



Statlig program for
forurensningsovervåking

FAA
2365

Rapport 387|90

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

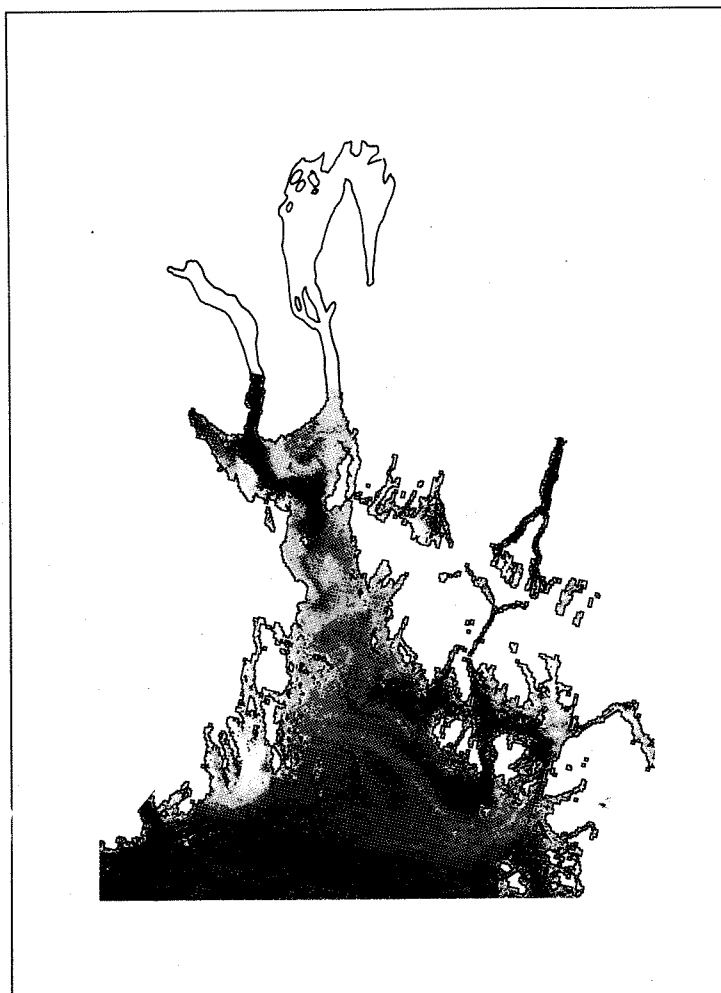
NIVA

Centrum för bildanalys

Eutrofi- situasjonen i YTRE OSLOFJORD

DELPROSJEKT 3.7 a

Optiske observasjoner -
overflatevannets kvalitet
sett ut fra observasjoner i
overflatelaget og fjernmåling



NIVA



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 02 - 65 98 10.

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.:	0-8801107
Undernummer:	
Løpenummer:	2365
Begrenset distribusjon:	Fri

Rapportens tittel: Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.7 A. Optiske observasjoner - overflatevannets kvalitet sett ut fra observasjoner i overflatelaget og fjernmåling. (Overvåkingsrapport nr. 387/90)	Dato: 15.02.1990
Forfatter (e): Kai Sørensen Tommy Lindell	Rapportnr. 0-8801107
	Faggruppe: Analyse
	Geografisk område: Oslofjorden
	Antall sider (inkl. bilag): 42

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Det er gjennomført en undersøkelse av de optiske forholdene i Ytre Oslofjord ved bruk av satellittfjernmåling og feltobservasjoner. Rapporten beskriver fordelingen av overflatevannmasser og influensområdene til Glomma og Drammensfjordvannet under 4 situasjoner i 1988. Resultatene viste at under disse gitte situasjoner påvirket Drammenselva i hovedsak de vestre deler av Breidangen til Bastøy, mens Glommavannets fordeling varierte fra Rauøy i nord, Færder i vest og Koster i syd. Høye klorofyll-<u>a</u> konsentrasjoner ble funnet i fronter mellom ferskvann og sjøvann. Vann fra Skagerrak ble registrert i de ytterste delene av Ytre Oslofjord.</p>

4 emneord, norske:

1. Oslofjorden
2. Skagerrak
3. Marin eutrofi
4. Fjernmåling

4 emneord, engelske:

1. Oslofjord
2. Skagerrak
3. Marine eutrophication
4. Remote Sensing

Prosjektleder:

Kjell Baalsrud

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN 82-577-1647-2

Programleder, overvåking



Statlig program for forurensningsovervåking

O-8801107

EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

Delprosjekt 3.7 a

*Optiske observasjoner-overflatevannets kvalitet sett ut fra
observasjoner i overflatelaget og fjernmåling.*

Oslo, 30. januar 1990

Prosjektleder: Kjell Baalsrud

*Forfattere : Kai Sørensen
Tommy Lindell*

*Medarbeidere : Jan Magnusson
Jakob Nisell
Torulv Tjomsland*

Bildet på forsiden av rapporten viser den relative temperaturfordeling på overflatevannet (mørkt er kaldt) i Ytre Oslofjord den 13. mai 1988 kl. 0956 (GMT). Data fra Landsat-5 satellitten. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys.

FORORD

Dette er en delrapport i en større undersøkelse av "Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord."

Prosjektet utføres for Statens Forurensningstilsyn av Norsk Institutt for Vannforskning i samarbeid med Universitetet i Oslo (UiO) og VERITEC.

Resultatene av samtlige delundersøkelser vil til slutt bli sammenholdt og skal danne basis for en sammenfattende hovedrapport. De enkelte delundersøkelser blir behandlet og rapportert på sine premisser og vil bare i liten grad kunne trekke inn resultater fra de andre delundersøkelsene.

Denne delundersøkelsen av de optiske forholdene ved vannmassene er utført i samarbeid med Eyvind Aas ved Institutt for Geofysikk, UiO og Tommy Lindell ved Centrum för bildanalys, Universitetet i Uppsala. Delundersøkelsen rapporteres i 2 deler, hvor denne rapporten i hovedsak tar for seg satellittfjernmålinger, mens rapport fra UiO behandler den optiske karakterisering av vannmassene.

Denne undersøkelsen baseres på tokt i perioden fra 3.- 6. og 13. mai, 13.- 16. juni og 1.- 5. august 1988. Toktene i mai og flere av satellittdataene er delvis finansiert av metodeprosjekter ved NIVA og Centrum för bildanalys (Rymddelegasjonen og Rymdbolaget).

Vi vil takke mannskapet på forskningsfartøyet "Trygve Braarud" og fartøyet "Hankø" fra Gressvik for god hjelp under toktene. Øvrige deltakere på toktene har vært Ian Pilling, "National Remote Sensing Center", Tormod Andresen, UiO og Unni Efraimsen, NIVA. Jakob Nisell, Centrum for bildanalys, har deltatt på tokt og foretatt bildebehandling av satellittdataene. Jan Magnusson har deltatt på tokt og i vurdering av resultatene. Rapporten er utarbeidet av Kai Sørensen, som har hatt ansvaret for fjernmåling i denne delundersøkelsen.

Kjell Baalsrud
prosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE

	<u>Side</u>
Forord	1
Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	7
2. Metoder	8
2.1 Innsamling av data	8
2.2 Feltnmålinger og analyser	8
2.3 Satellittdata	13
3. Resultater	14
3.1 Analyse av feltdata	14
3.2 Sammenhengen mellom feltdata og satellittdata.....	16
3.3 Meteorologiske og hydrologiske forhold	20
3.4 Overflateobservasjoner 3.- 6. og 13.mai 1988	24
3.5 Overflateobservasjoner 13.- 16. juni 1988	32
3.6 Overflateobservasjoner 1.- 5. august 1988	35
4. Diskusjon	39
5. Litteratur	41

FIGURER

Side:

1.	Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord og Hvaler området 3.-6. mai 1988	9
2.	Stasjonsplassering i Hvaler området 13. mai 1988	10
3.	Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet 13.-16. juni 1988	11
4.	Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord, Hvaler- og Skagerrak området 1.-5. august 1988	12
5.	Sammenhengen mellom saltholdighet og turbiditet for målinger i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet i 1988	14
6.	Korrelasjon mellom turbiditet og totalt suspendert mate- riale for observasjoner i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet 1988	15
7.	Sammenhengen mellom saltholdighet og klorofyll- <u>a</u> for observasjoner i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet i 1988 ...	16
8.	Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for TM- sensoren den 13. mai 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-G	17
9.	Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for MSS- sensoren den 14. juni 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-Y	17
10.	Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for TM- sensoren den 1. august 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-G	18
11.	Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for MSS- sensoren den 1. august 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-X	18
12.	Modell for sammenhengen mellom observert temperatur og digitalverdier for TM-6 sensoren for den 13. mai 1988	19
13.	Modell for sammenhengen mellom observert temperatur og digitalverdier for TM-6 sensoren for den 1. august 1988 ..	20
14.	Vindobservasjoner (kl 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i mai 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Toktperioder og og satellittpassering er markert	21
15.	Vannstand ved Smøgen (Lysekil) for perioden mai til august 1988. Toktperioder og satellittpasseringer er markert	21
16.	Vannføring i Glomma og Drammenselva fra mai til august 1988. Toktperioder og satellittpasseringer er markert	22

Side:

17.	Vindobservasjoner (kl. 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i juni 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten.. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Toktperioden og satellittpassering er markert	23
18.	Vindobservasjoner (kl. 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i juli og august 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Toktperioden og satellittpassering er markert	24
19.	Overflatefordeling av turbiditet 3.-6. mai 1988	27
20.	Overflatefordeling av klorofyll- <u>a</u> 3.-6. mai 1988	28
21.	Satellittbilder fra den 13.mai 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys	29
22.	Satellittbilder fra den 13.mai 1988 som viser fordelingen av temperatur i Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys	30
23.	Overflatefordeling av klorofyll- <u>a</u> den 13. mai 1988.....	31
24.	Satellittbilder fra den 14.juni 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys	33
25.	Overflatefordeling av klorofyll- <u>a</u> i Ytre Oslofjord den 13.-16. juni 1988	34
26.	Satellittbilder fra den 1.august 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Skagerrak og Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys	36
27.	Satellittbilder fra den 1.august 1988 som viser temperaturfordelingen i Skagerrak og Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys	37
28.	Overflatefordeling av klorofyll- <u>a</u> den 1.- 5. august 1988 .	38

SAMMENDRAG

Formål

Formålet med denne undersøkelsen er å karakterisere forskjellige vannmasser ut fra feltmålinger og bruk av satellittfjernmåling. Satellittdata vil gi informasjon om partikkelfordelinger og generelle trekk ved overflatelaget, mens feltobservasjonene vil gi detaljerte punktobservasjoner om vannmassenes optiske egenskaper.

Konklusjoner

Denne undersøkelsen har vist at under gitte situasjoner vil influensområdene til Glomma og Iddefjordvann i Ytre Oslofjord dekke områdene fra Larkollen/Rauøy i nord til Bolærne/Færder i vest og Koster i syd. Mens spredningen av ferskvann fra Glomma varierte noe under de tre situasjonene, var det tilnærmet samme spredningsmønster for vann fra Drammensfjorden.

I mai var det svake nordlige vinder i området og sydlig overflatestrøm i Ytre Oslofjord, mens det i juni var stabile værforhold med svak sydlig vind og svak inngående overflatestrøm. I august hadde man rett før toktet hatt en lavtrykkspassering som gav sterke sydvestlige vinder og høy vannstand i Oslofjorden, og under selve toktet inntraff en kraftig vannstandsennkning med påfølgende utstrømning av vann fra Oslofjorden. Under disse situasjonene påvirket vann fra Drammenselva i hovedsak områdene fra de vestre deler av Breidangen/Sandebukta og til noe syd for Bastøy. Under normale sommerperioder synes Glomma-vannet i hovedsak å spres mot vest. En sørlig spredning mot Koster faller sammen med en kraftig vannstandssennkning i hele Oslofjorden. Glomma's nordligste utbredelse var til Rauøyområdet. I august kunne Skagerrakvann spores opp til de ytterste delene av Ytre Oslofjord.

Høye algekonsentrasjoner ble funnet i fronter mellom ferskvann og sjøvann spesielt i Glomma- og Singlefjordområdet. Også i de midtre deler av Oslofjordens munning ved Torbjørnskjær og Færderområdet fant man høyere planktonkonsentrasjoner enn de omliggende vannmasser. Disse frontområdene synes å begunstige vekst av planktonalger.

Gjennomføring

Det har vært gjennomført fire tokt i Ytre Oslofjord for å studere konsentrasjoner og fordeling av ulike vannmasser målt fra satellitt og

ved hjelp av feltmålinger. Et av toktene har også inkludert Skagerrak. Denne rapporten behandler satellittfjernmåling og feltdata knyttet til dette. Det presenteres satellittdata som beskriver vannmassenes partikkelinnhold og overflatefordeling på tre av toktene. Undersøkelsen baseres på tokt i perioden fra 3.-6. og 13. mai, 13.-16. juni og 1.-5. august 1988.

Det benyttes satellittdata fra jordressurssatellitten Landsat-5 og værsatellitten NOAA-9. Satellittbildene som presenteres i denne rapporten, vil være viktig informasjon for tolkning av observasjonene fra flere av de andre delprosjektene. Resultatene fra denne undersøkelsen vil bli sammenholdt med de øvrige delundersøkelser i en sammenfattende hovedrapport.

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Satellittfjernmåling er en ny metode for bruk innen resipient-overvåkning som har vært testet ved NIVA gjennom ulike metodeprosjekter (Sørensen, K. med medarb., 1989, 1990). Teknikken har vist seg egnet for å spore spredningen av vannmasser enten optisk eller termisk. I dette metodearbeidet har Glomma og Iddefjordområdet vært et viktig testområde. Erfaringene fra dette arbeidet er gode og metoden ble inkludert i dette prosjektet om eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord.

Erfaringsmessig må det et stort antall stasjoner til for med nogenlunde sikkerhet å kunne bedømme en vannmasses horisontale utbredelse. Satellittdataene kan imidlertid gi gode oversiktbilder av vannmassenes partikkelkonsentrasjoner og influensområder, og man oppnår maksimal utnyttelse i kombinasjon med tradisjonelle metoder og feltobservasjoner.

Et metodeprosjekt ved NIVA, i samarbeid med Tommy Lindell ved Centrum för bildanalys, Uppsala, har pågått i det området i 1988, og data fra dette arbeidet er benyttet for toktdagene den 3., 6. og 13. mai. Videre er det utført tokt den 4. mai, 13.-16. juni og 1.-5. august, som en del av de øvrige delprosjektene i denne undersøkelsen.

1.2 Formål

Formålet med dette delprosjektet er å karakterisere forskjellige vannmasser ut fra feltemålinger og bruk av satellittfjernmåling. Satellittdata vil gi informasjon om partikkelfordelinger og generelle trekk ved overflatelaget, mens feltobservasjonene vil gi detaljerte punktobservasjoner om vannmassenes optiske egenskaper.

2. METODER

2.1 Innsamling av data

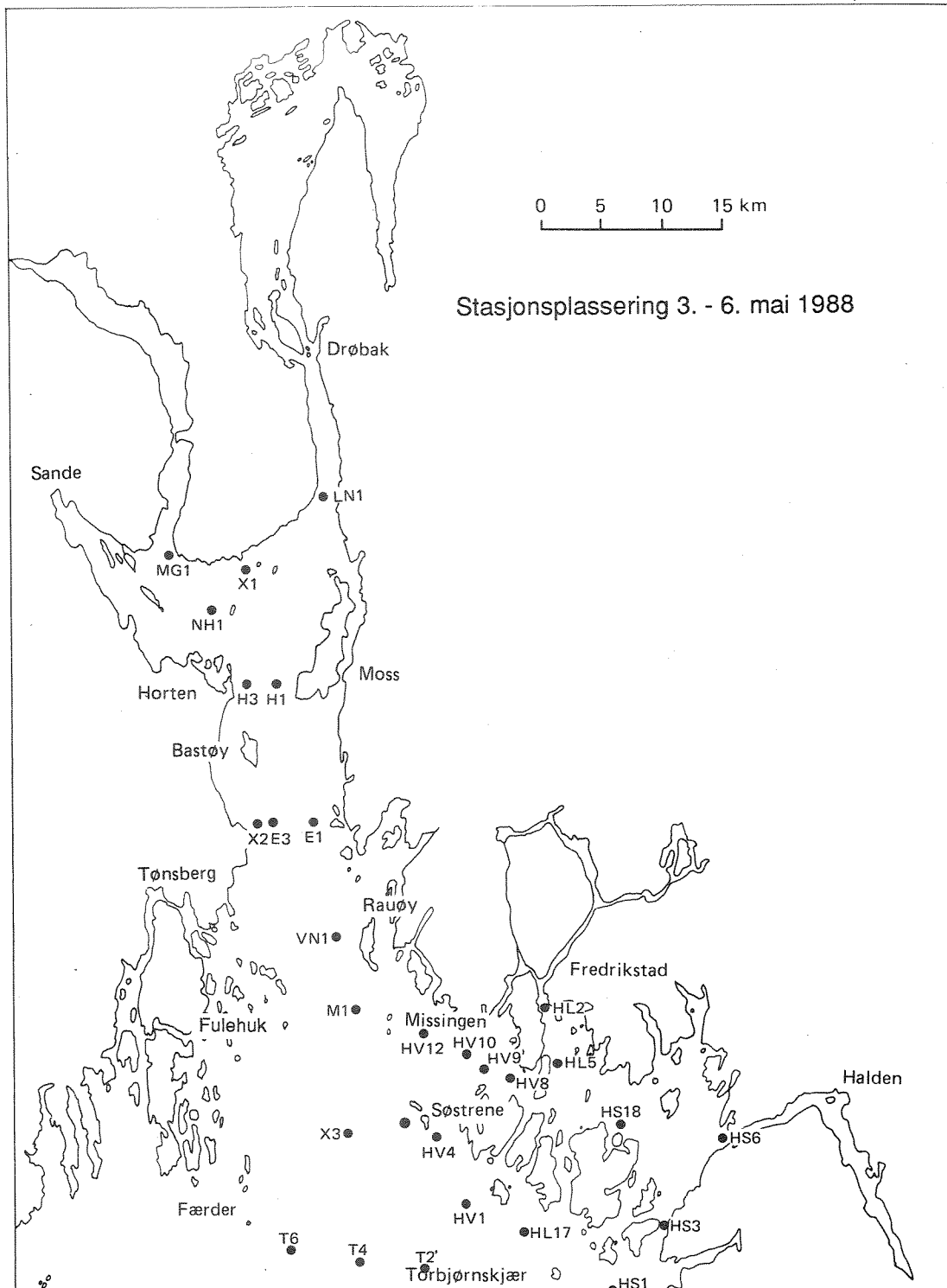
Det første tokt (3.-6.mai) ble gjennomført i Ytre Oslofjord den 4. mai og i Hvalerområdet den 3. og 6.mai. Toktet den 13.mai foregikk i området Hankø, via Torbjørnskjær og Kosterfjorden og inn i selve Hvalerområdet. Under toktet 13.-16.juni ble både Hvaler og Ytre Oslofjord dekket, hvorav den 14. juni i selve Hvalerområdet. Det siste toktet fra 1.-5.august startet i Hvaler den 1.august, dekket så Skagerrak i perioden 2.-3.august og Ytre Oslofjord den 4.-5.august. Stasjonsplasseringen på de fire toktene fremgår av figur 1 - 4.

Det presenteres satellittbilder for dagene 13. mai, 14. juni og 1. august, og det benyttes data fra værsatellitten NOAA-9 og jordressurssatellitten Landsat-5. Værforholdene på det første toktet i mai var for dårlig for satellittopptak. Feltobservasjoner og innsamling av vannprøver ble foretatt med fartøyene "Hankø" av Gressvik og "Trygve Braarud" (Univ.i Oslo). Vannprøver er enten innsamlet med Niskin vannhenter påmontert en rosett-henter eller, når en lokal båt er benyttet, med en Rutner-vannhenter eller Ramberg-vannhenter (0-2 m). Prøver til klorofyll-a og suspendert materiale er som regel filtrert ombord, og på de større tokt er også turbiditetsmålingene foretatt under toktet. Vindobservasjoner er innhentet fra Meteorologisk Institutt og vannføringsdata fra NVE.

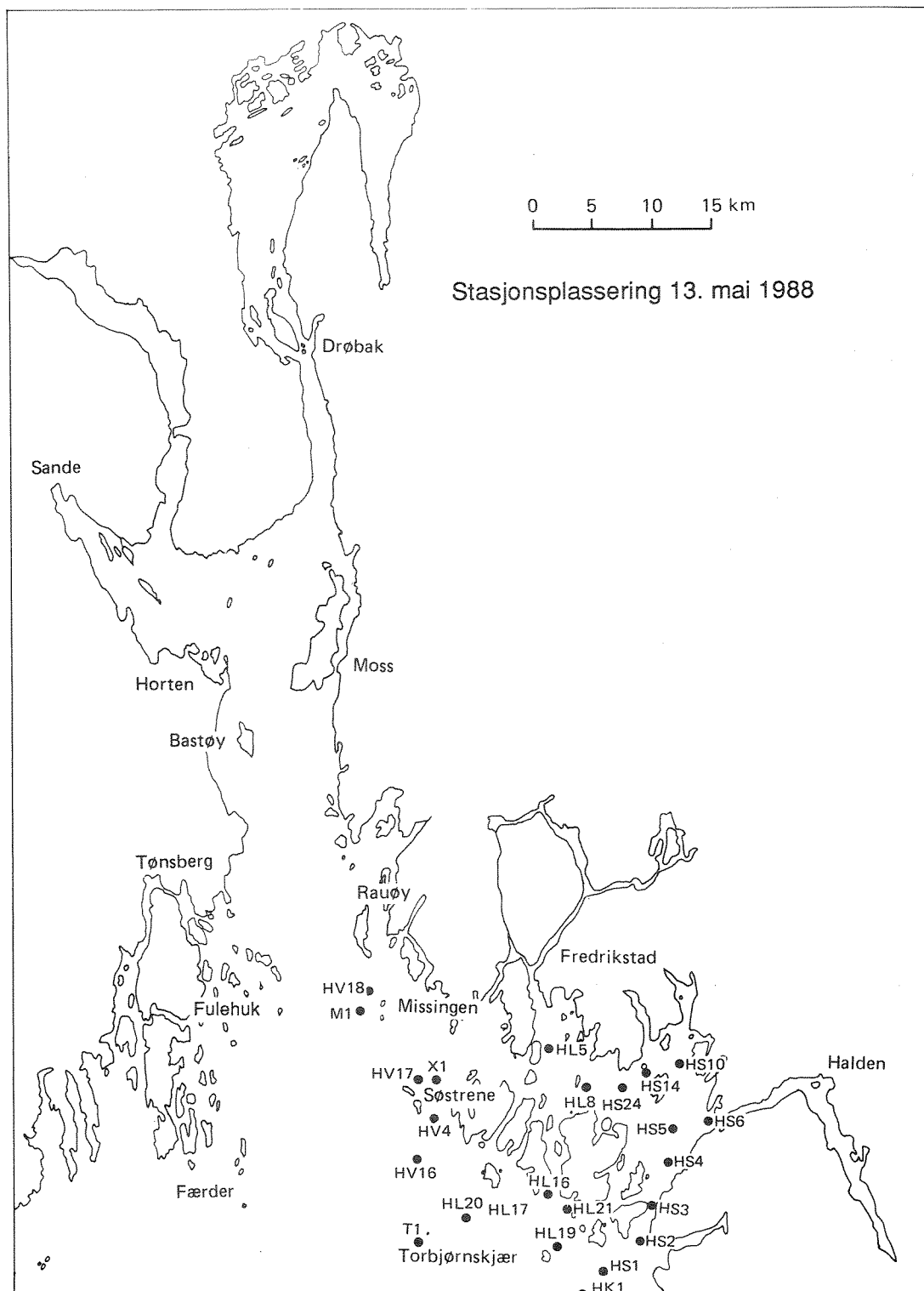
2.2 Feltnålinger og analyser

Temperatur og saltholdighet er målt med en Neil Brown CTD eller salinoterm. Siktedyp er målt med Secchi skive med en diameter på 20 cm. På enkelte av toktene er det målt kontinuerlig klorofyllfluorescens med et Turner filterfluorimeter (Erga og Sørensen, 1982) i et gjennomstrømningssystem med vann fra ca. 1 m's dyp. Dette gjennomstrømningssystemet er også benyttet til målinger av temperatur og saltholdigheten i overflatevannet.

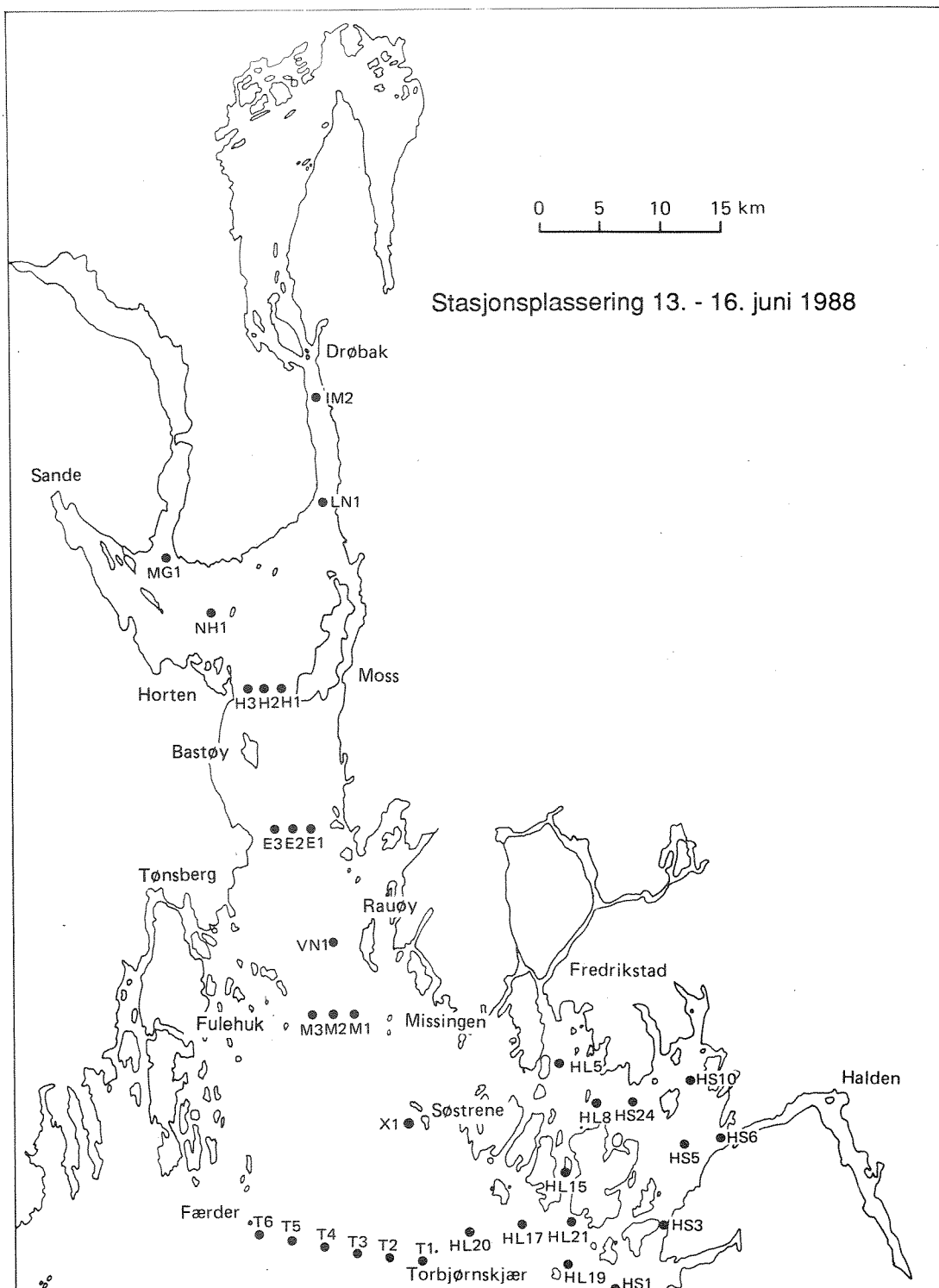
Det er målt klorofyll-a og klorofyll-a's nedbrytningsprodukter etter en fluorimetrisk metode (Erga og Sørensen, 1982). Vannprøvene er filtrert på GFF-filer som ble fryst inntil analyse. Totalt suspendert materiale er bestemt ved filtrering gjennom et 0,4 µm Nucleopore-filer, skyling med ca. 100 ml destillert vann med etterfølgende tørking ved ca. 50 °C og veing på en Sartorius mikrovekt. Måling av turbiditet er foretatt med et HACH-turbidimeter og uttrykt i FTU-enheter (Formazin Turbidity Units, NS 4723).



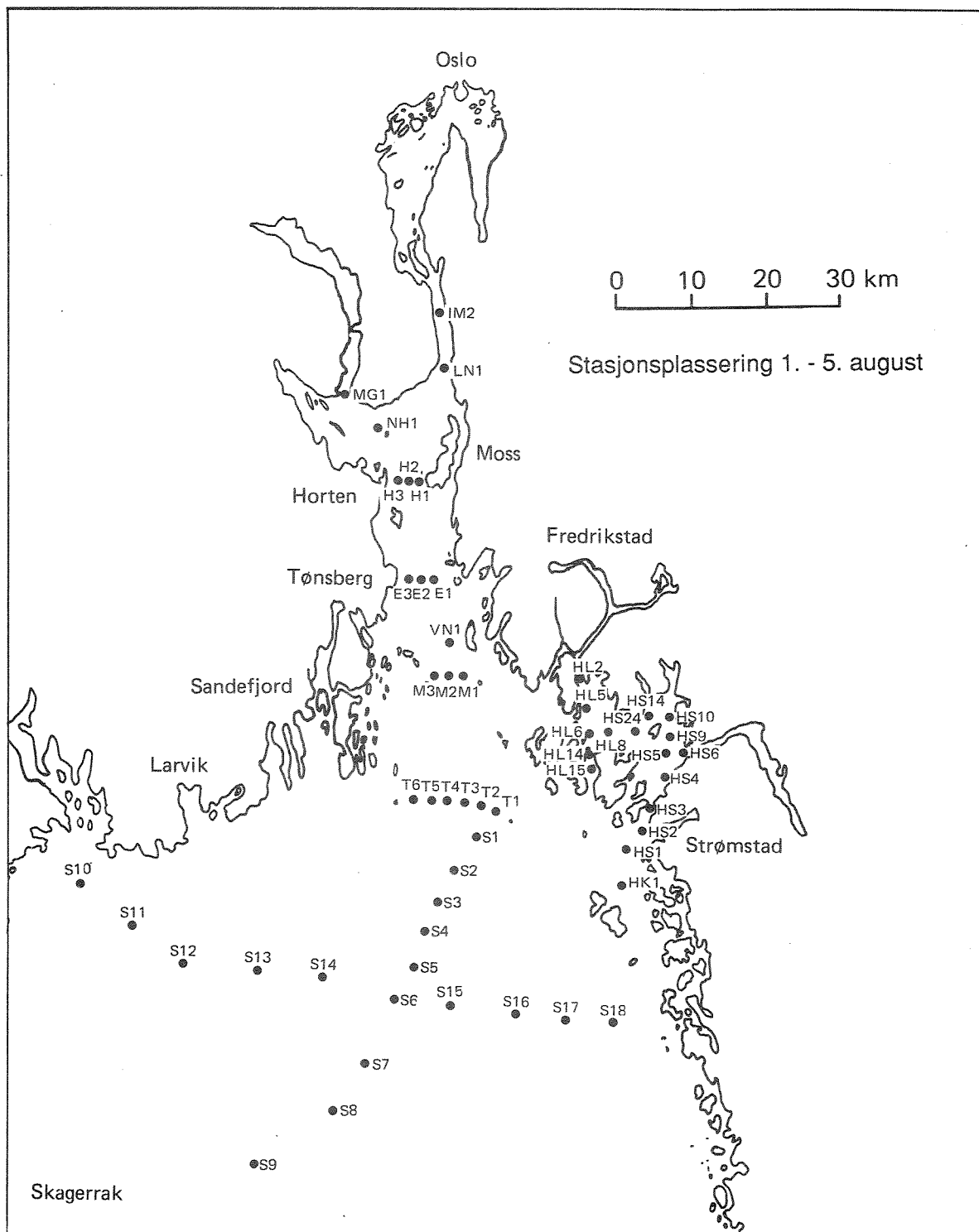
Figur 1. Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet den 3.-6. mai 1988.



Figur 2. Stasjonsplassering i Hvalerområdet den 13. mai 1988.



Figur 3. Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet den 13.-16.juni 1988.



Figur 4. Stasjonsplassering i Ytre Oslofjord, Hvaler- og Skagerrak-området den 1.-5. august 1988.

2.3 Satellittdata.

Satellittdataene som er benyttet i denne undersøkelsen er fra Landsat-5 og fra NOAA-9 satellittene. For Landsat-5 benyttes data fra de to multispektrale sensorene TM ("Thematic Mapper") og MSS ("Multispectral scanner"). I NOAA-satellitten benyttes data fra AVHRR-sensoren (Advanced Very High Resolution Radiometer). De satellittdata(bilder) som presenteres er basert på korrelasjoner mellom ulike satellittkanaler og vannkvalitetsparameterene. Algoritmer kan lages for flere av parametrene, men det er her valgt å bruke turbiditet.

Den kombinasjon av satellittkanaler fra TM og MSS sensoren som er benyttet går under begrepet kromatisitet. Med disse kromatisitetsindeksene får man en normalisering av det totale signalet som sensorene registrerer, og man får et matematisk uttrykk for vannets farge. Denne transformeringen reduserer blant annet mindre variasjoner i atmosfæren. En nærmere beskrivelse og andre referanser finnes i Lindell med medarb.(1986). For TM-dataene er det benyttet kromatisitetsindeksen CHR-G som har sitt optiske tyngdepunkt i den grønne delen av spekteret ved 560 nm og er gitt ved ligningen $CHR-G = TM2/(TM2+TM3+TM4)$. For MSS-dataene er benyttet indeksen CHR-X = $MSS1/(MSS1+MSS2+MSS3)$, som har sitt optiske tyngdepunkt i den grønne delen av spektret ved 550 nm og CHR-Y = $MSS2/(MSS1+MSS2+MSS3)$ i den røde delen ved 650 nm. Disse indeksene gir h.h.v. et uttrykk for vannets "grønnhet" og "rødhet".

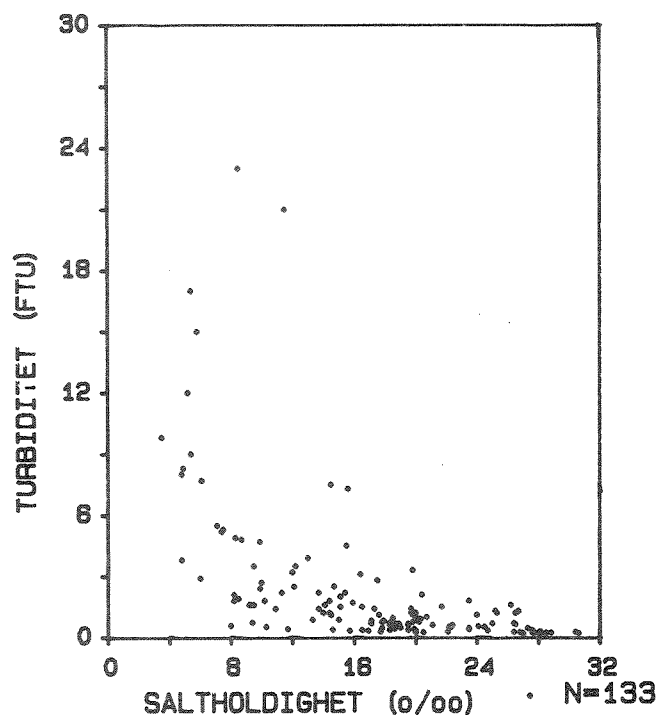
For temperaturbildene benyttes enten den termiske kanalen (TM-6) hos Landsat-5 satellitten, eller de termiske AVHRR-kanalene (Ch-4 og 5) hos NOAA-9 satellitten (Singh, 1984). For TM-6 er det foretatt en direkte kalibrering mot målte temperaturer og man får enkle lineære modeller. For NOAA-dataene er temperaturkartene basert på en modell utviklet ved Statens Naturvårdverk av Bert Karlson, basert på interne referanser i satellitten og internasjonal dokumentasjon.

Passeringstidspunktene for Landsat satellitten var for alle dataene kl. 0956 GMT, mens NOAA-9 dataene benyttet den 1. august var fra kl. 1409 GMT. I tillegg til satellittkartene som presenteres i absolutte verdier for turbiditet, presenteres noen detaljbilder som viser den relative fordelingen av suspendert materiale. Feltdataene som inngår i modellen domineres av vannmasser med uorganisk materiale. Suspendert materiale dominert av plankton har en lavere turbiditet enn tilsvarende mengde (vektbasis) uorganisk materiale. Det betyr at for andre vannmasser som domineres av organisk/planktonisk materiale, vil modellen overestimere turbiditeten noe. Dette må man ta hensyn til ved tolkningen av bildene.

3. RESULTATER

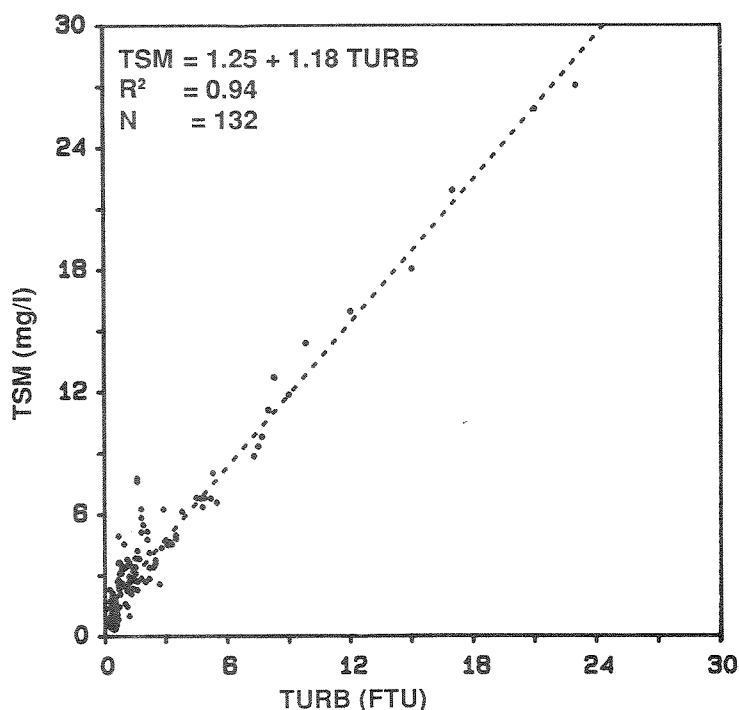
3.1 Analyse av feltdata.

Fordelingen av turbiditet mot saltholdighet basert på hele materialet er gjengitt i figur 5 som viser at den målte turbiditet i hovedsak styres av ferskvannstilførslene til Ytre Oslofjord. To stasjoner fra øverst i Glomma på toktet den 3.- 6. mai avviker noe fra dette mønster og skyldes antagelig de vanskelige prøvetagnings og måleforholdene som man kan ha i dette området. Ytterligere to stasjoner fra det samme toktet har en relativ høy saltholdighet i forhold til turbiditeten og disse ligger i Leiraområdet hvor det er skarpe fronter mellom de ulike vannmasser.

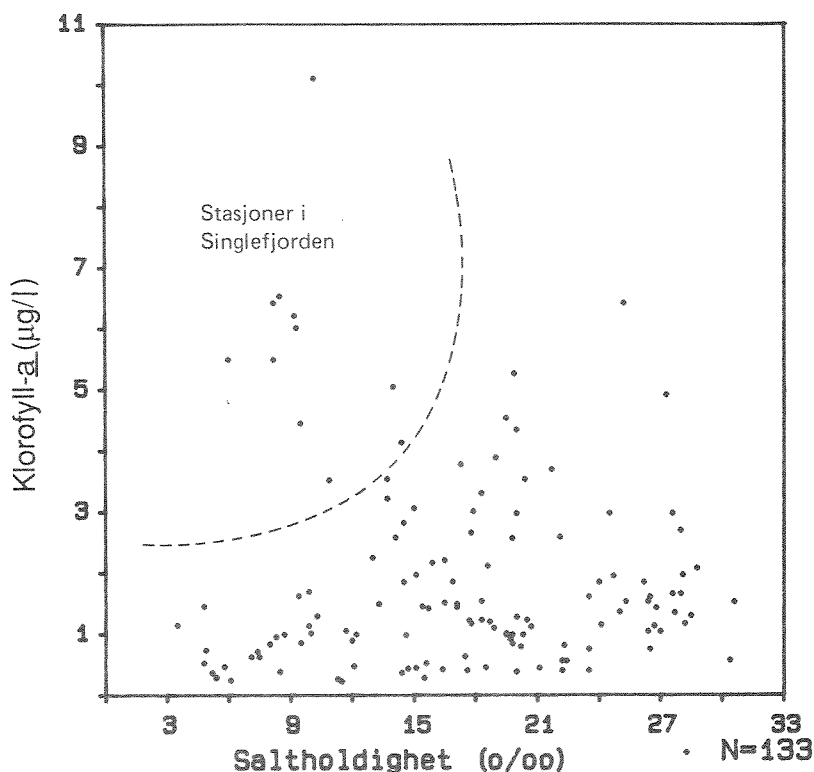


Figur 5. Sammenhengen mellom saltholdighet og turbiditet for målinger i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet i 1988.

Sammenhengen mellom turbiditet og totalt suspendert materiale er som forventet meget sterk med en forklaringsgrad på 94 %. Den lineære sammenhengen fremgår av figur 6. Det er noe avvik for stasjoner innerst i Singlefjorden og i munningen til Iddefjorden som skyldes et større innslag av organisk materiale, forårsaket av et større innslag av planktonalger med klorofyllverdier fra 6 - 10 µg/l. Fordelingen av klorofyll-a mot saltholdighet er vist i figur 7 og de avvikende stasjonene i Singlefjorden for august er markert. Slike forhøyede planktonkonsentrasjoner er tidligere observert i dette området (Magnusson og Skei, 1984). I tillegg til de høyere plankton konsentrasjonene i Singlefjorden er det en tendens til høyere klorofyllverdier ved saltholdigheter omkring 20 ‰. De fleste av disse verdiene er fra stasjoner i frontområdene mellom Glommavannet og det saltene vannet i Ytre Oslofjord og innbefatter stasjoner omkring Torbjørnskjær og Færder, spesielt på augusttoktet.



Figur 6. Korrelasjon mellom turbiditet og totalt suspendert materiale for observasjoner i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet i 1988.

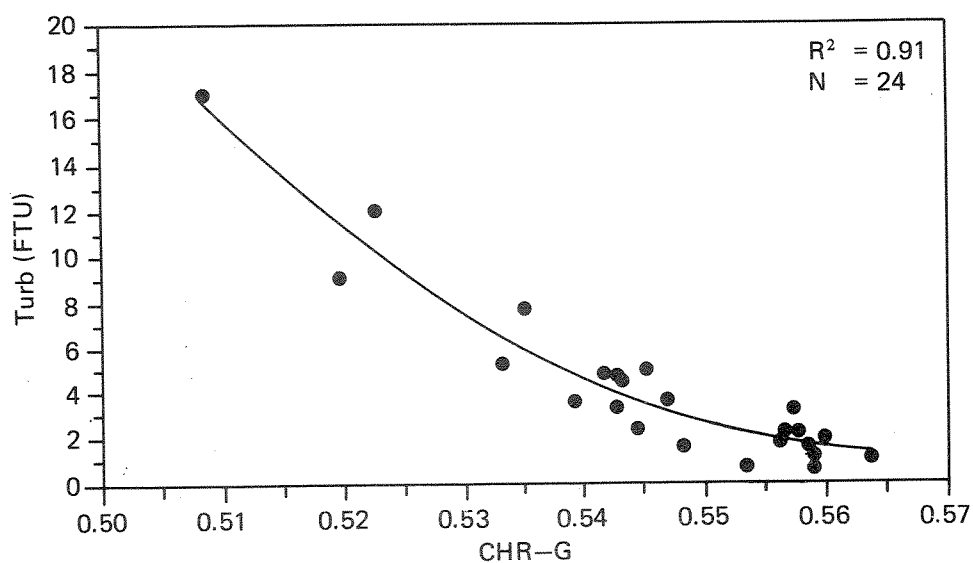


Figur 7. Sammenhengen mellom saltholdighet og klorofyll-a for observasjoner i Ytre Oslofjord og Hvalerområdet i 1988.

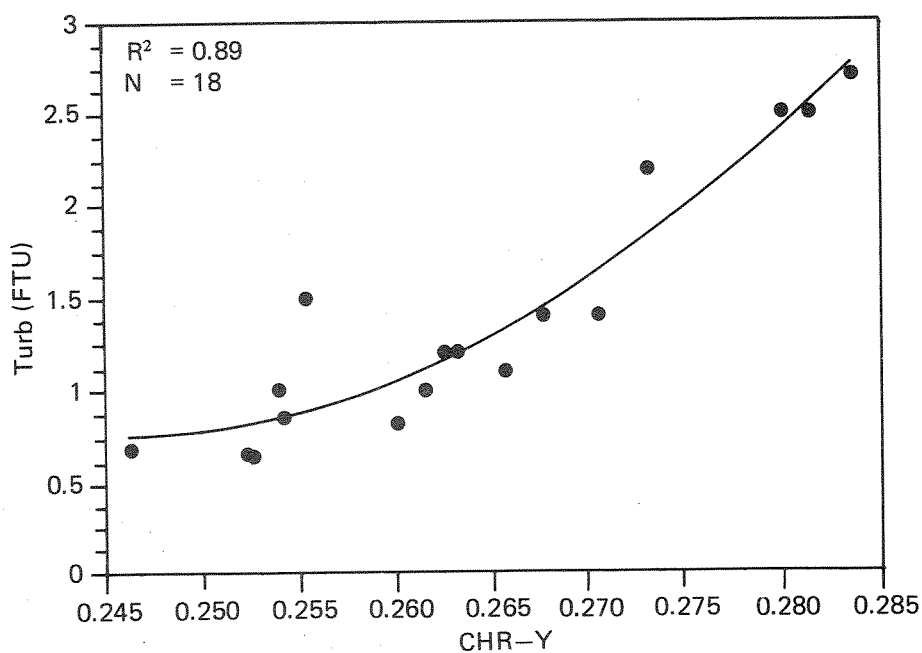
3.2 Sammenhengen mellom feltdata og satellittdata.

I dette området er Glomma vannet optisk sett meget dominerende og vil bidra sterkt i de sammenhenger man finner mellom feltdata og satellittdataene. For å få et inntrykk av konsentrasjonsfordelingen til den mest dominerende vannmassen ble det valgt å uttrykke satellittbildene i turbiditetseenheter. Andre kombinasjoner av satellittkanalene ville kunne skille ut vannmasser med andre optiske egenskaper. Digitalverdiene fra satellitten for de optiske sensorene er omregnet til radiansverdier etter kalibreringskonstanter basert på Markham og Barker, (1986) og de ulike kromatisitetsindeksene ble beregnet.

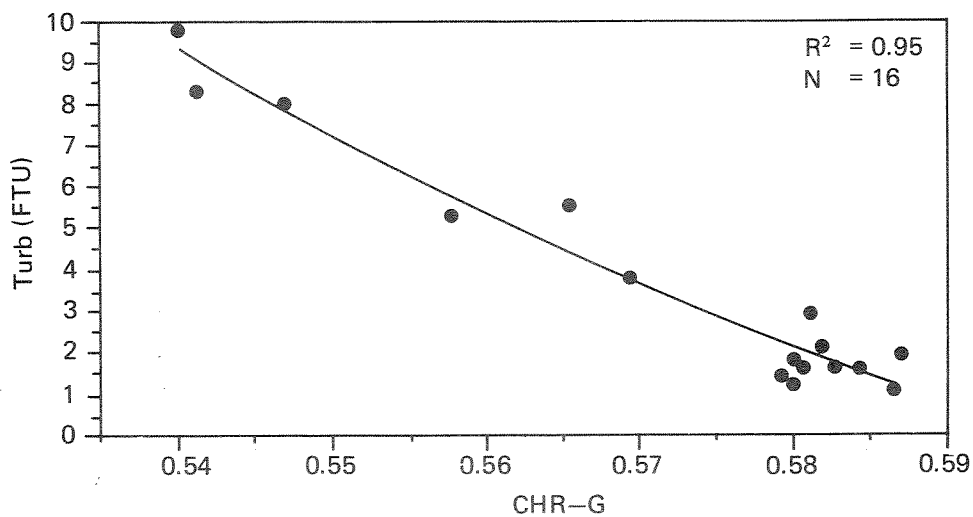
For toktet den 13.mai med TM-data ble det best sammenheng mellom CHR-G og turbiditet. Modellen er vist i figur 8 og det ble funnet best tilpassning med et 2. grad polynom med en forklaringsgrad på 95 %. Den 14.juni er satellittdataene basert på MSS-sensoren. Modellen er her basert på CHR-Y som ligger mer mot den røde delen av spekteret, og som indikerer at "klorofyllholdig materiale" spiller en større rolle i korrelasjonen. En 2. grad polynom med en forklaringsgrad på 90 % ga den beste tilpassning (figur 9). For den 1. august er det benyttet både TM- og MSS-data, og de beste tilpassninger fant man for henholdsvis CHR-G og CHR-Y. De matematiske sammenhenger ble tilpasset med henholdsvis en 2. grads og 3. grads polynom som vist i figur 10 og 11.



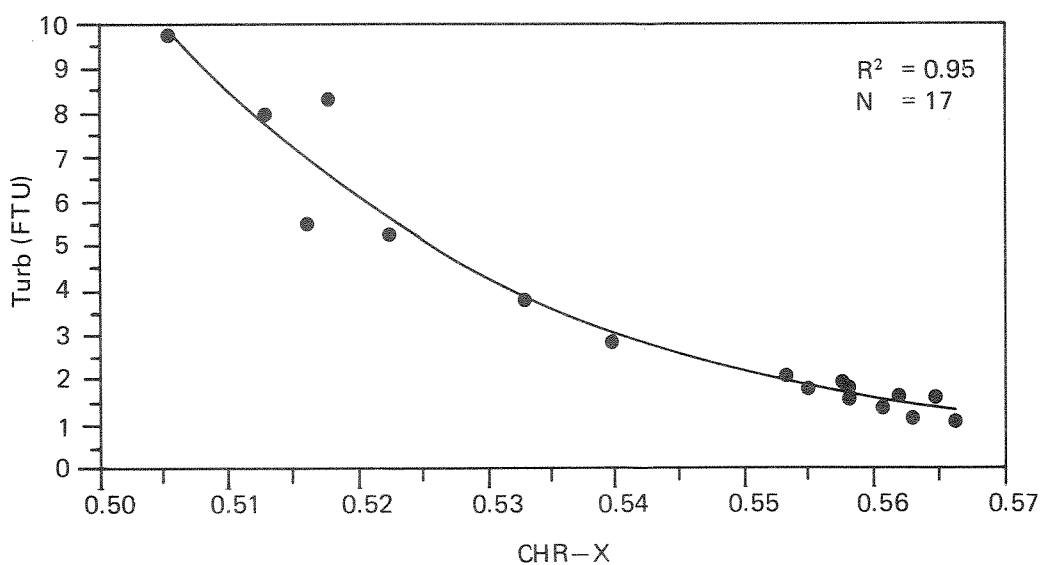
Figur 8. Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for TM sensoren den 13.mai 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-G.



Figur 9. Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for MSS sensoren den 14.juni 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-Y.

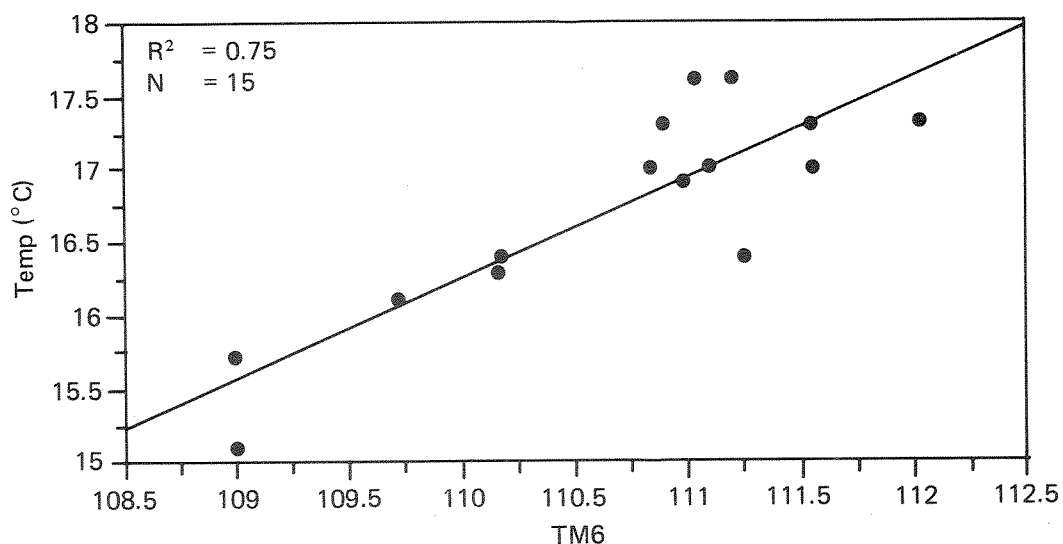


Figur 10. Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for TM sensoren den 1.august 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-G.

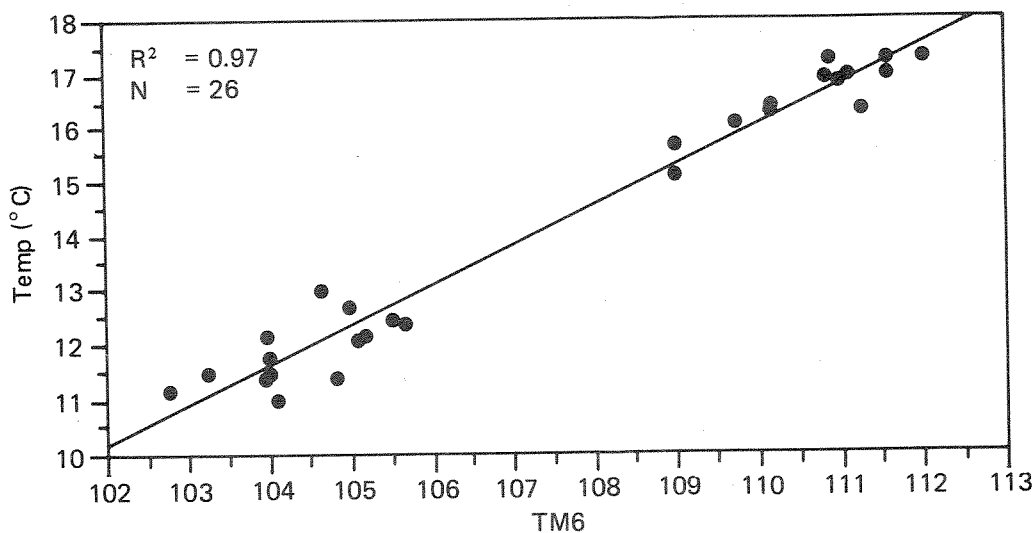


Figur 11. Korrelasjon mellom turbiditet og satellittdata for MSS sensoren den 1.august 1988. Modellen er basert på kromatisitetsindeksen CHR-X.

Temperaturkart basert på Landsat-data er benyttet på toktet i mai og august. Det er her laget en lineær modell basert på digitalverdiene for TM-6 kanalen. Den absolutte nøyaktigheten i temperatursensoren oppgis til å være ca. 1 °C og den relative ca. 0,5 °C. I områder med store temperaturgradienter og raske vannbevegelser kan man få store avvik mellom satellittdata og feltdata, ettersom målingene ikke kan bli tidssynkrone. Ekstreme avvik, > 1,0 °C, er derfor fjernet før modellberegningen. Modellene for de høyoppløslige termiske TM- dataene for mai og august er vist i figur 12 og 13. Beregningene av temperaturkart i august fra AVHRR-sensoren er basert på en modell som beskrevet i kap. 2.3 og kontrollen med feltdata viser god overensstemmelse. For junitoktet ble det ikke laget noe temperaturkart.



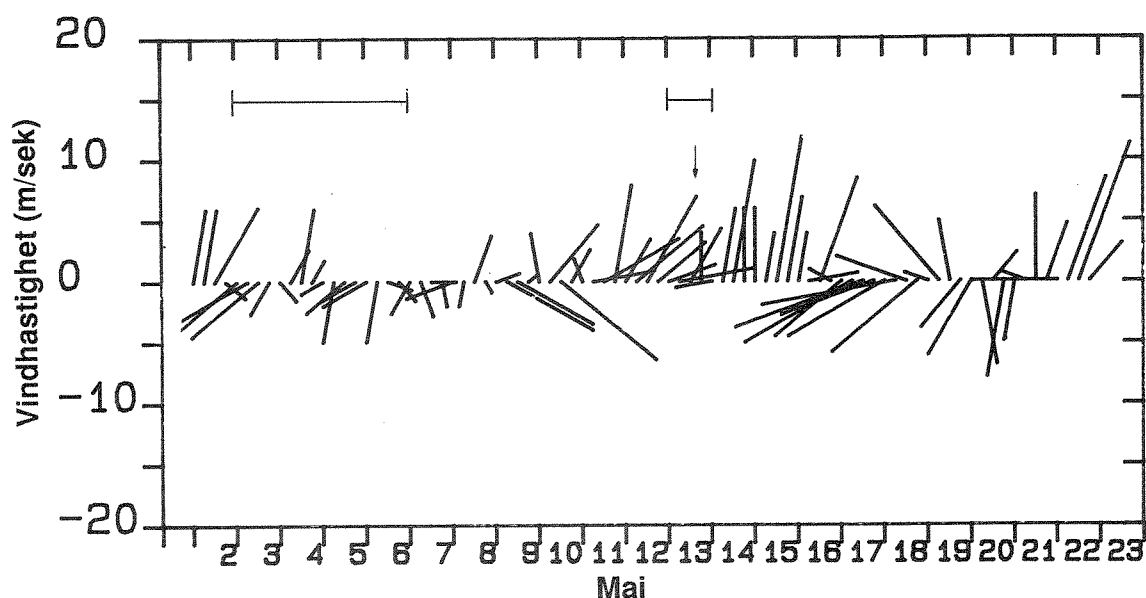
Figur 12. Modell for sammenhengen mellom observert temperatur og digitalverdier for TM 6 sensoren den 13.mai 1988.



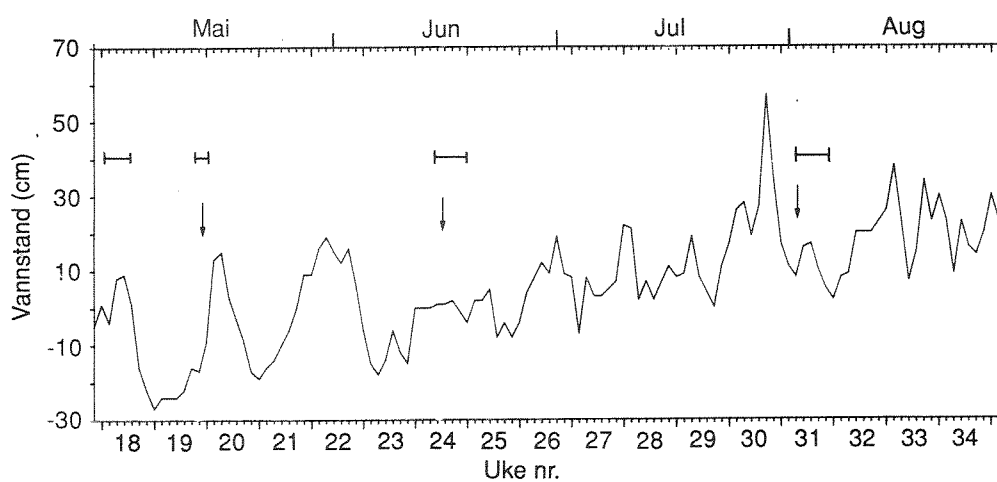
Figur 13. Modell for sammenhengen mellom observert temperatur og digitalverdier for TM 6 sensoren den 1.august 1988.

3.3 Meteorologiske og hydrologiske forhold.

Som det fremgår av figur 14 så var det under det første toktet fra 3.-6.mai overveiende sørlige vinder (2-6 m/s) i hele perioden, unntatt den 4.mai med svake nordlige vinder. Figur 15 viser vannstanden ved Smøgen for perioden mai til august. Vannstanden her er korrelert med Oslofjorden (Magnusson, pers.med.), og kan benyttes for vurderinger av vannstandsforandringer i Ytre Oslofjord. Middelvannstanden i Ytre Oslofjord var svakt stigende den 1.-5.mai og overflatestrømmen i Ytre fjord (Missingene, 5 meters dyp) var inngående den 5. og utgående den 6. mai (Dahl og Hackett, 1990).

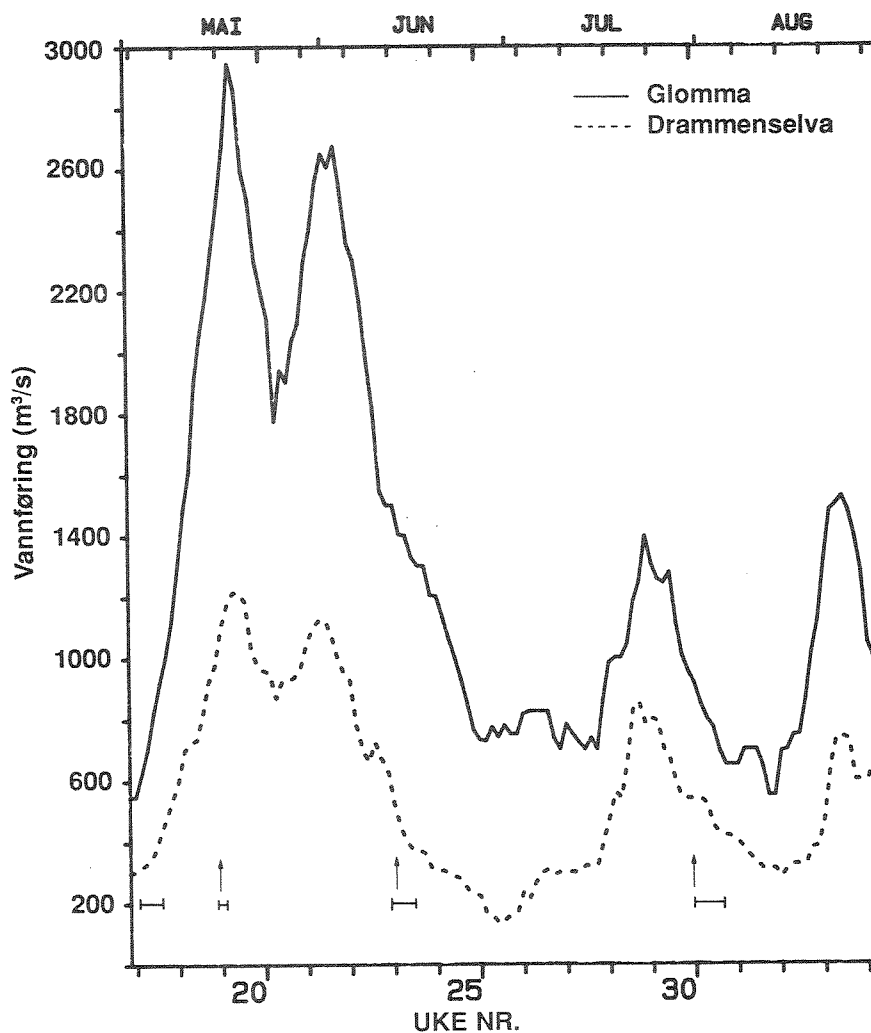


Figur 14. Vindobservasjoner (kl 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i mai 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Toktperioder og satellittpassering er markert.



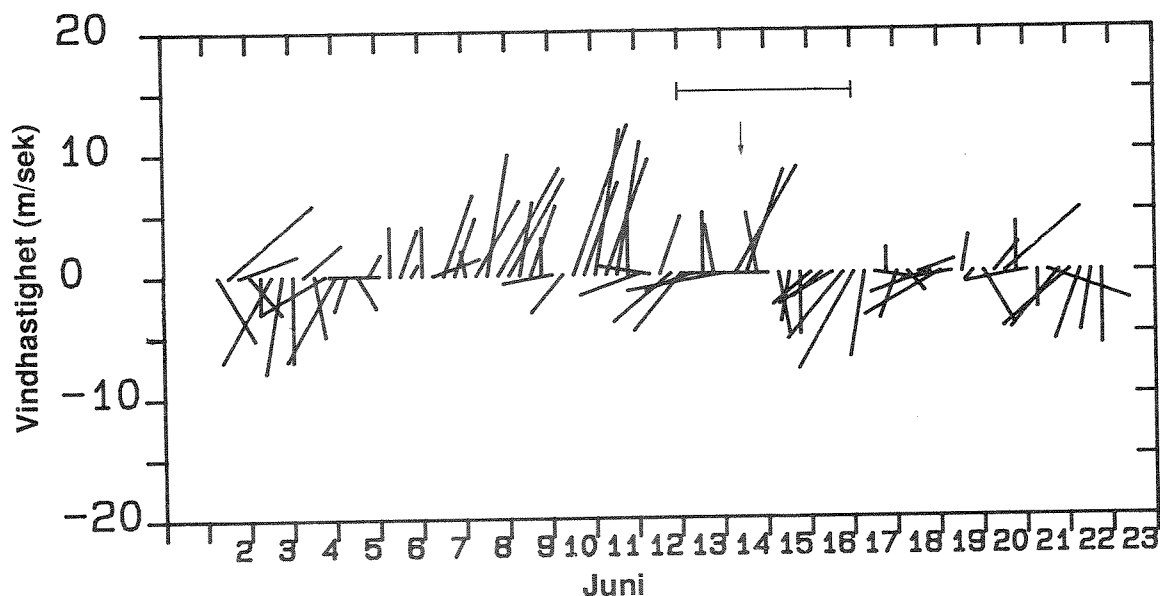
Figur 15. Vannstand ved Smøgen (Lysekil) for perioden mai til august 1988. Toktperioder og satellittpasseringer er markert.

Vannføringen i de to viktige ferskvannstilførslene Glomma og Drammenselva er vist i figur 16. Vannføringen i Glommavassdraget var ca. 600 m³/s og steg til ca. 700 m³/s i løpet av toktet. I Drammenselva var vannføringen ca. 300 m³/s, og gjennomføringen av toktet kom like før vårflommen. På det neste tokt den 13.mai var det en periode med nordøstlige vinder (4-6 m/s) og middelvannstanden i fjorden var meget svakt synkende (nesten stabil). Overflatestrømmen var utgående på 5 meters dyp ved Missingen den 12.-13.mai og vannføringen i Glomma og Drammenselva var h.h.v. ca. 2.600 og 1.200 m³/s, dvs. i første fase av den for året meget store vårflommen. Middelvannføringene i disse to vassdragene er for Glomma ca. 700 m³/s og Drammenselva ca. 250 m³/s.



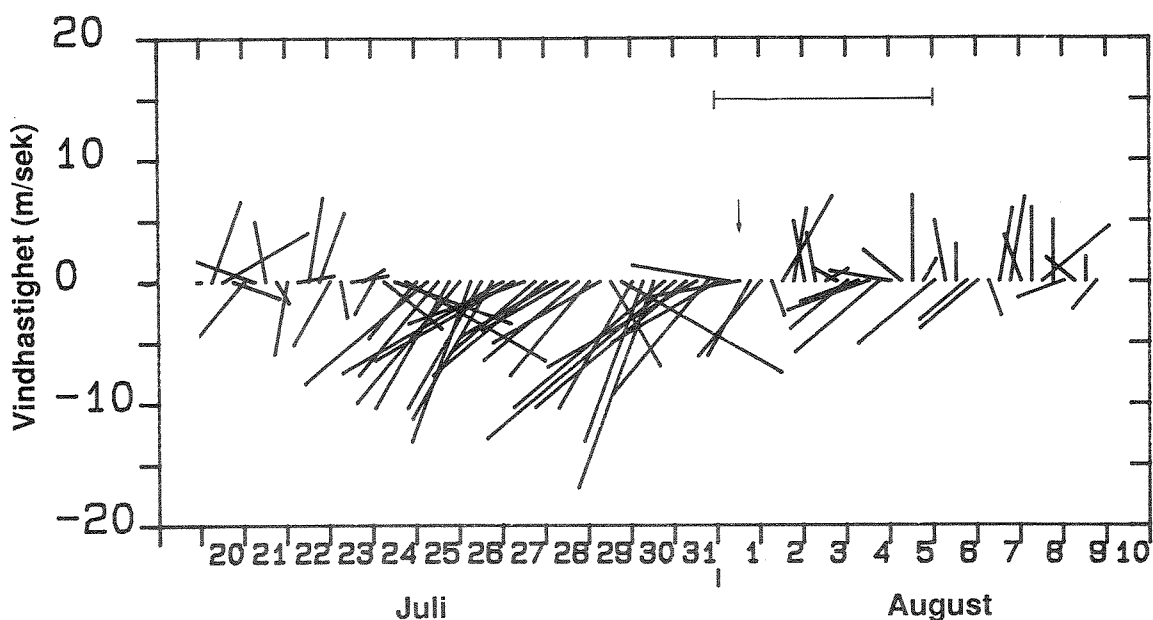
Figur 16. Vannføring i Glomma og Drammenselva fra mai til august 1988. Toktperioder og satellittpasseringer er markert.

På junitoktet var det den 13.-14. nordlige vinder (2-4 m/s) som dreiet til sydlige den 15.-16. juni (figur 17). Middelvannstanden var stabil etter en periode med stigende vannstand frem til den 13.juni. Overflatestrømmen ved Grisebådarna (10 meters dyp) gikk mot sør den 13.-14. og deretter mot nord den 15.-16.juni. Ved Missingen/Fulehuk (5 meters dyp) var overflatestrømmen i hovedsak inngående. Vannføringen i Glomma og Drammenselva var h.h.v. ca. 1.400 og 500 m³/s og man var inne i den siste fasen av vårflommen.



Figur 17. Vindobservasjoner (kl 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i juni 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Toktperioden og satellittpassering er markert.

Toktet fra 1.-5.august ble gjennomført etter en lavtrykkspassering den 30.juli, hvor det var sterke sydvestlige vinder. Som det fremgår av figur 18 så hadde det vært sterk sydlig vind fra den 24.juli, som forårsaket en kraftig oppstuvning av vann i Oslofjorden. Vinden var svakt sydvestlig den 1.august, nordøst den 2., sydvest den 3.-4. og nordvest den 5.august. Middelvinden var sjelden over 4 m/s. Middelvannstanden i fjorden sank kraftig fra den 30. juli til den 2. august og var deretter meget svakt stigende. Overflatestrømmen ved Grisebådarna (10 meters dyp) gikk mot nordvest den 1. og mot øst den 2.august. Den 3.-4.august gikk strømmen sterkt mot sydøst og den 5.august var det forholdsvis svake strømmer i området. Ved Missingen (5 meters dyp) var det utgående overflatestrøm i hele perioden. Vannføringen i Glomma og Drammenselva var h.h.v. ca. 800 og 400 m³/s, på slutten av en liten sommerflom.



Figur 18. Vindobservasjoner (kl 01.00, 07.00, 13.00, 19.00) målt ved Færder i juli og august i 1988. Pilene viser fra hvilken retning vinden kommer og lengden er proporsjonal med hastigheten. Nord er øverst på figuren og syd nederst. Taktperioden og satellittpassering er markert.

3.4 Overflateobservasjoner 3.-6. og 13.mai 1988.

På grunn av skydekke foreligger det ingen gode satellittbilder fra det første toktet i mai. Fordelingen av suspendert materiale målt som turbiditet er presentert i figur 19. Det er kraftige gradienter i turbiditeten i Hvalerbassengene fra > 20 FTU-enheter synkende til 3 FTU ved Glommas hovedløp og 6-7 FTU ved Glommas vestre løp. Tilsvarende konsentrasjoner av suspendert materiale ble også registrert i april 1986 (Efraimsen, U. og Skei, J., 1988), under forholdsvis lave vannføringer, ca. $350 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ut fra de få observasjoner som finnes synes Glommavannet å gå vestover. I Breidangen er det høyere konsentrasjon av suspendert materiale på vestsiden ved Drammenselva's utløp. Fordelingen av klorofyll-*a* (figur 20) viser høye konsentrasjoner i ferskvannsfronten ved Glommas vestre løp ($6 \mu\text{g/l}$), som avtar raskt ut mot Missingen. I områdene omkring Torbjørnskjær-Færder er klorofyllkonsentrasjonene lave omkring $1 \mu\text{g/l}$. I Singlefjorden ca. $3 \mu\text{g/l}$ og tilsvarende på vestsiden av Breidangen.

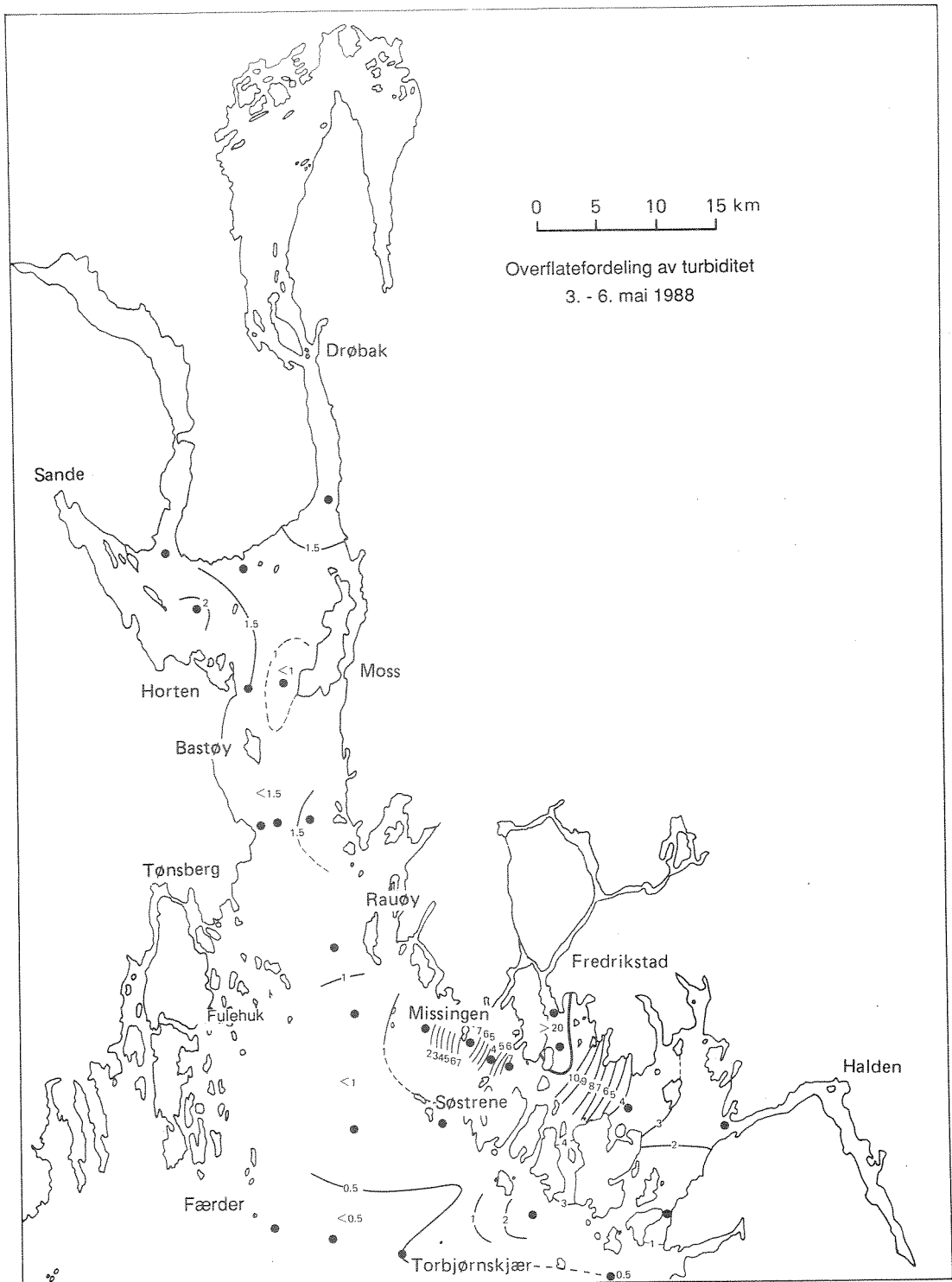
Overflatefordelingen av turbiditet den 13. mai basert på satellitt-data er vist i figur 21 for Ytre Oslofjord og deler av Skagerrak. To utsnitt viser den relative fordeling av vannmassene i h.h.v. Breidangen og Hvaler/Færder området. Utsnittene gir en mer detaljert fordeling, men pga. usikkerheten i modellen er de ikke oppgitt i absolute turbiditetsverdier. Temperaturfordelingen i Ytre Oslofjord og Skagerrak, med et forstørret utsnitt av Breidangen og Hvaler/Færder området er vist i figur 22.

I Breidangen og nordlige deler av Ytre Oslofjord ser man av temperaturkartet hvordan vannmassene fra Drammensfjorden spres på vestsiden av fjorden og kan spores helt til Bastøy. Turbiditeten i munningen av Drammensfjorden ligger på 3-5 FTU og turbid vann dekker hele Sandebukta. I utsnittet over Breidangen i figur 21 finner man et minimumsområde i turbiditet rett øst for Drammensfjordens munning. Dette området synes å falle sammen med et område med noe høyere temperatur (13-15 °C). Begge disse forhold kan tyde på en virveldannelse i dette området. Syd for Jeløya og østsydøst for Bastøy har man nok en vannmasse med lav turbiditet som også er sammenfallende med en varmere vannmasse. Et varmt temperaturløp (13-14 °C) brer seg på tvers av fjorden ved Eldøya til Bolærne. Dette kan tyde på at den sydlige utbredelsen av Drammensfjordvannet stopper i dette området.

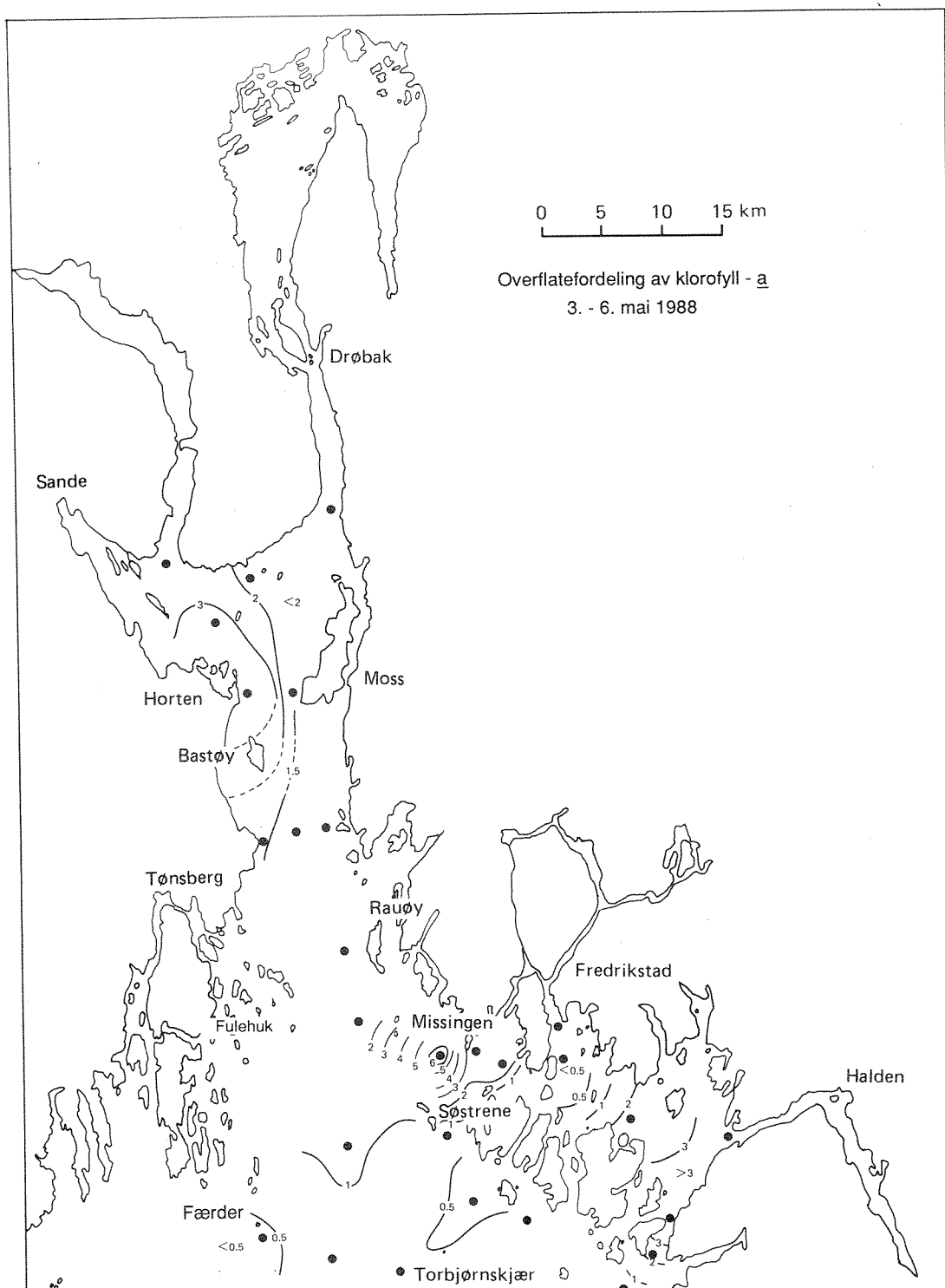
Lengre sydøst fant man kaldere (< 12 °C) og mer turbid vann fra Glomma. Glommas spredning kan tydelig skilles ut innenfor et område begrenset av Missingen, Søstrene, Torbjørnskjær og Koster. Temperaturfordelingen viser at ved dette tidspunkt spres Glomma nordvestover, mens turbiditetsbildet viser også en viss transport sydover. Dette tilsynelatende missforholdet skyldes at temperaturgradientene raskt viskes ut på grunn av sol-oppvarmingen. I selve Hvalerområdet ses de ulike konsentrasjonsfordelingene av Glommavannet tydelig, og turbiditeten ved Fredrikstad ligger på ca. 20 FTU-enheter tilsvarende ca. 25 mg/l suspendert materiale.

På vestsiden av Ytre Oslofjord fra Bolærne/Færderområdet og med en viss forbindelse med vannmassen syd for Jeløya var det et område med lav turbiditet. Disse vannmassene som også finnes nedover på Sørlandskysten kan være en vannmasse med noe høyere algekonsentrasjoner. Forklaringen på dette er at planktonalger på grunn av pigmentinnholdet kan forårsake absorpsjonseffekter og derved lavere turbiditet. Tidspunktet for dette toktet faller sammen med den første fasen av Chrysochromulina polylepis oppblomstringen. Det ble målt høye konsentrasjoner av klorofyll-a ved Flødevigen den 11. mai, og de første rapporter om fiskedød var i områdene Tvedestrand og Lillesand omkring

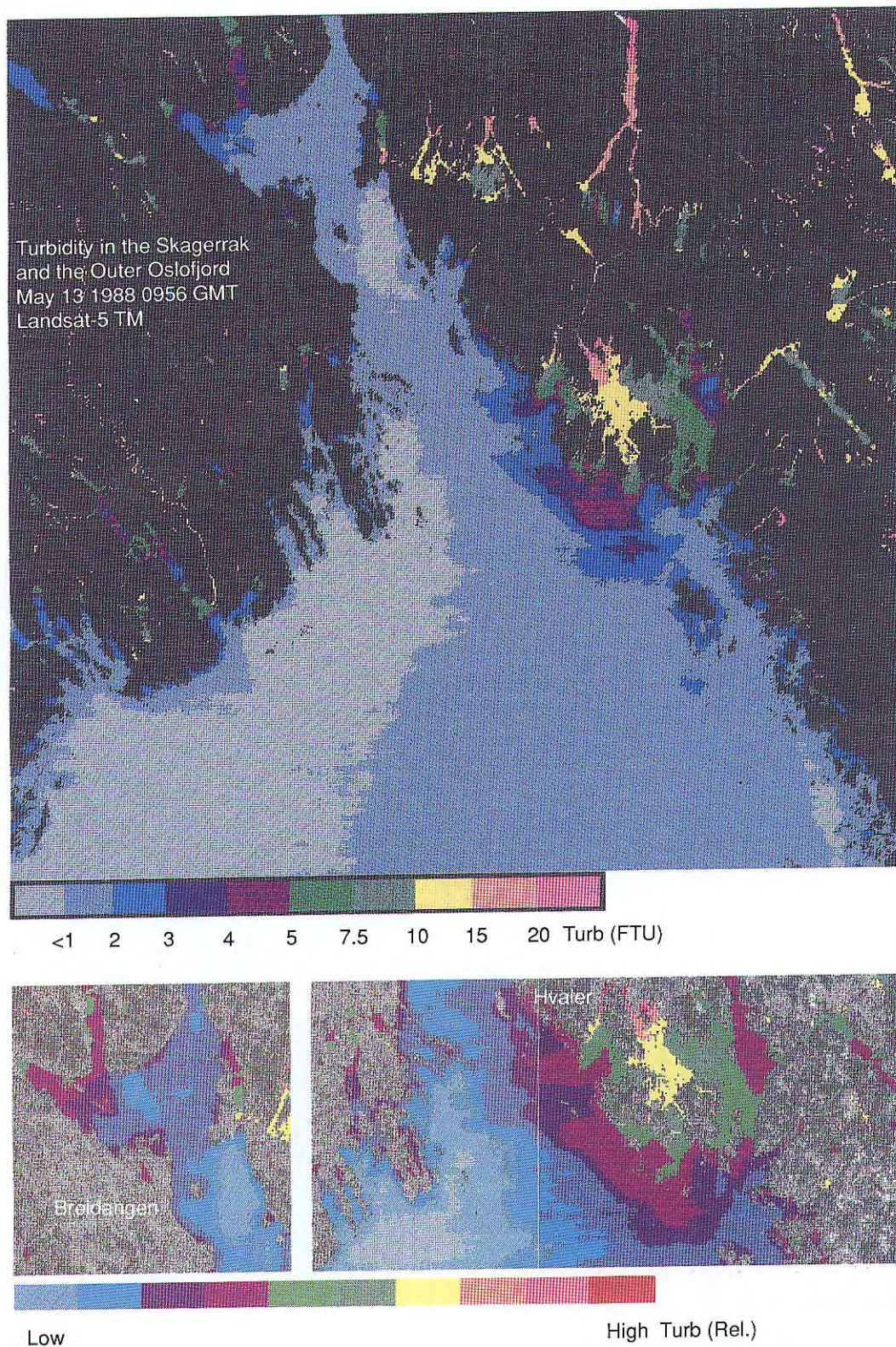
denne dato (Einar Dahl, pers.med). Det er vanskelig å si med med hundre prosent sikkerhet at denne vannmassen inneholder denne algen, da man ikke har noen feltobservasjoner i disse vannmassene fra denne dato, men algen ble også observert i kyststrømmen av E. Dahl (pers.med.) omkring denne dato. Disse forholdene er nærmere diskutert i Sørensen med medarb., (1989). Punktobservasjoner finnes bare i Hvaler med nærområder, og fordelingen av klorofyll-a er vist i figur 23. Klorofyllkonsentrasjonene var gjennomgående lave ($< 2,0 \mu\text{g/l}$), med de høyeste konsentrasjoner i eller mellom fronter av ferskere Glomma-vann og det saltere vannet i Oslo- fjorden.



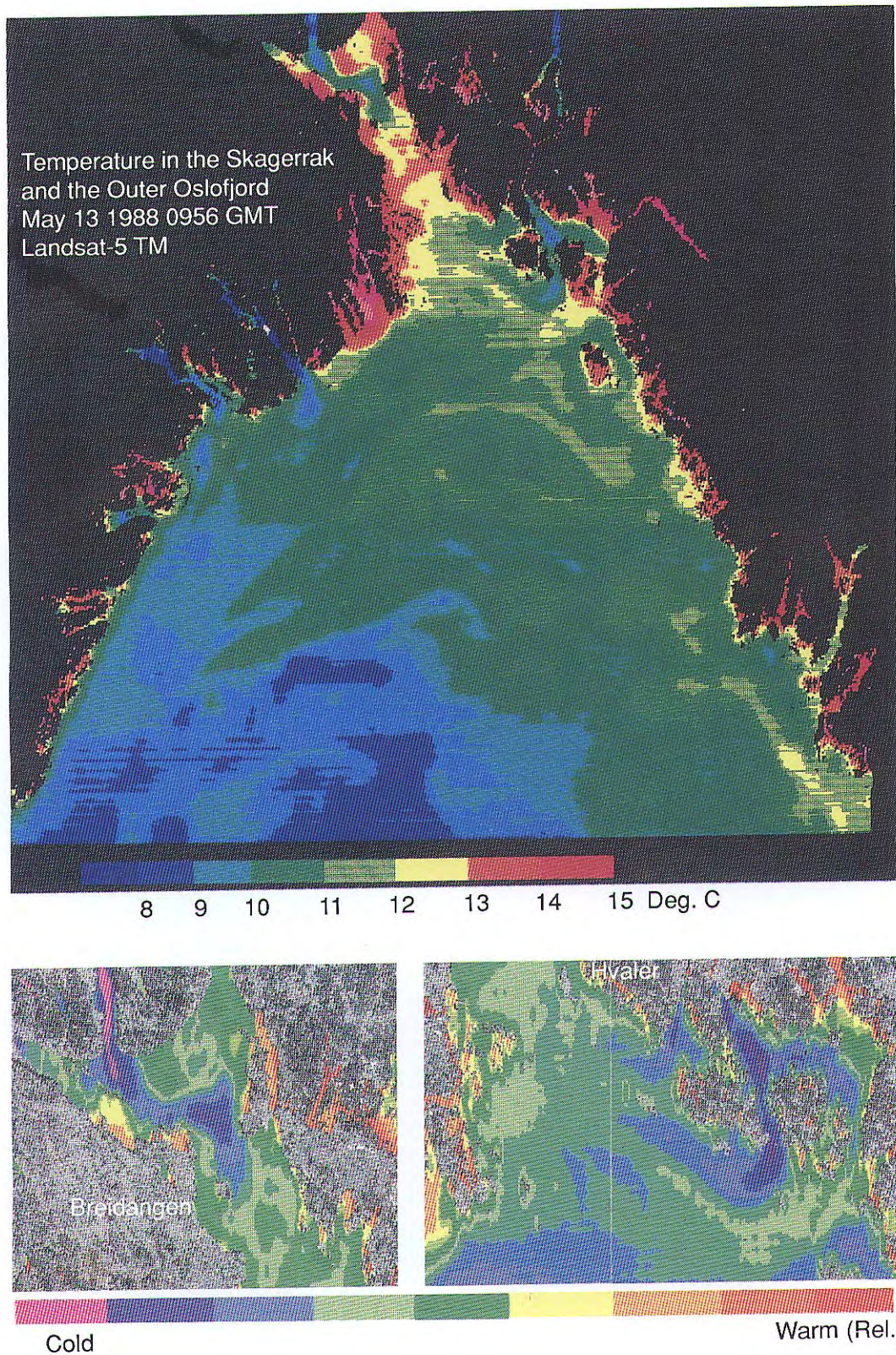
Figur 19. Overflatefordeling av turbiditet den 3.-6. mai 1988.



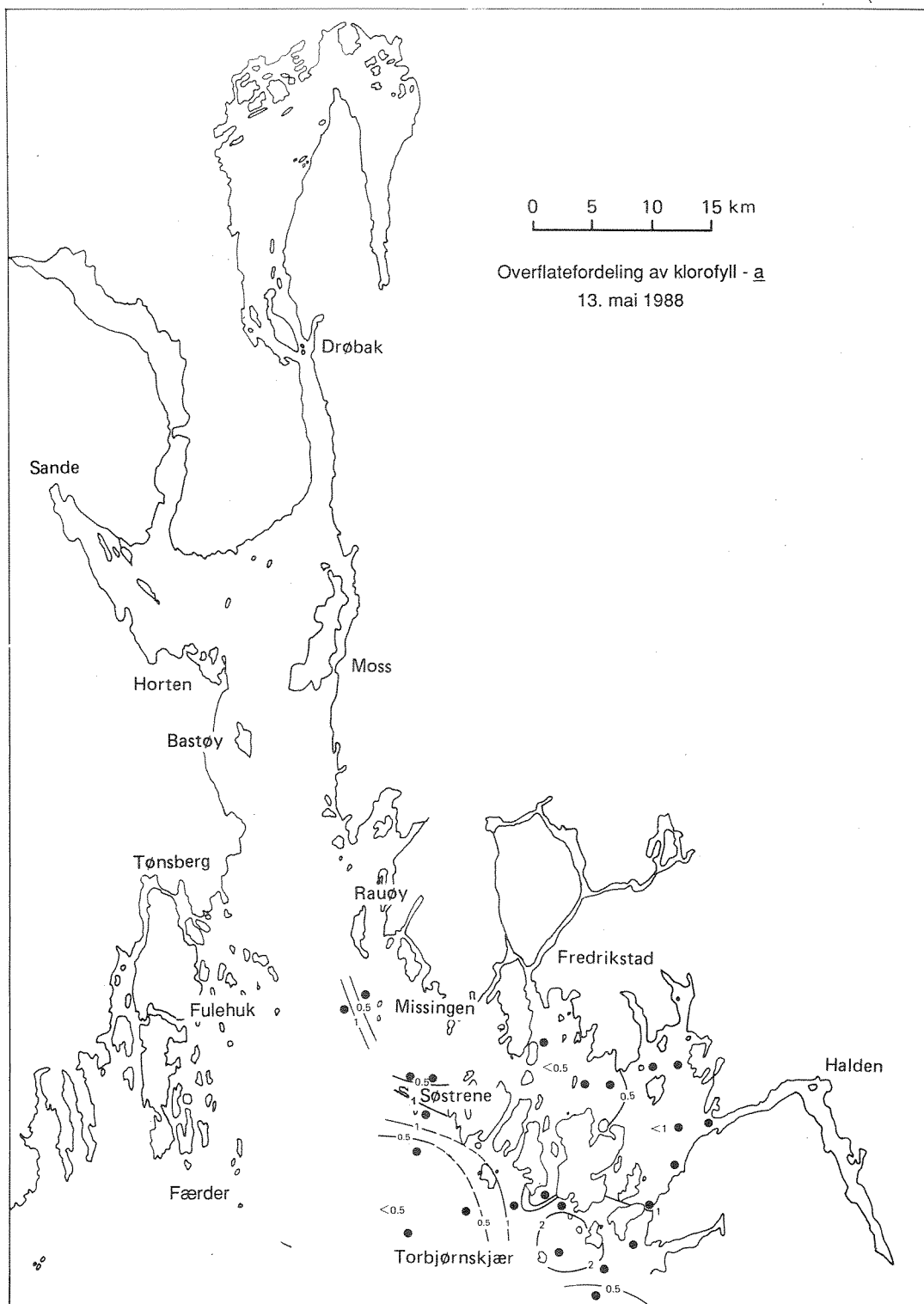
Figur 20. Overflatefordeling av klorofyll-a den 3.-6. mai 1988.



Figur 21. Satellittbilder fra den 13.mai 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys.



Figur 22. Satellittbilder fra den 13.mai 1988 som viser fordelingen av temperatur i Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys.



Figur 23. Overflatefordelingen av klorofyll-a den 13.mai 1988.

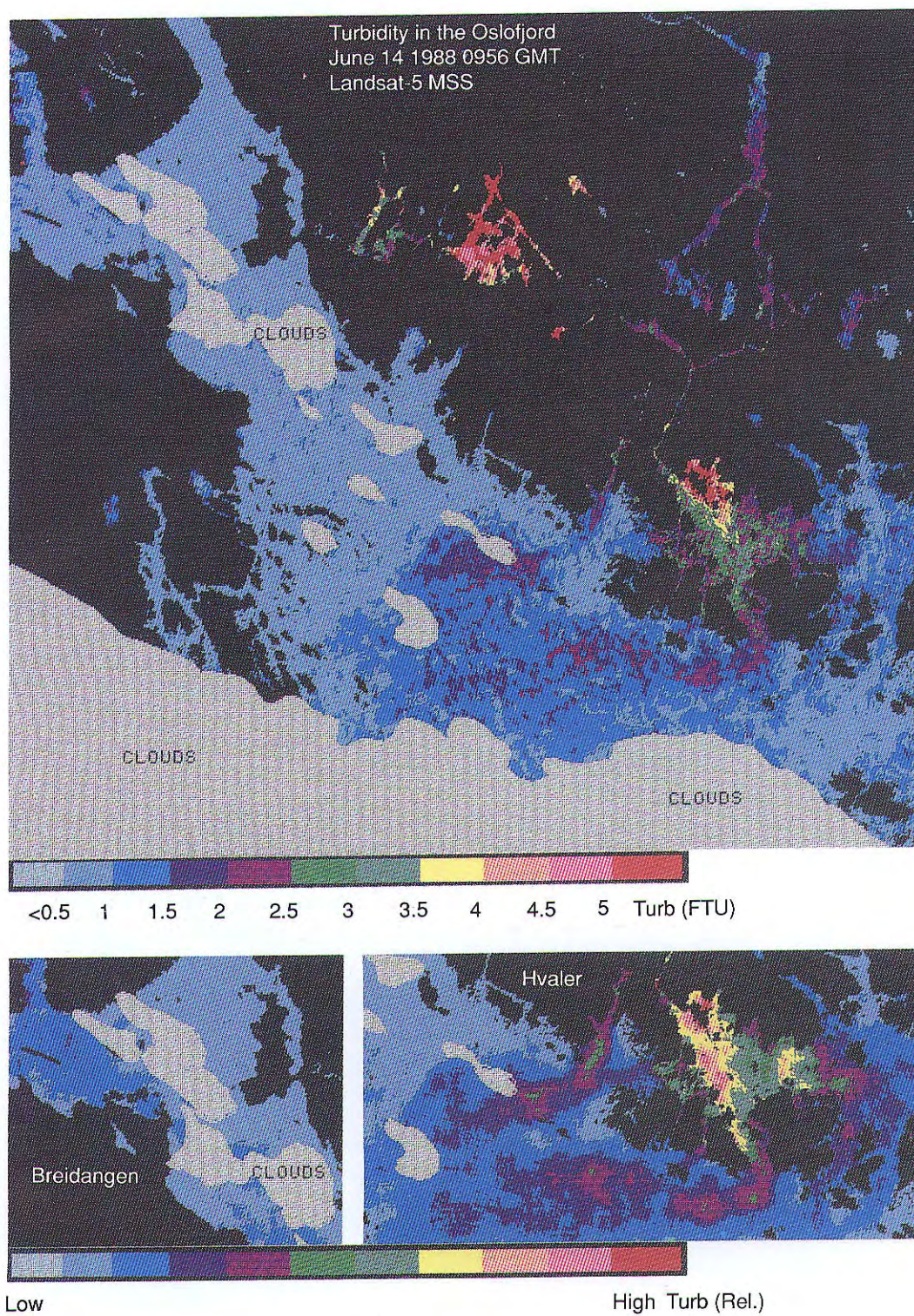
3.5 Overflateobservasjoner 13.-16. juni 1988.

Overflatefordelingen av turbiditet er vist på figur 24 for den 14. juni. Det var noe skyer under dette toktet, men man kan likevel få et godt inntrykk av fordeling og spredning til Glomma og Drammensfjordvann. Det foreligger ingen gode satellittdata for temperatur for denne situasjonen.

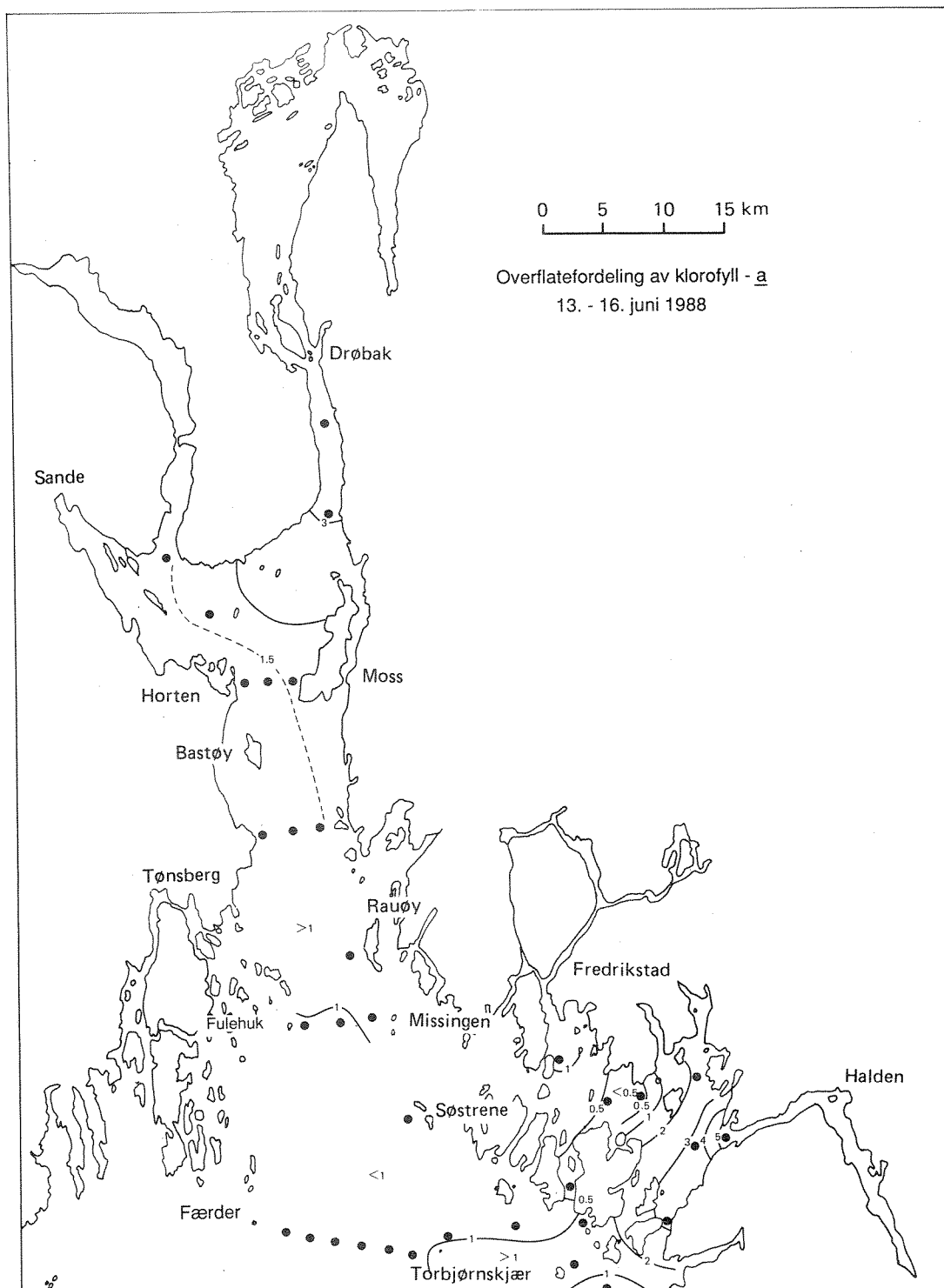
Fra Breidangen-området til noe syd for Rauøy er det lav turbiditet (< 1.0 FTU) og lite suspendert materiale. Hvis man betrakter utsnittet hvor kontrastene er forsterket, og som viser den relative fordelingen av Drammensfjordvannet i området, ser man at her følger vannet fra Drammensfjorden vestsiden av fjorden nedover til Bastøy. Spor av denne vannmassen kunne registreres helt til Slagentangen.

I området mellom Hvaler og Bolærne/Færder var det en mektig utbredelse av Glommavann på tvers av fjorden med store områder med turbiditeter mellom 1-2 FTU. Fra Glomma's to hovedløp kan man lett følge spredningen nordvestover. Turbiditeten til Glommavannet ved Fredrikstad var ikke spesielt stor (ca. 3 FTU) og tilsvarte en suspendert stoffmengde på ca. 3 mg/l. Man ser at det ferskere og mer turbide vannmassene har en kompleks flekkvis fordeling og det kan tyde på at dette ferskvannslaget er relativt tynt.

Klorofyllfordelingen er gjengitt i figur 25 og viser lave verdier i Hvaler med unntak av ca. 3 $\mu\text{g/l}$ i Singlefjorden økende til ca. 5 $\mu\text{g/l}$ i munningen til Iddefjorden. Det ble målt lave verdier (< 1 $\mu\text{g/l}$) ved Torbjørnskjær og Færder inn mot Bolærne. Herfra øket algemengden noe inn mot Breidangen (1,5 - 2,0 $\mu\text{g/l}$) og var i Drøbaksundet ca. 3 $\mu\text{g/l}$.



Figur 24. Satellittbilder fra den 14.juni 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Ytre Oslofjord. Bildebehandling NIVA og Centrum för bildanalys.



Figur 25. Overflatefordelingen av klorofyll-a i Ytre Oslofjord den 13.-16. juni 1988.

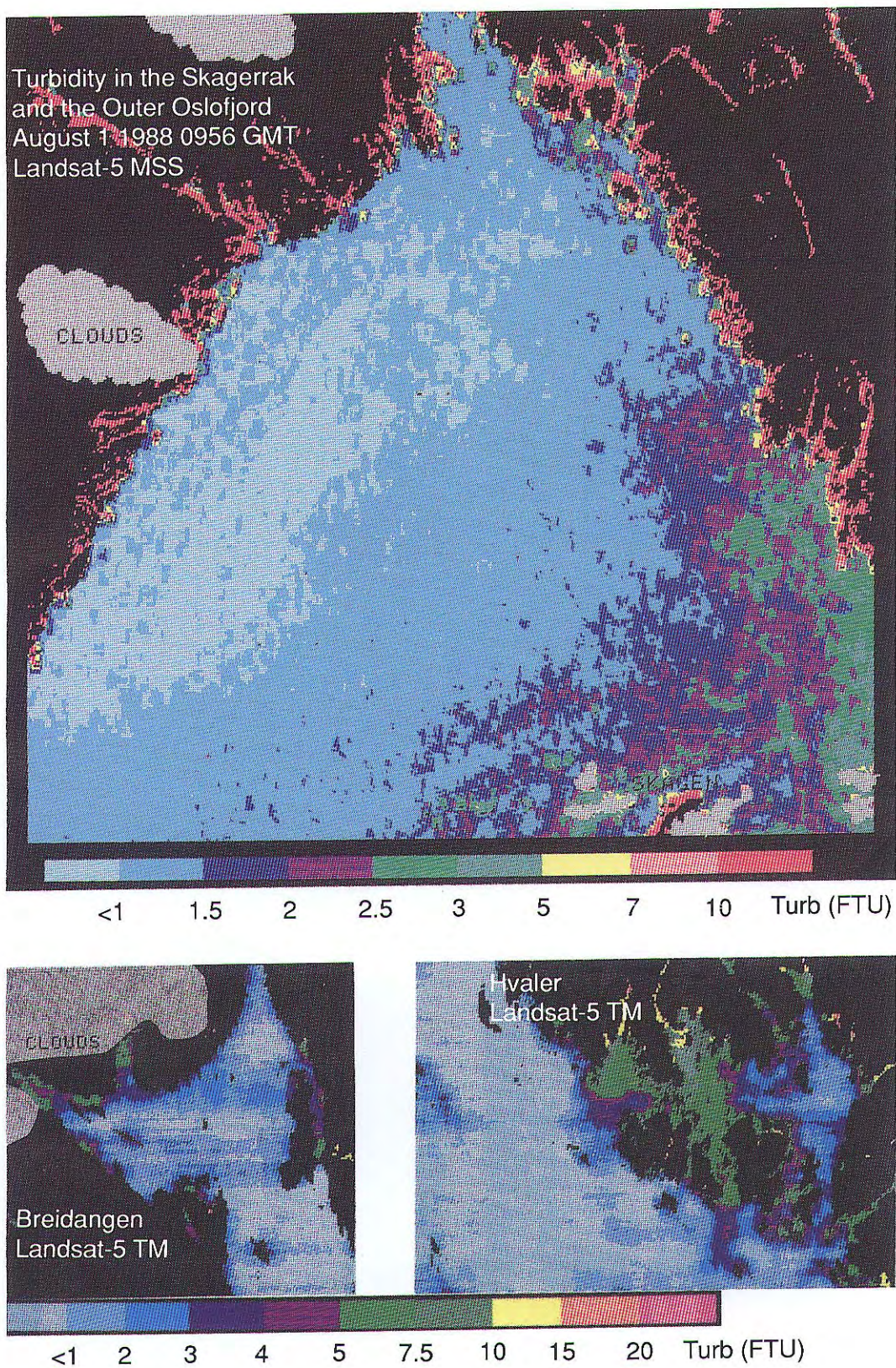
3.6 Overflateobservasjoner 1.-5. august 1988.

Fordelingen av de turbide vannmassene den 1. august fremgår av figur 26. I Breidangen var turbiditetsverdiene mindre enn 2 FTU, men i Mossesundet og Sandebukta fant man høyere konsentrasjoner. I Mossesundet lå verdiene i store områder mellom 3 og 4 og innerst mot Moss større enn 5 FTU-enheter. I Sandebukta var turbiditetsverdiene i intervallet 5-7.5 FTU. Syd for Moss-Horten var det lave verdier (<1 FTU) ned til Færder-Torbjørnskjær snittet med unntak av nærområdene til Bolærne.

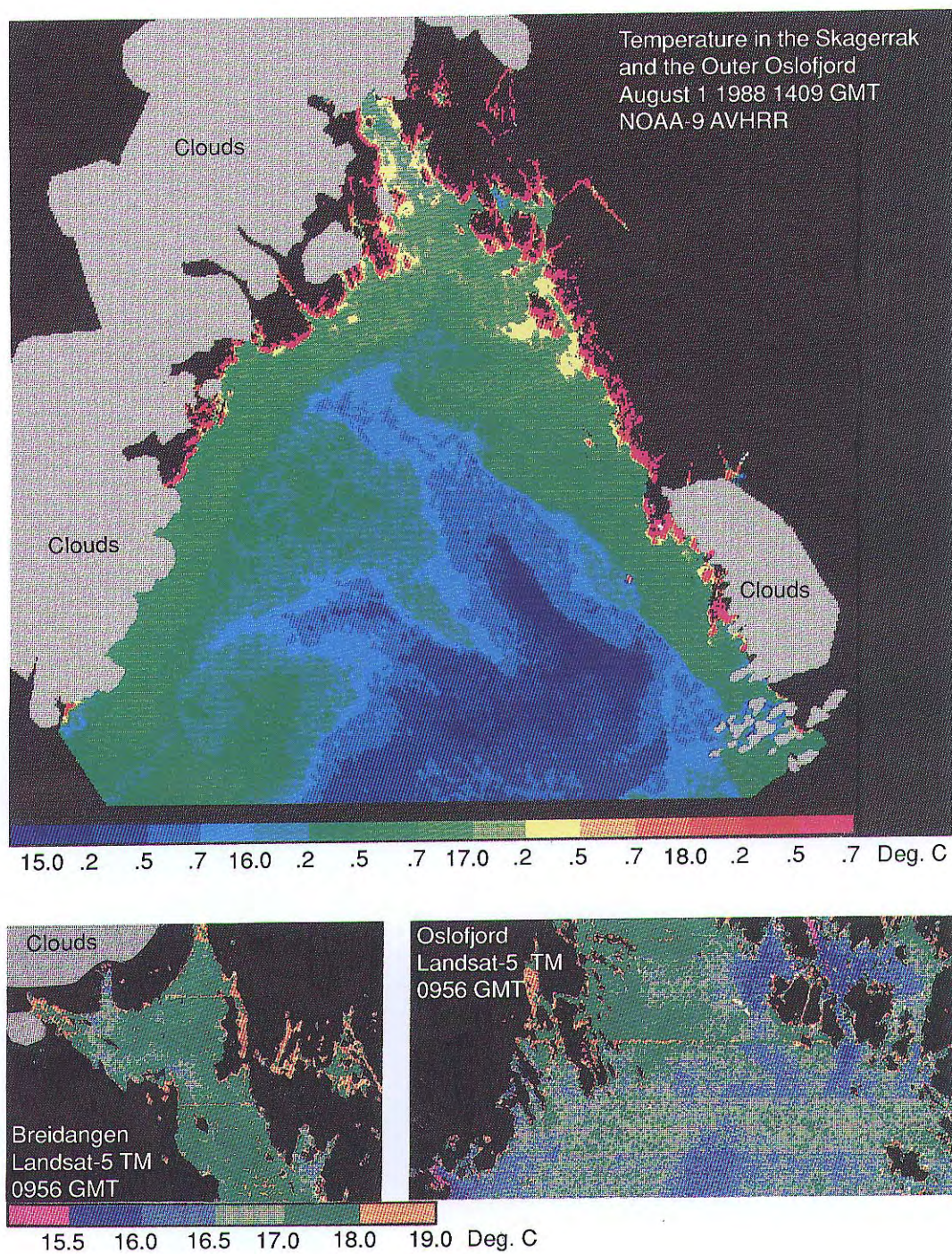
Ferskvannet fra hovedløpet i Glomma (Løperen) går sydover og har høye konsentrasjoner av suspendert materiale ned til Tisler. Ved Glommas vestre løp synes denne vannmassen å dekke området ut til Søstrene. I Singlefjorden var turbiditeten gjennomgående lav (< 2 FTU), men det var allikevel mye suspendert materiale i form av plankton. Syd for Koster var det også høyere partikkelkonsentrasjoner som antagelig skyldes Glommavann.

I Skagerrak var turbiditeten gjennomgående lav på vestsiden og noe høyere på østsiden. På østsiden har man høyere konsentrasjoner av suspendert materiale langs hele Bohuslänskysten og spesielt inn mot Kattegat. Bortsett fra dette er det generelt lave verdier i store deler av Skagerrak. Modellen som ligger til grunn for kartet er basert på målinger i den nordlige delen av Skagerrak (Ytre Oslofjord og Hvaler), og det kan derfor være forbundet en viss usikkerhet i å predikere verdier i områder så langt syd. Man må anta at denne forhøyede turbiditeten i dette området er forårsaket av planteplankton. Temperaturbildet (figur 27) fra Skagerrak viser store områder med kaldt vann (< 16 °C) som sprer seg vest og nordvestover, og de to ytterste stasjonene fra målingene i Skagerraksnittet synes å ligge i denne vannmassen. På østsiden syd for Koster strømmer varmere vann (16-17 °C) mot syd og sydpøst og synes å danne en antisyklonisk virvel i dette området.

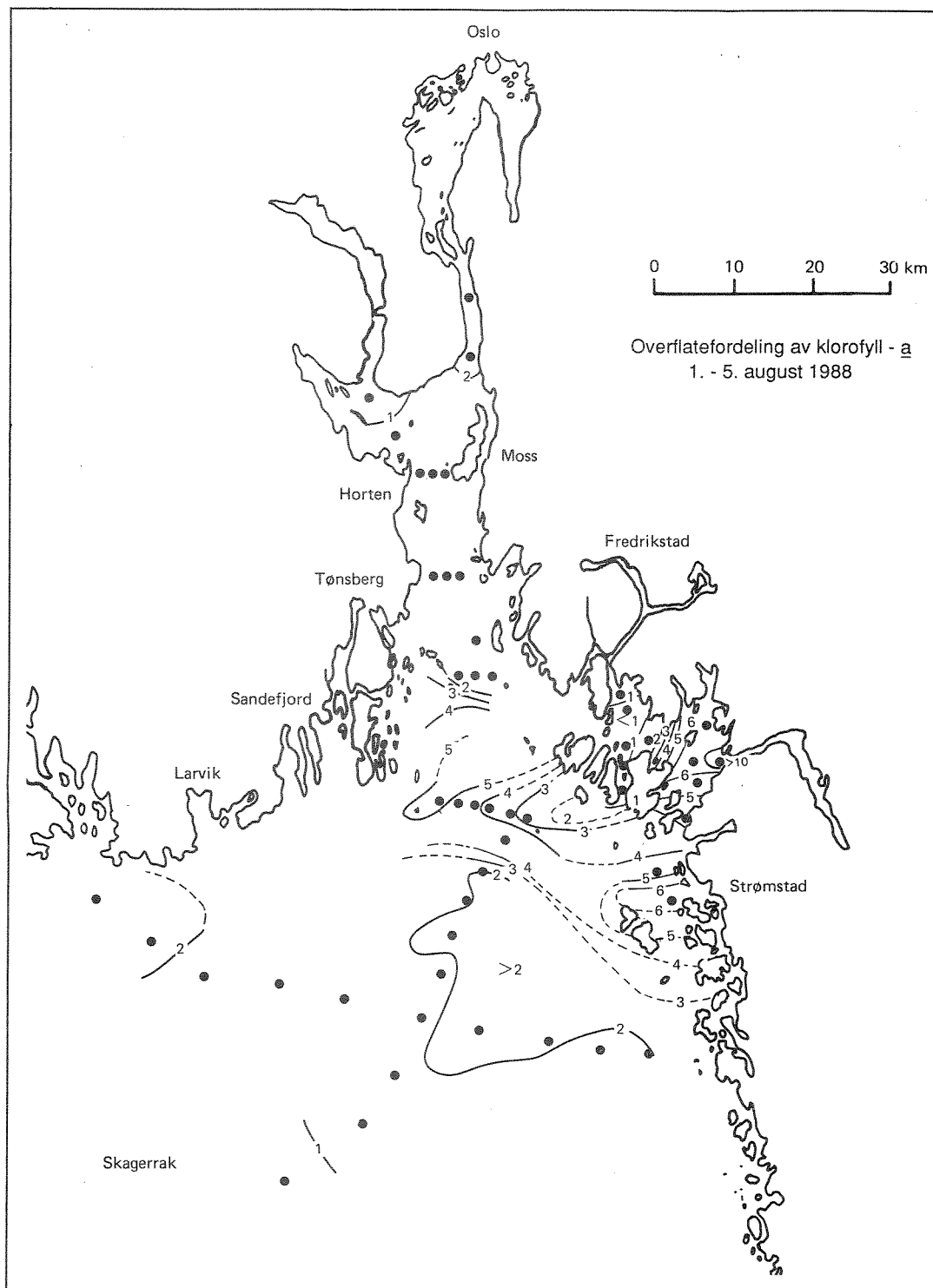
Under dette toktet ble det målt klorofyll-fluorescens på overflatevann kontinuerlig, og disse data er benyttet sammen med punktanalyser av klorofyll-a. Fordelingen av klorofyll-a er vist i figur 28. I Glomma/Løperen var det lave verdier, men ved overgangen til Singlefjorden fikk man en meget kraftig økning opp mot ca. 6 µg/l og i munningen på Iddefjorden ble det målt ca. 10 µg/l. I Kosterfjorden og i Torbjørnskjær-området og mot Færder var verdiene på 4 - 5 µg/l. Verdiene reduseres innover i fjorden og utover i Skagerrak. Det var noe høyere konsentrasjoner (ca. 2 µg/l) på østsiden og vestsiden av Skagerrak, men i sentrale Skagerrak var klorofyll-a mengden lav.



Figur 26. Satellittbilder fra den 1. august 1988 som viser fordelingen av turbiditet i Skagerrak og Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys.



Figur 27. Satellittbilder fra den 1. august 1988 som viser temperaturfordelingen i Skagerrak og Ytre Oslofjord. Bildebehandling ved NIVA og Centrum för bildanalys.



Figur 28. Overflatefordeling av klorofyll-a den 1.-5. august 1988.

4. DISKUSJON

Sammenhengen mellom satellittdataene og feltmålingene av turbiditeten var gjennomgående god for alle "scenene". Turbiditetskartene skulle derfor gjengi fordelingen av suspendert materiale i dette området rimelig godt. Den relative usikkerheten i modellen er størst ved lave turbiditeter og ved atmosfæreforstyrrelser, men man kan bruke relative fordelingsbilder sammen med feltmålinger til tolkning av hvordan vannmassene ligger fordelt. Den gode sammenhengen mellom turbiditet og total suspendert materiale betyr at satellittbildene også gir et bra fordelingsbilde av denne parameteren. Avviket fra dette mønsteret er der hvor man har mye planktonalger tilsvarende klorofyllkonsentrasjoner større enn 3 - 4 µg/l. Spesielt vanskelig er det å tolke forholdene når man har blandinger av uorganisk og organisk materiale. I Ytre Oslofjordområdet hvor det er ferskvannet som styrer turbiditeten vil disse satellittbildene også gi et inntrykk av saltholdighetsfordelingen.

Satellittdataene viser ingen "signaturer" for algefordelingen slik de er modellert og bearbeidet her, så dette må baseres på feltmålinger. Ut fra punktmålingene ble det ved flere av toktene målt høye konsentrasjoner av alger i fronter mellom ulike vannmasser. Dette var mer utpreget i Glomma-området og i Singlefjorden (hvor Glommavann og Iddefjordvann møtes) enn i Breidangenområdet. De høyeste planktonkonsentrasjonene ble målt i august i Singlefjorden med 6-10 µg klorofyll-a/l, men også i områdene omkring Torbjørnskjær var konsentrasjonene høyere enn i de innerste deler av Ytre Oslofjord. I sentrale Skagerrak ble det under augusttoktet målt lave planktonkonsentrasjoner (<1 µg/l) i overflatevannet.

Fordelingen av Glommavannmassene basert på satellittbildene i mai og juni viser to helt forskjellige situasjoner. Den 13. mai var vannmassene fordelt ned mot Koster og omtrent midt ut i Oslofjorden mellom Hvaler og Færder. Vann fra Iddefjorden gjør seg gjeldene i Singlefjorden og blandes med Glommavannet. Det er Glommavannet som er dominerende i området. Fordelingen til disse vannmassene innover i fjorden kunne spores til Rauøy/Larkollen-området. Tross utgående strøm og de store ferskvannsmengdene som strømmet ut ble det ingen større transport av Glommavann sydover og dette må henge sammen med de mer storstilte bevegelser av vann i Skagerrak. I juni hadde man en stabil sommersituasjon og fordelingen ble annerledes, man fikk nå en mye større overflateutbredelse av Glommavannet på tvers av Ytre Oslofjord. Utbredelsen synes å være flekkvis fordelt i et tynt lag og dekker et stort område. Spor av Glommavannet kan spores helt over mot Færder og Bolærne og nord til Rauøy. I august har man en helt annen fordeling da

den vestlige utbredelsen ikke går lenger enn til Søstrene, men spres mye lenger sydover og rester av Glommavann kan spores syd for Koster. Dette må ha sammenheng med den kraftige utstrømningen man hadde fra Oslofjorden, på grunn av den tidligere oppstuvning av vann etter vedvarende sydlige vinder.

Det ble ikke observert noen vesentlige forskjeller på spredningen av vann fra Drammenselva under disse situasjonene. I august er Drammensfjordvannet knapt registrerbar slik satellittdataene ble modellert her. I mai og juni går den sydover på vestsiden av fjorden og kan spores til områdene omkring Bastøy og muligens til Slagentangen, men her blir "signaturene" borte. Den 13. mai synes Drammensfjordvannet å danne en virvel i Breidangen som fører Drammensfjordvannet innover fjorden vest av Jeløy. I Sandebukta og Mossesundet fremtrer ofte meget turbide vannmasser. Den 1. august ble det rapportert mye planktonalger i Sandebukta (Brettum, P. pers. med.) og dette fremkommer på satellittbildet med turbiditeter på ca. 5 FTU-enheter.

Fordeling av andre vannmasser enn fra Glomma og Drammenselva får man et inntrykk av den 13. mai, hvor man optisk sett (basert på modellen) har en vannmasse med lav turbiditet syd for Jeløya og fra Færder nedover Sørlandskysten. Det er mulig at dette er en vannmasse med mye alger, med opprinnelse fra Skagerrak/Kattegat. I august ser man ut fra temperaturkartet hvordan en kaldere vannmasse går inn i Skagerrak og opp i de ytterste delene av Ytre Oslofjord. Sirkulasjonen og strømforholdene under denne situasjonen forårsaker at varmere vannmasser trekkes ut fra kysten på østsiden av Skagerrak, som synes å forårsake en virveldannelse syd for Koster. Den nordligste av disse varme "tungene" med vann som trekkes ut fra Bohuslänskysten bekreftes av strøm-målingene (ADCP) utført av Veritec (Magnusson, J. med medarb. 1990).

5. Litteratur

- Dahl, F.E. og B. Hackett, 1990. Data atlas; Strøm-, vær- og hydrografiske målinger i faste punkter, mai-november 1988. (Manus)
- Efraimsen, U. og J. Skei, 1988. Kronos Titan a/s. Overvåkning av vannkvalitet og bunnsedimenter i nedre Glomma (Greåker-Løperen). Data-rapport 1986-87. NIVA rapport 0-86063, 8.mars 1988. ISBN-82-577-1375-9.
- Erga, S.R. og K. Sørensen, 1982. Petrokjemianlegg på Kårstø. Primærproduksjon. Undersøkelser 1981. NIVA rapport 0-8007002, bind 1. ISBN 82-577-0506-3.
- Lindell, T., B. Karlsen, M. Rosengren og T. Alföldi, 1986. A Further Development of the Chromaticity Technique for Satellite Mapping of Suspended Sediment Load. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol.52. No 9. September 1986: pp.1521-1529.
- Magnusson, J. og J. Skei, 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemisk. Rapport 170/84 i Statlig program for forurensningsovervåkning. 7/11 1984, 103 s. ISBN 82-577-0862-3.
- Magnusson, J., J. Skei og K. Sørensen, 1990. Hydrografiske og hydrokjemiske observasjoner i Ytre Oslofjord, juni og august 1988. (Manus).
- Markham, B.L. og J.L. Barker, 1986. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic Ranges, Exoatmospheric reflectances and at-Satellite temperatures; Landsat Technical Notes, 1,3.
- Singh, S.M., 1984. Removal of atmospheric effects on a pixel by pixel basis from the thermal IR data from instruments on satellites. The advanced very high resolution radiometer (AVHRR). Int. Journal of Rem. Sens. 1984, vol 5:1.
- Sørensen K., T. Lindell og J. Nisell, 1989. The Information Content of AVHRR, MSS, TM and SPOT in the Skagerrak Sea. Proceedings from the 12th Canadian Symp. on Rem. Sens. Vancouver, B.C. Canada, July, 1989.

Sørensen, K., J. Nilsen, H.V. Sæbø og E. Holbæk-Hansen, 1990.
Satellittfjernmåling av vannkvalitet. Testing av Landsat-5
Thematic Mapper data for kartlegging av spredning av Glomma og
Iddefjordvann i Hvaler og Ytre Oslofjord. (Manus).