for bestilling) 5892-2009	Dato 10.12.2009
	Prosjektnr. Udemnr. O-28435	Sider Pris 45
Forfatter(e) John Arthur Berge Mats Walday Hans C. Nilsson Janne Gitmark	Fagområde Miljøgifter marint	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Borregaard Industries Ltd.	Oppdragsreferanse 4500300394/ 03.11.2008
--	--

**Sammendrag**

Borregaard Industries Ltd. har siden høsten 2008 hatt stopp av rensetrinn II i sitt biologiske renseanlegg. I utgangspunktet var det forventet at dette skulle gi økede utslipp. Beregninger tyder imidlertid på at interne tiltak har medført at utslippene for 2009 i hovedsak ligger innenfor eller nær det som har vært sluppet ut tidligere. Undersøkelser som er gjennomført i Glommas munningsområde i 2009, tyder da også på at stopp av renseanlegget har hatt liten eller ingen innvirkning på konsentrasjonen av kobber i blæretang i resipienten. Undersøkelser på grunt vann tyder på en endring i organismesamfunnene fra 1992/94 til 2009. Det er imidlertid vanskelig å trekke noen klare konklusjon i forhold til om dette skyldes stopp av renseanlegget eller andre forhold bakover i tid. Undersøkelser på dypt vann viser svært like forhold på bunnen i 2007, 2008 og 2009. Alle tre årene ble det imidlertid observert dårlige forhold på en stasjon ved Kjøkø. Vi konkluderer med at stopp av Borregaards renseanlegg ikke har hatt noen virkning på bunnforholdene på dypt vann i Glommas munningsområde totalt sett, men kan likevel ikke utelukke en viss forverring på en stasjon ca. 1,3 km nord for Kjøkø.

Fire norske emneord 1. Utslipp 2. Blæretang 3. Bløtbunnsamfunn 4. Strandsonesamfunn	Fire engelske emneord 1. Discharges 2. Bladderwrach 3. Soft bottom communities 4. Sea shore communities
---	---



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Overvåking av Glommas munningsområde i  
forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard  
ved Sarpsborg**

## Forord

På oppfordring fra Borregaard Industries Ltd. (senere omtalt som Borregaard) har NIVA utarbeidet et tilbud på undersøkelser i Glommas Munningsområde datert 24.9.2008. Undersøkelsene var begrunnet i faren for økede utslipp pga. redusert rensing. NIVA mottok i brev av 03.11. 2008 en bestilling (4500300394/01.11.2008) på slike undersøkelser. Etter et møte med bedriften 24/03-2009 leverte NIVA et revidert tilbud datert 27.03.2009 som i hovedsak var identisk med tilbudet datert 24/09-2008.

Undersøkelsene som skulle gjennomføres har bestått av 4 deler:

- Metaller i tang (fagansvarlig: John Arthur Berge)
- Grunntvannsundersøkelser (fagansvarlig: Mats Walday)
- Bløtbunnsundersøkelser med SPI-kamera (fagansvarlig: Hans C. Nilsson)
- Giftighetstester (fagansvarlig: August Tobiesen)

De 3 første delene rapporteres i denne rapporten, mens resultatet av giftighetstestene er rapportert i en egen rapport (Tobiesen, 2009).

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt hovedprosjektlederansvaret. Kjersti Garseg har vært hovedkontaktmann hos Borregaard.

Innsamlingen av tang ble foretatt av John Arthur Berge og Sigurd Øxnevad fra NIVA. Også Jon Fuglestad fra SFT deltok i feltarbeidet i kraft av at han på det tidspunkt var hospitant hos NIVA .

Grunntvannsundersøkelsene ble gjennomført av Janne Gitmark og Pia Norling og bløtbunnsundersøkelsene av Hans C. Nilsson.

Alle kjemiske analyser er gjort ved NIVAs laboratorium.

Oslo, 10. desember 2009

*John Arthur Berge*

---



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Miljøgifter i blæretang</b>	<b>8</b>
2.1 Prøveinnsamling	8
2.2 Analyser	9
2.3 Resultater og diskusjon	10
2.3.1 Kobber	12
2.3.2 Krom og bly	14
2.3.3 Kadmium, kvikksølv, sink og vanadium	16
2.3.4 Jern og titan	18
<b>3. Strandsonesamfunn</b>	<b>20</b>
3.1 Metode	21
3.2 Resultater	22
3.2.1 Stasjon 35, Alkesten:	23
3.2.2 Stasjon 72, Kjøkkø:	23
3.2.3 Stasjon 74, Nøteskjær:	24
3.3 Sammenlikning med tidligere undersøkelser	24
3.4 Diskusjon	26
<b>4. Bløtbunnsfauna med SPI kamera</b>	<b>28</b>
4.1 Metode	28
4.2 Resultater og diskusjon	31
<b>5. Samlet vurdering</b>	<b>36</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>37</b>
<b>Vedlegg A. Rådata – alger og dyr i strandsonen</b>	<b>39</b>
<b>Vedlegg B. SPI bilder 2009 –Borregaard stasjoner</b>	<b>41</b>

---

## Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Borregaard Industries Ltd. gjennomført undersøkelser i Glommas munningsområde. Undersøkelsene var begrunnet i muligheten for økede utslipp forårsaket av stopp av renseanlegg II i bedriftens biologiske renseanlegg og dermed krav fra SFT. Renseanlegget ble etter søknad til SFT stoppet den 3. september 2008 pga. fare for spredning av Legionella. Beregninger som er gjort i etterkant tyder imidlertid på at økningen i utslippene av kjemisk oksygenforbrukende stoff (KOF), suspendert materiale (SUSP), total mengde organisk karbon (TOC) og kobber (Cu) siste år har vært relativt beskjedene i forhold til de to foregående år og at de i hovedsak ligger innenfor eller nær det som har vært sluppet ut lengre bakover i tid. I denne rapporten presenteres resultatene fra overvåkingen som er gjennomført i Glommas munningsområde. Undersøkelsene omfatter forekomst av metaller i tang, grunntvannsundersøkelser og bløtbunnsundersøkelser med SPI-kamera.

**Metaller i blæretang:** Innsamling av blæretang (*Fucus vesiculosus*) ble foretatt ca. ett år etter at renseanlegg 2 ble stoppet og ett år etter en av flere tidligere prøvetakinger. Det ble både i 2008 og 2009 observert generelt lave til moderate konsentrasjoner av kobber på alle stasjoner. Resultatene viste at det var en relativt liten forskjell på konsentrasjonen i 2008 og 2009 på stasjonen fjernt fra Glommas munning (dvs. >5 km fra Kaldera) samt på de to stasjonene som er nærmest Kaldera. På de to stasjonene som ligger ca. 5 km fra Kaldera ble det imidlertid observert noe høyere konsentrasjoner i 2009 enn i 2008. Dette kan isolert sett skyldes de marginalt økede utslippene av kobber fra Borregaard, men har uansett ikke gitt seg utslag i forhøyede nivåer over et større område og selv den høyeste konsentrasjonen som ble observert, tyder kun på en moderat forurensningsgrad. Det konkluderes derfor med at de marginalt økede utslippene av kobber fra Borregaard i 2009 har hatt liten om noen innvirkning på konsentrasjonen av kobber i blæretang. Det ble også analysert for andre metaller enn kobber. For disse øvrige metallene (kadmium, kvikksølv, krom, vanadium, bly, jern og titan) ble det i hovedsak ikke observert store endringer fra 2008 til 2009.

**Grunntvannsundersøkelser:** I september 2009 ble 3 utvalgte stasjoner undersøkt med spesiell tanke på mulige effekter av stopp av renseanlegget til Borregaard på bunnlevende hardbunns-organismer. Til sammenligning er det benyttet data fra tidligere innsamlinger. På alle 3 stasjoner ble det registrert færre arter i 2009 enn på 90-tallet. Resultatene tyder totalt sett på en betydelig endring i organismesamfunnene mellom 1992/94 og 2009. Vi har imidlertid bare kunnet gjøre sammenligning med resultater fra 1992/1994 og det er vanskelig å trekke noen konklusjon i forhold til om de endringene vi har observert i 2009 skyldes de i hovedsak marginalt økede utslippene fra Borregaard fra høsten 2008. Andre undersøkelser tyder imidlertid på at det ikke har skjedd nedgang i artsantallet i den ytre delen av området fra 2007 til 2009. Ut fra utslipstallene i 2009 i forhold til 2008 forventet vi ikke vesentlig endringer i grunntvannssamfunnene.

**Bløtbunnsundersøkelser med SPI-kamera:** SPI-kamera tar bilde et vertikalt snitt av de 20 øverste cm av sedimentet. På basis av bildene kan en klassifisere forholdene på bunnen i ulike tilstandsklasser. For å vurdere eventuelle forringede forhold på bunnen i Glommas munningsområde ble det i 2009 i tillegg til den ordinære overvåkingen i området foretatt SPI-undersøkelser på 10 stasjoner. Resultatene viser svært like forhold på bunnen både i 2007, 2008 og 2009. Alle tre årene ble det imidlertid observert dårlige forhold på en stasjon ved Kjøkø. Resultatene tyder derfor ikke på noen endring i miljøforholdene på bunnen fra 2008 til 2009, dvs. over den perioden som en eventuelt skulle forvente endringer som en funksjon stopp av renseanlegget. Utslipstallene for 2009 i forhold til 2008 gir heller ikke noen forventning om endringer av bunndyrsamfunnene. Resultatene bekrefter at det i dypområdet utenfor og nord for Kjøkø er et område med dårlige til meget dårlige forhold på bunnen. Vi konkluderer med at utslippene fra Borregård ikke har hatt noen virkning på bunnsforholdene i Glommas munningsområde totalt sett, men kan likevel ikke utelukke en viss forverring på en stasjon ca 1,3 km nord for Kjøkø.

# 1. Innledning

I løpet av juni – juli i 2008 ble fem personer bosatt i Sarpsborg og Fredrikstad smittet med Legionella. Det er ikke påvist noen felles smittekilde, men det antas at biodammene ved Borregaard ved Sarpsborg, direkte eller indirekte, har vært involvert i spredningen av legionellabakterien i området i den aktuelle perioden. Helsemyndighetene har derfor anbefalt bedriften å stenge det biologiske renseanlegget (trinn 2) mens bedriften utreder risikoreduserende tiltak eller alternative rensemetoder. Renseanlegget (trinn 2) ble derfor stoppet 3. september 2008. I forbindelse med stopp av rensanlegget var det forventet økte utslipp til Glomma av forbindelser som gir øket oksygenforbruk i resipienten (KOF), suspendert tørrstoff (STS) og kobber som potensielt kan påvirke miljøtilstanden i Hvalerområdet. Beregninger/målinger som er gjort tyder imidlertid på at økningen i utslippene av KOF, TOC og kobber har vært relativt beskjedene i forhold til de to foregående år og at de i hovedsak også ligger innenfor eller nær det som har vært sluppet ut lengre bakover i tid (**Tabell 1**). Utslipet av suspendert stoff (STS) er antatt å bli mindre i 2009 enn året før, mens utslippet av AOX vil i 2009 bli betydelig høyere enn både i 2007 og 2008, men likevel nær utslippsmengden for enkelte tidligere år (**Tabell 1**).

I forbindelse med SFTs tillatelse til å stoppe renseanlegget er bedriften bedt om å redegjøre for behovet for økt overvåking og eventuelt gjennomføre slik overvåking.

I dette dokumentet presenteres resultatene fra overvåkingen i Glommas munningsområde som NIVA har gjennomført for Borregaard i forbindelse med stopp av renseanlegget. I forbindelse med stopp av renseanlegget og bedriftens bestrebelse på å minimalisere tilførsler av giftig avløps vann er det også gjennomført giftighetstester på noen avløpsstrømmer. Resultatene fra disse testene er rapportert i egen rapport (Tobiesen 2009)

Undersøkelsene som skulle gjennomføres har bestått av 4 deler:

- Metaller i tang
- Gruntvannsundersøkelser
- Bløtbunnsundersøkelser med SPI kamera
- Giftighetstester

Resultatet av giftighetstestene er rapportert i en egen rapport (Tobiesen 2009). Her presenteres resultatene fra de 3 første delundersøkelsene.

**Tabell 1.** *Utslipp fra Borregaard Industries Ltd (data oppgitt av bedriften).*

Årstall	KOF [1000 tonn/år]	TOC [1000 tonn/år]	AOX [tonn/år]*	Kobber [tonn/år]	STS (suspendert stoff) [tonn/år]**
<b>1992</b>	41,8	125,4			1606
<b>1993</b>	42,2	126,6			1460
<b>1994</b>	29,7	89,1			1095
<b>1995</b>	28,3	84,9	126	11,1	985,5
<b>1996</b>	29	87	136,5	11,2	1277,5
<b>1997</b>	29,6	88,8	133,5	9	1314
<b>1998</b>	29,4	88,2	138	10	1058,5
<b>1999</b>	20,6	61,8	141	8,4	1299,4
<b>2000</b>	28,4	85,2	124,5	7,3	1277,5
<b>2001</b>	29,5	88,5	136,5	7,9	912,5
<b>2002</b>	29,9	89,7	135	6,9	1168
<b>2003</b>	31,1	93,3	120	6,63	1460
<b>2004</b>	28,8	86,4	124,5	6,69	1277,5
<b>2005</b>	28,8	86,4	102	7,8	3066
<b>2006</b>	32,5	97,5	114	5,6	3248,5
<b>2007</b>	27	81	84	6,2	2190
<b>2008</b>	27,4	82,2	51	5,9	2518,5
<b>2009***</b>	31,8	95,4	127,5	6,35	2482

\*beregnet etter Cellulose prod på 150.000tonn/år

\*\* t.o.m 2004: Utslipp bare fra kokeri+Blekeri målt. Fra 2005: Alt suspendert stoff måles

\*\*\*Beregnete faktiske utslipp



## 2. Miljøgifter i blæretang

NIVA har gjennom flere prosjekter foretatt en overvåking av forekomsten av metaller i alger (blæretang) fra Glommas munningsområde. Rapporterte data foreligger for årene 1989, 1994, 1995 og 2003 og 2008. Flest stasjoner ble undersøkt i 2008 (10 stasjonene, se **Figur 1**) og ble analysert for metallene titan (Ti), jern (Fe), vanadium (V), sink (Zn), krom (Cr), kobber (Cu), kadmium (Cd), bly (Pb) og kvikksølv (Hg). Resultatene fra disse undersøkelsene er her benyttet som utgangspunkt for å vurdere om stopp av Borregaards renseanlegg har forårsaket øket kobberinnhold i blæretang. De samme stasjonene som ble prøvetatt i 2008 (12. september) ble derfor prøvetatt også høsten 2009 og analysert for metaller. Når det gjelder stopp av rensanlegget er det fortrinnsvis kobber man er opptatt av. En har likevel også analysert de øvrige metallene nevnt over da dette vil gi et mer fullstendig bilde av utviklingen med hensyn til metallbelastningen i resipienten, samt at en da kan se på relative endringer i kobberkonsentrasjonen i forhold til andre metaller som ikke berøres av stopp i rensanlegget.

### 2.1 Prøveinnsamling

Innsamling av blæretang (*Fucus vesiculosus*) ble foretatt på 10 lokaliteter (Kråkerøy, Rognholmen, Belgen, Kjøkø, Fugleskjær, N-Asmaløy, Flatskjærene, Singløykalven, Kvernskjær og Tisler (**Figur 1**)). Innsamling på Flatskjærene ble foretatt 6. september 2008, mens de øvrige stasjoner ble prøvetatt 15. september 2009, dvs. ett år etter at rensetrinn 2 ble stoppet og ett år etter forrige prøvetaking (Berge, 2009).

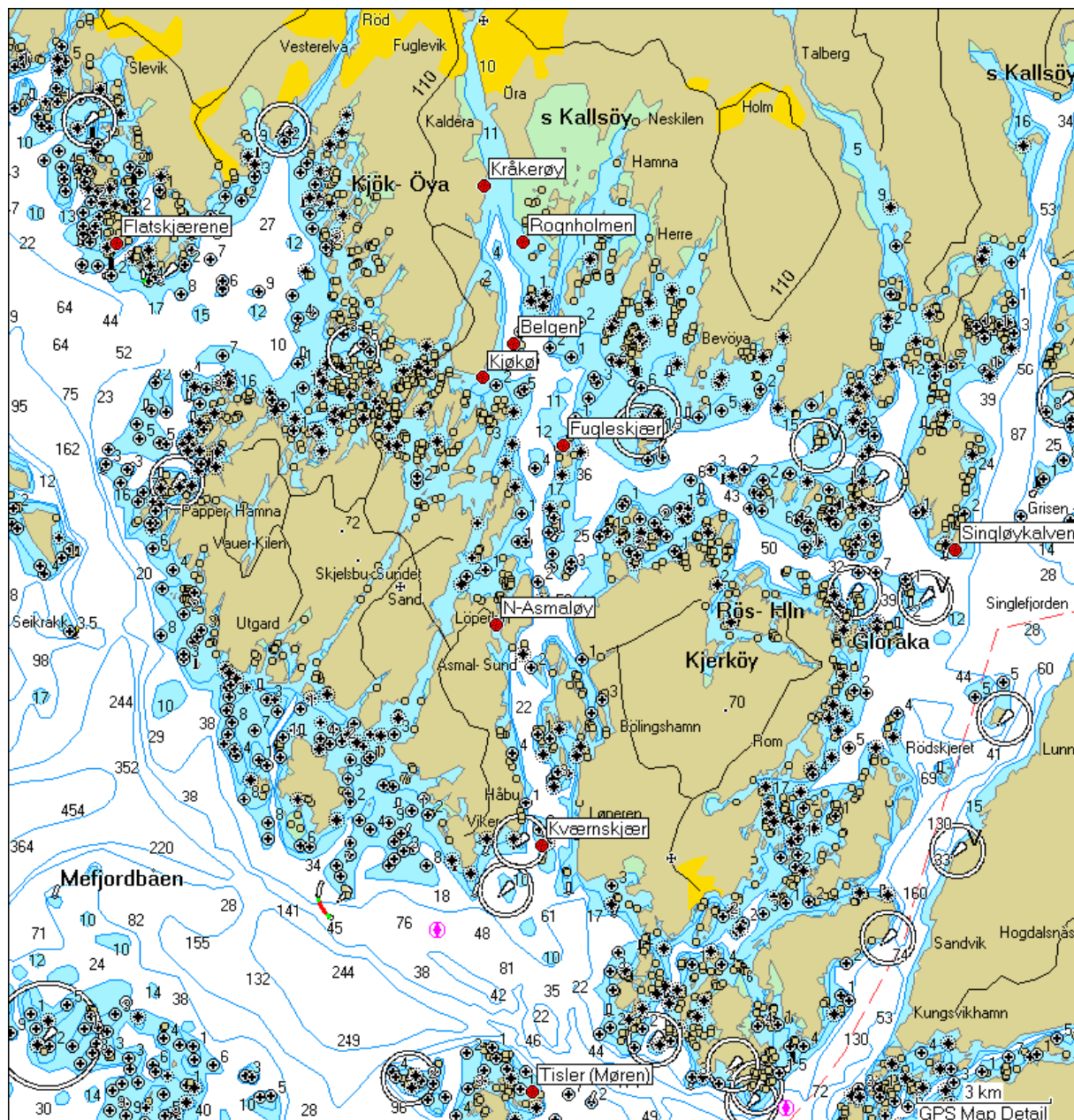
Stasjonsposisjoner ses i **Tabell 2**.

**Tabell 2.** Beliggenhet av stasjoner for innsamling av blæretang september 2009.

Stasjon	Posisjon
Kråkerøy	N59 10.108 E10 57.117
Rognholmen	N59 09.430 E10 58.051
Belgen	N59 08.199 E10 57.829
Kjøkø	N59 07.767 E10 57.099
Fugleskjær	N59 06.946 E10 58.975
N-Asmaløy	N59 04.785 E10 57.404
Flatskjærene	N59 09.405 E10 48.474
Singløykalven	N59 05.693 E11 08.195
Kværnskjær	N59 02.102 E10 58.490
Tisler (Møren)	N58 59.125 E10 58.245

Fra hver stasjon ble det innsamlet ca 20 individer av blæretang. En blandprøve bestående av den øvre delen (5-10 cm) av hvert individ ble analysert.

Blæretangen ble innsamlet ved å vasse eller ved svømmedykking. Blæretangen fra Rognholmen hadde ikke blærer, mens blærer ble observert på tangen fra alle de øvrige stasjonene.



Figur 1. Stasjoner foreslått for innsamling av blæretang (kartgrunnlag: Bluechart).

## 2.2 Analyser

Prøvene ble analysert for følgende metaller: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn), jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti). Alle analysene ble foretatt av NIVA etter metodene skissert i **Tabell 3**.

**Tabell 3.** Metode brukt til analyse av metaller i blæretang innsamlet i 2008. Kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn), jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti).

Metall	Cr, Cu, V, Zn Ti, Fe	Hg	Cd, Pb,
Metode (NIVA)	E 9-5	E 4-3	E 8-3
Beskrivelse av metode i stikkords form	ICP-AES.	Atomabsorpsjon, kalddampeteknikk, amalgamerinssystem	ICP-MS (Plasma-Masse spektrometri)







## 2.3 Resultater og diskusjon

Resultatene fra alle metallanalysene foretatt på blæretang ses i **Tabell 4**. Det generelle bildet er lave konsentrasjoner av kadmium, kvikksølv og i hovedsak også sink på all stasjoner. For krom, kobber, og vanadium ble det observert moderate konsentrasjoner på stasjoner nærmere enn ca 14 km fra Kaldera, men lave konsentrasjoner på de fjernere stasjonene Singløkalven, Kvernskjær og Tisler. Omtrent samme bilde ble observert for bly, men for dette metallet ble det observert en stasjon (Kjøøkø) hvor algene var markert forurenset. De høyeste konsentrasjonene ble observert for jern og titan hvor enkelte stasjoner kunne karakteriseres som sterkt forurenset. Merk imidlertid at Fe, Ti og V ikke inngår i SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al 1997). Vi har derfor benyttet Knutzen og Skei (1990) sitt forslag til klassifisering for disse metallene. Denne klassifiseringen er beheftet med relativt stor usikkerhet og operer med 4 tilstandsklasser. I omtalen av disse resultatene har vi brukt samme begrepsapparat som brukes for de 4 første klassene i SFTs klassifisering.

**Tabell 4.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av metaller i blæretang innsamlet i Hvalerområdet i 2009. Stasjonene er på bakgrunn av observerte konsentrasjoner klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFTs miljøkvalitetskriterier for kadmium (Cd), krom (Cr), Kobber (Cu), kvikksølv (Hg), bly (Pb), sink (Zn) og i følge Knutzen og Skei, 1990 for jern (Fe), vanadium (V) og titan (Ti).

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekode brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres				

Stasjon	Avstand (km)	Cd $\mu\text{g/g}$	Cr $\mu\text{g/g}$	Cu $\mu\text{g/g}$	Fe <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$	Hg $\mu\text{g/g}$	Pb $\mu\text{g/g}$	V <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$	Zn $\mu\text{g/g}$	Ti <sup>1)</sup> $\mu\text{g/g}$
Kråkerøy	1,4	1,31	1,20	8,60	857	0,023	1,05	2,50	158,00	25,10
Rognholmen	2,8	0,94	0,40	4,70	347	0,017	0,49	0,95	130,00	9,19
Belgen	5,0	1,08	4,70	10,00	3520	0,030	2,76	9,00	143,00	144,00
Kjøkkø	5,3	1,28	2,00	9,70	1730	0,022	3,26	4,20	122,00	47,10
Fugleskjær	7,5	1,08	0,80	6,30	710	0,016	0,81	2,00	110,00	20,60
N-Asmaløy	11,3	1,58	3,40	11,80	2710	0,031	2,20	6,50	139,00	85,00
Flatskjærene	13,5	1,27	1,70	6,90	1250	0,018	0,88	4,10	75,00	39,00
Singløykalven	14,5	1,03	0,40	3,70	303	0,018	0,60	1,40	89,10	7,87
Kvernskjær	16,3	1,10	0,60	5,10	423	0,018	0,33	1,50	79,50	11,20
Tisler	21,7	0,99	<0,3	3,10	168	0,010	0,17	1,40	46,50	3,38
<b>Øvre grense for klasse I</b>		1,5	1	5	300 <sup>1)</sup>	0,05	1	2 <sup>1)</sup>	150	5 <sup>1)</sup>
<b>Max kons.</b>		1,58	4,70	11,80	3520	0,031	3,26	9,00	158,00	144,00
<b>Min kons.</b>		0,94	0,40	3,10	168	0,010	0,17	0,95	46,50	3,38
<b>Max/Min</b>		1,7	11,8	3,8	21,0	3,1	19,2	9,5	3,4	42,6

<sup>1)</sup>Fe, Ti og V inngår ikke i SFTs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.

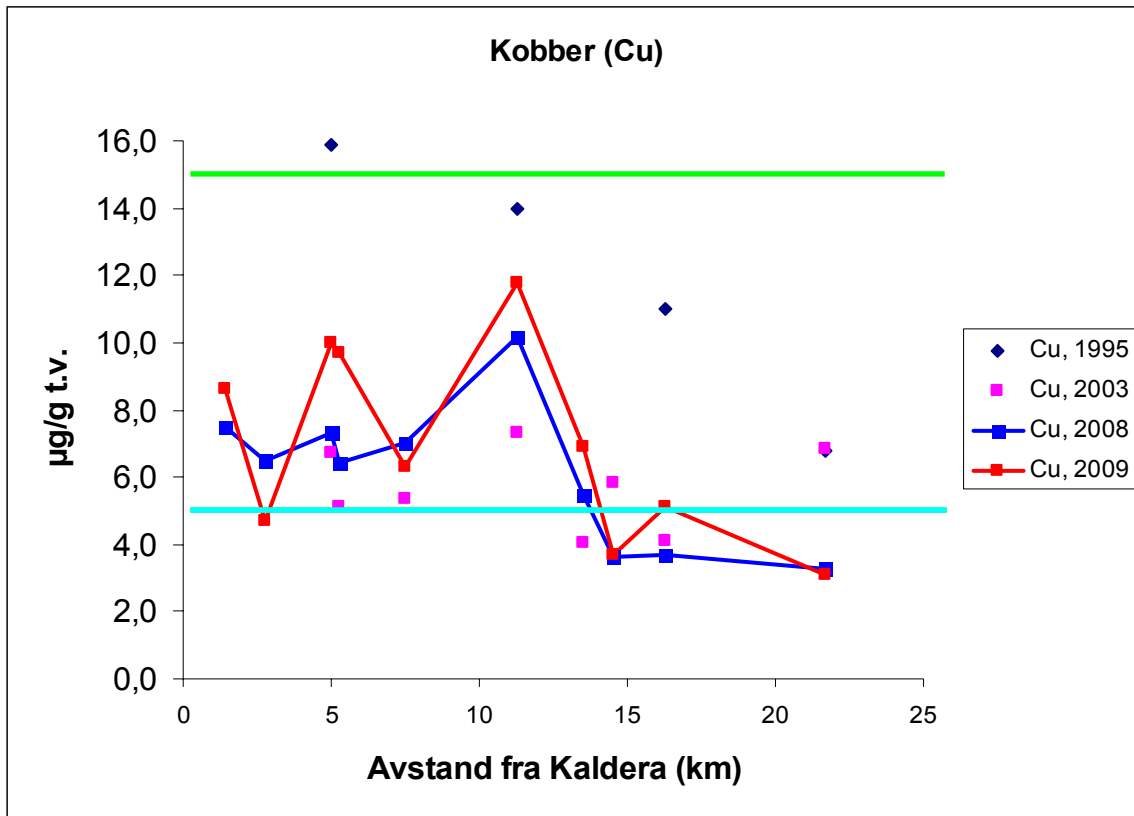


Denne undersøkelsen ble initiert med tanke på å påvise eventuelle effekter av mulige økte utslipp av kobber fra Borregaard. Renseanlegget (trinn 2) ble stoppet 3. september 2008. Prøvetakingen av tang ble i 2008 foretatt 12. september, dvs. kun 9 dager etter at det forventet økede kobberutslippene burde ha vært en realitet. Dette er nok til at eventuelt mer kobberholdig vann har nådd Glommas munningsområde, men er neppe nok til at kobber nivåene i algene stabiliseres i forhold til et eventuelt høyere kobbernivå i vannet. I utgangspunktet har vi derfor antatt at prøven som ble tatt 12. september kan fungere som kontroll på om de proklamerte økte utslippene av kobber har gitt økte konsentrasjoner av kobber i blæretang i Glommas munningsområde. I ettertid har det imidlertid vist seg at tilførselsøkningen av kobber fra 2008 til 2009 har vært svært beskjeden (**Tabell 1**).

I den videre behandlingen av resultatene har vi først behandlet kobber, og så mer summarisk de øvrige metallene ut fra hvordan de har opptrådt i resipienten de senere årene.

### 2.3.1 Kobber

Konsentrasjonen av kobber i blæretang innsamlet over en periode på 20 år ses i **Tabell 5**. Det generelle bilde er at en de senere årene (dvs. 2008 og 2009) har hatt lave til moderate konsentrasjoner av kobber på alle stasjoner. I **Figur 2** har vi sett litt nøyere på dataene for perioden 1995-2009. Figuren viser at en i 1995 hadde klart høyere kobberkonsentrasjoner enn de siste årene, mens en i 2003 til dels hadde lavere konsentrasjoner enn i 2008 og 2009. Figuren viser også at det er relativt liten forskjell på konsentrasjonen i 2008 og 2009 på de stasjonene som ligger relativt fjernt fra Glommas munning (dvs. >5 km fra Kaldera) samt på de to stasjonene som er nærmest Kaldera. De to stasjonene som ligger ca 5 km fra Kaldera har imidlertid begge noe høyere konsentrasjoner i 2009 enn i 2008. Dette kan isolert sett skyldes utslippene av kobber fra Borregaard, men har uansett ikke gitt seg utslag i forhøyede nivåer over et større område og selv den høyeste konsentrasjonen som ble observert tyder kun på en moderat forurensningsgrad. Resultatene er således i tråd med at kobberutslippene ikke har vært vesentlig høyere i 2009 enn i 2008. Vi konkluderer derfor med at de marginalt økede utslippene av kobber fra Borregaard i 2009 har hatt liten om noen innvirkning på konsentrasjonen av kobber i blæretang i Glommas munningsområde.



**Figur 2.** Konsentrasjonen av kobber i blæretang i ulik avstand fra Kaldera (fyrlykt på Kråkerøy Østerelva) i 2008, 2008, 2009. I figuren er øvre grense for SFTs Klasse I (lyseblå strek) og klasse II (grønn strek) inntegnet. For å lette sammenligningen er punktene for 2009 bundet sammen med en sort linje.

**Tabell 5.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) kobber (Cu) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 6 ulike tidspunkt, 2009 (denne undersøkelse), 2008 (Berge 2009), 2003 (Källqvist og Berge, 2004, Berge et al. 2003), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFT's miljøkvalitetskriterier. Merk at det for kobber i 2003 er oppgitt 2 konsentrasjoner hvorav den ene representerer analysene gjennomført ifm. undersøkelser for Borregaard (Berge et al. 2003) og den andre analysen er gjennomført ifm en undersøkelse for Kronos Titan (Källqvist og Berge, 2004). Begge analyser er imidlertid foretatt på materiale fra samme innsamling. Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning). Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 4. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

A:Kobber

Stasjoner-	Avstand (km)	Kobber i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	7,50	8,60
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	6,49	4,70
Belgen	5,0	i.a.	13	15,9	6,4/7,0	7,34	10,00
Kjøko	5,3	33	14	16,9	4,5   5,7	6,40	9,70
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	4,9   5,8	7,00	6,3
N-Asmaløy	11,3	21	15	14	6,8/7,8	10,20	11,80
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	3,6/4,5	5,50	6,90
Singløykalven	14,5	9	4	i.a.	5,6/6,0	3,60	3,70
Kverniskjær	16,3	15	6	11	3,7/4,5	3,70	5,10
Missingen	18,5	5,9	i.a.	4,5	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	6	3	6,8	6,2/7,5	3,30	3,10
Øvre grense for klasse I		5 $\mu\text{g/g}$					

### 2.3.2 Krom og bly

Konsentrasjonene av Cr og Pb var i hovedsak lave både i 2008 og 2009 (Tabell 6). Det ble likevel observert en økning i konsentrasjonen av Pb fra 2008 til 2009 på stasjonen ved Kjøko.

Konsentrasjonen av bly som ble observert i tang fra Belgen i 2009 var omtrent halvparten av det som ble observert samme sted i flomåret 1995.

**Tabell 6.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av krom (Cr), og bly (Pb) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 6 ulike tidspunkt, 2009 (denne undersøkelse), 2008 (Berge 2009, 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991).

Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFT's miljøkvalitetskriterier.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 4. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

A: Krom

Stasjoner-	Avstand (km)	Krom i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,60	1,20
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,10	0,40
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	4,1	1,90	4,70
Kjøko	5,3	1,6	i.a.	i.a.	2,1	0,80	2,00
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,3	1,20	0,80
N-Asmaløy	11,3	1,6	i.a.	i.a.	4,2	3,80	3,40
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,58	0,70	1,70
Singløskalven	14,5	0,31	i.a.	i.a.	1,8	0,60	0,40
Kvernskjær	16,3	0,69	i.a.	i.a.	1,4	0,40	0,60
Missingen	18,5	<0,2	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	0,5	i.a.	i.a.	0,82	<0,3	<0,3
Øvre grense for klasse I		1					

B: Bly

Stasjoner-	Avstand (km)	Bly i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,49	1,05
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,55	0,49
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	12,6	1,55	1,07	2,76
Kjøko	5,3	0,6	i.a.	6,3	0,82	0,62	3,26
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,91	0,91	0,81
N-Asmaløy	11,3	1,1	i.a.	25,8	2,04	1,96	2,20
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,92	0,51	0,88
Singløskalven	14,5	0,8	i.a.	1,2	1,79	0,66	0,60
Kvernskjær	16,3	0,6	i.a.	3,6	1,27	0,19	0,33
Missingen	18,5	0,9	i.a.	0,4	i.a.		
Tisler	21,7	0,6	i.a.	4,4	0,37	0,21	0,17
Øvre grense for klasse I		1					



### 2.3.3 Kadmium, kvikksølv, sink og vanadium

Konsentrasjonene av Cd, Hg og Zn var relativt lave ( i hovedsak ubetydelig til moderat forurenset i følge SFTs klassifisering) både i 2008 og 2009 (Tabell 7).

**Tabell 7.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og sink (Zn) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområde på 6 ulike tidspunkt, 2009 (denne undersøkelse), 2008 (Berge 2009, 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge SFT's miljøkvalitetskriterier.

Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning).

Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 4. i.a.= ikke analysert/ingen prøve.

#### A:Kadmium

Stasjoner-	Avstand (km)	Kadmium i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,15	1,31
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,99	0,94
Belgen	5,0	i.a.	1,16	i.a.	0,709	0,75	1,08
Kjøko	5,3	1,7	1,94	i.a.	0,948	1,06	1,28
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,968	1,03	1,08
N-Asmaløy	11,3	1,3	2,16	i.a.	1,21	1,08	1,58
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,07	1,07	1,27
Singløykølven	14,5	0,87	1,20	i.a.	0,954	0,69	1,03
Kvernskjær	16,3	1,08	1,37	i.a.	0,718	0,84	1,10
Missingen	18,5	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	
Tisler	21,7	1,1	1,41	i.a.	0,721	1,12	0,99
Øvre grense for klasse I		1,5					

Tabell 7 (fortsettelse)

B:Kvikksølv

Stasjoner-	Avstand (km)	Kvikksølv i blæretang (µg/g t.v.)					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,015	0,023
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	0,017	0,017
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	0,017	0,037	0,030
Kjøko	5,3	0,04	i.a.	i.a.	0,013	0,016	0,022
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,012	0,017	0,016
N-Asmaløy	11,3	0,02	i.a.	i.a.	0,014	0,025	0,031
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	0,005	0,014	0,018
Singløykalven	14,5	0,03	i.a.	i.a.	0,019	0,016	0,018
Kverniskjær	16,3	0,02	i.a.	i.a.	0,011	0,013	0,018
Missingen	18,5	0,01	i.a.	i.a.	i.a.		
Tisler	21,7	<0,01	i.a.	i.a.	0,005	0,011	0,010
Øvre grense for klasse I		0,05					

(Tabell 7 fortsettelse)

C:Sink

Stasjoner-	Avstand (km)	Sink i blæretang (µg/g t.v.)					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	123,00	158,00
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	110,00	130,00
Belgen	5,0	i.a.	150	i.a.	59,4	83,50	143,00
Kjøko	5,3	275	54	i.a.	60,4	74,50	122,00
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	64	86,20	110,00
N-Asmaløy	11,3	184	193	i.a.	86,6	94,80	139,00
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	55,9	76,70	75,00
Singløykalven	14,5	99	90	i.a.	63,8	47,40	89,10
Kverniskjær	16,3	226	113	i.a.	35,8	46,70	79,50
Missingen	18,5	86	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Tisler	21,7	111	80	i.a.	37,1	46,70	46,50
Øvre grense for klasse I		150					

**Tabell 8.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av Vanadium i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområde på 6 ulike tidspunkt, 2009 (denne undersøkelse), 2008 (Berge 2009, 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i tilstandsklasser ifølge Knutzen og Skei, 1990. Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning). Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 4. i.a. = ikke analysert/ingen prøve.

Stasjoner-	Avstand (km)	Vanadium <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy		i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	1,50	2,50
Rognholmen		i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	2,60	0,95
Belgen	5,0	i.a.	i.a.	i.a.	4,56	4,10	9,00
Kjøko	5,3	i.a.	i.a.	i.a.	2,18	2,30	4,20
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,56	2,60	2,00
N-Asmaløy	11,3	i.a.	i.a.	i.a.	4,23	7,76	6,50
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,03	2,60	4,10
Singløskalven	14,5	i.a.	i.a.	i.a.	2,28	2,50	1,40
Kvernskjær	16,3	i.a.	i.a.	i.a.	1,04	0,99	1,50
Tisler	21,7	i.a.	i.a.	i.a.	0,9	1,00	1,40
Ovre grense for klasse I		2 <sup>1</sup>					

<sup>1)</sup> Vanadium inngår ikke i SFTs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.

### 2.3.4 Jern og titan

Relativt høye konsentrasjoner av jern og titan ble observert i blæretang fra enkelte stasjoner både i 2008 og 2009 (Tabell 9). Kronos Titan AS (KT) er en betydelig kilde for tilførselene av spesielt Ti til Glommas munningsområde (Berge et al 2008). Tidligere har en kunnet spore utslippene fra KT som forhøyede verdier av ”ekstra jern” og ”ekstra titan” (dvs. Ti og Fe som ikke kan knyttes til naturlig forekomst) i vann nær hovedutslippet til KT. Ifølge KT utgjør utslippene av Ti i form av titandioksid og Fe i form av jernsulfat de største metallutslippene fra Kronos Titan AS. Det er rimelig å anta at de relativt høye konsentrasjonene observert i blæretang på en del av stasjonene i Glommas munningsområde skyldes påvirkning fra KT sine utslipp. Tilførselene av Fe og Ti har imidlertid pga disse metallenes lave giftighet trolig liten miljømessig betydning.

Når det gjelder de øvrige metallene som i 2009 i hovedsak ble observert i ubetydelige (Cd, Hg og Zn) (Tabell 7) eller i hovedsakelig moderate (Cr, Pb, Cu) konsentrasjoner (Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 8), er det rimelig å anta at bidraget fra Kronos Titan AS er beskjedent. Dette gjelder i alle fall for kobber hvor utslippene fra andre bedrifter som Borregaard er vesentlig større (Berge et al. 2003, Berge et al 2008).

Tabell 9 viser observerte konsentrasjoner av Ti og Fe i perioden 1989 til 2009. Det er vanskelig å se noen klare tidstrender for Fe og Ti på stasjonene nærmest Glommas munning. På Belgen og Kjøko ble den høyeste Ti- og Fe-konsentrasjonen observert i 1994 og 2009, mens det ved N-Asmaløy ble observert relativt høye konsentrasjoner både i 2008 og 2009.

På de mer fjerntliggende stasjonene (Singløskalven og Kvernskjær, Tisler) var det i hovedsak lave konsentrasjoner av både Fe og Ti i hele perioden.

**Tabell 9.** Konsentrasjonen ( $\mu\text{g/g t.v.}$ ) av titan (Ti) og jern (Fe) i blæretang innsamlet i Glommas munning og Hvalerområdet på 6 ulike tidspunkt, 2009 (denne undersøkelse), 2008 (Berge 2009, 2003 (Källqvist og Berge, 2004), 1995 (Berge, 1997), 1994 (Berge et al. 1996) og 1989 (Berge 1991). Stasjonene er, på bakgrunn av observerte konsentrasjoner, klassifisert i følge Knutzen og Skei, 1990. Avstand=avstand fra Kaldera lykt (Glommas munning). Fargekoden brukt på ulike tilstandsklasser ses i Tabell 4. i.a. = ikke analysert/ingen prøve.

## A: Titan

Stasjoner-	Avstand (km)	Titan <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	11,80	25,10
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	29,40	9,19
Belgen	5,0	i.a.	141	43	73,9	63,10	144,00
Kjøko	5,3	24,8	54,7	48	31,8	21,10	47,10
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	15,4	35,60	20,60
N-Asmaløy	11,3	41,5	56,7	62	52,9	90,80	85,00
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	1,93	10,30	39,00
Singløskalven	14,5	<5	<5	21	8,85	9,05	7,87
Kvernskjær	16,3	7,2	<5	18	8,32	6,53	11,20
Missingen	18,5	<5	i.a.	15	i.a.	i.a.	
Tisler	21,7	<5	<5	15	1,77	1,91	25,10
Øvre grense for klasse I		5 <sup>1</sup>					

## B: Jern

Stasjoner-	Avstand (km)	Jern <sup>1)</sup> i blæretang ( $\mu\text{g/g t.v.}$ )					
		1989	1994	1995	2003	2008	2009
Kråkerøy	1,4	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	480	857
Rognholmen	2,8	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	820	347
Belgen	5,0		2520	588	1730	1500	3520
Kjøko	5,3	483	943	746	726	640	1730
Fugleskjær	7,5	i.a.	i.a.	i.a.	424	860	710
N-Asmaløy	11,3	1010	1754	1041	1620	2700	2710
Flatskjærene	13,5	i.a.	i.a.	i.a.	90 <sup>1)</sup>	450	1250
Singløskalven	14,5	180	193	316	379	400	303
Kvernskjær	16,3	327	217	290	295	300	423
Missingen	18,5	40	i.a.	138	i.a.	i.a.	
Tisler	21,7	197	154	88	<80 <sup>1)</sup>	100	168
Øvre grense for klasse I		300 <sup>1</sup>					

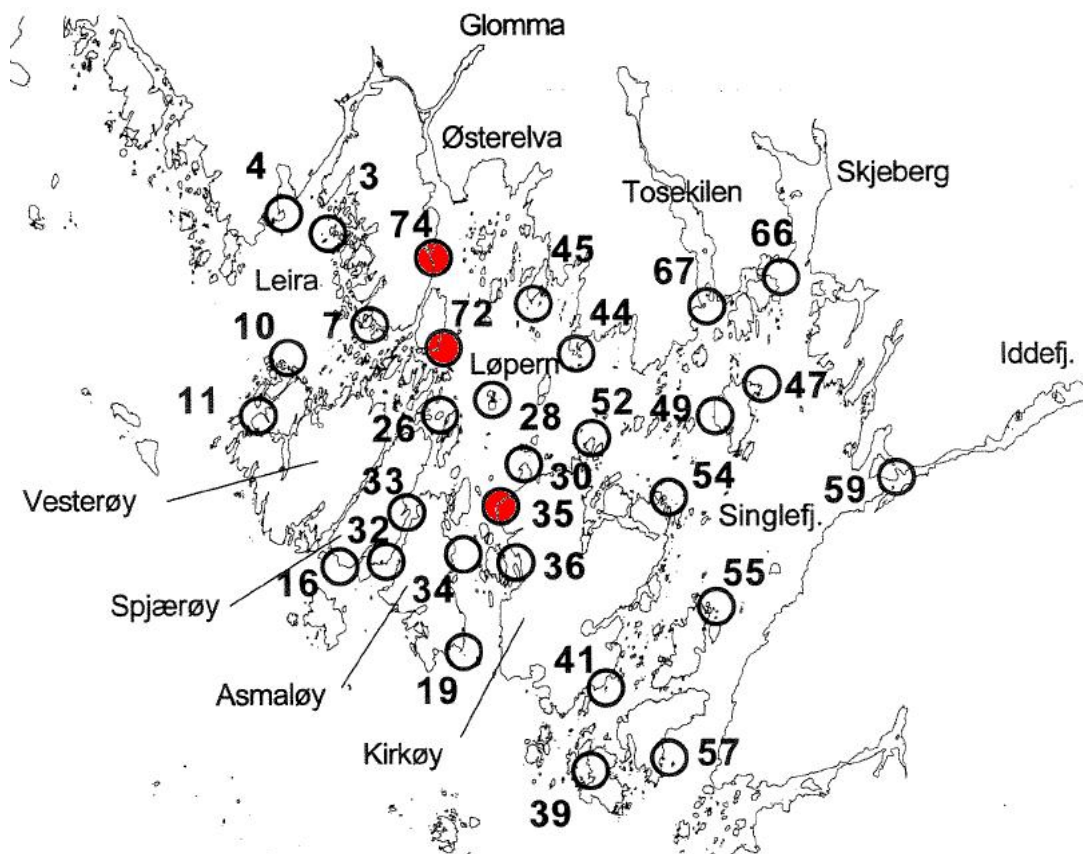
<sup>1)</sup> Fe og Ti inngår ikke i SFTs klassifisering. Klassifiseringen som er benyttet (Knutzen og Skei 1990) har 4 tilstandsklasser og er beheftet med relativt stor usikkerhet.

De marginalt økede utslippene av kobber fra Borregaard i 2009 har hatt liten om noen innvirkning på konsentrasjonen av kobber i blæretang i Glommas munningsområde. For de øvrige metallene ser en heller ingen store endringer fra 2008 til 2009, men blykonsentrasjonen i tang fra Kjøko og Titan og jern konsentrasjonen i tang fra Belgen synes likevel noe høyere i 2009 enn i 2008 uten at dette kan knyttes til stopp av rensanlegget til Borregaard.



### 3. Strandsonesamfunn

NIVA har over en lang periode gjennomført overvåking av bunnlevende hardbunnsorganismer på grunt vann i Hvalerområdet. Stasjoner som tidligere har vært undersøkt ses i **Figur 3**. For tiden gjennomfører NIVA slike undersøkelser for Fagrådet for ytre Oslofjord på et bergrenset antall stasjoner. I 2009 ble i tillegg noen få utvalgte stasjoner (stasjon 35, 72 og 74) undersøkt med spesiell tanke på mulige effekter av de økte utslippene fra Borregaard. Undersøkelsene ble gjennomført 30. september 2009. Som sammenligningsgrunnlag er det benyttet data fra tidligere innsamlinger.



**Figur 3.** Stasjoner i Hvalerområdet for kartlegging av organismer i gruntvannsområder. De tre stasjonene merket med rød farge (Stasjon 35, 72 og 74) ble undersøkt i 2009 for Borregaard.

### 3.1 Metode

Det ble utført en registrering av makroskopiske (>1 mm) alger og fastsittende/lite mobile dyr. Undersøkelsen ble utført ved snorkling over en strandlinje på ca. 20 meter, i en tidsbegrenset periode på ca. 10 minutter. Dette er den samme metode som tidligere er brukt i strandsonen i Hvalerområdet og i mange andre områder.

Tilstedeværelsen av arter observert fra sprøytonen og ned til ca. 1 meters dyp ble registrert, og mengdene anslått etter en semikvantitativ skala:

- 1 enkeltfunn
- 2 spredte funn
- 3 vanlig forekomst
- 4 dominerende forekomst

Organismer som ikke lot seg identifisere i felt ble samlet inn og senere bestemt under lupe eller mikroskop.

**Tabell 10** viser en oversikt over stasjonsnavn og en nærmere beskrivelse av stasjonene.

**Tabell 10.** Stasjonsnavn og beskrivelse av stasjonene som ble undersøkt 30.09.09.

St.	Stasjonsnavn	Sted	GPS posisjoner (WGS84)		Beskrivelse
35	Alkesten	Kirkøy NV	59.08170	10.98662	Svaberg nord for liten bukt, nord for kabel. NV vendt stasjon
72	Kjøko	Løperen	59.13003	10.95178	Holme i SØ ende av Kjøko, med sprengstein på toppen. Østvendt st.
74	Nøteskjær	Kråkerøy	59.15807	10.94849	Østvendt svaberg utenfor bukt. Gammelt rør i bukta.

Utbredelse og forekomst av alger og dyr i strandsonen ble sammenliknet med resultatene fra hardbunnsundersøkelsen i Hvaler fra 1992 - 94 (Moy & Walday 1996). Fra disse undersøkelsene foreligger det kun et datasett med gjennomsnittsførekomster for de tre årene. Analysene av de biologiske samfunnene ble gjennomført ved bruk av programpakken PRIMER v5 (Clarke & Gorley 2001). Analysene bidrar til å avdekke likheter/ulikheter i artssammensetningen mellom prøver. Arter som ligner hverandre og er vanskelige å skille i felt, ble slått sammen til grupper i analysene. Registreringer av mobile dyr, juvenile former og døde individer ble ikke tatt med i analysene.

### 3.2 Resultater

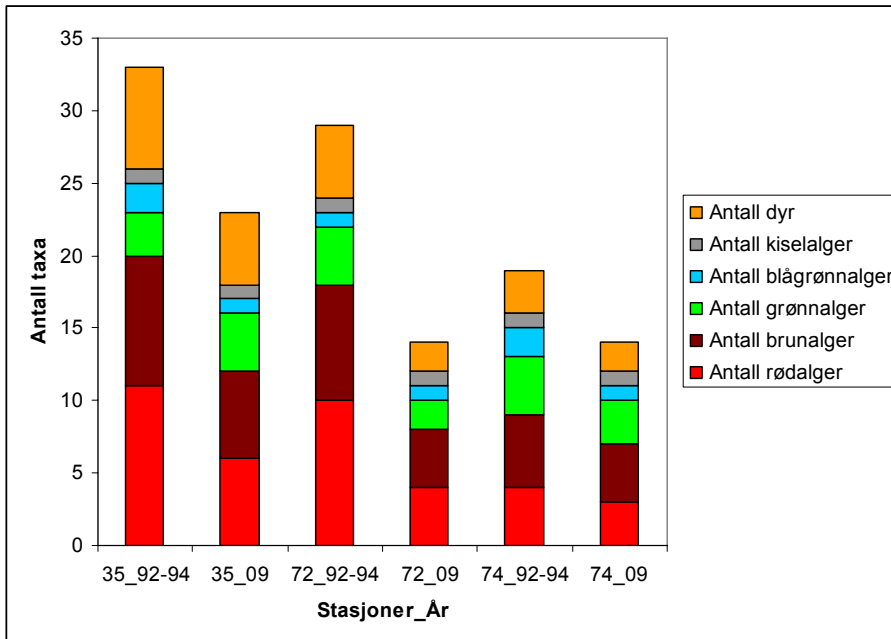
En oversikt over registrerte arter på stasjonene som ble undersøkt i 2009 er gitt i **Tabell 11**.

Det ble registrert flest taxa av alger og fastsittende dyr på stasjon 35. Artslister for alle årene er gitt i **Vedlegg A**.

På samtligestasjoner ble det registrert færre arter av både alger og dyr i 2009 enn på 90-tallet (**Figur 4**). Det ble observert en markant reduksjon av antall rødalger på både stasjon 35 og 72.

**Tabell 11.** Forekomst av dyr og alger i fjæra på 3 stasjoner (Stasjon 35, 72 og 74) høsten 2009. Basert på semikvantitativ registrering. Verdiene er  $x^2$  transformert: 1=enkeltpunn, 2=spredte funn, 9=vanlig forekomst, 16=dominerende forekomst

Alger	Stasjon	Stasjon	Stasjon	Dyr	Stasjon	Stasjon	Stasjon
	35	72	74		35	72	74
<i>Ahnfeltia plicata</i>	4	4	-	<b>Fastsittende dyr</b>			
<i>Ceramium rubrum</i>	4	4	4	<i>Alcyonidium hirsutum</i>	4	-	-
<i>Ceramium cf. tenuicorne</i>	-	4	4	<i>Balanus improvisus</i>	9	9	9
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	4	-	-	<i>Electra crusulenta</i>	4	4	4
<i>Hildenbrandia rubra</i>	16	9	9	<i>Electra pilosa</i>	4	-	-
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	4	4	-	<i>Mytilus edulis</i>	4	-	-
<i>Polysiphonia stricta</i>	4	-	-	<b>Antall taxa</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<i>Porphyra</i> sp	1	-	-	<b>Mobile dyr</b>			
Brunt på fjell	4	16	4	<i>Carcinus maenas</i>	-	1	-
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	9	-	-	<i>Gammarus</i> sp	1	4	4
<i>Elachista fucicola</i>	4	4	4	Gammaridae	-	1	-
<i>Fucus serratus</i>	16	-	-	<i>Gobiusculus flavescens</i>	1	-	-
<i>Fucus vesiculosus</i>	16	16	16	<i>Idothea</i> sp	-	1	-
<i>Pylaiella littoralis</i>	9	9	9	<i>Mysis relicta</i>	-	1	-
<i>Cladophora albida</i>	4	-	-	Palaemone	-	1	-
<i>Cladophora cf. albida</i>	-	4	9	<b>Antall taxa</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>1</b>
<i>Cladophora rupestris</i>	4		4				
cf <i>Cladophora rupestris</i>	4	4	-				
<i>Cladophora cf. sericea</i>	4	-	-				
<i>Ulva intestinalis</i>	4	4	4				
cf. <i>Calothrix</i>	9	9	9				
Bentiske kiselalger	9	16	16				
<b>Antall taxa</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>12</b>				



**Figur 4.** Antall taxa registrert i strandsonen på stasjon 35, 72 og 74 i Hvalerområdet, undersøkt i 1992-94 og 2009. Algene er inndelt i rød-, brun-, grønn-, cyano- og kiselalger. Registreringer av mobile og døde dyr er ikke tatt med i oversikten.

### 3.2.1 Stasjon 35, Alkesten:

Det ble registrert totalt 20 algetaxa og 7 dyretaxa i 2009, mens i 1992-94 ble det registrert 26 algetaxa og 7 dyretaxa.

De fem artene som bidrar mest til forskjellen mellom periodene er rødalgene *Ceramium strictum* og *Polyides rotundus*, brunalgen *Fucus evanescens*, grønnalgen *Cladophora rupestris* og mosdyret *Conopeum seurati* (Tabell 12). Dekningsgraden av *C. rupestris* var lavere i 2009 enn på 90-tallet. De fire andre artene ble ikke gjenfunnet ved undersøkelsen i 2009.

**Tabell 12.** Artene som bidrar mest til ulikheten mellom registreringene i 1992-94 og 2009 på stasjon 35. Forklaring av forekomst; se tabelltekst til Tabell 11

Gj.snittlig ulikhet = 28,33	1992 - 94	2009		
Taxa	Sn. forekomst	Sn. forekomst	Sn. ulikhet	Bidrag (%)
<i>Ceramium strictum</i>	9,00	0,00	2,55	9,00
<i>Polyides rotundus</i>	9,00	0,00	2,55	9,00
<i>Fucus evanescens</i>	9,00	0,00	2,55	9,00
<i>Cladophora rupestris</i>	10,90	4,00	1,95	6,90
<i>Conopeum seurati</i>	6,30	0,00	1,78	6,30

### 3.2.2 Stasjon 72, Kjøkø:

Det ble registrert totalt 14 algetaxa og 8 dyretaxa i 2009, mens i 1992-94 ble det registrert 24 algetaxa og 6 dyretaxa.

De fem artene som bidrar mest til forskjellen mellom periodene er grønnalgen *C. rupestris*, bentiske kiselalger som vokser epifyttisk på fjell og alger, ruren *Balanus improvisus*, blåskjell (*Mytilus edulis*) og rødalgen *Ceramium rubrum* (Tabell 13). Det ble registrert en økning av kiselalger i 2009 i forhold til undersøkelsene på 90-tallet. *C. rupestris* og blåskjell ble ikke gjenfunnet i 2009, mens dekningsgraden av *B. improvisus* og *C. rubrum* var lavere i 2009 i forhold til 90-tallet.

**Tabell 13.** Artene som bidrar mest til ulikheten mellom registreringene i 1992-94 og 2009 på stasjon 35. Forklaring av forekomst; se tabelltekst til Tabell 11.

Gj.snittlig ulikhet = 27,17	1992 - 94	2009		
Taxa	Sn. forekomst	Sn. forekomst	Sn. ulikhet	Bidrag (%)
<i>Cladophora rupestris</i>	9,00	0,00	3,29	12,11
Bentiske kiselalger	9,00	16,00	2,56	9,42
<i>Balanus improvisus</i>	16,00	9,00	2,56	9,42
<i>Mytilus edulis</i>	5,30	0,00	1,94	7,13
<i>Ceramium rubrum</i>	9,00	4,00	1,83	6,73

### 3.2.3 Stasjon 74, Nøteskjær:

Det ble registrert totalt 12 algetaxa og 2 dyretaxa i 2009, mens i 1992-94 ble det registrert 16 algetaxa og 5 dyretaxa.

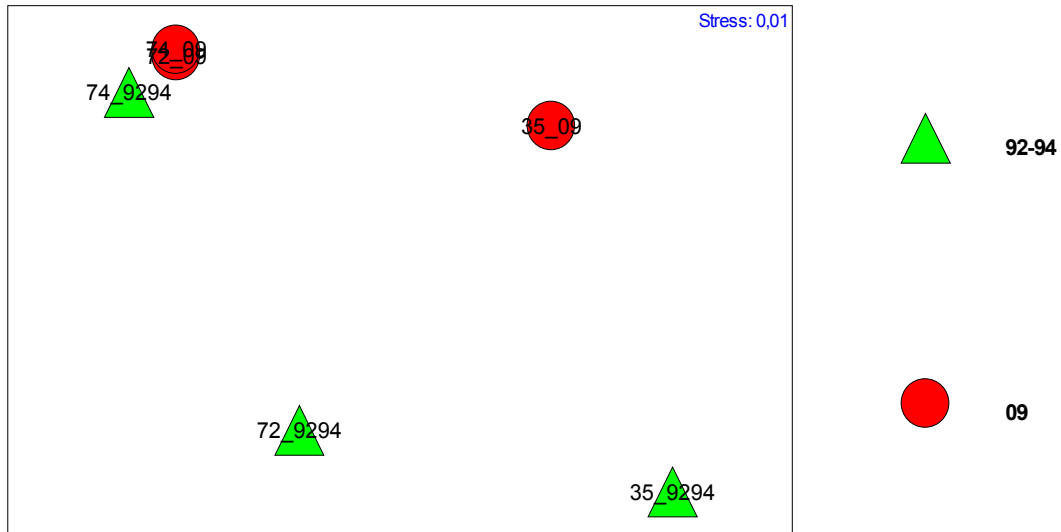
De fem artene som bidrar mest til forskjellen mellom periodene er brune skorpeformede alger (brunt på fjell) og grønnalgegruppen *Ulva* spp, bentiske kiselalger, den røde skorpeformede algen *Hildenbrandia rubra* og grønnalgen *C. rupestris* (Tabell 14). Dekningsgraden av brunt på fjell, *Ulva* spp. og *C. rupestris* var lavere i 2009 i forhold til 90-tallet, mens dekningsgraden av kiselalger og *H. rubra* hadde økt.

**Tabell 14.** Artene som bidrar mest til ulikheten mellom registreringene i 1992-94 og 2009 på stasjon 35. Forklaring av forekomst; se tabelltekst til Tabell 11.

Gj.snittlig ulikhet = 28,67	1992 - 94	2009		
Taxa	Sn. forekomst	Sn. forekomst	Sn. ulikhet	Bidrag (%)
Brunt på fjell	16,00	4,00	5,15	17,96
<i>Ulva</i> spp.	16,00	4,00	5,15	17,96
Bentiske kiselalger	5,80	16,00	4,38	15,27
<i>Cladophora rupestris</i>	9,00	4,00	2,15	7,49
<i>Hildenbrandia rubra</i>	4,00	9,00	2,15	7,49

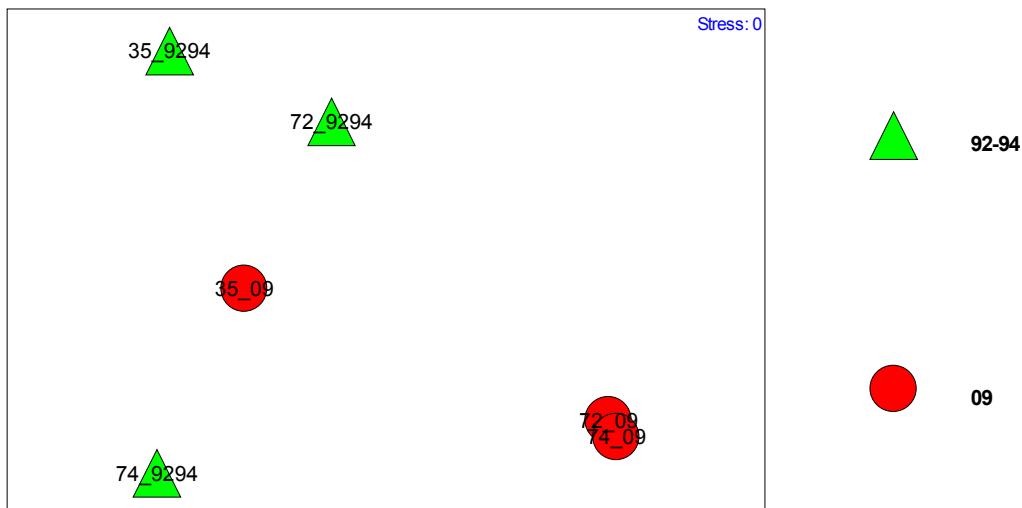
## 3.3 Sammenlikning med tidligere undersøkelser

En sammenlikning av algesamfunnene i de to periodene (1992-94 og 2009) viser at stasjon 72 og 74 hadde relativ lik artssammensetning i 2009, mens det var en betydelig forskjell mellom de to tidsperiodene (Figur 5). Kun stasjon 74 viser noenlunde lik sammensetning i de to periodene.



**Figur 5.** MDS-plot som illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av algesamfunn i fjæra for årene 1992-94 og 2009. Prøver med lik artssammensetning ligger nær hverandre.

En sammenlikning av dyresamfunnene i de to periodene (1992-94 og 2009) viser at stasjon 72 og 74 hadde lik artssammensetning i 2009, men det var relativ stor variasjon mellom de to periodene (**Figur 6**).



**Figur 6.** MDS-plot som illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av dyresamfunn i fjæra for årene 1992-94 og 2009. Prøver med lik artssammensetning ligger nær hverandre.

### 3.4 Diskusjon

Mange miljøfaktorer påvirker utbredelse og forekomst av alger og dyr i marine gruntvannsområder. Glomma tilfører Hvaler estuariet store mengder ferskvann årlig (gjennomsnittlig ca.  $700\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ), og samtidig store mengder næringssalter og partikler av ulike slag (Holtan 1996). Den store ferskvannstilførselen har generelt en negativ påvirkning på de marine organsimene og gjør dem mer ømfintlige overfor forurensing enn populasjoner som lever i et marint miljø (Moy & Walday 1996). Marine alger og dyr har et minimumskrav for saltholdighet. Det er derfor naturlig å anta en generell reduksjon i antall arter med økt elvepåvirkning. På de tre stasjonene som ble undersøkt avtok artsantallet mot Glommas munning.

Hurtigvoksende alger som for eksempel *Ulva* spp., *Cladophora* spp. og bentiske kiselalger er algegrupper som ofte har en rik forekomst i overgjødslende, og mer eller mindre ferskvannspåvirkede områder. Man kan derfor også forvente en økning av disse gruppene med økt elvepåvirkning. Det er vanskelig å komme med konklusjoner på hvorvidt de undersøkte områdene er mer eller mindre næringssaltpåvirket nå enn i 90-årene. De typiske algegruppene som indikerer eutrofiering viser motstridene tendenser. På stasjon 35 ble det registrert nærmest lik dekningsgrad av disse gruppene i begge undersøkelsesperiodene. På stasjon 72 og 74 ble grønnalgegruppene *Ulva* spp. og *Cladophora* spp. observert å ha lavere dekningsgrad i 2009 enn på 90-tallet, mens de bentiske kiselalgene hadde økt dekningsgrad i 2009 i forhold til 90-tallet. Store mengder kiselalger kan hemme veksten av andre alger samt gjøre substratet utilgjengelig for andre arter. Det kan være en mulig årsak til at det ble registrert lavere dekningsgrad av de to grønnalgegruppene. En annen årsak til den reduserte dekningsgraden av de to gruppene kan være at undersøkelsene i 1992-94 ble gjennomført i august måned, mens i 2009 ble den gjennomført i slutten av september. En rekke av de ettårige algene (som for eksempel *Ulva* spp og *Cladophora* spp.) forsvinner/reduseres utover høsten og vinteren.

Undersøkelsene utført på 90-tallet viste en klar forbedring av forholdene i strandsonesamfunnene i Hvaler-området sammenliknet med undersøkelser utført i begynnelsen av 80-tallet (Bokn 1984). Det ble registrert en signifikant økning i artsantall og arters forekomst og utbredelse. Da det ble registrert en reduksjon i artsantall og større dekningsgrad av bentiske kiselalger i 2009, kan det tyde på at forholdene i strandsonesamfunnene ved disse tre stasjonene er noe dårligere nå enn de var på 90-tallet. Men da det er flere faktorer som kan forårsake ulikheter i registreringene, kan det ikke sies med sikkerhet.

I tillegg til overnevnte årsaker, kan feilbestemmelse av arter være en mulig forklaring på noen av forskjellene. Arter innen Ceramium- og Polysiphonia slekten kan være vanskelig å skille fra hverandre i felt, og enkelte arter kan derfor ha blitt oversett. *Fucus evanescens* (gjelvtang) kan likne på blæreløs blæretang (*Fucus vesiculosus*) som ble registrert i dominerende forekomst i begge periodene.

Vannstanden på de ulike undersøkelsestidspunktene kan også være en årsak til ulikhetene i artsantallene som ble registrert i de to periodene. På 90-tallet ble det registrert flerårige



rødalger som for eksempel *Phyllophora pseudoceranoides*, *Phyllophora truncata* og *Polyides rotundus*. Dette er arter som vokser i sublittoralsonen og i nedre del av littoralsonen. Dersom vannstanden ved undersøkelsene i 2009 var noe høyere enn da undersøkelsene ble utført på 90-tallet, er det mulig at disse artene har ligget for dypt til å bli registrert.

Det forelå verken bilder eller GPS posisjoner for stasjonene som var undersøkt i 1992-94. Det var ulike observatører som utførte registreringene i 2009 og i 1992-94, så det er usikkert om plasseringene av stasjonene er identisk. Dersom det er et stort avvik i plasseringen av stasjonene kan dette være en forklaring på ulikhetene i registreringene i de to periodene.

Av de parametrene som vises i **Tabell 1** er det trolig suspendert stoff som potensielt kan ha størst betydning for grunnvannssamfunnene. En øket mengde suspenderte partikler vil kunne ha en negativ effekt på pga øket nedslamming. **Tabell 1** viser imidlertid at det ikke ligger an til noen økning av utslippene av suspendert stoff i 2009 i forhold til året før.

Effekten av de økede AOX utslippene er vanskelig å bedømme fordi dette er en parameter som er meget uspesifikk og har liten eller ingen direkte relevans for sammensetningen av et grunnvannssamfunn.

Vi har sammenlignet resultatene fra 2009 med resultater fra 1992/1994. Fra dette er det vanskelig å trekke noen konklusjon i forhold til om de endringene som er observert i 2009 skyldes de i hovedsak marginalt økede utslippene fra Borregaard fra høsten 2008. Ut fra utslipstallene for 2009 i forhold til 2008 (**Tabell 1**) forventer vi ikke vesentlig endringer i grunnvannssamfunnene som en konsekvens av endrede utslipp.

Vi har imidlertid også noen foreløpige resultater fra en annen stasjon noe lenger ut i løperen (i samme område som stasjon 36 i **Figur 3**). Den stasjonen ble undersøkt i 2007 og 2009 i regi av Fagrådet for ytre Oslofjord. De foreløpige resultatene fra denne stasjonen tyder på at det var flere arter i 2009 enn i 2007 i denne delen av løperen. Disse resultatene tyder på at stopp av renseanlegget ikke har hatt noen effekt på strandsonessamfunnene i denne ytre delen av løperen.

Vi konkluderer derfor med at stopp av renseanlegget ikke har hatt noen negativ effekt på strandsonessamfunn i den ytre delen av løperen. For den indre delen kan vi strengt tatt ikke trekke noen konklusjoner, men vi tror at det er størst sannsynlighet for at de endringene som ble observert fra 1992/1994 til 2009 skyldes andre forhold enn stopp av renseanlegget.

## 4. Bløtbunnsfauna med SPI kamera

### 4.1 Metode

Undersøkelsene dekker eventuelle effekter på bløtbunnsfauna og sedimenter (redoksforhold og bioturbasjon) og bygger i stor grad på det overvåkningsprogram og den teknikken som benyttes av NIVA for Fagrådet for Ytre Oslofjorden (2007-2011).

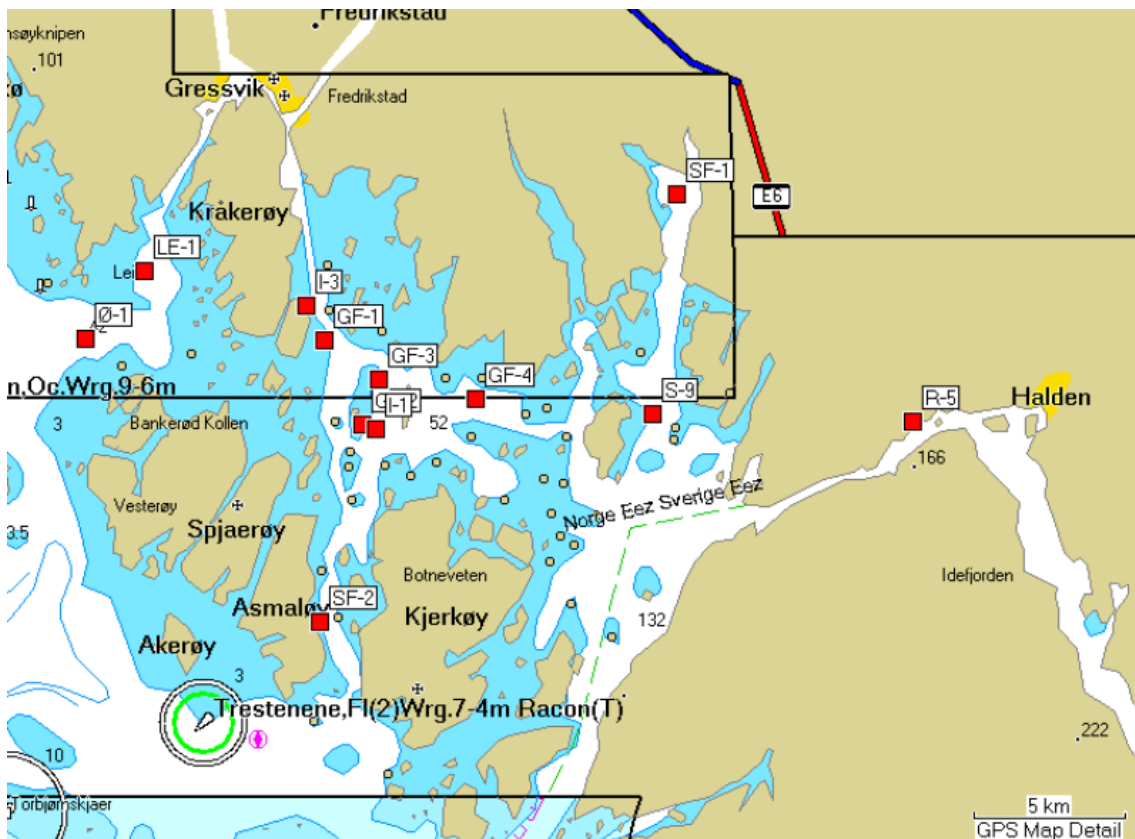
For å vurdere om stopp av renseanlegget har medført forringede forhold i Glommas munningsområde ble det i 2009 foretatt SPI-undersøkelser på 11 stasjoner (BG-1 til BG-11) i Glommas munningsområde (**Figur 7** og **Figur 8**). Disse stasjonene ble undersøkt i tillegg til den ordinære overvåkingen i regi av Fagrådet for ytre Oslofjord (**Figur 9**). Hensikten med undersøkelsen var å beskrive miljøsituasjonen i Glommas munningsområde og å avklare om stopp av renseanlegget har ført til en forverret miljøsituasjon for bløtbunnsfaunaen i Glommas munningsområde.

**Tabell 15.** Tabell med stasjonsposisjoner og dyp. Merk at stasjonene GF-1, GF-2, GF-3, GF-4 og R-5 tatt i 2007 har omtrent samme posisjonsom stasjonene BG-04, BG-06, BG-09, BG-10 og BG-11 tatt i 2009.

Stasjonsnavn	Dyp	Posisjon N	Posisjon E
BG-01	29	59,15905	10,95862
BG-02	40	59,1519	10,96122
BG-03	45	59,14902	10,96215
BG-04	53,5	59,13622	10,97255
BG-06	39	59,11099	10,9943
BG-07	55	59,10513	10,9976
BG-08	51	59,08503	10,9825
BG-09	15,5	59,12454	11,00357
BG-10	33	59,11887	11,06027
BG-11	35	59,1087	11,30632
Ø-1	51,5	59,13638	10,83378
LE-1	28	59,15685	10,86855
I-3	55	59,14630	10,96190
I-1	52	59,10950	11,00190
SF-1	35	59,17985	11,1769
S-9	95	59,11424	11,16227
SF-2	69	59,05219	10,96943
GF-1 (BG-04)	53	59,1362	10,9725
GF-2 (BG-06)	41	59,111	10,9942
GF-3 (BG-09)	15,3	59,1246	11,0036
R-5 (BG-11)	33,5	59,11178	11,31363

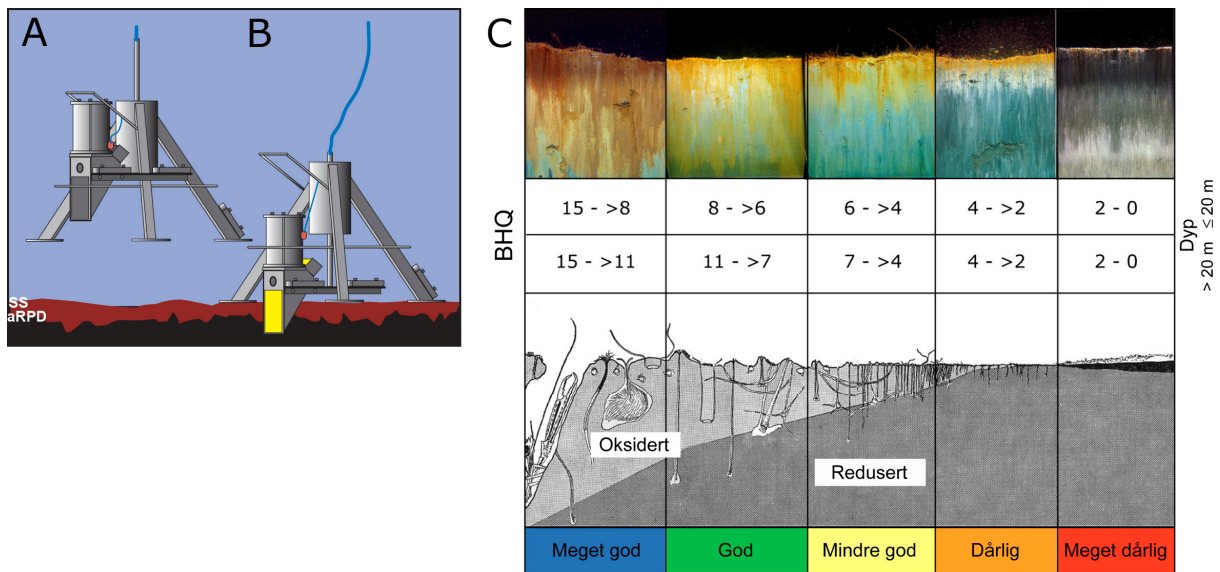


Figur 7. Stasjoner for SPI undersøkelser gjennomført i 2009 for Borregaard..



Figur 8. Stasjoner for SPI undersøkelser gjennomført for Fagrådet for Ytre Oslofjord.

I undersøkelsene har en benyttet SPI (Sediment profile image) teknikken. Dette er en metode som med de samme innsatsfaktorer dekker større arealer enn den mer tradisjonelle teknikken med faunaprøver fra grabb. SPI er en teknikk som tar horisontale bilder av det øvre sjiktet av bunnsedimentene (**Figur 9**). SPI-teknikken kan sammenliknes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de 20 øverste cm av sedimentet. Bildet, som blir 17 cm bredt og 25 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet. Bildene analyseres i forhold til BHQ-indeksen (Benthic Habitat Quality) og på basis av denne kan en klassifisere forholdene på bunnen i ulike tilstandsklasser.



**Figur 9.** Prinsippskisse for SPI-kamera og bilde analyse. (A) Kamera og rigg over bunnen (SS = sediment overflate og aRPD = grense mellom det bioturberte oksiderte sediment lagret og redusert sediment [apparent redox potential discontinuity]). (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og bildet eksponeres. (C) Figuren over viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dypt gravende fauna (Meget god) til en grunt levende, fattig fauna i påvirkede områder (Meget dårlig). Sedimentprofilbilde er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert bioturberte sediment og sorte reduserte forhold. BHQ-miljøkvalitet indeks for vanddyb  $\leq 20$  meter og  $> 20$  m er i henhold til EUs vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson og Rosenberg 1978, Nilsson og Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004, Nilsson og Rosenberg 2006).

## 4.2 Resultater og diskusjon

Hovedresultatene fra SPI bildene tatt i 2007, 2008 og 2009 ses i **Tabell 16** og figurene **Figur 9** til **Figur 13** (det totale bildematerialet finnes i Vedlegg B. ). Resultatene viser at på samme stasjon i Glommas munningsområde ble det observert svært like forhold på bunnen både i 2007, 2008 og 2009 (**Tabell 16** og **Figur 9** til **Figur 13**). Ett unntak var imidlertid S9 ved Singløya som viste svært gode forhold i 2007 og mindre gode forhold i 2009. Denne stasjonen ligger såpass langt unna Glommas munningsområde at vi mistenker at forringelsen av miljøkvaliteten på denne stasjonen fra 2007 til 2009 skyldes andre forhold enn stopp av rensetrinn II hos Borregaard.

Alle tre årene ble det imidlertid observert dårlige forhold på en stasjon (I-3) ved Kjøkø (se **Tabell 16**, **Figur 14** og **Figur 15**). I 2009 ble det også registrert tilsvarende dårlige forhold på BG-3 og BG-2 som ligger henholdsvis ca 0,3 og 0.6 km nord for I-3 og i samme basseng. Ut fra dette ser det derfor ikke ut som at bunnen i dette området har dårligere forhold i 2009 enn i 2008. Forholdene var imidlertid i 2009 meget dårlige på stasjon BG-1 som ligger 1,4 km nord for I-3. BG-1 er imidlertid ikke undersøkt tidligere år.

Resultatene tyder derfor i hovedsak ikke på noen endring i miljøforholdene på bunnen fra 2008 til 2009, dvs. over den perioden som en eventuelt skulle forvente endringer som en funksjon av økede utslipp. I utgangspunktet er bløtbunnsamfunn følsom for lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet. Økede tilførsler av KOF, TOC og STS kan øke oksygenforbruket. Utslipstallene for 2009 i forhold til 2008 (**Tabell 1**) gir imidlertid liten eller ingen forventning om endringer av bunndyrsamfunnene på dypere vann.

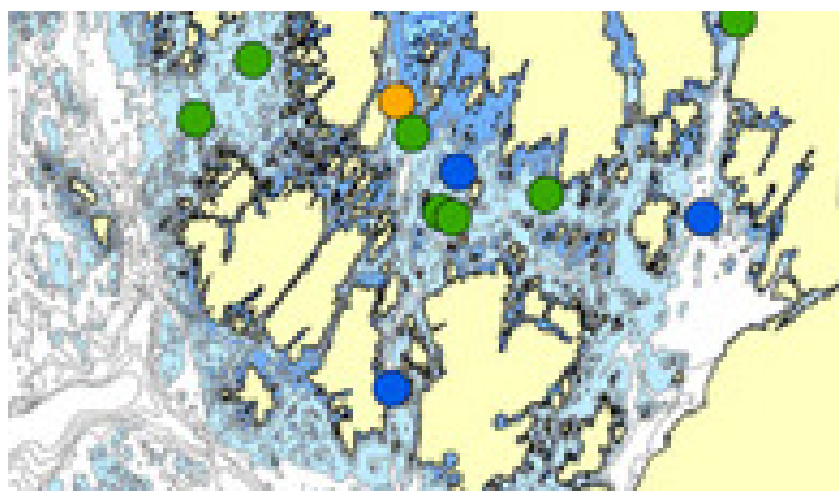
I **Figur 15** vises resultatene også fra noen av de stasjonene som ble prøvetatt for Borregaard. Resultatene bekrefter at det i dypområdet utenfor Kjøkø er et område med dårlige til meget dårlige forhold på bunnen, men viser ellers resultater som ikke avviker vesentlig fra tidligere år.

Vi konkluderer med at utslippene fra Borregård ikke har hatt noen virkning på bunnforholdene i Glommas munningsområde totalt sett, men at det knytter seg en viss usikkerhet til hva som er årsaken til de dårlige forholdene på den nordligste stasjonen (BG-1) ved Kjøkø.

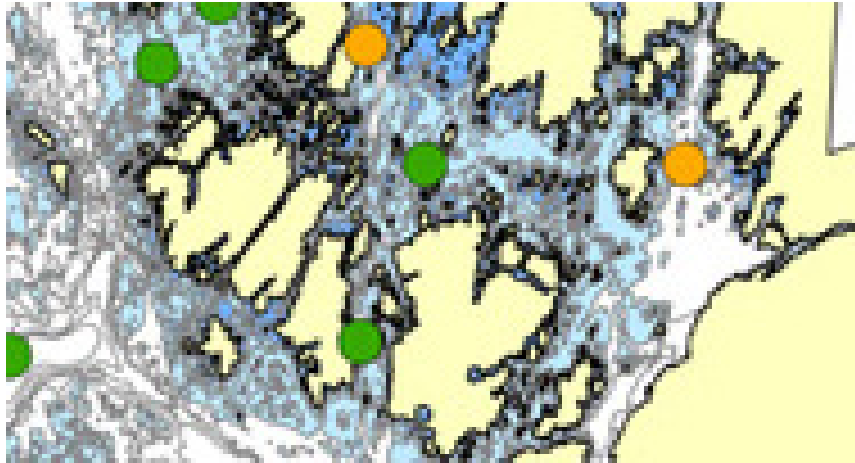
**Tabell 16.** Resultater fra SPI undersøkelser gjennomført i Glommas munningsområde i 2007-2009. Stasjonenes beliggenhet ses i Figur 7 og Figur 8. Klassifisering: fargekode ses i Figur 9.

Stasjonsnavn	BHQ-2007	BHQ-2008	BHQ-2009
BG-01	i. u.	i. u.	2,00
BG-02	i. u.	i. u.	3,00
BG-03	i. u.	i. u.	3,67
BG-04	i. u.	i. u.	5,00
BG-06	i. u.	i. u.	11,00
BG-07	i. u.	i. u.	9,67
BG-08	i. u.	i. u.	10,00
BG-09	i. u.	i. u.	8,67
BG-10	i. u.	i. u.	9,00
BG-11	i. u.	i. u.	6,00
Ø-1	10,67	10	9,67
LE-1	10,67	10	10,67
I-3	3,33	4	2,33
I-1	9,33	10,33	11,00
SF-1	9,33	10,5	8,33
S-9	12,00	Ingen prøve	6,00
SF-2	11,33	8,33	8,33
GF-1 (BG-04)	7,67	Ingen prøve	5,00*
GF-2 (BG-06)	9,00	Ingen prøve	11,00*
GF-3 (BG-09)	10,33	Ingen prøve	8,67*
GF-4 (BG-10)	8,67	Ingen prøve	9,00*
R-5 (BG-11)	7,67	10	7,33

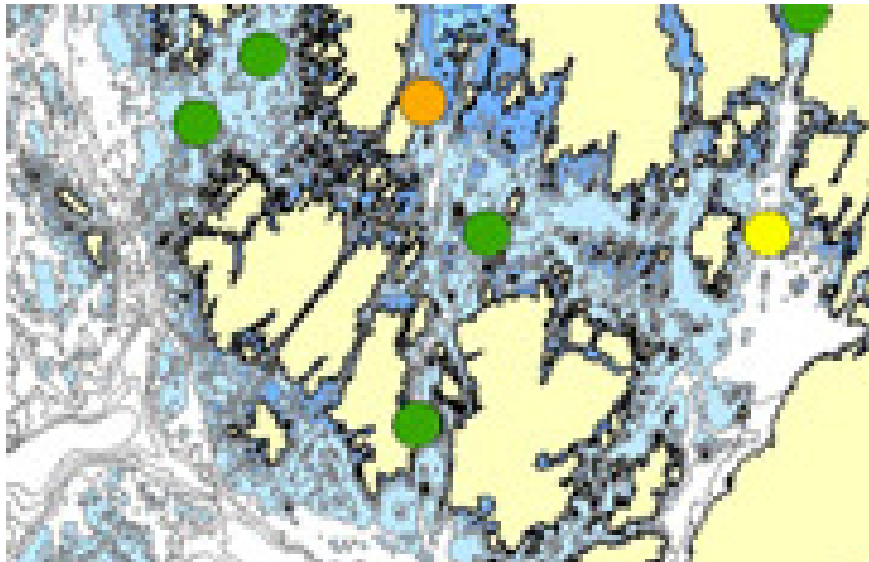
\*Verdi fra BG-stasjon



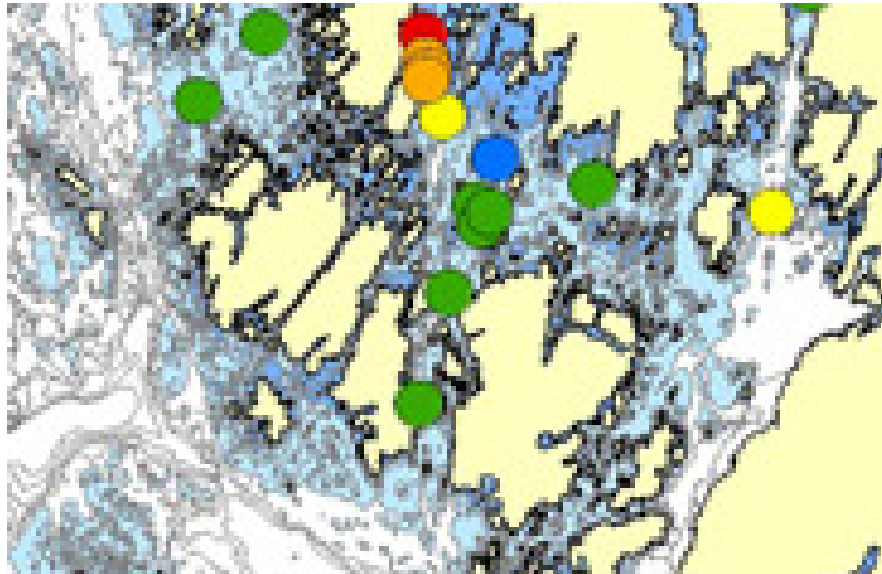
**Figur 10.** Resultat av klassifisering basert på data fra 2007. Fargekode ses i Figur 9.



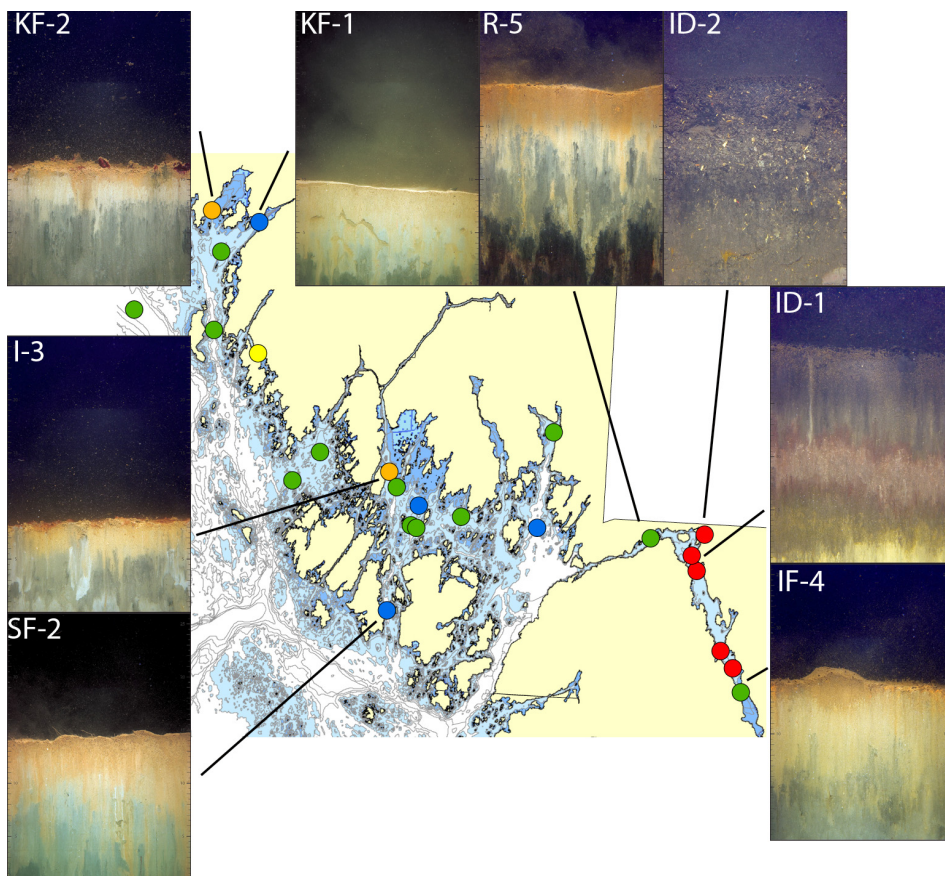
**Figur 11.** Resultat av klassifisering basert på data fra 2008. Fargekode ses i Figur 9.



**Figur 12.** Resultat av klassifisering basert på data fra 2009 (Ytre Oslofjord stasjoner). Fargekode ses i Figur 9.

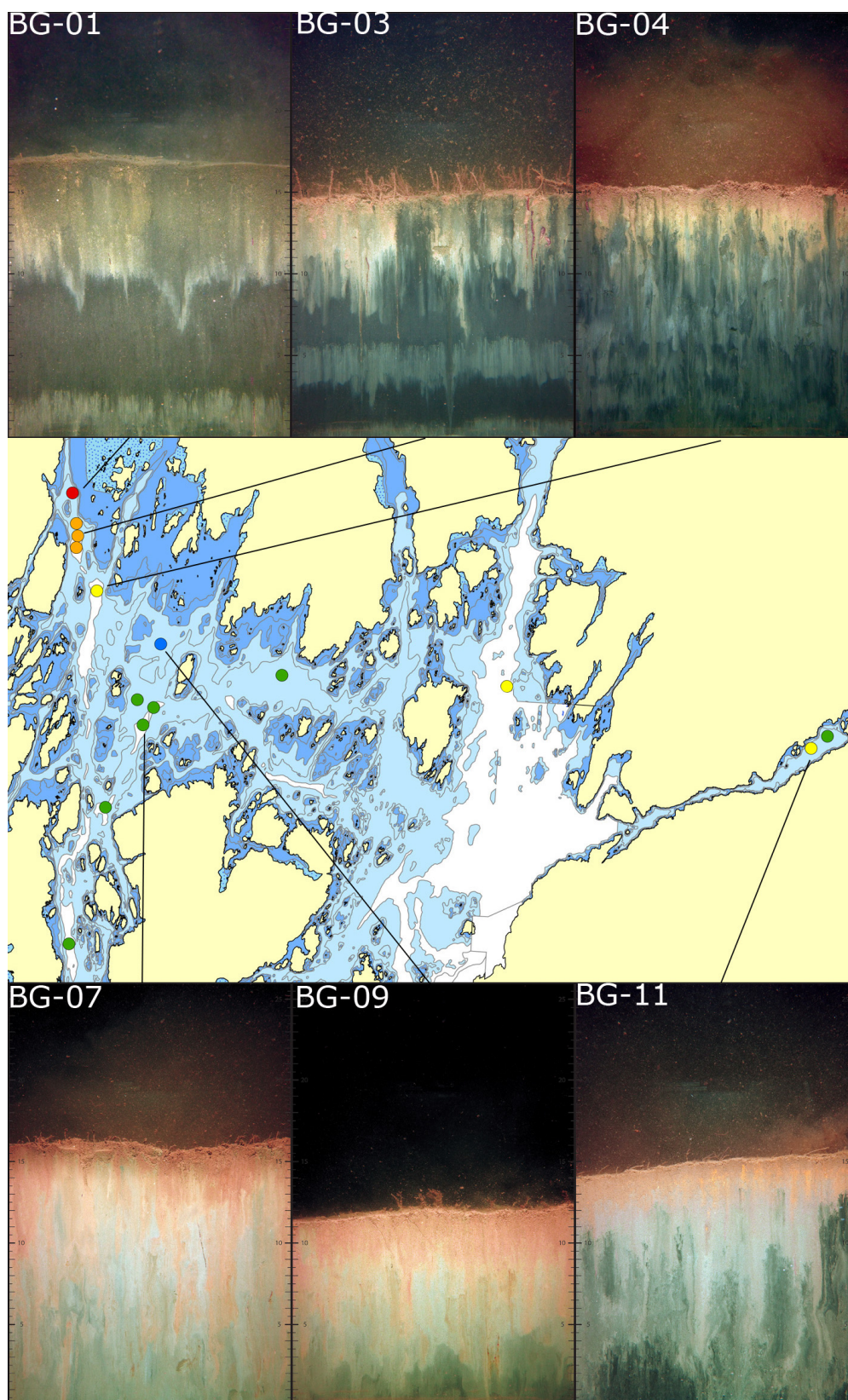


Figur 13. Resultat av klassifisering basert på data fra 2009 (Ytre Oslofjord stasjoner og Borregaard stasjoner). Fargekode ses i Figur 9.



Figur 14. SPI-resultater 2008 (Ytre Oslofjord stasjoner).





**Figur 15.** SPI-resultater 2009 (utvalgte Borregaard stasjoner).

- Tydelig gradient fra Glomma med svært dårlige forhold i munningsområdet (BG-01 til BG-04)
- Gode forhold i hele i området mellom Hvaler og fastlandet BG-07 og 09

## 5. Samlet vurdering

Blæretang lever i overflatevannet og kan potensielt påvirkes av metaller i dette. Undersøkelser som er gjennomført i Glommas munningsområde i 2009 tyder imidlertid på at stopp av renseanlegget har hatt liten eller ingen innvirkning på konsentrasjonen av kobber i blæretang i resipienten. I ettertid var dette heller ikke å vente i og med at kobberutslippene ikke har økt vesentlig (**Tabell 1**).

Også undersøkelsene av strandsonesamfunnene belyser forhold i overflatevannet. Ut fra disse undersøkelsene konkluderer vi at stopp av renseanlegget ikke har hatt noen negativ effekt på strandsonesamfunn i den ytre delen av løperen, mens vi for den indre delen av løperen strengt tatt ikke kan trekke noen konklusjoner. Ut fra tiden som har gått mellom de to undersøkelsene tror vi likevel at det er størst sannsynlighet for at de endringene som ble observert fra 1992/1994 til 2009 skyldes andre forhold enn stopp av renseanlegget.

Til forskjell fra undersøkelsene av kobber i blæretang og strandsonundersøkelsene som begge belyser forhold i overflatevannet, så belyser SPI-undersøkelsene forholdene på dypere vann. Effekter der vil først og fremst komme til uttrykk dersom utslippene medfører en øket nedslamming og særlig hvis nedslammingen består av oksygenforbrukende forbindelser eller at bunnvannets oksygeninnhold reduseres av andre grunner. SPI-undersøkelsene viser i hovedsak at bunnforholdene ikke har endret seg fra 2007/8 til 2009 og tyder på at stopp av renseanlegget ikke har hatt noen virkning på bunnforholdene i Glommas munningsområde totalt sett. Utslipstallene for 2009 i forhold til 2008 (**Tabell 1**) gir heller ikke noen forventning om endringer av bunnen fra 2008 til 2009. Undersøkelsene viser imidlertid at området ved Kjøkø har generelt dårlige forhold for bunnfauna uten at dette kan knyttes til stopp av renseanlegget til Borregaard. Resultatene viser likevel at en ikke helt kan utelukke at en viss forverring har funnet sted helt lokalt på stasjon BG-1 nord for Kjøkø. Denne stasjonen viste svært dårlige forhold i 2009, men er ikke undersøkt tidligere år. Med forbehold om at stasjon BG-1 kan ha hatt bedre forhold i 2008 enn i 2009 konkluderer vi med at stopp av renseanlegget ikke har hatt noen innvirning på forholdene i Glommas munningsområde.

Totalt sett tyder undersøkelsen på at stopp av renseanlegget ikke har hatt gitt noen tydelige effekter i Glommas munningsområde verken på dypt vann eller i overflatevannet. Området som sådan, og særlig den indre delen, bærer imidlertid preg av å være nedslammet, mye av naturlige årsaker, men en bør likevel bestrebe seg på å begrense alle utslipp mest mulig.

## 6. Referanser

- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler-/Kosterområdet. NIVA-rapport nr. 2669 (feilaktig påført rapport nr. 2560), 192s.
- Berge, J.A., Brevik, E.M., Godal, A. og Berglind, L., 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Miljøgifter i organismer. NIVA-rapport nr. 3443, 146s.
- Berge, J.A., 1997. Undersøkelser av miljøgifter i blæretang, blåskjell og torsk fra Hvalerområdet i forbindelse med storflommen i Glomma i 1995. NIVA-rapport nr. 3659, 45s.
- Berge, J.A., Magnusson, J., Tjomsland, T., 2008. Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS – 2007. NIVA-rapport nr. 5519, 42s.
- Berge, J.A., Källqvist, T., Romstad, R., Tobiesen, A., 2003. Utslipp fra Borregaard Industries Ltd til Glomma - økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra cellulosefabrikken og innhold av kobber og organiske halogenforbindelser i Glomma og Hvalerområdet. Niva- rapport nr. 4751, 79s.
- Berge, J.A., 2009. Metaller i blæretang fra Glommas munningsområde 2008. NIVA-rapport nr. 5781, 22s.
- Clarke K.R. & Gorley R.N., 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth
- Holtan, G., 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Forurensingstilførsler 1970-93. NIVA-rapport nr. 3444-96.
- Knutzen, J., Skei, J., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sediment og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. Niva-rapport nr. 2540, 139s.
- Källqvist, T., Berge, J.A. (2004). Økotoksikologisk undersøkelse av avløpsvann fra Kronos Titan AS samt analyse av metaller i tang fra Glommas munningsområde og Hvaler. NIVA rapport nr. 4840.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997. 36 pp.
- Moy F.E. og Walday M., 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Hardbunnsundersøkelser 1992 – 1994. NIVA-rapport nr. 3442-96.
- Nilsson, H.C. og R. Rosenberg. 1997. Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. J. Mar. Systems. 11, 249-264.
- Nilsson, H.C. og R. Rosenberg, 2006. Collection and interpretation of Sediment Profile Images (SPI) using the Benthic Habitat Quality (BHQ) index and successional models. NIVA-rapport nr. 5200,

26s.

Pearson TH, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev* 16:229-311

Rosenberg R., M. Blomqvist, H.C. Nilsson, H. Cederwall, A. Dimming. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Poll. Bull* 49, 728-739.

Tobiesen 2009. Økotoksikologisk karakterisering av avløpsvann fra Borregaard Industries Limited, Sarpsborg i 2009. NIVA-rapport nr. 5826, 65s.

## **Vedlegg A. Rådata – alger og dyr i strandsonen**

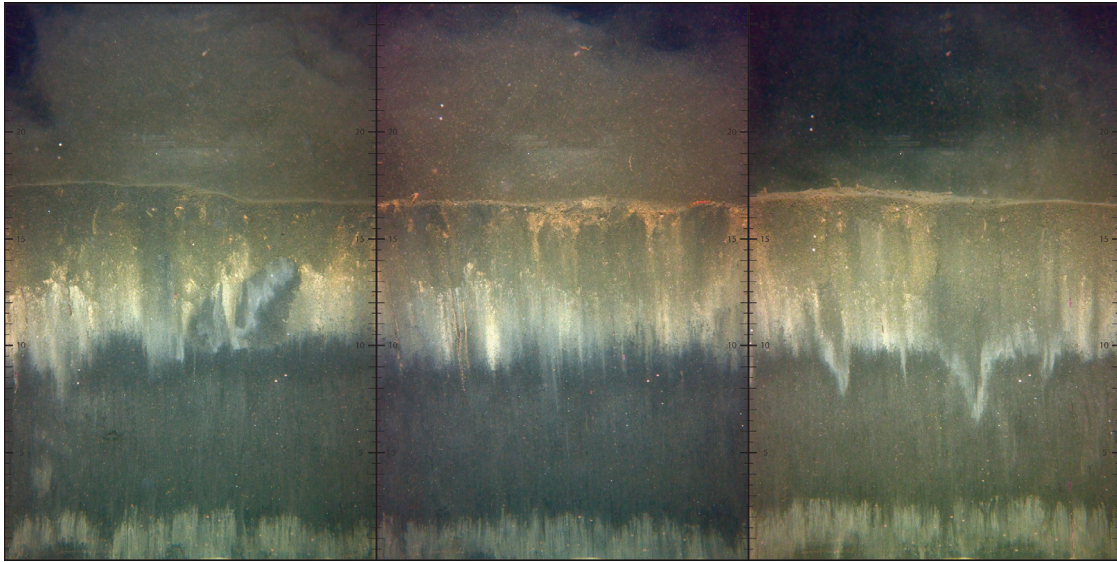
Utbredelse og forekomst av alger og dyr registrert i strandsonen på tre stasjoner i strandsonen på tre stasjoner i Hvalerområdet undersøkt i 1992-94 og i 2009. Dataene for 1992-94 er gjennomsnittlig forekomst for de tre årene.

Gruppe	Arter / Stasjoner_År	35_1992-94	72_1992-94	74_1992-94	35_2009	72_2009	74_2009
Rødalger	<i>Ahnfeltia plicata</i>	2,3	2		2	2	-
	<i>Ceramium rubrum</i>	2,3	3	2	2	2	2
	<i>Ceramium strictum</i>	3	3	2	-	2	2
	<i>Chondrus crispus</i>	2	2	-	-	-	-
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	2	-	-	-	-	-
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	3	2	-	2	-	-
	<i>Hildenbrandia rubra</i>	3,3	2,7	2	4	3	3
	<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>	-	2	-	-	-	-
	<i>Phyllophora truncata</i>	2	1,5	-	-	-	-
	<i>Polyides rotundus</i>	3	1	-	-	-	-
	<i>Polysiphonia stricta</i>	3	-	-	2	-	-
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	1	2	-	-	-
	<i>Porphyra</i> sp	-	-	-	1	-	-
Brunalger	<i>Ascophyllum nodosum</i>	1	-	-	-	-	-
	<i>Chorda filum</i>	-	1	-	-	-	-
	<i>Ectocarpus</i> sp	3	3	3	-	-	-
	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	-	-	-	3	-	-
	<i>Elachista fucicola</i>	2,7	2,3	3	2	2	2
	<i>Fucus evanescens</i>	3	-	-	-	-	-
	<i>Fucus</i> juv.	3	3	-	-	-	-
	<i>Fucus serratus</i>	4	-	-	4	-	-
	<i>Fucus vesiculosus</i>	4	4	4	4	4	4
	<i>Pylaiella littoralis</i>	2	2	3	3	3	3
	<i>Ralfsiacea indet.</i> (Lithoderma)	2	-	-	-	-	-
	<i>Sphacelaria radicans</i>	-	2	-	-	-	-
	Brunt på fjell - mørkt	-	4	4	2	4	2
Grønnalger	<i>Cladophora albida</i>	-	-	-	2	-	-
	<i>Cladophora</i> cf <i>albida</i>	-	-	-	-	2	3
	<i>Cladophora</i> sp.	2	2	2,5	-	-	-
	<i>Cladophora rupestris</i>	3,3	3	3	2	-	2
	<i>Cladophora</i> cf. <i>sericea</i>	-	-	-	2	-	-
	<i>Ulva</i> spp.	3	2	4	-	-	-
	<i>Ulva compressa</i>	-	2	-	-	-	-
Blågrøn nalger	<i>Ulva intestinalis</i>	-	-	1	2	2	2
	<i>Cyanophyceae</i>	2,5	2,3	3	-	-	-
	cf <i>Calothrix</i> sp	-	-	-	3	3	3
<i>Spirulina subsalsa</i>	1,5	-	3	-	-	-	
Kiselalger	Diatome-kjede på fjell	3	3	2,4	3	4	4
Fastsittende / lite mobile dyr	<i>Alcyonidium hirsutum</i>	-	-	-	2	-	-
	<i>Alcyonidium polyoum</i>	2	-	-	-	-	-
	<i>Balanus improvisus</i>	3,3	4	3,3	3	3	3
	<i>Conopeum seurati</i>	2,5	2	-	-	-	-
	<i>Electra crustulenta</i>	2	2	-	2	2	2
	<i>Electra pilosa</i>	2	2	1	2	-	-
	<i>Mytilus edulis</i>	2,7	2,3	2	2	-	-
	<i>Littorina littorea</i>	1	-	-	-	-	-
Mobile dyr	<i>Carcinus maenas</i> - død	-	-	1	-	-	-
	<i>Mytilus edulis</i> - død	-	-	2	-	-	-
	<i>Carcinus maenas</i>	-	-	-	-	1	-
	<i>Gammarus</i> sp	-	-	-	2	2	2
	Gammaridae	-	-	-	-	1	-
Mobile dyr	<i>Gobiusculus flavescens</i> (tangkutling)	.40	-	-	1	-	-
	<i>Idothea</i> sp	-	-	-	-	1	-
	<i>Mysis relicta</i> (pungreke)	-	-	-	-	1	-
	<i>Palaemone</i>	-	-	-	-	1	-

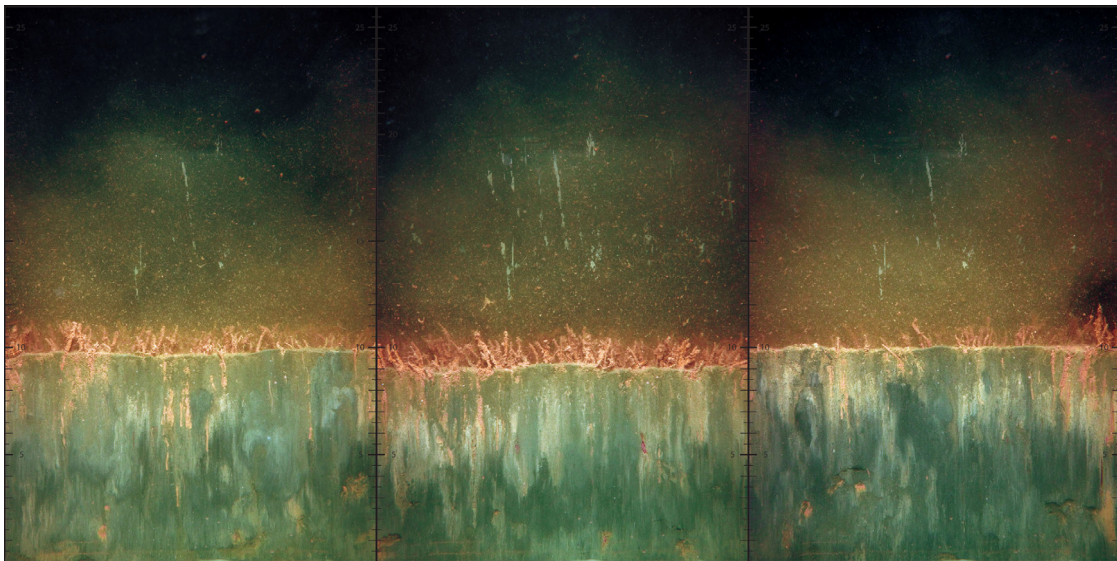


## Vedlegg B. SPI bilder 2009 –Borregaard stasjoner

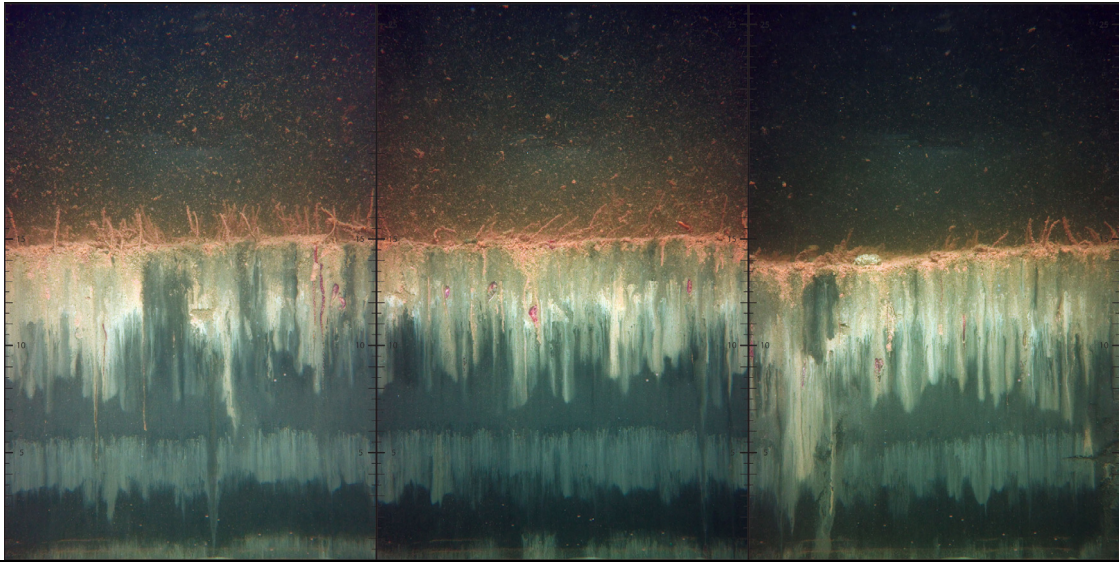
BG-1



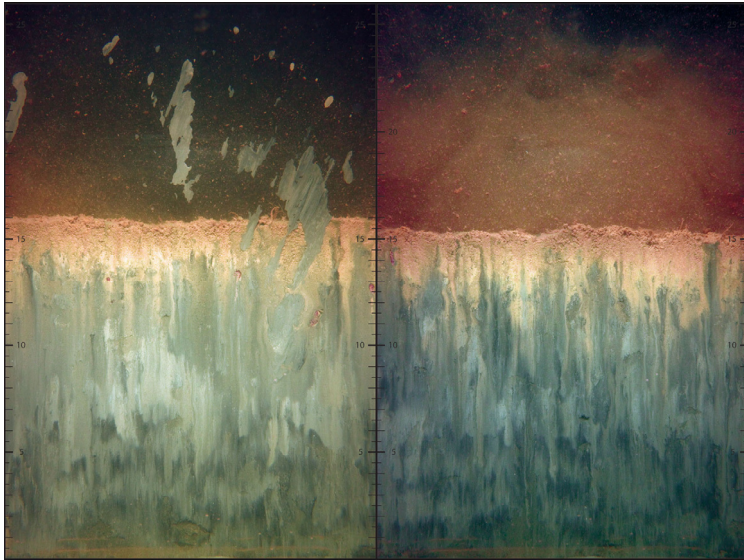
BG-2



BG-3

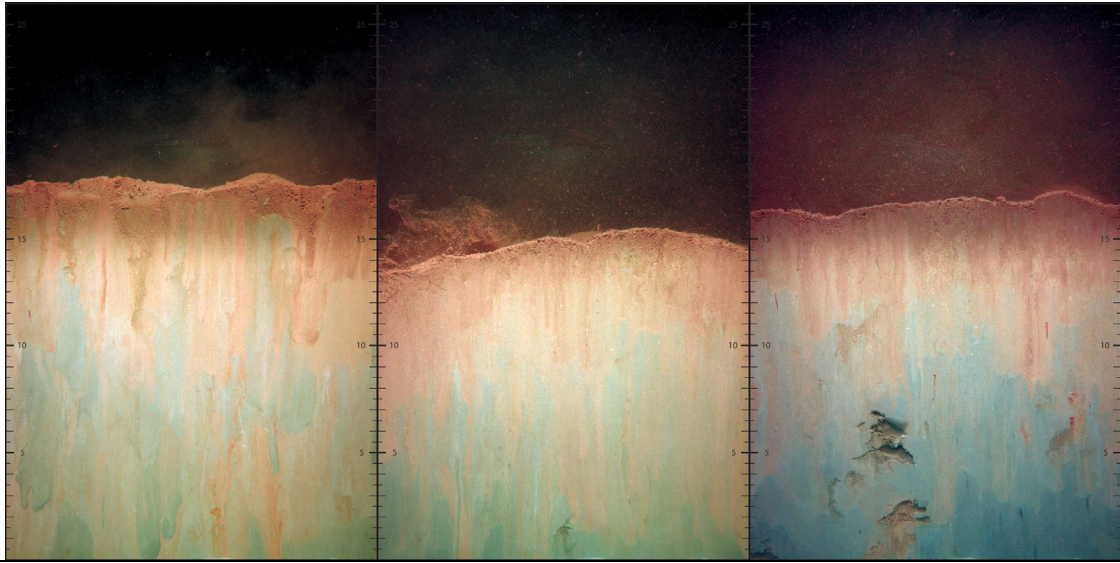


BG-4

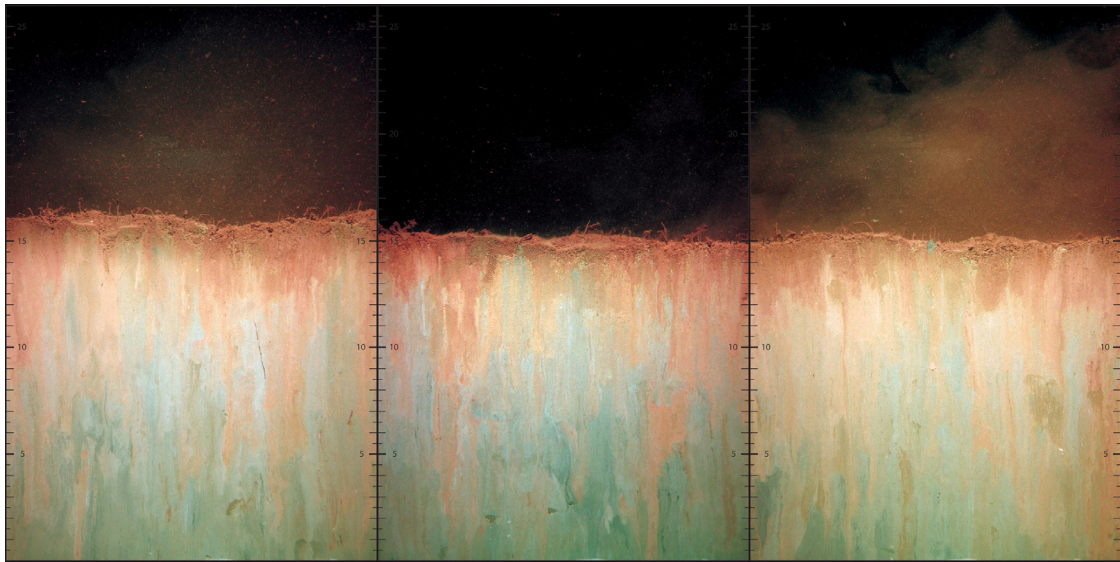




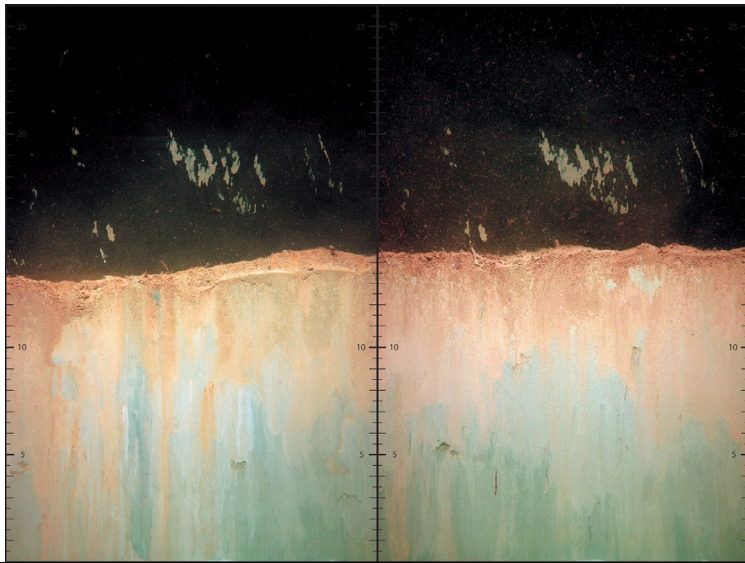
BG-6



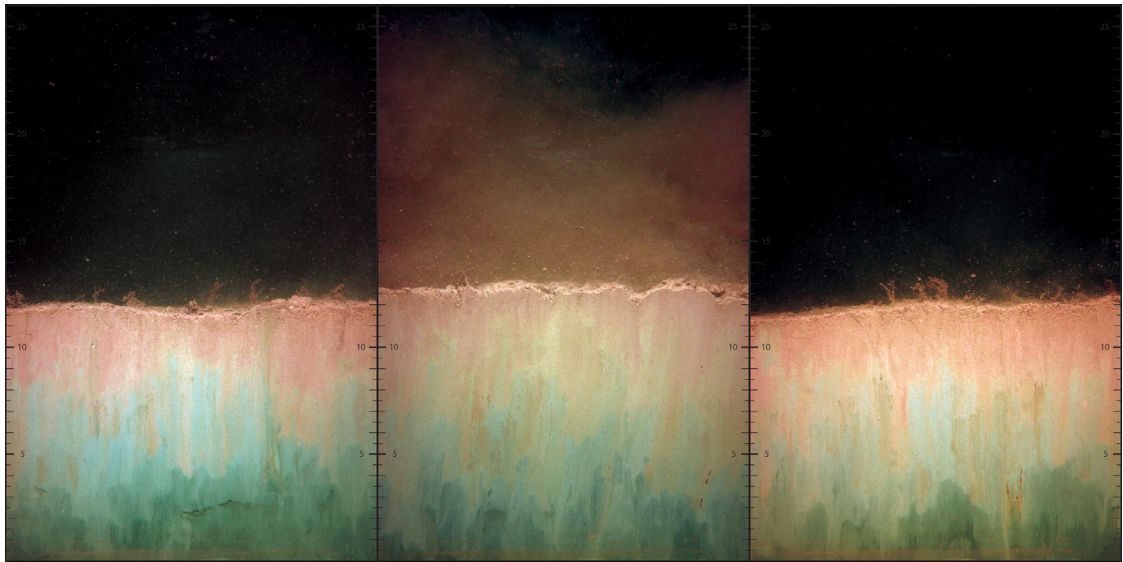
BG-7



BG-8

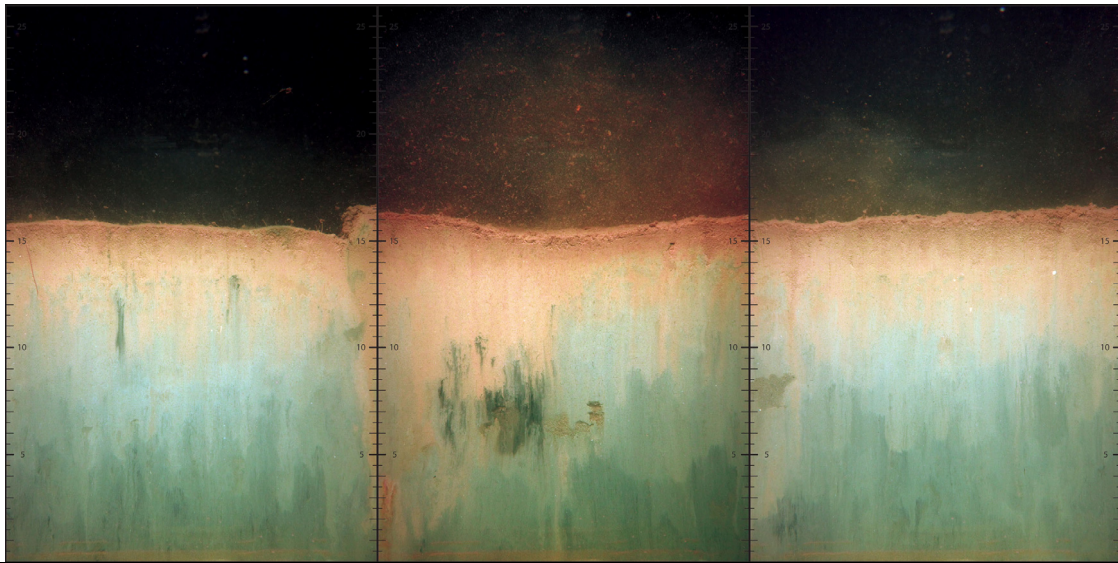


BG-9

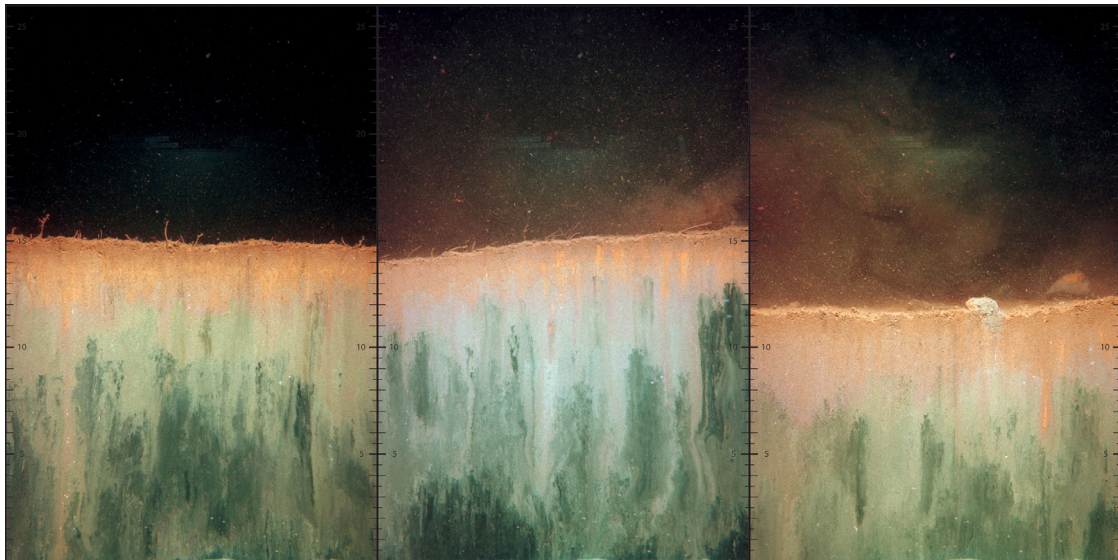




BG-10



BG-11



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)