

O-85154

# KRONOS TITAN A/S

Overvåking av  
vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter  
i organismer i nedre Glomma  
(Greåker - Løperen),  
1986 - 1987.

Biologiske effekter av utslipp  
registrert i felt og ved eksperimenter

## Oppsummering

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	<b>Sørlandsavdelingen</b> Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	--	--	--

Prosjektnr.: 0-85154.
Undernummer:
Løpenummer: 2287
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: KRONOS TITAN A/S. Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer i nedre Glomma (Greåker-Løperen) 1986-1987. Biologiske effekter av utslipp registrert i felt og ved eksperimenter. Oppsummering.	Dato: 24.10.1989.
	Prosjektnummer: 0-85154.
Forfatter (e): Jens Skei Tor Bokn	Faggruppe: Marin økologi.
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 40

Oppdragsgiver: Kronos Titan A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Denne oppsummeringsrapporten har som mål å fremstille en syntese av fem delrapporter, basert på undersøkelser i felt og ved eksperimenter vedrørende utslipp av avløpsvann til nedre Glomma fra Kronos Titan A/S i Fredrikstad. Det legges vekt på å gi en status for forurensningssituasjonen før rensetiltak ble gjennomført ved Kronos Titan i mai 1989.

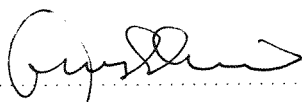
4 emneord, norske:

1. Kronos Titan
2. Tynnnsyre
3. Spredning
4. Virkninger

4 emneord, engelske:

1. Kronos Titan
2. Acid iron waste
3. Dispension
4. Effects

Prosjektleder:

  
Jens Skei

For administrasjonen:



Tor Bokn

ISBN 82-577-1588-3

**0-85154**

**KRONOS TITAN A/S**

**Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter  
og miljøgifter i organismer i nedre Glomma  
(Greåker - Løperen), 1986 - 1987.**

**Biologiske effekter av utslipp registrert  
i felt og ved eksperimenter.**

**OPPSUMMERING.**

## FORORD

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) har i perioden 1986 - 1987, på oppdrag av Kronos Titan A/S i Fredrikstad, gjennomført undersøkelser i felt, i laboratorium og ved NIVA's marine forskningsstasjon, Solbergstrand. Målet har vært å undersøke spredning og virkninger av Kronos Titan's utslipp av avløpsvann til nedre Glomma.

Undersøkelsen er rapportert i følgende delrapporter:

1. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre Glomma (Greåker-Løperen). Datarapport 1986-87. NIVA-rapport, 0-86063, 167 s. (Efraimsen, U. og Skei, J.). 8. mars 1988.
2. Kronos Titan A/S. Analyse og karakterisering av belegg på strender i Løperen-Hvaler-området. NIVA-rapport, 0-85160/E-87671, 31 s. (Knutzen, J. og Skei, J.). 15. april 1988.
3. Kronos Titan A/S. Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer i nedre Glomma (Greåker-Løperen). Sluttrapport. NIVA-rapport, 0-86063, 60 s. (Skei, J. og Knutzen, J.). 11. juli 1988.
4. Kronos Titan A/S. Effekter av tynnsyreutslipp på blåskjell. NIVA-rapport, 0-86247, 65 s. (Kirkerud, L. og Bakketun, Å.). 20. desember 1988.
5. Kronos Titan A/S. Effekter av tynnsyre på gruntvannsorganismer. NIVA-rapport, 0-85154, 100 s. (Bokn, T., Brettum, P., Fredriksen, S., Jacobsen, P. og Källqvist, T.). 23. september 1989.

Denne oppsummeringsrapporten har som mål å fremstille en syntese eller et resymè av delrapportene. Det er lagt vekt på å konstatere status for spredning og virkning av utslipp fra Kronos Titan før utslippsreduksjonen i mai 1989.

<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b>	<b>SIDE</b>
FORORD	2
OPPSUMMERING	4
PROGNOSER FOR FREMTIDEN - I LYS AV DAGENS FORURENSNINGS- BELASTNING	8
VEDLEGG KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG FRA FEM DELRAPPORTER	9

## OPPSUMMERING

1. Undersøkelsene har hatt to hovedmål:

- (i) kartlegge spredning av avløpsvann og størrelse på influensområdet
- (ii) registrere biologiske effekter av utslippene - dels ved direkte målinger i resipienten og dels ved eksperimenter i stor og liten skala.

2. Spredningen av avløpsvann er kartlagt ved målinger i vann, bunnsedimenter og i belegg på strender. Resultatene kan oppsummeres på følgende måte:

### Vann

- (i) Økt turbiditet i 3-6 m dyp ble registrert innenfor en radius på 500 m fra utslippspunktet i Glomma. Forøvrig maskeres turbiditeten, som skyldes utslipp av høyt leireinnhold i Glomma.
- (ii) Redusert pH i vannmassen som med sikkerhet kan tilskrives syreutslipp ble bare registrert innenfor en radius på 500 m fra utslippspunktet. Sjøvannets gode bufferegenskaper og stor fortynningskapasitet er årsaken til at det store syreutslippet (37.000 tonn  $H_2SO_4$  i 1987) ikke innvirker på vannets surhetsgrad (pH) i et større område.
- (iii) Forhøyede nivåer av metaller som er karakteristisk for avløpsvann fra Kronos Titan (jern, titan, krom og vanadium) ble registrert i hele undersøkelsesområdet (ut til Kjøkkø). Det er sannsynlig at nivåene av metaller i vann også er forhøyet lenger sør i Løperen (basert på målinger i sedimenter og belegg på strender).
- (iv) Vannprøver med forhøyet metallinnhold viste også unormalt høyt innhold av jern og titan i suspendert partikulært materiale. Dette tilskrives delvis utfelling av jern og transport av slampartikler som inneholder titan.

Vannanalysene viser at vannkvaliteten ikke er sterkt påvirket av Kronos Titan's utslipp med unntak av utslippets nærområde (radius = 500 m). Her opptrer svært høye metallkonsentrasjoner og lav pH.

Forøvrig er påvirkningen av metaller moderat i vannmassen. Resultatene er i samsvar med målinger som ble gjort i perioden 1980 - 83.

### **Bunnsedimenter**

- (i) Surt jernavfall sedimenterer i det utslippsnære området (radius = 500 m) og gir opphav til lav pH i grenseflaten mellom vann og bunn.
- (ii) Forhøyede metallkonsentrasjoner (jern, titan, krom og vanadium) ble registrert i hele undersøkelsesområdet, som strakk seg ut til Asmaløy.
- (iii) Sorte bunnsedimenter med manglende bunnfauna i bassengene nord for Asmaløy kan skyldes utfelling av jern-monosulfid. Dannelsen av jernsulfid skjer på grunn av dårlige oksygenforhold i vannmassene og stor sedimentering av jern.

Sedimentene i Hvaler-området er moderat forurenset av metaller. Det er lite sannsynlig at sedimentene representerer en sekundær forurensningskilde i dette området. Resultatene bekrefter resultater fra undersøkelsen som ble gjort i perioden 1980 - 83.

### **Belegg på strender**

- (i) Det rødbrune belegget som kan observeres på svaberg og steiner fra Øra og utover Løperen skyldes avsetning av jernutfellinger som stammer fra Kronos Titan.
- (ii) Kjemiske og mikroskopiske analyser har vist at belegget inneholder mye jern, titan, vanadium og krom, - alle karakteristiske stoffer i Kronos Titan's avløpsvann.
- (iii) Metallutfellingene er knyttet til kiselalger (diatomèer).
- (iv) Nedslamming av fiskeredskaper ser ut til i hovedsak å skyldes leire, fiber og begroingsorganismer, og i mindre grad avfallsstoffer fra Kronos Titan.

Influensområdet ser ut til å omfatte hele Løperen. Ettersom belegget på strendene må skyldes forurensninger som transporteres i overflatevannet, må det bety at avløpsvannet blandes opp i overflaten nedstrøms utslippspunktet.

3. Biologiske effekter ble registrert både ved undersøkelser i felten (metaller i blåskjell, fisk og tang), ved korttidstester i laboratoriet og ved bassengforsøk. Resultatene kan oppsummeres på følgende måte:

#### **Feltundersøkelser**

- (i) Med unntak av svak forhøyning av nivået av jern i lever av torsk og skrubbeflyndre ble det ikke registrert akkumulering av metaller i fisk som kan tilbakeføres til Kronos Titan's avløpsvann.
- (ii) Det ble registrert forhøyede verdier av de karakteristiske metallene i blåskjell og tang inntil 10-12 km fra Kronos Titan's utslippspunkt.
- (iii) Utsetting av blåskjell i området Kjøkkø-Løperen viste liten vekst både for skall og bløtdeler, samt redusert kvalitet og rekruttering. Det ble påvist klar samvariasjon mellom vekstreduksjon og akkumulert jern.
- (iv) Det ble registrert en økning i mengden av planter og dyr i gruntvannsområdet fra indre til ytre deler av Glommaestuaret. Det ble observert få fastsittende alger (f.eks. tang) og hvirvelløse dyr i indre område. Det er sannsynliggjort at dette blant annet skyldes en giftvirkning overfor de fleste faststittende alger.

Resultatene er i god overenstemmelse med registreringer som ble gjort under basisundersøkelsen i 1980 - 83.

#### **Laboratorieforsøk**

- (i) Forsøk med blåskjell i akvarier med kontinuerlig gjennomstrømming av vann med forskjellig saltholdighet og ulik tilsetning av tynnnsyre (23% svovelsyre og 5.5% jern) viste sterk reduksjon av filtreringsaktiviteten til blåskjellene ved fortyninger av konsentrert tynnnsyre i området 1:200.000 til 1:300.000 (jerninnhold 0.3 - 0.4 mg/l). Hvis vannføringen i Glomma er 500 m<sup>3</sup>/s og all tynnnsyre som slippes ut i elva blandes inn i dette volumet, tilsvarer dette en fortykning på 1:125.000.
- (ii) Tilsvarende forsøk med svovelsyre viste ingen reduksjon i filtreringsaktiviteten ned til pH = 7.0.



- (iii) Vekstforsøk med planktonalgen Skeletonema costatum viste ingen veksthemming ved en tynnsyrekonsentrasjon tilsvarende en fortykning av tynnsyre på 1:5.500.
- (iv) Ved tester på begroingsorganismer ble det registrert større effekter ved blanding av tynnsyre og slam enn ved tynnsyren alene. Uten slamtilsetning ble effekter registrert ved en tynnsyrekonsentrasjon tilsvarende en fortykning på 1:3.000.

### **Bassengforsøk**

- (i) Bassengforsøk med blåskjell viste at skalltykkelse og mengde bløtdeler ble redusert ved fortykning i området 1:200.000 til 1:50.000 av konsentrert tynnsyre (jernkonsentrasjoner: 0.4 - 1.6 mg/l).

Akkumuleringen av jern i blåskjellenes bløtdeler var proporsjonal med jerninnholdet i vannet. Det ble funnet brukbar overensstemmelse mellom feltundersøkelser og bassengforsøk.

- (ii) I testbassengene ble det funnet en signifikant reduksjon av vekst hos gruntvannsorganismer ved tynnsyrefortynninger i området 1:50.000 og 1:10.000 (jernkonsentrasjoner: 1.6 og 8.0 mg/l).
- (iii) Bassenger med lavest saltholdighet viste signifikant reduksjon av mengde fastsittende planktonalger ved tynnsyreeksposering.
- (iv) I bassenger med høy syreeksposering ble det påvist redusert artsantall for alger. I alle syreeksposerte bassenger ble sagtangplantene drept etter 2 - 5 måneder.
- (v) Blåskjell og skipsrur ble drept ved en tynnsyrekonsentrasjon på 100 µl/l (fortyning 1:10.000), men ble hemmet i veksten allerede ved fortyning på henholdsvis 1:50.000 og 1:200.000.

## PROGNOSER FOR FREMTIDEN - I LYS AV DAGENS FORURESNINGSBELASTNING.

Undersøkelsene i felt utført i perioden 1986 - 87 reflekterer spredningsmønster og effekter av utslipp av 37.000 tonn svovelsyre og 21.000 tonn jernsulfat pr. år. Fra mai 1989 ble utslippsmengdene av henholdsvis syre og jernsulfat redusert til 4.000 tonn og 2.000 tonn pr. år (ca. 90% reduksjon). Denne reduksjonen må forventes å gi en betydelig forbedring i resipienten. En umiddelbar forbedring av vannkvaliteten må forventes, mens endringene i bunnsedimentene og i biologisk materiale må antas å ta noe mere tid (oppfølgende overvåking er viktig for å få kartlagt effekten av belastningsendringen).

Til tross for utslippsreduksjonen i mai 1989 er det fortsatt et betydelig restutslipp til Glomma. Syreutslippet antas ikke å representere noe stort problem. Selv før utslippsreduksjonen ble det registrert små effekter av syreutslippet. Utslippet av slam er nå eliminert (mai 1989), og derved også ca. 96% reduksjon i tungmetallutslippene. Det er derfor kun jernsulfatutslippet som fremdeles kan påvirke miljøet i Glommaestuaret i negativ retning.

**V E D L E G G**

KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG FRA

FEM DELRAPPORTER.

0-86063

KRONOS TITAN A/S

Overvåking av vannkvalitet og bunnsedimenter i

nedre Glomma (Greåker - Løperen)

D A T A R A P P O R T 1 9 8 6 - 8 7.

Oslo, den 8. mars 1988

Prosjektleder: J. Skei

Medarbeider: U. Efraimsen

0-85160

E-87671

**KRONOS TITAN A/S**  
**ANALYSE OG KARAKTERISERING AV BELEGG PÅ STRENDER I LØPEREN -**  
**HVALER-OMRÅDET**

Oslo, 15. april 1988

Prosjektleder: Jens Skei

Medarbeidere: Pål Brettum  
Unni Efraimsen  
Frank Kjellberg  
Jon Knutzen

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**      **Sørlandsavdelingen**      **Østlandsavdelingen**      **Vestlandsavdelingen**  
 Postboks 333      Grooseveien 36      Rute 866      Breiviken 2  
 0314 Oslo 3      4890 Grimstad      2312 Ottestad      5035 Bergen - Sandviken  
 Telefon (02) 23 52 80      Telefon (041) 43 033      Telefon (065) 76 752      Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 0-85160 E-87671
Undernummer:
Løpnummer: 2107
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: KRONOS TITAN A/S Analyse og karakterisering av belegg på strender i Løperen - Hvaler-området	Dato: 15. april 1988
Forfatter (e): Jon Knutzen Jens Skei	Prosjektnummer: 0-85160 E-87671
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 31

Oppdragsgiver: Kronos Titan A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Strendene i nedre del av Glomma og i Løperen er belagt med et rødbrunt belegg. Dette skyldes i hovedsak utslipp av jern og andre metaller (titan, krom og vanadium) fra Kronos Titan som fester seg til eller akkumuleres i diatomèer og andre organismer som vokser på strendene. I hovedstrømmen til ellevannet er belegget markert i en avstand fra utslippet på ca 10-12 km. Til side for hovedstrømmen og lenger ut er belegget tynnere og mer flekkvis sporbart. Utluting av avskrapet belegg ga så høye metallkonsentrasjoner at det må anses sannsynlig at belegget har giftvirkning overfor ømfintlige organismer. Overveiende fravær av kimstadier av en del alger tyder også på dette. En del andre livsformer, bl.a. mange kiselalger og enkelte dyr, kan derimot leve i nær kontakt med avsetningene.</p>
--

4 emneord, norske:

1. Glomma
2. Kronos Titan
3. Metaller
4. Belegg

4 emneord, engelske:

1. Glomma
2. Kronos Titan
3. Metals
4. Coating

Prosjektleder:

  
 Jens Skei

For administrasjonen:

  
 Tor Bokn

ISBN - 82-577-1386-4

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Rustbrunt belegg på steiner, fjell og fiskeredskaper har vært observert i nedre Glomma-Løperen i mange år. Dette prosjektet har hatt som målsetting å fastslå beleggets sammensetning og opprinnelse.
2. Prøver av belegget i området nedre Glomma, Løperen og Hvalerøyene ble samlet i september 1986 (11 lokaliteter) og august 1987 (7 lokaliteter). Prøvene er mikroskopert (elektronmikroskop, lysmikroskop) og analysert på innhold av metaller (jern, titan, sink, kopper, vanadium, krom og mangan).
3. Undersøkelsen gir grunnlag for følgende konklusjoner:
  - En hovedsubstans i det rustbrune, ofte lodne belegget er diatoméer (kiselalger) av både marin og ferskvannsopprinnelse.
  - Fargen på belegget skyldes i hovedsak jernutfellinger som fester seg til diatoméene og på fjellet.
  - Den kjemiske sammensetningen av belegget viser høye konsentrasjoner av jern, titan, vanadium og krom og indikerer klart at dette stammer fra utslipp fra Kronos Titan.
  - Samtlige lokaliteter hvor belegg ble innsamlet viste forhøyede konsentrasjoner av typiske forurensningsstoffer fra Kronos Titan, men påvirkningen var spesielt utpreget i området Kronos Titan - nordre del av Asmaløy (stasjonene 1-5).
  - Målinger av pH i vannet som omgis av belegget viste en forsureffekt. Laveste pH (5.29) ble målt like nedenfor Kronos Titan og høyeste pH (6.70) ovenfor Kronos Titans utslipp.
  - Høye konsentrasjoner av metaller i vann etter utluting av belegget sannsynliggjør at miljøet som omgir belegget kan være giftig for ømfintlige arter. Overveiende fravær av kimstadier til grønnalger og brunalger i belegget underbygger denne antagelse. Imidlertid finnes det også livsformer som tåler disse omgivelsene. Foruten en relativt rik flora av diatoméer er det observert diverse blågrønnalger, trådformede bakterier, encellede dyr, hjuldyr og rundmark.
  - Observasjonene av større alger og dyr i fjæra ga omtrent samme inntrykk av reduserte samfunn som tidligere.

- Sammensetningen av slamprøver fra fiskeredskap tydet ikke på at avløpet fra Kronos Titan er noen hovedårsak til disse problemer annet enn episodisk i utslippets nærområde. Hovedbestanddelen i avsetningene var leirpartikler, delvis med tydelig innslag av fiber og begroingsorganismer.
- 4. Grundig ajourføring av kunnskapene om biologiske og kjemiske forhold i Hvalerområdet er påkrevet både for å kunne følge effekten av den planlagte reduksjon i belastningen fra Kronos Titan og for å kunne bedømme behovet for ytterligere tiltak.



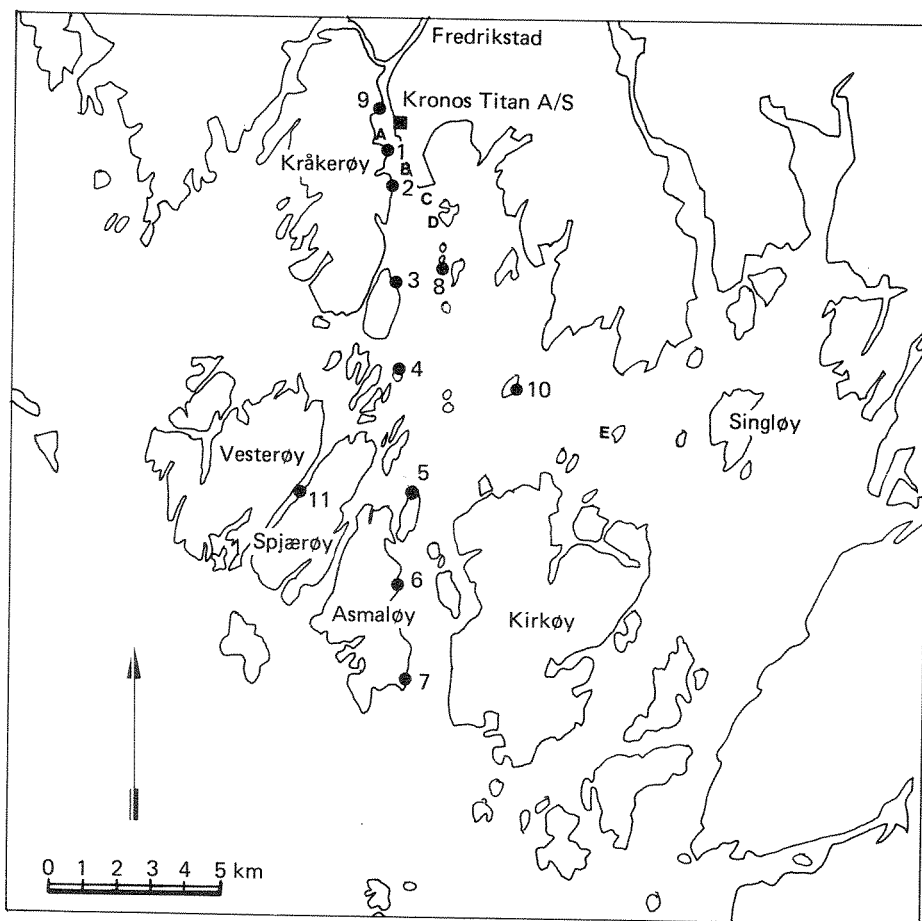


Fig. 1. Kart som viser lokaliteter for innsamling av belegg i strandsonen (1-11) og prøver av slamavsetning på fiskeredskap (A-E).

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-86063

**KRONOS TITAN A/S**

**Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer  
i nedre Glomma  
(Greåker - Løperen)**

**SLUTTRAPPORT**

Oslo, 11. juli 1988

Prosjektleder: Jens Skei

Medarbeidere: Unni Efraimsen  
Jon Knutzen

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-86063
Undernummer:	
Løpenummer:	2136
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: <p style="text-align: center;">Kronos Titan A/S</p> Overvåking av vannkvalitet, bunnsedimenter og miljøgifter i organismer i nedre Glomma (Greåker-Løperen). <b>SLUTTRAPPORT</b>	Dato:	11. juli 1988
	Prosjektnummer:	0-86063
Forfatter (e): <p style="text-align: center;">Skei, Jens Knutzen, Jon</p>	Faggruppe:	Marinøkologisk
	Geografisk område:	Østfold
	Antall sider (inkl. bilag):	60

Oppdragsgiver:	Kronos Titan A/S
Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):	

Ekstrakt: Undersøkelser av forurensning av vann, sedimenter, fisk, blåskjell og tang i nedre Glomma-Løperen i 1986 og 1987 er utført for å studere virkningen av utslipp av avfall fra titandioksyd-produksjon ved Kronos Titan A/S i Fredrikstad. Klare forurensningseffekter er observert innenfor en radius på 0.5 km fra utslippet (reduert pH, høy turbiditet og høyt metallinnhold), mens metallanrikning i vann og organismer delvis kan spores i en avstand av ihvertfall 12-13 km fra utslippsstedet.
---

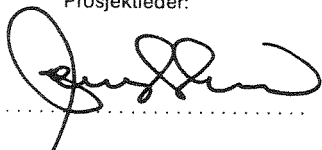
4 emneord, norske:

1. Kronos Titan A/S
2. Vannkvalitet
3. Bunnsedimenter
4. Miljøgifter i organismer

4 emneord, engelske:

1. Kronos Titan A/S
2. Water quality
3. Bottom sediments
4. Pollutants in organisms

Prosjektleder:

  
 Jens Skei

For administrasjonen:

  
 Tor Bokn

ISBN - 82-577-1417-8

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. En resipientundersøkelse er utført i nedre del av Glomma og Løperen-området i 1986-87. Målsettingen har vært å se på hvordan utslipp fra titandioksyd-produksjon ved Kronos Titan A/S i Fredrikstad påvirker vann, bunnsedimenter og organismer i området.
2. Vannkvaliteten i nedre del av Glomma er preget av stor leiretransport og mange typer utslipp fra industriell aktivitet og bebyggelse i Sarpsborg og Fredrikstad.
3. Kronos Titan's utslipp innvirker på vannkvaliteten på følgende måte:
  - (i) Økt turbiditet i 3-6 m dyp i det utslippsnære området ( $r=0.5$  km) og i overflatevannet sør for utslippet
  - (ii) Redusert pH i 3-6 m dyp i det utslippsnære området (laveste pH målt= 3.26). I større avstand enn 0.5 km fra utslippet er det ikke observert pH-reduksjon som kan knyttes til utslippet (pga. rask fortykning og god bufferkapasitet).
  - (iii) Overkonsentrasjoner av jern, titan, krom og vanadium i vannmassen i store deler av undersøkelsesområdet (Greåker-Kjøkø).
  - (iv) Unormalt høye forholdstall mellom jern og aluminium og titan og aluminium i partikulært materiale på samtlige stasjoner ovenfor og nedenfor utslippet.
4. På grunnlag av vannkvaliteten kan det slås fast at utslipp av tynnsyre og slam i 6 m dyp i Glomma fører til transport av avløpsvann både nordover og sørover fra utslippsstedet. Transporten vil avhenge av vannføringen i Glomma. Ved lav vannføring (f.eks. om vinteren) strømmer sjøvann langs bunnen oppover elva nesten til Sarpsfossen. På den måten kan avløpsvann transporteres oppover elva. Ved høy vannføring (f.eks. mai) presses saltvannet tilbake ned mot Øra-området og avløpsvannet transporteres utelukkende ut i Løperen.
5. Kronos Titan's utslipp innvirker på bunnsedimentenes sammensetning på følgende måte:
  - (i) Sedimentering av surt jernavfall i det utslippsnære området ( $r = 0.5$  km) fører til nedsatt pH i vannet som er i kontakt med sedimentet.

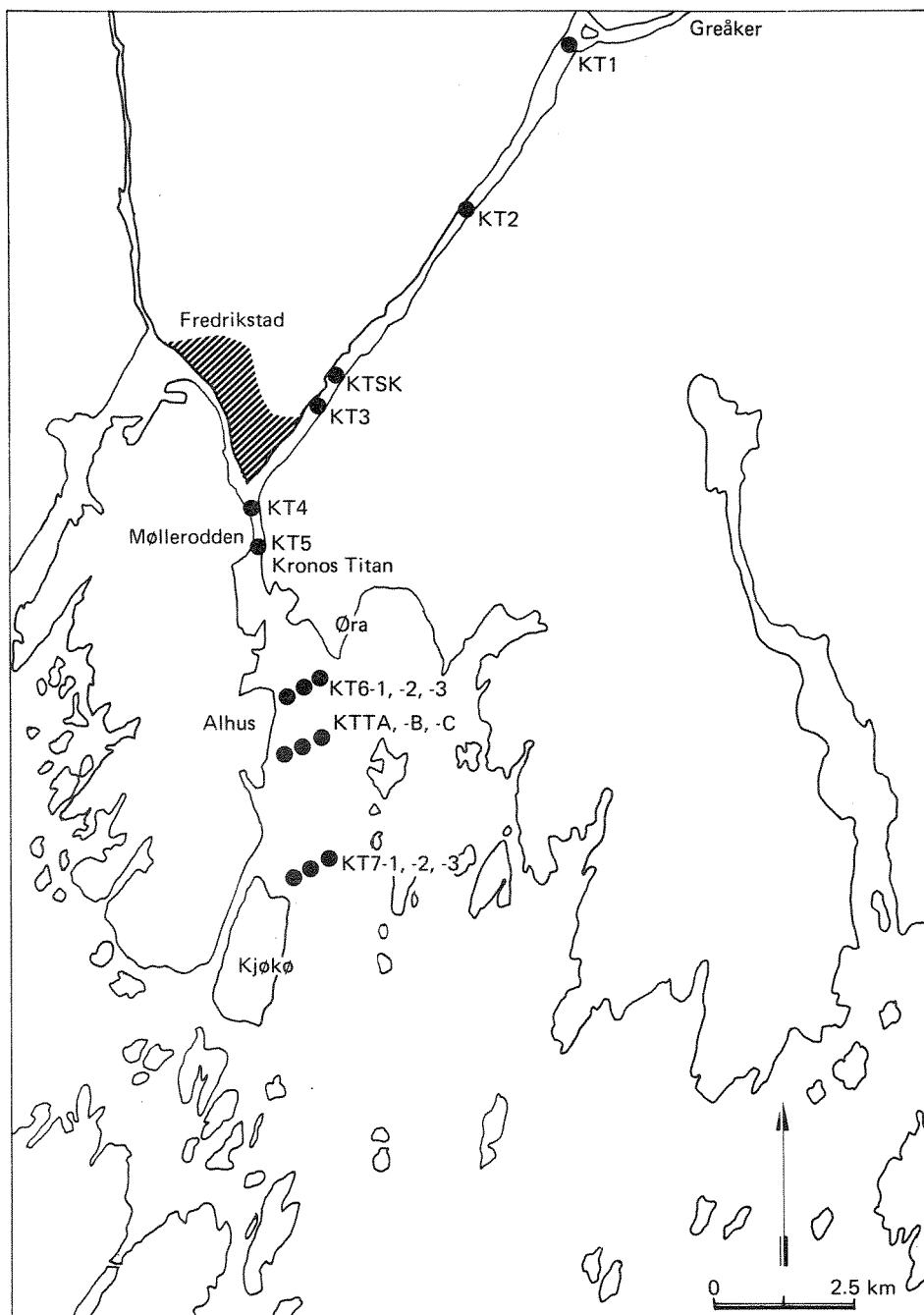
(ii) Overkonsentrasjon av jern, krom og vanadium i den sørligste delen av undersøkelsesområdet (Kjøkkø-Asmalø). Sannsynligvis skjer det en utfnokking av jern og en medfelling av krom og vanadium.

Dette er også observert ved dumping av samme type avfall i Nordsjøen (Spaans, 1987). Titan derimot er langt mere oppkonsentrert i utslippsområdet, sannsynligvis pga. tilstedeværelse i slam som slippes ut fra fabrikk.

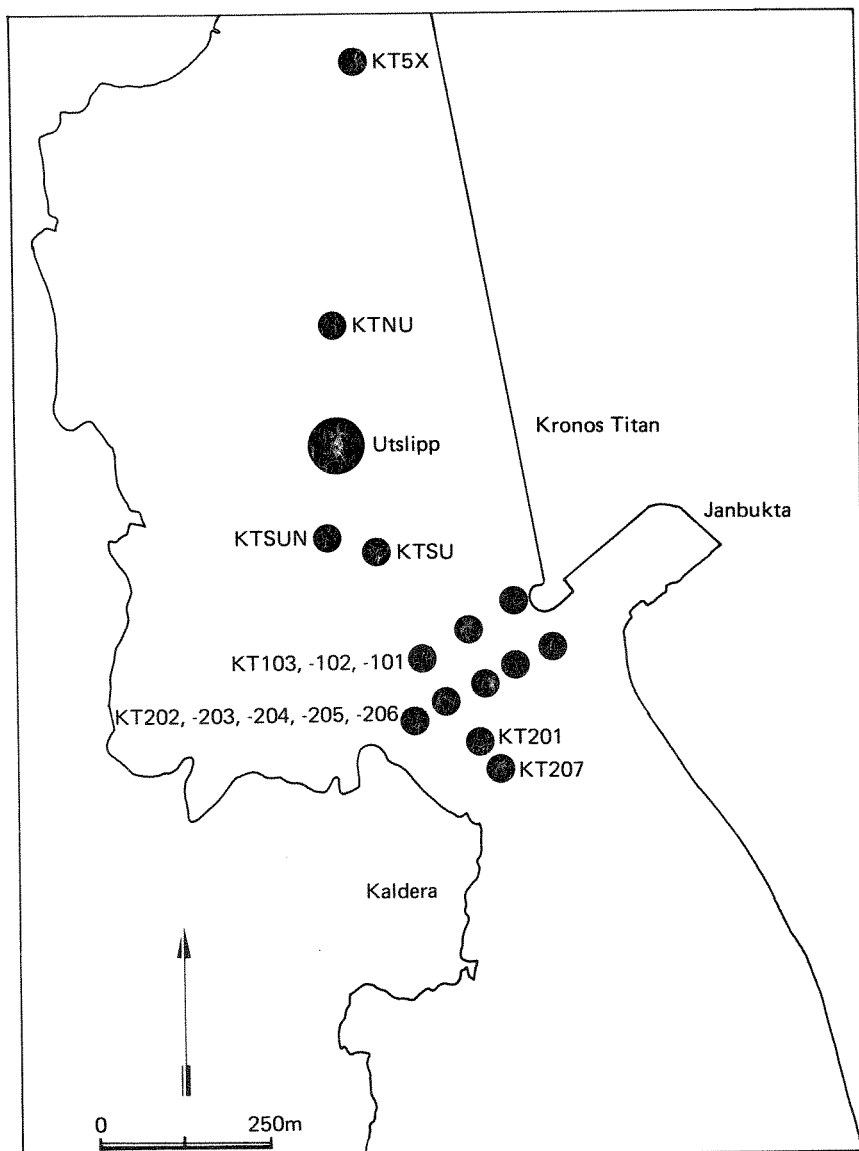
6. Konsekvensen av forhøyde metaller i sedimentene er noe usikre. Kullsorte sedimenter i det sørlige området hvor mesteparten av jernet sedimenterer skyldes trolig dannelse av jern-monosulfid (FeS). Dette kan delvis forklare mangel på fauna i dette området (Rygg, 1983). Metallnivået forøvrig (titan, krom og vanadium) er neppe så høyt at det har noen økologisk betydning. Derimot er konsentrasjonsnivået av kopper høyt i hele området som følge av utslipp fra Borregaard A/S. Det er kjent at kopper i sedimenter har negativ innvirkning på bunnfaunaen (Rygg og Skei, 1984).
7. Kronos Titan's utslipp innvirker på metallnivået i organismer på følgende måte:
  - (i) Forhøyet nivå av jern i lever av torsk og skrubbeflyndre fra Glommas munningsområde, indre Hvaler mot Singlefjorden. Også gjellenes jerninnhold er sannsynligvis høyere enn normalt (sparsomt med sammenligningsdata). I fiskefilet var jerninnholdet derimot ikke eller bare ubetydelig forhøyet. Kvikksølvinnholdet var bare svakt/moderat forhøyet.
  - (ii) Forhøyede nivåer av jern, titan og vanadium (og trolig krom og mangan) i blåskjell inntil en avstand av 10-12 km fra utslippet.
  - (iii) De viktigste komponentene i Kronos Titan's avløpsvann kan spores i tang minst 12-13 km fra utslippet.
8. De funne overkonsentrasjonene av jern i fisk har neppe bruksmessige konsekvenser (små overkonsentrasjoner i filet; jern lite betenkelig helsemessig). Om konsekvensene av metallforurensninger for plante- og dyreliv henvises til separate rapporter.
9. Orienterende analyser av klororganiske forbindelser i skrubbeflyndre og torsk indikerte en tydelig påvirkning utover det som er vanlig diffus belastning ved atmosfærisk tilførsel og avrenning

fra ikke-industrialiserte områder. Sig fra søppeldeponiet på Øra og andre industriavløp er mest nærliggende årsak.

10. Det er viktig at området overvåkes i årene som kommer for å kunne dokumentere den forventede forbedringen som følge av at utslipp av tynnsyre til Glomma opphører i 1989. Det er også nødvendig å gjøre ytterligere undersøkelser på klororganiske forbindelser i fisk, samt kartlegge kildene.

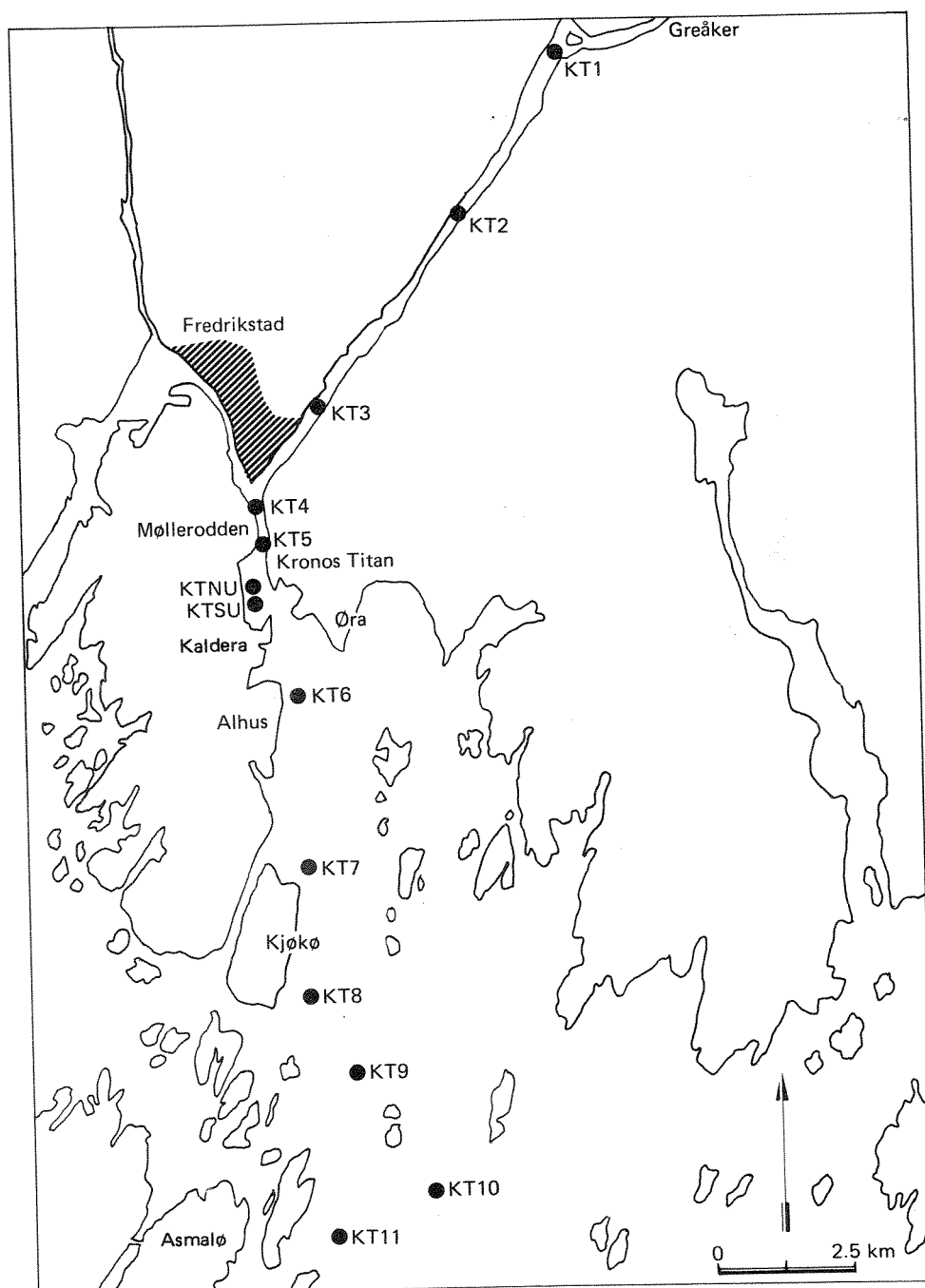


Figur 1. Stasjonskart - vann.  
 (KTSK, KT6-3, KTTA, -B, -C og KT7-2 og -3, kun 1986)

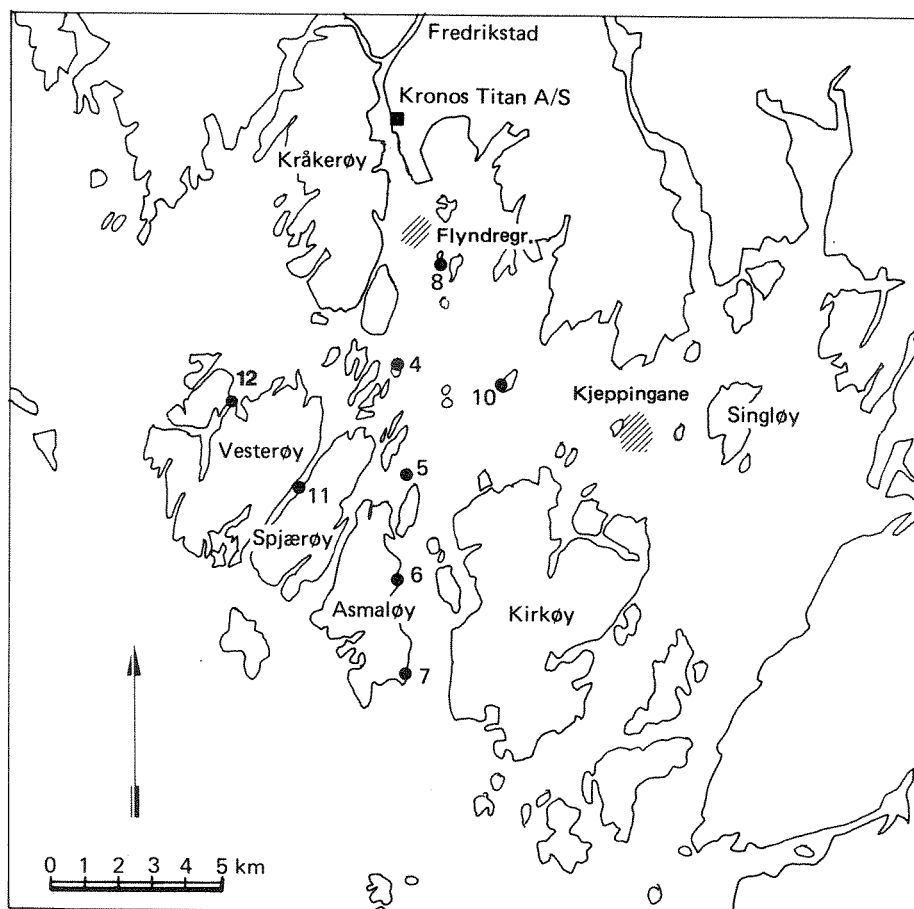


Figur 2. Ekstrastasjoner i utslippsområdet - vann  
(Kun 1986 med unntak av KTNU og KTSU).





Figur 3. Stasjonskart - sedimenter.



Figur 4. Stasjonskart for innsamling av fisk (skravert), blåskjell og tang til metallanalyser 1986-87.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-86247

KRONOS TITAN A/S

**Effekter av tynnsyreutslipp på blåskjell**

Oslo, 20. desember 1988

Prosjektleder: Tor Bokn

Medarbeidere: Åse Bakketun

Ellen Corneliussen

Einar Johannessen

Lars Kirkerud

Frank Kjellberg

Oddbjørn Pettersen

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>
Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3	Grooseveien 36 4890 Grimstad	Rute 866 2312 Ottestad	Brevikven 5 5035 Bergen - Sandviken
Telefon (02) 23 52 80	Telefon (041) 43 033	Telefon (065) 76 752	Telefon (05) 95 17 00
Telefax (02) 39 41 29	Telefax (041) 42 709		Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:	0-86247
Undernummer:	
Løpenummer:	2215
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
KRONOS TITAN A/S. Effekter av tynn- syreutslipp på blåskjell.	20.12.1988
	Prosjektnummer:
	86247.
Forfatter (e):	Faggruppe:
Lars Kirkerud Åse Bakketun	Marin økologi.
	Geografisk område:
	Østfold
	Antall sider (inkl. bilag):
	65

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
Kronos Titan A/S	

Ekstrakt:
Feltforsøk viste redusert rekruttering, vekst og kvalitet hos blåskjell ved Glommas utløp ut til Fugleskjær. Redusert vekst gjorde seg gjeldende videre utover Løperen til Kråka ved Kirkøy. Effektene gjorde seg sterkest gjeldende i det ferskvannspåvirkede overflatelaget ned til 3-4 m dyp. Bassengforsøk under kontrollerte betingelser, korttids laboratorieforsøk, samt litteratordata, viser at nedsatt vekst som følge av jernhydroksyd gir best forklaring av feltresultatene i området fra N. Kjøke og utover. Siden tynn- syreutslippet har vist seg å yte et betydelig tilskudd til jerninnholdet i området, anses tynn- syren å være delvis ansvarlig for effektene.

4 emneord, norske:

- Tynn-  
syreutslipp fra  $TiO_2$ -fabr. -  
1. miljøeffekt.  
2. Blåskjell.  
3. Feltforsøk.  
4. Lab.forsøk.

4 emneord, engelske:

1. Acid iron waste.  
2. Mytilus edulis - Mussels.  
3. Field tests.  
4. Lab.tests.

Prosjektleder:

Tor Bokn.

For administrasjonen:

ISBN - 82-577-1508-5

## SAMMENDRAG

*Feltforsøk viste redusert rekruttering, vekst og kvalitet hos blåskjell ved Glommas utløp ut til Fugleskjær. Redusert vekst gjorde seg gjeldende videre utover Løperen til Kråka ved Kirkøy. Effektene gjorde seg sterkest gjeldende i det ferskvannspåvirkede overflatelaget ned til 3-4 m dyp. Bassengforsøk under kontrollerte betingelser, korttids laboratorieforsøk, samt litteraturdata, viser at nedsatt vekst som følge av jernhydroksyd gir best forklaring av feltresultatene i området fra N. Kjøkø og utover. Siden tynnsyreutslippet har vist seg å yte et betydelig tilskudd til jerninnholdet i området, anses tynnsyren å være delvis ansvarlig for effektene.*

Våren 1987 ble det gjennomført korttids laboratorieforsøk med avløpsvann (tynnsyre) fra Kronos Titan på blåskjell. Høsten samme år ble det gjennomført et feltforsøk på 4 steder i Hvalerområdet, og samtidig et bassengforsøk under kontrollerte forhold. Laboratorieforsøkene og bassengforsøket ble utført ved NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand.

Laboratorieforsøkene omfattet i alt 180 forsøksdyr og ble utført ved 3 forskjellige saltholdigheter og 4 nivåer av syretilsetning samt kontroll. Forsøket foregikk ved kontinuerlig gjennomstrømning over 4 døgn og filtreringsaktiviteten ble registrert. Forsøkene viste en sterk reduksjon av filtreringsaktiviteten ved fortyninger av konsentrert tynnsyre i området 1:200000 til 1:300000. Tilsvarende totalt jerninnhold var 0.3-0.4 mg/l og pH 8.1-8.0. Et tilleggsforsøk med svovelsyre viste ingen reduksjon av filtreringsaktiviteten ned til pH 7.0. Saltholdigheten (9, 14 og 22 o/oo) hadde liten eller ingen innflytelse på resultatene.

Bassengforsøkene omfattet i alt 104 individer og ble utført ved 2 saltholdigheter og 2 nivåer av syretilsetning samt kontroll. Bassengene ble kontinuerlig gjennomstrømmet av overflatevann fra sjøen og ellevann i blanding, og forsøket foregikk fra 31/7 til 20/10, i alt 81 døgn. Den lave saltholdigheten (5 o/oo i snitt) ga betydelig dårligere vekst enn den høyere (12 o/oo). Allikevel ser det ut til at avløpsvannet hadde betydelig tilleggseffekt ved høy dose. Ved 12 o/oo saltholdighet ble lengdeveksten stoppet, og skalltykkelse og mengde bløtdeler ble redusert ved fortykning i området 1:200.000 til 1:50.000 av konsentrert tynnsyre. Tilsvarende konsentrasjoner av totalt jern (beregnet) var ca 0.4-1.6 mg/l, og pH 8.0-7.6. Akkumuleringen av jern i blåskjellenes bløtdeler var proporsjonal med jerninnholdet i vannet, og 2,0-2.5 mg/g tørrvekt ved høyeste dosering.

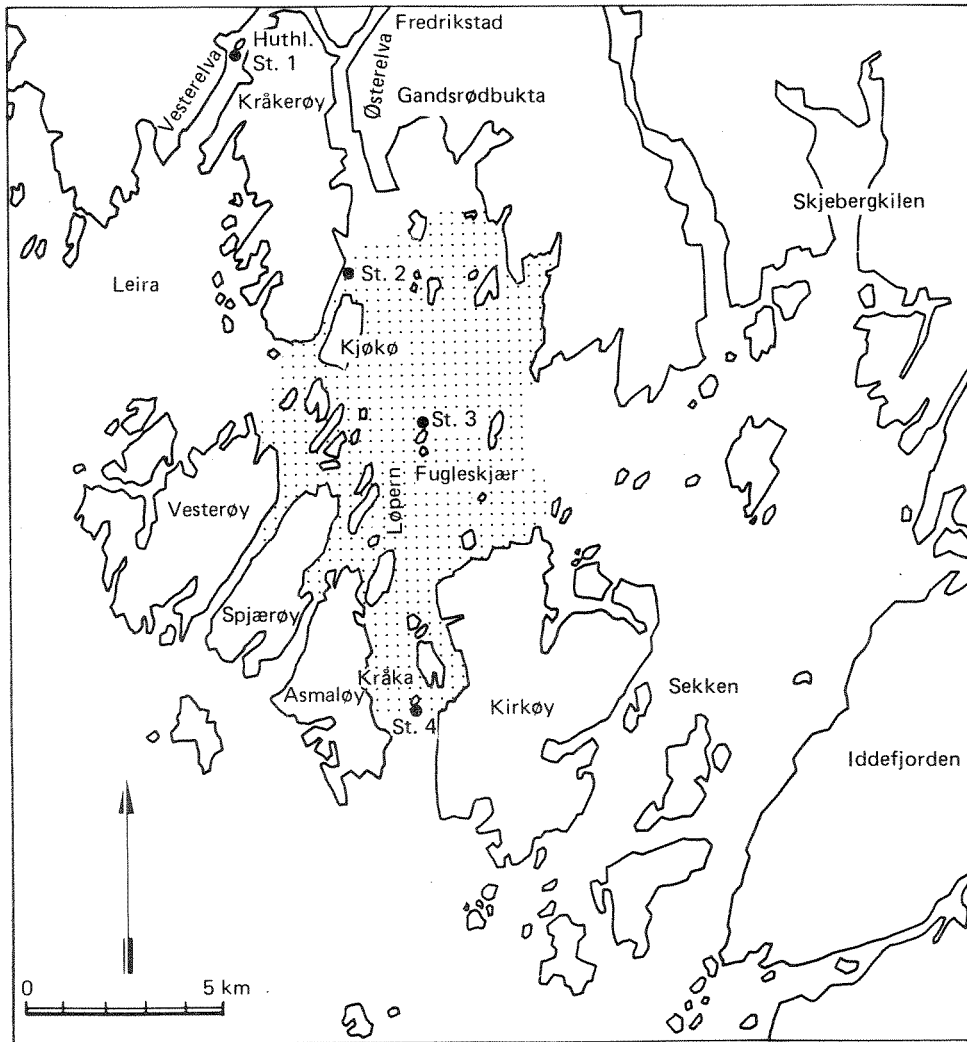
Felteksperimentene omfattet rigger for prøvedyrking, der 3 lå i området fra nordenden av Kjøkø til ytre del av Løperen (St. 2, 3 og 4), og en lå i Vesterelva ved Hutholmen (Fig. 1). Forsøket viste markert effekt av

Glommavann på de innerste riggene. Ved Hutholmen døde skjellene ut i 1 og 2 m nivå på grunn av lav saltholdighet i første del av forsøket (2-4 o/oo). I de øvre 3 m ved Kjøkø (S = 6-10 o/oo) var veksten nær 0 både for skall og bløtdeler. Også på den ytterste stasjonen var veksten merkbart redusert i overflatevannet sammenlignet med vannet under sprangsjiktet. Tendensen var den samme også for kvalitet (% tørrstoff i bløtdelene) og rekruttering (påvekst av ny yngel).

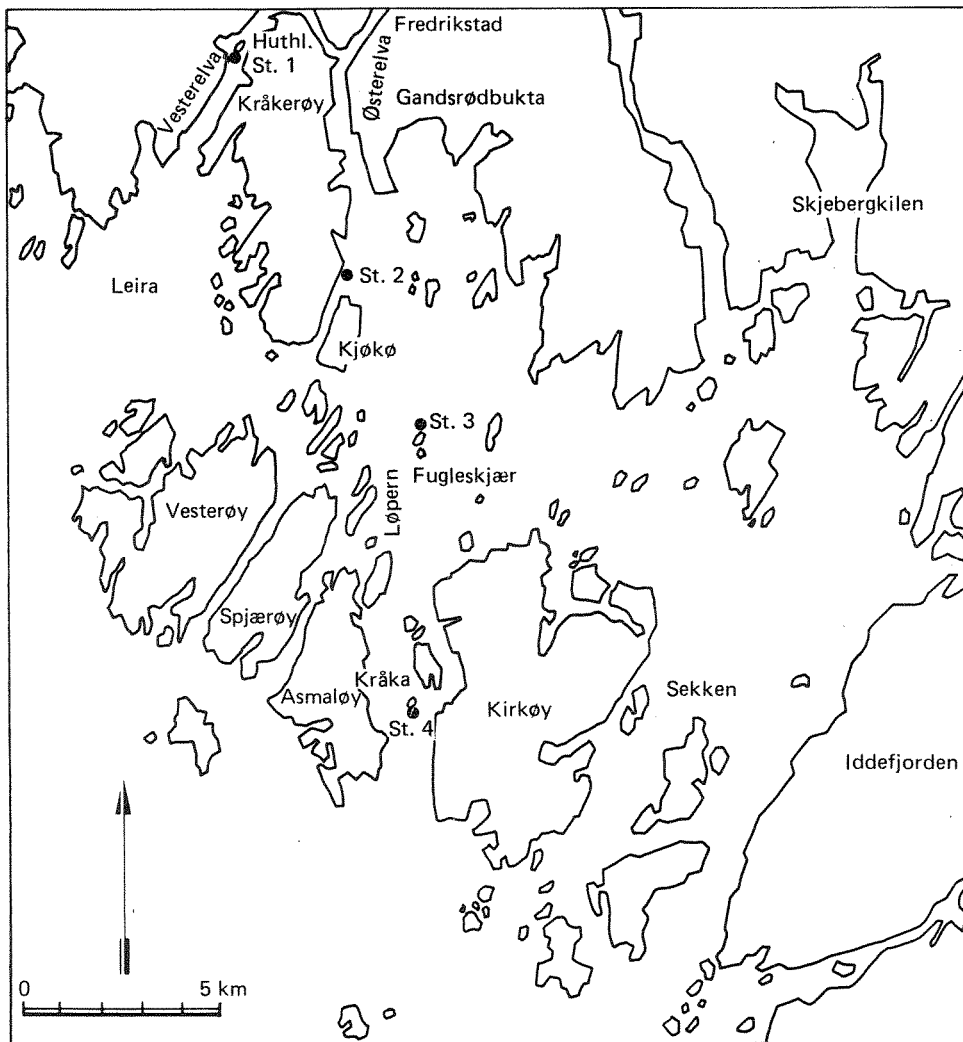
I området nedstrøms Kronos Titan var det en klar samvariasjon mellom vekstreduksjon og akkumulert jern. Sammenhengen stemte rimelig godt overens med tilsvarende sammenheng fra bassengforsøket.

Tidligere forsøk med jernhydroksydpartikler har gitt markert vekttap hos blåskjell ved gjentatte tilsetninger på 0.4 mg/l og høyere.

Foruten jern, er det ingen av de analyserte substanser i avløpsvannet (deriblant titan, krom, sink og kopper) som kan forklare effektene på vekst og kvalitet. Spredningen av avløpsvannet og dermed bidraget det har til effekt på blåskjell, må i hovedsak antas å følge spredningen av Glommavann i området (fig. 1).

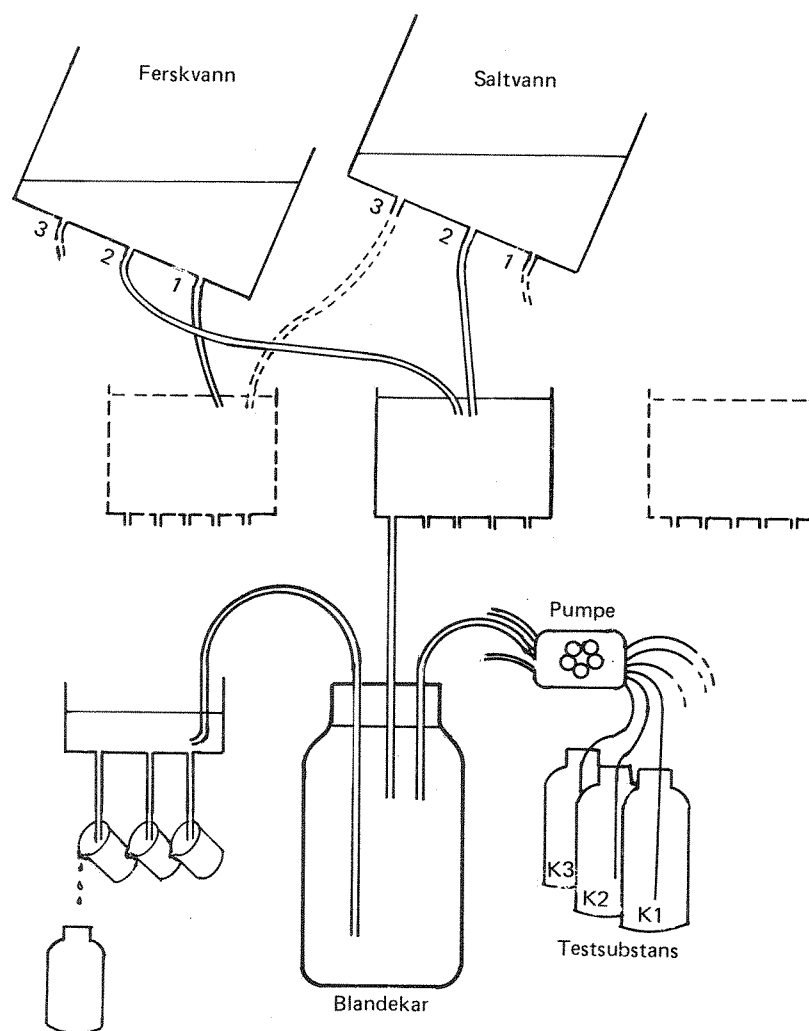


Figur 1. Estimert influensområde (prikket) og stasjonsplassering.



Figur 2. Stasjonskart for feltforsøket.





Figur 3. Gjennomstrømningsapparat for testing av blåskjell.

0-85154

KRONOS TITAN A/S

EFFEKTER AV TYNNSYRE PÅ GRUNTVANNSORGANISMER

Forfattere: Tor Bokn  
Pål Brettum  
Stein Fredriksen, UiO  
Pål Jacobsen  
Torsten Källqvist

liv(bok)kroses

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.: O-85154.
Undernummer:
Løpenummer: 2286
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: KRONOS TITAN A/S.  Effekter av tynnnsyre på gruntvanns- organismer.	Dato: 20. oktober 1989
Forfatter (e): Tor Bokn Pål Brettum Stein Fredriksen (Universitetet i Oslo) Pål Jacobsen Torsten Källqvist	Prosjektnummer: O-85154.
	Faggruppe: Marin økologi.
	Geografisk område: Østfold.
	Antall sider (inkl. bilag): 101.

Oppdragsgiver: Kronos Titan A/S.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
-------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt: Resultatene fra to års eksperimenter i Glommaestuaret, i utendørsbassenger og på laboratorier er ikke entydige. Flere negative effekter er påvist både i felt og på Marin Forskningsstasjon, Solbergstrand. De fleste hemninger hos organismene er vist ved relativt høye doseringer i eksperimentene i testbassengene, men resultatene har også bekreftet data fra Glommaestuaret. Imidlertid har svært ulike meteorologiske forhold i de to ulike testår (1986 og 1987) komplisert tolkningen av data betydelig.

4 emneord, norske:

1. Kronos Titan A/S
2. Tynnnsyreutslipp
3. Gruntvannsorganismer
4. Felteksperimenter
5. Testbassenger

4 emneord, engelske:

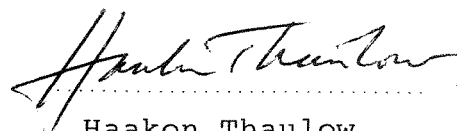
1. Kronos Titan A/S
2. Acid iron waste
3. Shallow water organisms
4. Field experiments
5. Test basins

Prosjektleder:



Tor Bokn

For administrasjonen:



Haakon Thaulow

ISBN 82-577-1587-5

## KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Ved en oppsummering av alle eksperimenter kan det fastslås at:

- Planktonalgen *Skeletonema costatum* viste ingen veksthemming ved 180  $\mu\text{l}$  tynnnsyre/l, men fikk 80 % klorofyll-reduksjon ved 1 g slam/l.
- Ved tester på begroingsorganismer i laboratoriet ble det registrert større effekter med blanding av tynnnsyre og slam enn ved tynnnsyren alene. En klar produksjonshemming ble påvist ved 330  $\mu\text{l}$  tynnnsyre/l (uten slamtilsetning) og høyere.
- I testbassengene ble det funnet en signifikant reduksjon av vekst ved tynnnsyrekonsentrasjoner på 100 og 20  $\mu\text{l/l}$  i første testår i bassengene med høyest saltholdighet. For bassengene med lav saltholdighet var reduksjonen i biomasse begrenset til bassenget med høy syredosering. Effekter ble ikke registrert ved 20 og 5  $\mu\text{l/l}$  annet testår. Gjennomsnittsvannføringen i Glomma er ca. 700  $\text{m}^3/\text{s}$ . I 50% av tiden er vannføringen lavere enn 500  $\text{m}^3/\text{s}$ . Konsentrasjonene brukt i testbassengene tilsvarte tynnnsyrekonsentrasjoner i Glomma ved ca. 40, 200 og 800  $\text{m}^3/\text{s}$ , forutsatt full innblanding i elvevannet.
- For bassengene med lavest saltholdighet var det en signifikant reduksjon av mengde kiselalger fra kontroll- til tynnnsyreeksponeerte bassenger.
- I bassengene med høy syredosering (100  $\mu\text{l/l}$ ) ble det funnet et redusert artsantall for alger. I alle syreeksponeerte bassenger ble sagtangplantene drept etter 2-5 måneder.
- Blåskjell og skipsrur ble drept ved 100  $\mu\text{l/l}$ , men ble hemmet i veksten ved 20 og 5  $\mu\text{l/l}$ .
- Testene med regnbueørret viste ingen signifikant forskjell mellom kontroll- og testgruppene for noen variabel i de seks testbassengene i 1987.
- Felteksperimentene viste en klar økning i biomasse fra indre til ytre områder av Glommaestuaret de tre første registreringsperiodene (juni-oktober 1986 og april-juni 1987), mens de to siste prøveperiodene (juni-oktober 1987) ikke viste noen forskjeller.

- Utslippene fra Kronos Titan syntes ikke å ha noen innvirkning på den fastsittende kiselalgefloraen.
- Få alger og hvirvelløse dyr ble registrert innerst i Glommaestuaret. Sammenholdt med data fra bassengforsøkene skyldtes dette sannsynligvis en kombinasjon av nedslamming, partikkelskuring og stort jernutslipp.
- Resultatene fra transplanteringen av heller fra Glommaområdet til kontrollbassengene på forskningsstasjonen konkluderer med at vannet i de innerste deler av Glommaestuaret sannsynligvis har en giftvirkning overfor de fleste makroalger.
- Resultatene fra to års eksperimenter i Glommaestuaret, i utendørsbassenger og på laboratorier er ikke entydige. Flere negative effekter er påvist både i felt og på Marin Forskningsstasjon, Solbergstrand. De fleste hemninger er vist ved relativt høye doseringer i eksperimentene i testbassengene, men resultatene har også bekreftet data fra Glommaestuaret. Imidlertid har svært ulike meteorologiske forhold i de to ulike testår (1986 og 1987) komplisert tolkningen av data betydelig.

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) har gjennomført et oppdrag for Kronos Titan A/S, hvor eventuelle effekter av tynnsyre på gruntvannsorganismer i Glommaestuaret skulle undersøkes. Oppdraget er utført som to års eksperimentelle undersøkelser i nærområdene til Glommautløpet og Hvalerøyene, samt bassengforsøk på Marin Forskningsstasjon, Solbergstrand.

Undersøkelsen har hatt som målsetting å fastslå om og i hvilken grad tynnsyreutslipp fra Kronos Titan A/S påvirker gruntvannssamfunnene i Glommaestuaret.

Eksperimentene startet i mars 1986 med en orienterende test, hvor tynnsyre og slam ble tilsatt kiselalgekulturer (*Skeletonema costatum*). Formålet var å finne ut hvilke konsentrasjoner som var akutt giftige, og som ikke kunne brukes i de senere eksperimenter.

Disse testene ble etterfulgt av nye eksperimenter på Solbergstrand, hvor det ble gjennomført tester med tynnsyre og slam i blanding og kun tynnsyre på granittheller med marin begroing.

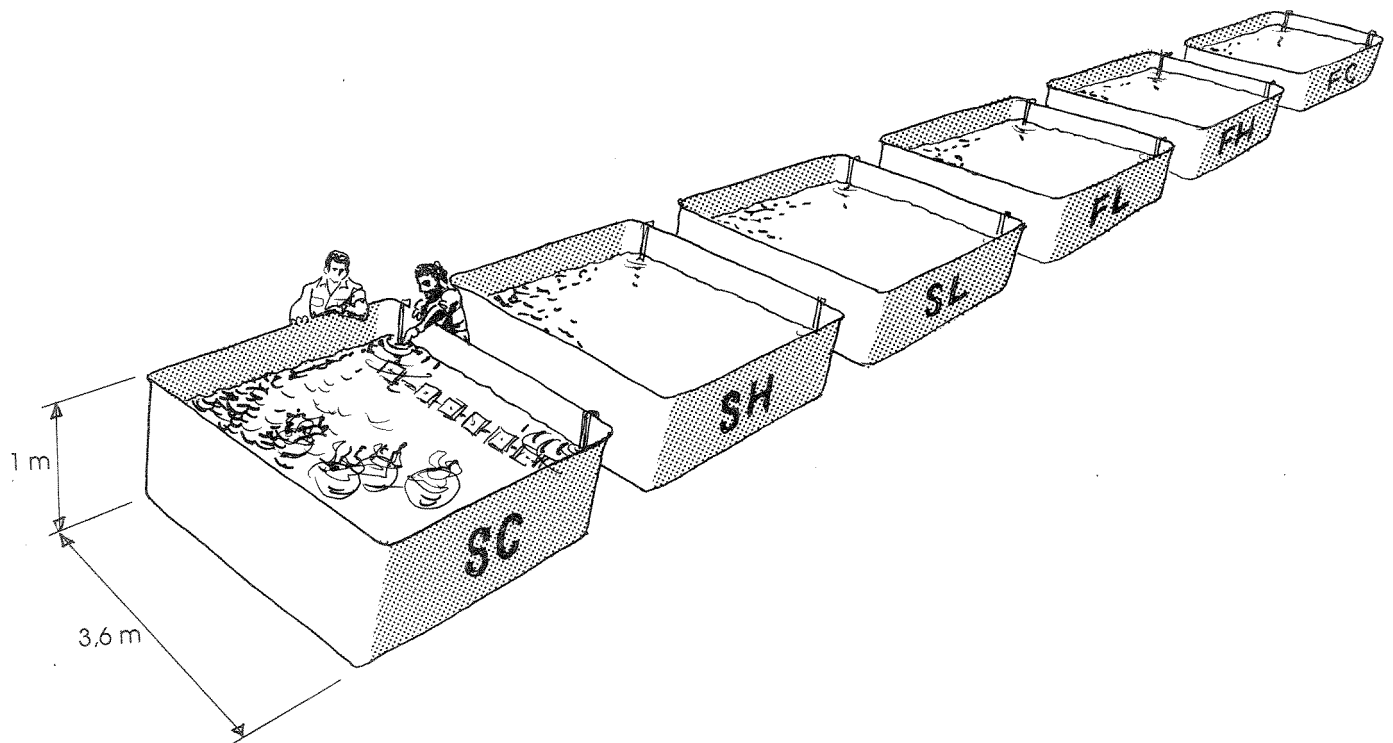
Seks utendørsbassenger à 13 m<sup>3</sup> ble brukt til hovedforsøkene på Solbergstrand. To ulike saltholdighetsnivåer ble brukt (ca. 6 og ca. 12 ‰). Vannvolum var 9 m<sup>3</sup> og oppholdstid ca. 2,5 timer. Første år

(1986) ble det tilsatt 100 og 20 $\mu$ l konsentrert tynnnsyre/liter, annet år (1987) 20 og 5  $\mu$ l/l i tillegg til to kontroller. I bassengene ble det satt ut granittheller. Korttidshellene eller rekrutteringshellene ble skiftet ut hver annen måned for avskraping til biomassemålinger og artsbestemmelse. De øvrige (langtidshellene) ble stående vekstsesongene ut. Små rullestein begrodd med tang, øvrige makroalger og dyr ble flyttet inn i bassengene fra Oslofjorden. Disse organismene ble registrert og fotografert 2-3 ganger pr. år.

I tillegg til fastsittende alger og hvirvelløse dyr ble ti regnbueørret plassert i hvert av de seks bassengene sommeren 1987. Forsøket varte i tre måneder og ble avsluttet med at gjelleprøver og blodprøver ble tatt til biokjemiske undersøkelser.

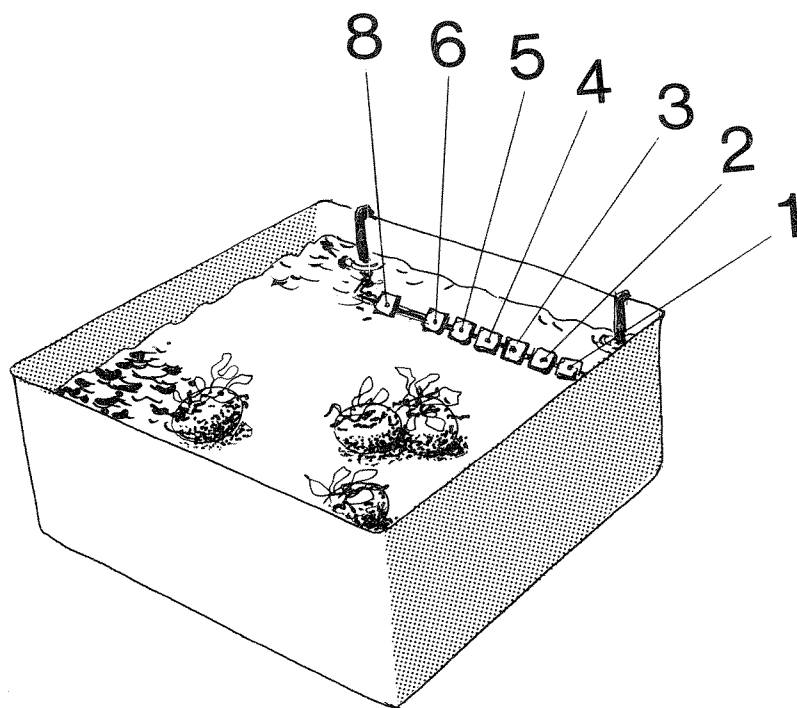
I Hvaler/Glommaestuaret ble det opprettet 8 stasjoner til eksperimentelle undersøkelser tilsvarende bassengforsøkene på Solbergstrand.

For å se hvor hurtig nedslammede heller uten vekst av makroalger fra de innerste stasjoner i Glommaestuaret kunne rekoloniseres, ble flere heller flyttet over til kontrollbassengene på Solbergstrand. Det var ikke funnet makroalger fra de fire innerste stasjonene ved Glommas utløp.



Figur 1. Testbassenger (13 m<sup>3</sup>) på Marin Forskningsstasjon, Solbergstrand.

S = vann med høyest saltholdighet  
 F = vann med lavest saltholdighet  
 C = kontroll  
 L = lav tynnsyredosering  
 H = høy tynnsyredosering  
 1986 : høyere tynnsyredosering  
 1987 : lavere tynnsyredosering



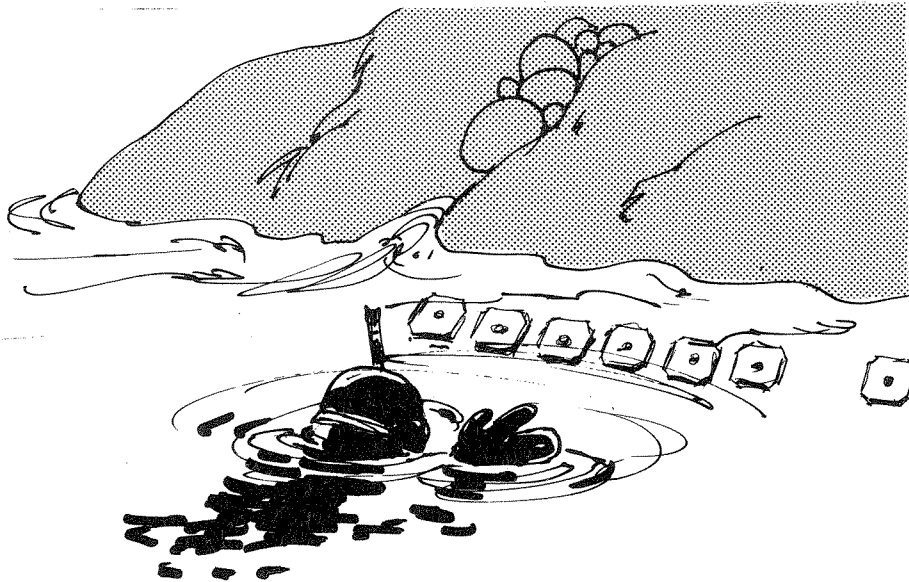
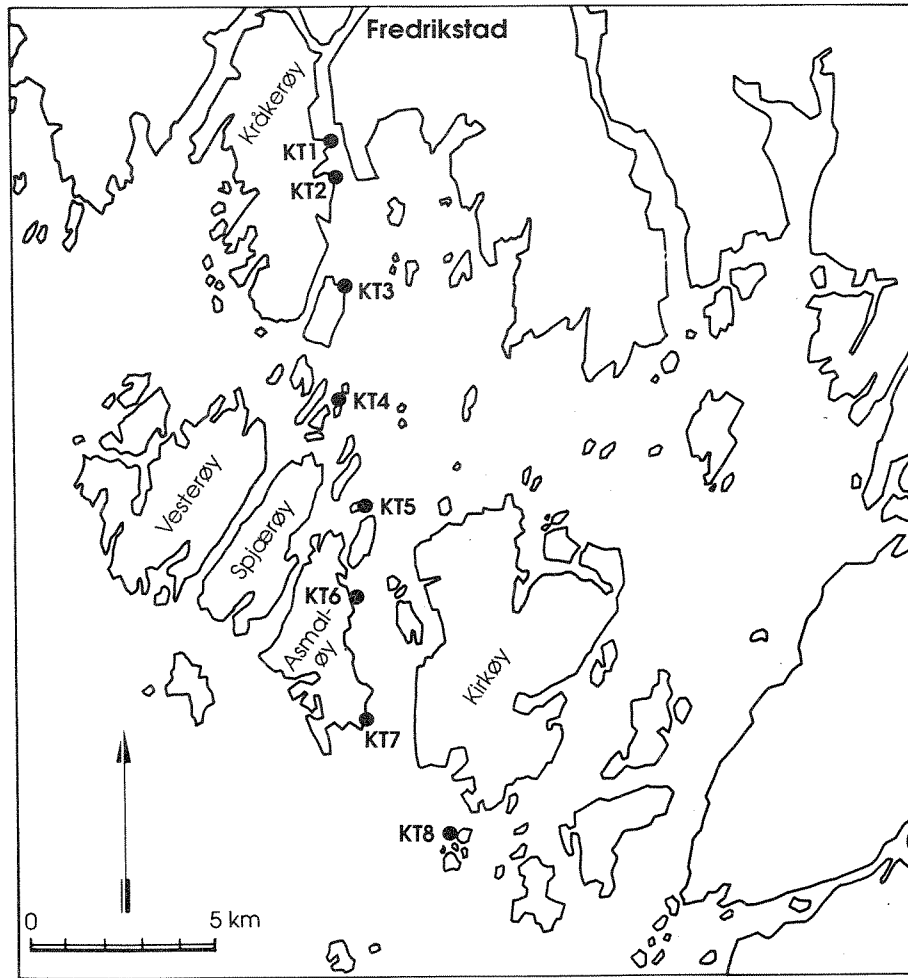
Figur 2. Basseng med syv granittheller med ulik begroing og transplantert rullestein med sagtang (*Fucus serratus*) og assosiert flora og fauna.

Helle- type		Posisjon
L	1 helle med voksen tang, min. to år gammel	8
L	2 heller begrodd siden oktober 1985 henholdsvis oktober 1986	5-6
L	2 heller sådd med blæretang i juni 1986 henholdsvis 1987	3-4
K	2 sterile heller som ble stående i bassengene i to måneder, for deretter å bli erstattet med to nye sterile heller (rekruttering)	1-2

K = korttidsheller

L = langtidsheller





Figur 3. Stasjonskart. Strandområder hvor granittheller for eksperimentell begroing er utplassert.