

RAPPORT LNR 4587-2002

Giftighetstesting av
sjøvann rundt
elektrodeanlegg for
overføring av el-kraft
mellom Danmark og
Norge via sjø

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Giftighetstesting av sjøvann rundt elektrodeanlegg for overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge via sjø	Løpenr. (for bestilling) 4587-2002	Dato 04/11-2002
	Prosjektnr. Undernr. O-21359	Sider Pris 19
Forfatter(e) John Arthur Berge Torsten Källqvist	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statnett SF	Oppdragsreferanse
---------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I denne rapporten presenteres resultater fra giftighetstesting av vann innsamlet i og omkring et elektrodeanlegg for overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge. Giftighetstestene ble utført på to ulike organismer; kiselalgen <i>Skeletonema costatum</i> og krepsdyret (hoppekreps) <i>Acartia tonsa</i>. Ingen akutt-toksiske effekter ble observert i noen av testene.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elektrodeanlegg 2. Giftighetstester 3. Alger 4. Krepsdyr 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Electrodes 2. Toxicity tests 3. Alga 4. Crustaceans
---	--



John Arthur Berge
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder
ISBN 82-577-4246-5



Jens Skei
Forsknings sjef

**Giftighetstesting av sjøvann rundt elektrodeanlegg
for overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge
via sjø**

Forord

Statnett SF har et elektrodeanlegg for overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge. Elektrolyseprodukter fra dette anlegget kan under bestemte forhold tenkes å ha en giftvirkning i resipienten. På bakgrunn av et programforslag fra NIVA datert 20/8-2002 ønsket Statnett at det skulle gjennomføres giftighetstester på vann fra Grosøysøyla. Bekreftelse på oppdraget ble gitt i innkjøpsordre nr 1299 datert 24/09-02. Feltarbeidet med innsamling av vannprøver ble gjennomført av Lise Tveiten, Jarle Håvardstun og J.A. Berge.

Bård Tonstad fra Statnett var lokal kontaktperson under feltarbeidet. Giftighetstestene ble gjennomført under ledelse av Torsten Källqvist.

Prosjektleder på NIVA har vært John Arthur Berge.

Kontaktperson hos Statnett SF har vært Kirsten Faugstad.

Oslo, 04/11-2002

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
2.1. Toksitetester med alger	13
2.2. Toksitetester med krepsdyr	13
3. Resultater	14
3.1. Toksitetester med alger	14
3.2. Toksitetester med krepsdyr	15
4. Avsluttende kommentarer	16
5. Referanser	17
Vedlegg A.	18
Vedlegg B.	19

Sammendrag

I tilknytning til en likestrømsforbindelse for overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge har Statnett SF et elektrodeanlegg i et grunnvannsområde i Grosøysøyla nær Kristiansand. Under bestemte forhold kan det tenkes at giftige elektrolyseprodukter dannes som kan påvirke organismer i resipienten.

I denne rapporten presenteres resultater fra giftighetstesting av vann innsamlet i og omkring elektrodeområdet etter perioder med i hovedsak katodisk drift og anodisk drift. Ved katodisk drift vil det kunne dannes hydrogengass og hydroksylioner. Anodisk drift av anlegget kan gi klorutvikling ved elektrodene.

Giftighetstestene ble utført på to ulike organismer; kiselalgen *Skeletonema costatum* og krepsdyret (hoppekreps) *Acartia tonsa*. Disse artene representerer planteplankton og dyreplankton og har stor betydning i planktonsamfunnet langs kysten. De benyttede testene danner bl.a. grunnlag for risikovurdering og godkjenning av kjemikalier brukt i offshoreindustrien.

Ingen akutt-toksiske effekter ble observert.

Under de rådende miljøbetingelser og driftsforhold (også ved stort innslag av anodisk drift hvor det er størst sannsynlighet for dannelse av giftige elektrolyseprodukter) gir resultatene ikke grunn til bekymring for akutt-toksiske effekter i området.

Observasjoner av blåskjell på elektrokassene og en tilsynelatende tallrik forekomst av flatfisklarver og kutlinger i elektrodeområdet antyder at eventuelle mer langsiktige effekter er små.

Summary

Title: Toxicity tests of seawater from an area with electrodes for transmitting electric current between Denmark and Norway

Year: 2002

Author: John Arthur Berge and Torsten Källqvist

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4246-5

Electrodes have been placed in a shallow water area (Grosøysøyla) near Kristiansand (Norway) in order to transmit electric current (DC) between Denmark and Norway. Electrolytically produced, toxic compounds may be present in the water overlaying the electrodes and potentially result in toxic effects on organisms in the area.

This report presents results from acute toxicity tests on water collected in and around the electrodes after periods of cathodic and anodic operation of the electrodes. Cathodic operation may result in production of hydrogen gas and hydroxyl ions. Anodic operation may result in production of chlorine gas.

The toxicity tests were performed on the diatom *Skeletonema costatum* and the copepod *Acartia tonsa*.

No acute toxic effects were observed

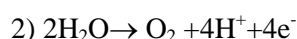
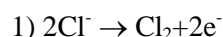
The results indicate that the prevailing environmental conditions in the area and the current operating conditions of the electrodes do not give rise to concern about acute toxic effects caused by the operation of the electrodes.

Observations of blue mussels (*Mytilus edulis*) on the top of the casing surrounding the electrodes and an apparent high abundance of juvenile flatfish and other small fish (gobiidae) in the area surrounding the electrodes, suggests that possible long term effects also are minor.

1. Innledning

I forbindelse med overføring av el-kraft mellom Danmark og Norge har Statnett SF et elektrodeanlegg i Grosøysøyla nær Høvåg mellom Lillesand og Kristiansand. Elektrodeanlegget består av elektroder gravet ned i sedimentet i et grunt mudderbunnsområde. Elektrodene har til oppgave å føre elektrisk strøm ut i, eller opp fra sjø og sjøbunn og er plassert i trekasser som er gravd ned i sedimentet slik at kun toppen av kassene synes over sedimentoverflaten.

Ved elektrolyse av sjøvann foregår to konkurrerende reaksjoner ved anoden:



Anodisk drift av anlegget kan gi klorutvikling ved elektrodene. Lav temperatur, lav pH, høy strømtetthet på anoden og høy saltholdighet favoriserer klorutvikling. Klor som dannes ved anodisk drift kan reagere med andre forbindelser slik at en får dannet persistente halogenholdige (Cl, Br) forbindelser (Harboe og Polèo, 1997) som også kan tenkes å ha en giftvirkning i resipienten.

Ved katodisk drift vil det kunne dannes hydrogengass (H_2) og hydroksylioner (OH^-). Hydroksylionene kan føre til et noe forhøyet pH. Utover en mulig pH effekt dannes ikke toksiske forbindelser ved katodisk drift av anlegget.

Tidligere undersøkelser som NIVA har gjennomført (Berge et al. 2000) viser at elektrodene i Grosøysøyla ikke er noen betydelig kilde for akkumulering av persistente halogenholdige forbindelser i sediment. Sett under ett synes det å være relativt lave nivåer av halogenholdige forbindelser. Sedimentet inneholdt imidlertid spor av enkelte bromorganiske forbindelser (PBB 53 og PBB 49) som kunne knyttes til elektrodens plassering. I en senere undersøkelse (Berge og Kringstad, 2001) ble kabelbiter analysert for å se om kablene i anlegget kunne være en kilde til den observerte PBB. Resultatene viste at PBB var tilstede i noen av kabelprøvene. Konsentrasjonsbetraktninger tilsa imidlertid at kablene allikevel ikke kunne være noen klar direkte kilde for den observerte PBB i sedimentet.

Denne gangen ønsket man å teste selve vannet for å se i hvilken grad toksiske effekter kunne knyttes til vannet i Grosøysøyla.

Toksiske effekter i vannfasen over elektrodeanlegget kan tenkes å oppstå som følge av transport av forbindelser som dannes direkte (fritt klor) eller indirekte (halogenerte organiske forbindelser) ved elektrodene til overliggende vann under driften av anlegget. Klor er imidlertid den eneste toksiske forbindelse som en med sikkerhet vet dannes direkte ved driften av anlegget.

I denne rapporten presenteres resultater fra giftighetstesting av vann innsamlet etter perioder med:

- I hovedsak katodisk drift
- I hovedsak anodisk drift.

2. Materiale og metoder

En beskrivelse av elektrodeanlegget finnes i en tidligere rapport (Berge et al. 2000). Foto av "bryggen" som ligger over elektrodene ses i **Figur 3**. Kartlegging av eventuelle toksiske effekter er utført ved laboratorietester i innsamlede vannprøver. Innsamling av vannprøver ble foretatt 3/09-02 (etter en periode med i hovedsak katodisk drift, se **Figur 1**) og 18/09-02 (etter en periode med i hovedsak anodisk drift, se **Figur 2**). Første innsamling ble gjort på stigende tidevann mens andre innsamling ble foretatt på fallende tidevann. Begge ganger var det lite vind i området.

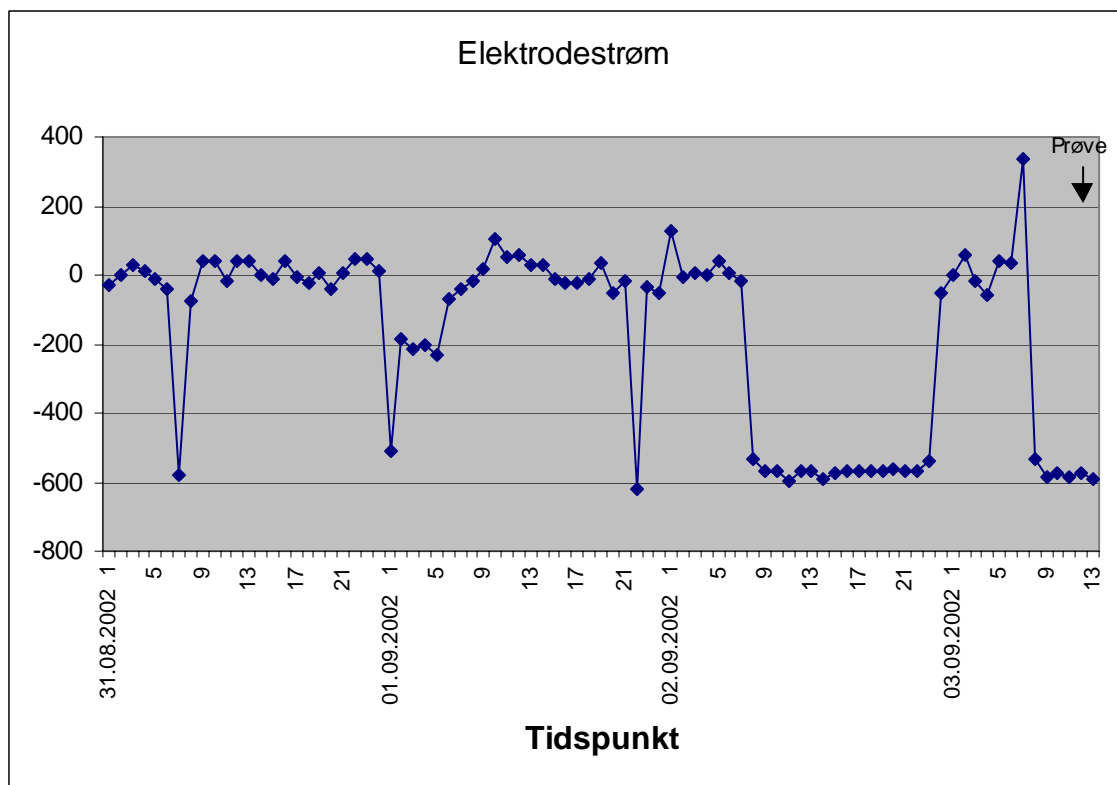
Ved begge innsamlingstidspunkt ble vann fra følgende områder i nærheten av elektrodeanlegget prøvetatt:

- Vann fra en lokal kontroll lokalitet vest for Grosøya
- Vann tatt rett over elektrodene (elektrode 20, 33, 35, 37, 53)
- Vann tatt mer enn 10-20 m fra elektrodene
- Vann tatt mer enn 40 m fra elektrodene

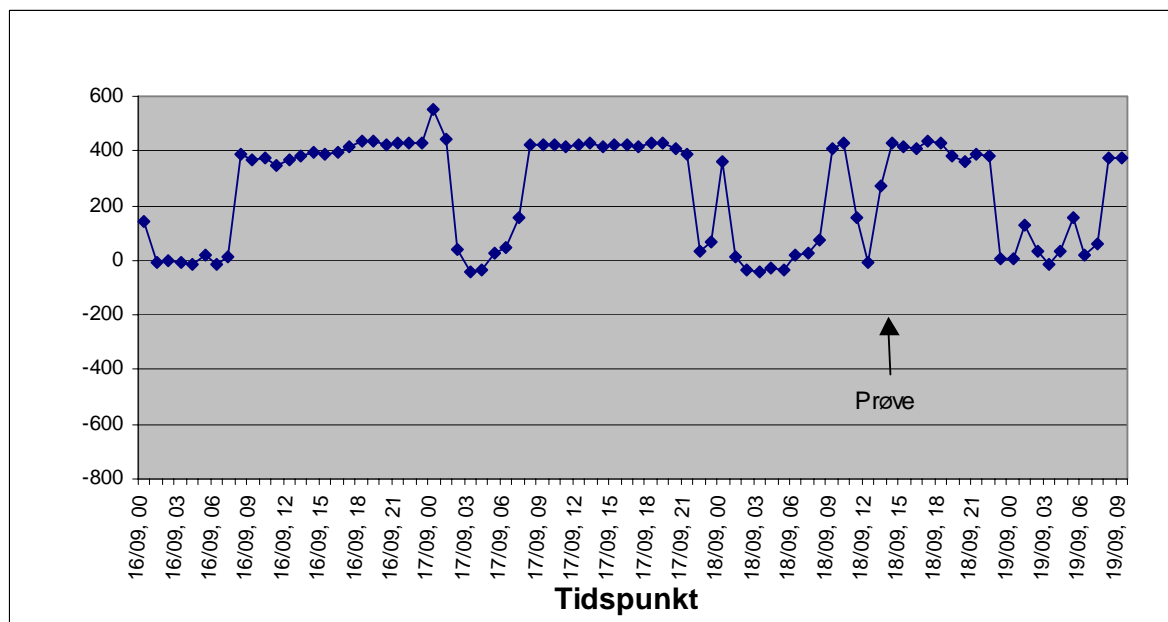
Fra hvert av de fire områder ble det tatt 5 vannprøver for å kompensere for eventuell heterogen vannkvalitet. De 5 vannprøver (200 ml) fra hvert område ble slått sammen til en blandprøve (tilsammen 1000 ml). Kart som viser hvor vannprøvene ble innsamlet ses i **Figur 4** og **Figur 5** (GPS posisjoner for de ulike stasjoner finnes i vedlegg A). Vannprøvene ble lagret på spesielt vaskete glassflasker. Det ble observert gassutvikling (bobling) (sannsynligvis hydrogengass) ved enkelte av de ytterste elektrodene under første prøveinnsamling. Ingen bobling ble observert ved andre prøvetaking.

Totalt ble det tatt 8 prøver som ble giftighetstestet.

Toksisitetstestene ble utført på to ulike organismer; kiselalgen *Skeletonema costatum* og krepsdyret (hoppekreps) *Acartia tonsa*. *S. costatum* er et viktig innslag i kystplankton og er ofte dominerende planteplanktonart i våroppblomstringen. Algene er basen i de marine næringskjedene og en hemming av veksten kan derfor ha konsekvenser også for andre organismer. *A. tonsa* tilhører gruppen copepoder og har stor utbredelse i norske havområder. Arten lever planktonisk i de fri vannmasser og livnær seg hovedsakelig ved å spise alger. De benyttede testene med *S. costatum* og *A. tonsa* danner bl.a. grunnlag for risikovurdering og godkjenning av kjemikalier brukt i offshoreindustrien.



Figur 1. Elektrodestrøm (ampere) i perioden 31/8-02 til 03/9-02. Tidspunkt for innsamling av vannprøver er avmerket. I perioden før prøvetaking har en i hovedsak hatt katodisk drift (negativ strømstyrke) eller lav strømstyrke ved anodisk drift

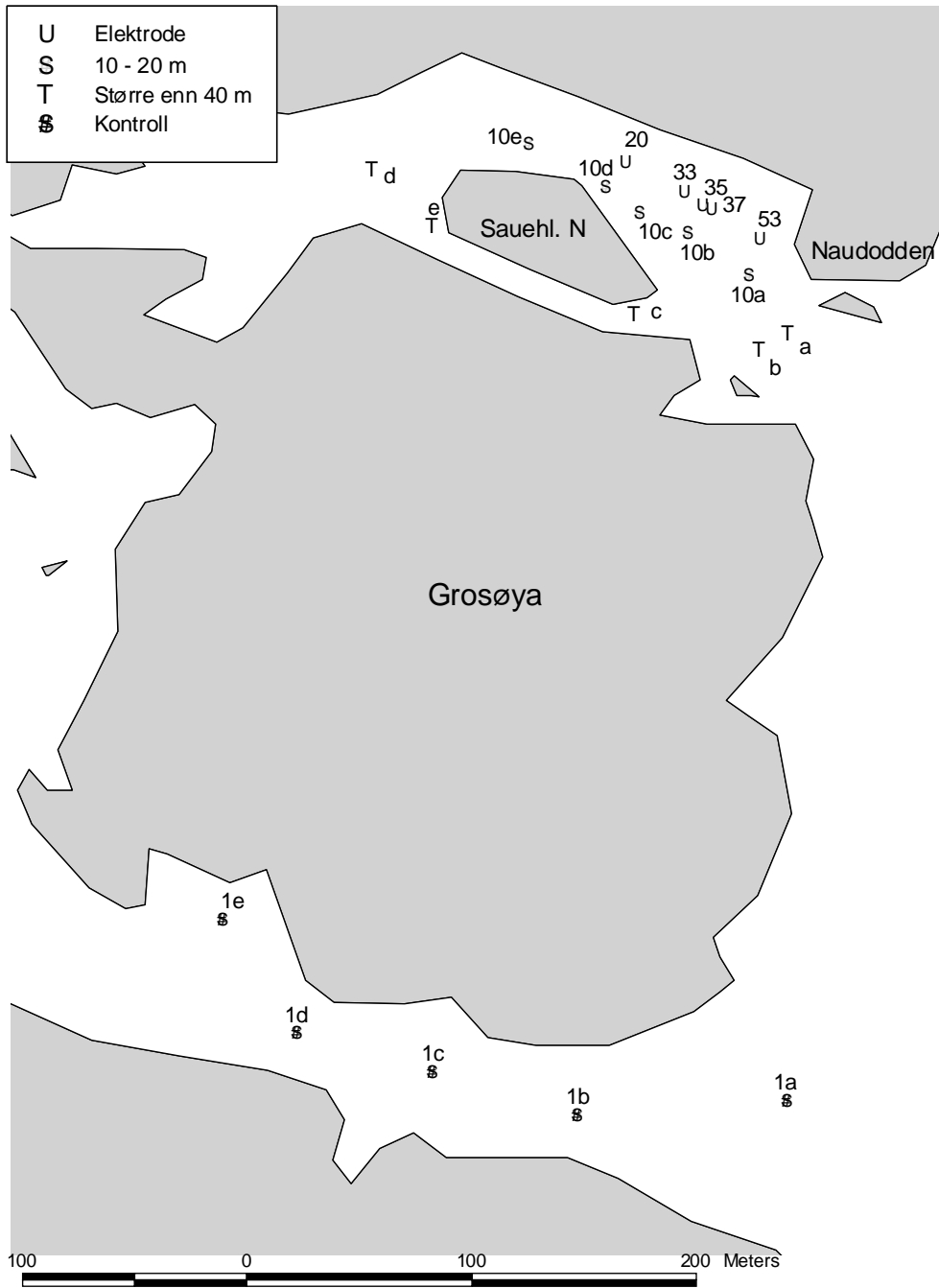


Figur 2. Elektrodestrøm (ampere) i perioden 16/9-02 til 19/9-02. Tidspunkt for innsamling av vannprøver er avmerket. I perioden før prøvetaking har en i hovedsak hatt anodisk drift (positiv strømstyrke) eller lav strømstyrke ved katodisk drift.



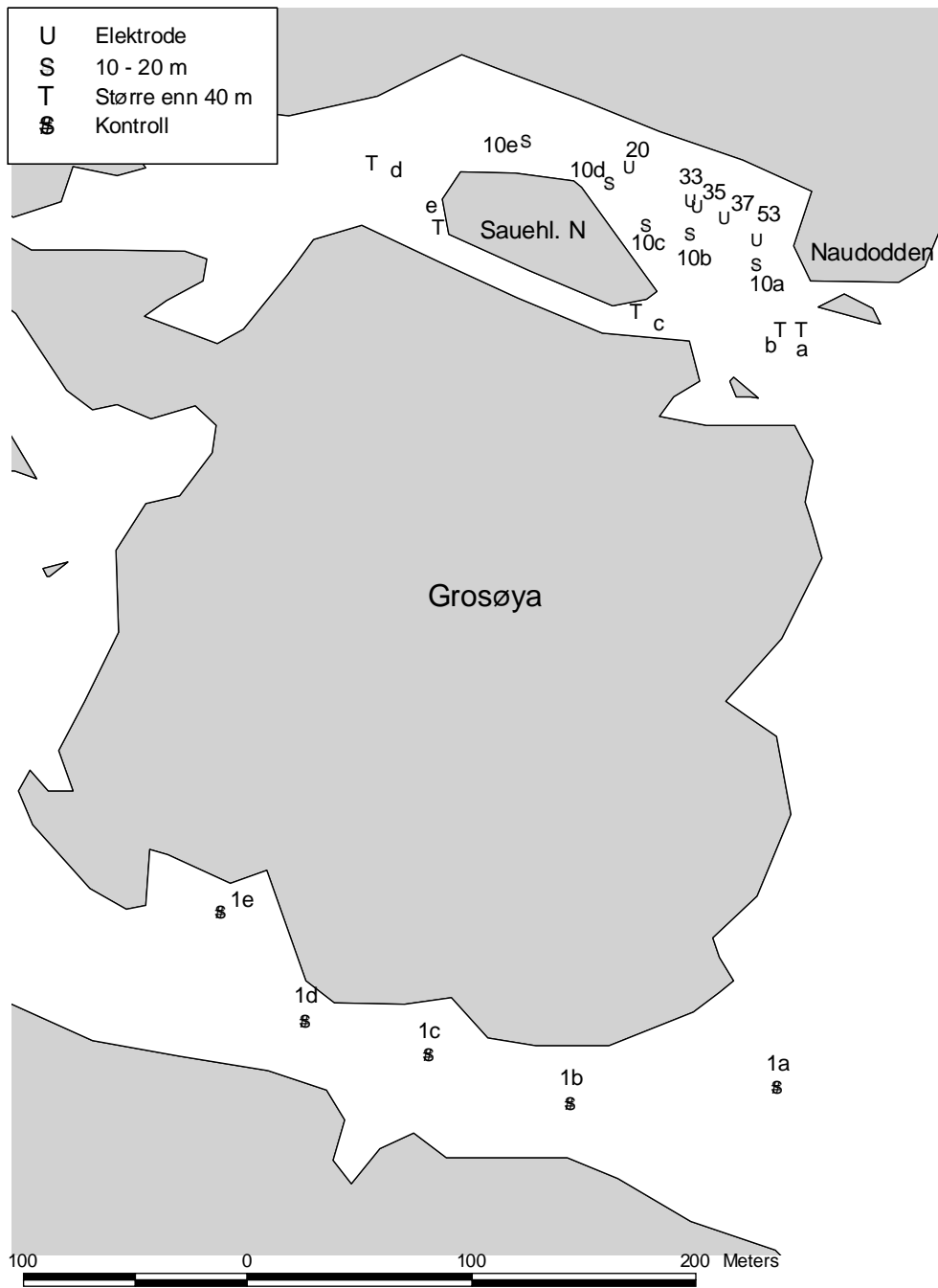
Figur 3. Elektrodeanlegget i Grosøysøyla. Elektrodene er gravd ned i sedimenet under brygga på bilde. Elektrodeanlegget ses mot sørøst. (Foto:Lise Tveiten, NIVA)

3. sept. 2002



Figur 4. Stasjoner for innsamling av vannprøver 3.september 2002. Vannprøver ble tatt i 4 områder: Rett over elektrodene (elektrode 20, 33, 35, 37, 53), 10-20m fra elektrodene (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), mer enn 40 m fra elektrodene (a, b, c, d, e) og i et kontrollområde (1a, 1b, 1c, 1d, 1e).

18. sept. 2002



Figur 5. Stasjoner for innsamling av vannprøver 18.september 2002. Vannprøver ble tatt i 4 områder: Rett over elektrodene (elektrode 20, 33, 35, 37, 53), 10-20m fra elektrodene (10a, 10b, 10c, 10d, 10e), mer enn 40 m fra elektrodene (a, b, c, d, e) og i et kontrollområde (1a, 1b, 1c, 1d, 1e).

2.1. Toksisitetstester med alger

Ved algetesten tilsettes et vekstmedium for alger og deretter podes vannprøvene med *Skeletonema costatum* fra en laboratoriekultur. Prøvene inkuberes under standardiserte betingelser, og algenes vekst registreres over tre døgn. Ved å sammenligne veksthastigheten i vannprøver fra ulike prøvetakingssteder kan man konstatere om vannet inneholder stoffer som hemmer algevekst. Eventuelle veksthemmende effekter på planktonalger ble undersøkt i henhold til ISO 10253; *Marine Algae Growth Inhibition Test*. Testene ble startet dagen etter prøvetaking. Vannprøvene ble filtrert gjennom glassfiberfilter (Whatman GF/C) og tilsatt et næringsløsningskonsentrat (ISO 10253). Prøvene ble deretter podet med ca. $5 \cdot 10^6$ celler /l av testalgen *Skeletonema costatum* og fordelt på 100 ml ståkolber med 50 ml prøvevolum. Kolbene ble plassert på et gyngebord ved temperatur 21 ± 1 °C og med kontinuerlig belysning på ca. $70 \mu\text{M kvanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Alle tester ble utført med 3 replikater.

Mengden algeceller i kulturene ble bestemt ved telling med en Coulter Multisizer ved start og etter 1, 2 og 3 døgn. Algenes veksthastighet ble beregnet fra økningen i celletetthet fra start til slutt i henhold til ligningen:

$$\mu = \frac{\ln(c_3) - \ln(c_0)}{3}$$

hvor c_0 og c_3 er celletettheten hhv. ved start og etter 3 døgn.

2.2. Toksisitetstester med krepsdyr

Ved toksisitetstesten med *Acartia tonsa* tilsettes forsøksdyr fra en laboratoriekultur til vannprøvene og overlevelsen registreres over fire døgn. Ved å sammenligne dødelighet i vannprøver fra ulike prøvetakingssteder kan man konstatere i hvilken grad det knytter seg negativ egenskaper til vann fra de ulike områder i Grosøysøyla i forhold til kontroll lokaliteten.

Akutte toksiske effekter av vannprøvene på krepsdyr ble undersøkt i henhold til ISO/DIS 14669; *Determination of acute lethal toxicity to marine copepods (Copepoda, Crustacea)*, med *Acartia tonsa* som testorganisme. Testbetingelsene er beskrevet nedenfor:

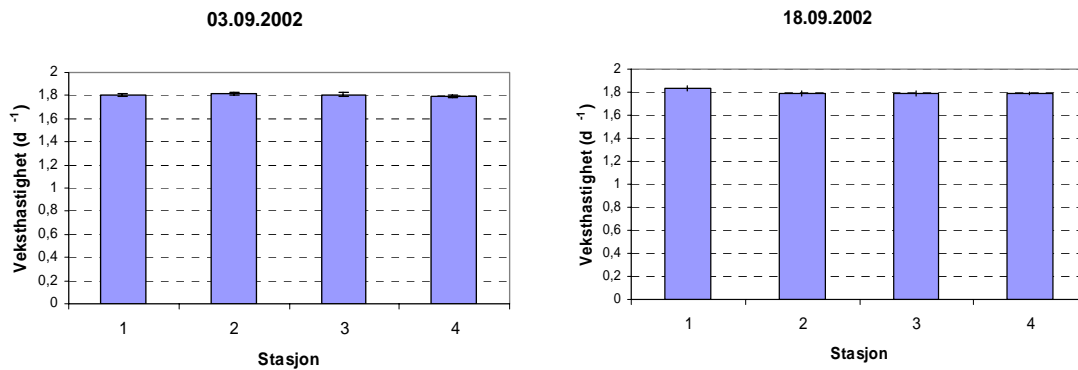
Test organisme:	<i>Acartia tonsa</i> , Opprinnelse: Havforskningslaboratoriet, Helsingør. Stamkultur i naturlig sjøvann, med <i>Rhodomonas baltica</i> som fôr
Utviklingsstadium:	Copepode, alder 17-25 døgn
Testperiode:	4 - 6 sept. (serie 1) og 19 - 21 sept. (serie 2)
Testkonsentrasjon:	100 %
Kontrollvann:	Sjøvann fra 60 m dyp i Oslofjorden ved Solbergstrand Forskningsstasjon. (NIVA-kontroll)
Antall enheter:	8 kar med 4 - 8 dyr pr. kar.
Temperatur:	19,1 - 21,2 °C (serie 1) og 19,0 - 20,5 °C (serie 2)

3. Resultater

Saltholdigheten i vannet (målt med refraktometer) var relativt uniform i innsamlingsområdet ved begge prøvetakinger. Ved første innsamling var saltholdigheten 34 i all fire blandprøver mens den andre gang var 28.

3.1. Toksitetester med alger

Algene vokste meget raskt i samtlige prøver (resultatet av algetellingene er vist i vedlegg B). Veksthastigheten beregnet over 3 døgn var mellom 1.79-1.83 d^{-1} (Figur 6). Dette er normal veksthastighet for denne algen under de betingelser testen ble utført ved. Testene viste således ingen tegn til at vannprøvene inneholdt stoffer som hemmet veksten av alger.



Figur 6. Resultatet fra vekstforsøk med *Skeletonema costatum* i vannprøver tatt 03.09 og 18.09, 2002
1 = Rett over elektrode, 2 = 10 – 20 m fra elektrode, 3 => 40 m fra elektrode, 4 = Kontroll.

3.2. Toksisitetstester med krepsdyr

Ingen dødelighet av *Acartia tonsa* ble registrert etter 24 timers eksponering (**Tabell 1**). Enkelte dyr var døde etter 48 timer, men dødeligheten i vannprøvene var som mest 4% (prøve 2, 03.09.02). I prøveserie 2 var dødeligheten i NIVA-kontrollen (Oslofjorden) 6%. I samtlige prøver var dødeligheten lavere enn kravet for kontroller i testen (10%). Resultatene indikerer således at vannprøvene ikke har akutt toksisk virkning på krepsdyret *Acartia tonsa*. Det er derfor ikke grunn til å vente negative effekter på planktonorganismer av korttidseksponering ved opphold i området rundt elektrodene.

Tabell 1. Observert dødelighet av *Acartia tonsa* etter 24 og 48 timer.

Prøvedato 03.09.2002

Prøve	Antall dyr	Antall døde 24 timer	Antall døde 48 timer	pH		Oksygen slutt (%)
				start	slutt	
1. Rett over elektrode	49	0	1	8,2	8,1	109
2. 10 – 20 m fra elektrode	53	0	2	8,2	8,1	109
3. > 40 m fra elektrode	59	0	1	8,2	8,1	109
4. Kontroll	58	0	0	8,1	8,1	110
NIVA - Kontroll	106	0	2	8,0	8,0	109

Prøvedato 18.09.2002

Prøve	Antall dyr	Antall døde 24 timer	Antall døde 48 timer	pH		Oksygen slutt (%)
				start	slutt	
1. Rett over elektrode	52	0	0	8,3	8,2	95
2. 10 – 20 m fra elektrode	53	0	0	8,3	8,2	95
3. > 40 m fra elektrode	55	0	0	8,3	8,2	95
4. Kontroll	53	0	1	8,2	8,2	98
NIVA - Kontroll	133	3	8	7,9	8,1	96

4. Avsluttende kommentarer

Ingen akutt-toksiske effekter ble observert. Resultatene fra tester på vann innsamlet etter en periode med i hovedsak katodisk drift (**Figur 1**) er i utgangspunktet som forventet da det forut for prøvetaking sannsynligvis ikke er blitt dannet toksiske elektrolyseprodukter i særlig omfang. En kunne imidlertid likevel tenke seg at vannet var påvirket av forbindelser som over lang tid hadde bygget seg opp i ulike deler av resipienten og ved utlekking var tilstede i vannet også i perioder hvor det ikke dannes giftige elektrolyseprodukter. Resultatene tyder imidlertid ikke på dette.

Heller ikke etter en periode med relativt stort innslag av anodisk drift (**Figur 2**), hvor en vet det kan dannes toksiske forbindelser, kunne en spore noen toksiske effekter. Dette kan teoretisk ha sammenheng med

- Lite produksjon av giftige elektrolyseprodukter.
- Kort levetid på eventuelle giftige elektrolyseprodukter
- Fortynning av eventuelle giftige elektrolyseprodukter

Som nevnt tidligere vil lav temperatur, lav pH, høy strømtetthet på anoden og høy saltholdighet favorisere klorutvikling. Under de rådende forhold var det relativt høy temperatur (ca 20 °C), normal pH for sjøvann (ca 8,2) og antageligvis relativt høy saltholdighet pga. lite nedbør. Vi tror imidlertid ikke at miljøforholdene er tilstrekkelig forskjellige andre tider på året til å gi en større giftvirkning. Strømtettheten i perioden var moderat til høy og i hovedsak ren anodisk og skulle begunstige klorutvikling. Noen effekt av dette ble imidlertid ikke observert.

Klor som dannes ved anodisk drift kan reagere med andre forbindelser slik at en får dannet persistente halogenholdige (Cl, Br) forbindelser (Harboe og Polò, 1997) som også kan tenkes å ha en giftvirkning i resipienten. Våre undersøkelser viser imidlertid at eventuelle nivåer av slike forbindelser i vannfasen er såpass lave at de ikke gir grunnlag for akutte effekter.

Andre gangs prøvetaking ble gjort på fallende tidevann, dvs etter en periode hvor utgående vann har stått inne i Grosøysøyla og mottatt eventuelle giftige elektrolyseprodukter slik at konsentrasjonen skulle være relativt høy. Værforholdene tilsier heller ikke at en har hatt unormal vannutskifting/fortynning av elektrolyseprodukter forut for prøvetakingen. Resultatene av testene kan derfor ikke forklares ved unormal sterk fortynning eller unormale værforhold.

Under de rådende miljøbetingelser og driftsforhold (også ved anodisk drift) gir anlegget ikke akutt-toksiske effekter i området. Observasjoner av blåskjell på elektrodekassene og en tilsynelatende tallrik forekomst av flatfisklarver og kutlinger i elektrodeområdet tyder på at eventuelle mer langsiktige effekter i tilfelle er små.

5. Referanser

Berge, J.A., Brevik, J.A., Berglind, L., Kringstad, A., 2000. Miljøundersøkelser rundt elektrodeanlegg for overføring av elektrisk strøm i sjø. Miljøgifter i sediment fra Grosøysøyla i Høvåg. NIVA-rapport 4240 (Sperret), 44s.

Berge, J.A. og Kringstad, A., 2001. Polybromerte bifenylar (PBB) og utvalgte andre halogenorganiske forbindelser i elektriske kablar og blåskjell fra et elektrodeanlegg nedgravd i sediment i Grosøysøyla, Høvåg. NIVA-rapport 4392 (Sperret), 16s

Harboe, M. jr. og A. Polèo, 1997. Halogenforbindelser i det marine miljøet: forekomst, kjemi, og giftighet. Rapport fra Biologisk institutt, UiO, 55s.

Vedlegg A.

GPS posisjoner for stasjoner for innsamling av vannprøver for giftighetstesting

Stasjon	3. september		18. september	
	Nord	Øst	Nord	Øst
1a	58 09.773	8 16.138	58 09.776	8 16.134
1b	58 09.769	8 16.043	58 09.772	8 16.040
1c	58 09.779	8 15.977	58 09.783	8 15.975
1d	58 09.788	8 15.915	58 09.791	8 15.919
1e	58 09.815	8 15.881	58 09.817	8 15.880
a	58 09.957	8 16.135	58 09.958	8 16.141
b	58 09.953	8 16.122	58 09.958	8 16.132
c	58 09.961	8 16.065	58 09.962	8 16.066
d	58 09.995	8 15.945	58 09.997	8 15.945
e	58 09.982	8 15.973	58 09.982	8 15.976
10a	58 09.971	8 16.117	58 09.974	8 16.120
10b	58 09.981	8 16.089	58 09.981	8 16.090
10c	58 09.986	8 16.067	58 09.983	8 16.070
10d	58 09.992	8 16.051	58 09.993	8 16.053
10e	58 10.002	8 16.016	58 10.003	8 16.015
Elektrode 20	58 09.998	8 16.060	58 09.997	8 16.062
Elektrode 33	58 09.991	8 16.087	58 09.989	8 16.090
Elektrode35	58 09.988	8 16.095	58 09.988	8 16.093
Elektrode37	58 09.987	8 16.099	58 09.985	8 16.105
Elektrode53	58 09.980	8 16.121	58 09.980	8 16.120

Vedlegg B.

Måling av algetetthet (10^6 celler/l) og beregnede veksthastigheter i testene med *Skeletonema costatum*.

Prøvedato: 03.09.2002

Prøve	Start	22 tim.	47 tim.	72 tim.	Veksthastighet (d^{-1})
1	5	46	723	1093	1,80
1	5	44	662	1160	1,82
1	5	46	619	1129	1,81
2	5	45	610	1196	1,83
2	5	46	607	1187	1,82
2	5	43	531	1097	1,80
3	5	46	566	1175	1,82
3	5	45	576	1078	1,79
3	5	46	625	1158	1,81
4	5	40	593	1045	1,78
4	5	49	591	1066	1,79
4	5	50	623	1128	1,81

Prøvedato: 18.09.2002

Prøve	Start	26 tim.	50 tim.	71 tim.	Veksthastighet (d^{-1})
1	6	93	1014	1574	1,86
1	6	93	998	1534	1,85
1	6	95	1061	1368	1,81
2	6	85	948	1328	1,80
2	6	82	888	1150	1,75
2	6	84	1034	1320	1,80
3	6	73	867	1250	1,78
3	6	88	982	1276	1,79
3	6	84	966	1222	1,77
4	6	76	869	1236	1,78
4	6	77	869	1262	1,78
4	6	80	1001	1346	1,80