



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 328a|88

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

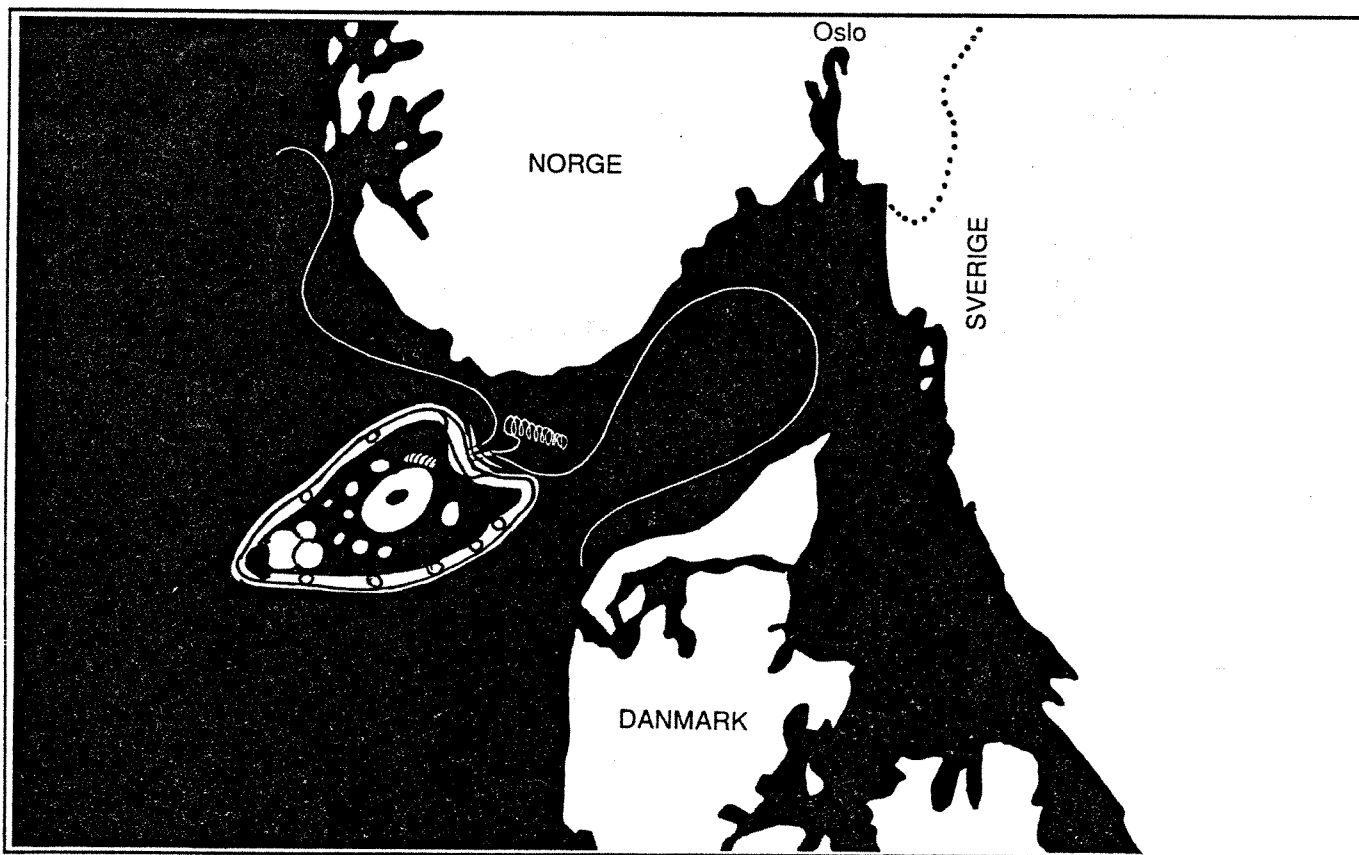
Dalane offentlige kjøtt- og næringsmiddelkontroll
Fylkesmannen i Vest-Agder, miljøvernavdelingen
Havforskningsinstituttet, Bergen
Kristiansand museum
Norsk institutt for vannforskning
Statens biologiske stasjon Flødevigen
Universitetet i Oslo, biologisk institutt

Invasjon av planktonalgen

Chrysochromulina polylepis

langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organisme-
samfunn langs kysten

Del A. Sammendragsrapport



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.:

88115

Undernummer:

Løpenummer:

2155

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del A. Sammendragsrapport. (Overvåkingsrapport nr. 328a/88)

Dato:

21. sept. 1988.

Rapportnr.

88115

Forfatter (e):

John Arthur Berge
Norman Green
Brage Rygg
Olav Skulberg

Faggruppe:

Marinøkologisk

Geografisk område:

Sør-Norge

Antall sider (inkl. bilag):

44

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)

(Statlig program for forurensningsovervåking)

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

Ekstrakt:

(Se neste side).

4 emneord, norske:

1. Chrysochromulina
2. Giftvirkninger
3. Organismesamfunn
4. Sør-Norge

4 emneord, engelske:

1. Chrysochromulina
2. Toxic effects
3. Biota
4. South Norway

Prosjektleder:

Tor Bokn

For administrasjonen:

Merete Johannessen

ISBN-82-577-1440-2.

Programleder, overvåking



Statlig program for
forurensningsovervåking

Invasjon av planktonalgen

Chrysochromulina polylepis

langs Sør-Norge i mai-juni 1988

Akutte virkninger på organisme-
samfunn langs kysten

Del A. Sammendragsrapport

Denne rapporten viser skadeomfanget på hardbunn- og bløtbunnsamfunn og strandnær fisk. Skader er registrert langs hele strekningen fra vestkysten av Sverige til og med Haugesundsområdet. Hardest rammet var strekningene Grimstad- Kristiansand og Farsund-Flekkefjord. Dyp mellom 3 og 16 m var påvirket langs det meste av kyststrekningen. På enkelte lokaliteter var dyp mellom 0 og 30 m påvirket. De akutte virkningene på hardbunnsorganismene har vært sterke. Bløtbunnsorganismer var mindre rammet enn hardbunnsorganismer. Purpurneglen *Nucella lapillus* var nesten helt utryddet. Blant villfisk viste leppefiskene størst dødelighet. Årets yngel av torsk var nesten helt utryddet. Det var også stor dødelighet av oppdrettsfisk. Nye undersøkelser bør gjennomføres for å observere eventuelle senere virkninger og rekoloniseringsforløp.

Deltakende institusjoner

Dalane offentlige kjøtt- og næringsmiddelkontroll
Fylkesmannen i Vest-Agder, miljøvern avdelingen
Havforskningsinstituttet, Bergen
Kristiansand museum
Norsk institutt for vannforskning
Statens biologiske stasjon Flødevigen
Universitetet i Oslo, biologisk institutt

Redaktører:

John Arthur Berge, NIVA
Norman Green, NIVA
Brage Rygg, NIVA

ISBN - 82-577-1440-2



Statens
forurensningstilsyn

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

F O R O R D

Denne rapporten gir et sammendrag av skadevirkningene på organisme-samfunnene langs kysten av Sør-Norge som følge av invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis i mai-juni 1988.

Rapporten er trykket i to deler. Del A er en sammendrags- og konklusjonsdel som omfatter bakgrunn, hovedresultater, konklusjoner, samt tilrådsninger for oppfølgende arbeid. Del B inneholder de deltagende institusjonenes rapporter.

Sammendragsrapporten er utarbeidet for Statens forurensningstilsyn (SFT) og inngår som en del av Statlig program for forurensningsovervåking. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har hatt redaktøransvaret for rapporten.

Oslo, september 1988.

Nils Petter Wedege (SFT)

Berit Kvæven (SFT)

BIDRAGSYTERE

Foreliggende rapport er et sammendrag basert på rapporter fra feltundersøkelser langs kysten av Sør-Norge i mai-august 1988, utført av forskjellige institusjoner. Disse rapportene er samlet i et eget bind: "Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del B. Samlede bidragsrapporter. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 328b/88". Rapportene er:

1. Dalane offentlige kjøtt- og næringsmiddelkontroll: Masseoppblomstring av Chrysochromulina polylepis, mai 1988. Forekomster og skadevirkninger langs kysten av Dalane, Sør-Rogaland. (Forfatter: G.Espeland)

2. Fylkesmannen i Vest-Agder, miljøvernavdelingen: Kronologisk registrering av observasjoner på Skagerrakkysten 15.5.-22.8.1988. (Forfatter: R.O.Stene)

3. Havforskningsinstituttet, Bergen: Rapport om oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis i mai-juni 1988. Overvåking, varsling, oppfølgende tiltak. (Forfattere: G.Berge og L.Føyn)

4. Kristiansand museum: Registrering av marin fastsittende algevegetasjon og skadevirkninger forårsaket av Chrysochromulina polylepis på utvalgte lokaliteter i Agder. Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvernavdelingen. Rapport 9-1988. (Forfatter: P.A.Åsen)

5. Norsk institutt for vannforskning: Invasjon av planktonalgen Chrysochromulina polylepis langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Datarapport fra NIVAs undersøkelser. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 329/88. (Forfattere: J.A.Berge og andre)

6. Statens biologiske stasjon Flødevigen: Algeoppblomstringen i Skagerrak mai 1988. Effekter på bunnfauna på Sørlandskysten. Meldinger Nr. 3-1988. (Forfattere: J.Gjøsæter og T.Johannessen)

7. Universitetet i Oslo, biologisk institutt: Rapport fra undersøkelse om effekter på bunnlevende organismer og strandlevende fisk på kyststrekningen Langesund-Tvedestrand etter oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis. (Forfattere: B.Edvardsen og andre)

Kapittel 7 ("Mulige årsak/virkning-sammenhenger") er basert på et notat av Olav Skulberg, NIVA.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER	1
1.1 Bakgrunn og formål	1
1.2 Materiale og metoder	1
1.3 Konklusjoner	3
1.4 Tilrådninger	6
2. Innledning	12
2.1 Hardbunnsorganismer/Strandnær fisk	12
2.2 Bløtbunnsorganismer	13
2.3 Dyreplankton	13
3. Undersøkellesområder og stasjonsvalg	13
4. Materiale og metoder	18
4.1 Hardbunnssamfunn	18
4.1.1 Dykkerundersøkelser	18
4.1.2 Innsamling av fisk	18
4.2 Bløtbunnfauna	19
5. Resultater og diskusjon	20
5.1 Virkning på hardbunnsorganismer	20
5.1.1 Fastsittende alger	20
5.1.2 Bunndyr	22
5.1.3 Geografisk utbredelse	26
5.1.4 Påvirket dybdeintervall	26
5.1.5 Observerte endringer over kort tid	27

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
5.2 Virkning på villfisk	29
5.3 Bløtbunnsorganismer	33
5.4 Dyreplankton	38
6. Seneffekter og rekoloniseringsforløp	38
6.1 Hardbunnsorganismer/strandnær fisk	38
6.2 Bløtbunnfauna	40
7. Mulige årsak/virkning-sammenhenger	41
8. Litteratur	43

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDNINGER

1.1 Bakgrunn og formål

Dødelighet av oppdrettslaks på den svenske vestkyst 9. mai 1988 ble satt i sammenheng med oppblomstringen av en planktonalge. Algen ble identifisert som gullalgen Chrysochromulina polylepis, og det ble fastslått at den var giftproduserende. Forekomsten spredte seg med kyststrømmen langs norskekysten vestover og nordover til Hordaland, der oppblomstringen kulminerte ca. 2. juni. Den 9. juni syntes planteplanktonet i områdene på Vestlandet å være normalt for årstiden. Største tetthet av algeceller i de forskjellige delene av Skagerrak er vist i Fig. 1. Algeinvasjonen forårsaket skader og død blant organismer på grunt vann langs Skagerrakkysten. På grunnlag av spredte observasjoner ble det bestemt å gjennomføre systematiske undersøkelser for å fastslå omfang og type av de økologiske skadevirkningene.

Det er to hovedtyper av skadevirkninger: Skader på bestander og skader på individer. Skader på bestander består i nedgang i antall organismer (biomasse), eller forandring i alderssammensetning. Forandringene kan skyldes dødelighet eller nedsatt formeringsevne. Skader på individer består foruten død i forskjellige sykdomssymptomer som misfarging, adferdsforandringer, at organer løsner, etc. Kriterier på skadeomfang var: (1) geografisk utstrekning av det påvirkede området, (2) virkningenes dybdeutbredelse, (3) hvor stor del av bestanden av de enkelte arter som var døde/skadet, (4) intensiteten av skadene (død - alvorlig skadet - lettere skadet). Behovet for oppfølgende undersøkelser og tiltak skulle også vurderes.

1.2 Materiale og metoder

Undersøkelsesområder og stasjonsvalg

Kort tid etter invasjonen av Chrysochromulina ble det planlagt feltarbeid av flere institusjoner for å se på eventuell virkning på hardbunnsorganismer, bløtbunnfauna, dyreplankton og fisk. Stasjonskart for undersøkelsene er vist i Fig. 2-3.

Universitetet i Oslo undersøkte fire hovedområder: Langesund, Jomfruland, Risør og Tvedestrand. Samlet stasjonsantall var 17. Tre av stasjonene (to i Langesundområdet og én ved Jomfruland) var tidligere undersøkt ved dykking.

Statens biologisk stasjon Flødevigen gjorde dykkerundersøkelser i Risørområdet (9 stasjoner), Arendalområdet (7), Farsundområdet (2), og Flekkefjorden (3). På enkelte av dykkerstasjonene ble det også foretatt innsamling med strandnot eller trollgarn for å sammenligne med tidligere år.

Per Arvid Åsen fra Kristiansand museum gjenbesøkte 8 stasjoner mellom Mandal og Hidra undersøkt for tolv år siden.

NIVAs 37 hardbunnstasjoner og 63 bløtbunnstasjoner ble valgt for å få en samlet dekning av hele sørkysten og fastslå det geografiske omfanget av påvirkningene. Det ble forventet å finne de største virkningene på grunne bunnområder. Derfor ble også de fleste bløtbunnfaunastasjonene (Fig. 3) lagt til dyp grunnere enn 30 m. Noen stasjoner ble imidlertid lagt dypere for å undersøke eventuelle virkninger forårsaket av sedimenterte celler av Chrysochromulina. Noen av stasjonene var undersøkt før algeinvasjonen kom, slik at før- og ettersituasjon kunne sammenlignes.

Innsamlings- og registreringsmetoder

Registreringene på hardbunn ble foretatt av dykkende marinbiolog langs bunnen fra strandkanten og ned til maksimalt 30 m dyp. Forekomsten av større fastsittende alger, virvelløse dyr og fisk ble observert og evt. fotografert og deres tilstand notert. Små organismer er vanskelige å registrere ved denne metoden.

Registrering av fisk er utført ved bruk av strandnot, garn, og registrering av død fisk innenfor et kjent areal (kvantifiseringsdykk) Fisk i de frie vannmasser i Skagerrak ble registrert av Havforskningsinstituttet.

Bløtbunnfaunaprøver ble samlet med grabb, skrape og bunnslede. Bløtbunn i tidevannssonen ble prøvetatt med sylinderformet håndredskap. Materialet ble gjennomgått for å bestemme artene og deres individantall.

Dyreplankton ble samlet ved håvtrekk.

1.3 Konklusjoner

Masseoppblomstringen av Chrysochromulina polylepis medførte massive skadevirkninger på oppdrettsfisk, strandnær villfisk, virvelløse dyr og fastsittende alger på hardbunn. Skadevirkningene på bløtbunnens dyresamfunn og på dyreplankton i de frie vannmasser var betydelig mindre.

Dersom en nå har gått inn i en periode med mer hyppige oppblomstringer av giftige alger slik som Chrysochromulina, kan dette forårsake en utarming av både alge- og dyresamfunn langs kysten på lang sikt.

Påvirket område

Virkningene strakte seg fra Sveriges vestkyst og til noe sør for Bømlo i Hordaland (Fig. 4). Hardest rammet var kyststrekningene Grimstad-Kristiansand og Farsund-Flekkefjord. Generelt sett var områder ytterst i kystområdene mer utsatt enn de innerste fjordområdene. For størstedelen av kyststrekningen var det god overensstemmelse mellom påvirkningsområdet for dyr og fastsittende alger. Mellom Haugesund og Bømlo strakte skadene på dyr seg imidlertid litt lenger nordover.

Dødelighet og skader ble registrert fra overflaten og ned til en største dybde av ca. 30 m. På de fleste lokalitetene lå nedre grense for påvirkning mellom 14 og 25 m dyp. De 2-3 øverste metrene var som regel mindre synlig påvirket.

Fotografier som viser påvirkninger er gjengitt i Fig. 5.

Fisk

Oppdrettsfisk i mange anlegg ble hardt rammet av algeinvasjonen. Av villfisk i strandnære områder var leppefisker som rødnebb/blåstål, bergnebb og tildels kutlinger samt yngre årsklasser av torsk og hvitting hardest rammet. Årets yngel (0-gruppen) av torsk var nesten helt utryddet. Arter som har en adferd som gjorde at de ikke unnvek algepåvirket vann var mest utsatt.

I åpne havområder er det etter algeoppblomstringen observert en normal fiskefordeling i de forskjellige vannlag. Dette skyldes sannsynligvis at de pelagiske artene har unnveket algepåvirket vann og vendt tilbake senere. Bunnfisk i åpent farvann lever dypere enn de vannlag som har vært direkte påvirket av Chrysochromulina.

Det er noe usikkert i hvilken grad fiskelarver og yngel ble påvirket. Disse har liten eller ingen egenbevegelse. De som befant seg i de øverste 20-30 m kan ha blitt påvirket. Observasjoner foretatt etter oppblomstringen tydet imidlertid på at det fantes fiskelarver i sjøen over hele Skagerrak.

De områder og dyp som ble berørt av algeoppblomstringen var små i forhold til hele utbredelsesområdet for de kommersielle fiskearter.

Dyreplankton

Observasjoner av pelagiske larver av virvelløse bunndyr viste tilsynelatende normale forekomster på to stasjoner i området Langsund-Jomfruland. Langs resten av kysten ble dyreplanktonet lite undersøkt.

Hardbunnsdyr

De hardbunnsdyr som var sterkest påvirket var pigghuder og snegl. Purpursnegl var tilnærmet helt utdødd. Sterkt påvirket var også kråkeboller, sjøstjerner, strandsnegl, kongssnegl, nettsnegl og pelikanfotsnegl. Blåskjell og østers syntes derimot å være lite påvirket.

Virkningene på krabber syntes å være begrenset. Døde taskekrabber ble imidlertid observert. I minst ett område nær Flekkefjord var dødeligheten av taskekrabber total. P.g.a lite observasjonsmateriale var det vanskelig å fastslå eventuelle skader på hummer. På strekningen Langesund-Tvedestrand så det ut til å være normale bestander av de små krepsdyrene tanglopper og tanglus. Heller ikke rur så ut til å være påvirket.

Blant de større koralldyrene var det dødningshånd som var hyppigst påvirket.

Fastsittende alger

Av de fastvoksende algene syntes rødalgene å være sterkest påvirket. Karakteristiske rødalger som fagerving, kjøttblad og draugfjær viste størst påvirkning.

Brunalgene kjerringhår og skolmetang var påvirket på et lite antall stasjoner. Observasjoner i slutten av undersøkelsesperioden kan tyde på at også tarearter har fått skader.

Av grønnalger ble det registrert påvirkning hos to arter.

På deler av Sørlandskysten ble det funnet færre arter av fastsittende alger i 1988 enn ved undersøkelser i 70- og 80-årene. Noe av dette kan skyldes en generell økning i forurensningsbelastningen i Skagerrak de senere år. Registreringene i 1988 var imidlertid mindre omfattende.

Bløtbunnsdyr

Undersøkelsene av bløtbunnfaunaen fram til juni 1988 tyder på at skadene på denne delen av økosystemet var betydelig mindre enn på hardbunnsamfunnene. Et unntak var gravende sjøpiggsvin. På enkelte av lokalitetene var de skadet ved at de til dels hadde mistet piggene. Virkningene på bløtbunnfaunaen kan være noe undervurdert fordi de vil være mindre synlige enn hos hardbunnsorganismer og fisk, men bløtbunnfaunaen er også trolig bedre beskyttet p.g.a. sitt gravende levevis.

Forsinkete virkninger og rekoloniseringsforløp

Eventuelle forsinkete virkninger på bunndyrsamfunn kan tenkes å opptre gjennom to mekanismer: (1) ved sedimentering (bunnfelling) av Chrysochromulina, og (2) ved sviktende rekruttering fordi bunnfaunaens pelagiske (frittflytende) larver ble slått ut. Svært mange bunnlevende arter (også på store dyp) har larvestadier som lever pelagisk i de øvre vannlag, hvor Chrysochromulina opptrådte. Hvorvidt sedimenterte alger kan ha noen giftvirkning, eller hvorvidt pelagiske larver ble betydelig redusert, er utilstrekkelig kjent.

På flere lokaliteter der det var massedød av bunnorganismer ble det senere observert levende individer av de samme artene (sjøstjerner, fisk). Det er også observert at rødalgen fagerving allerede i juli hadde påbegynt ny vekst. Dette tyder på at algegiften er lite bestandig eller forholdsvis raskt fortynnes til et ikke giftig nivå. Giften får neppe noen direkte hemmende virkning på rekoloniseringsprosessen. Oppdrettsfisk som viste sykdomstegn frisknet til igjen etter at fisken ble flyttet til bedre vann. Det er mulig at laverestående organismer har en lignende evne til å komme seg igjen etter en moderat påvirkning av algegiften.

På lang sikt vil det være artenes biologi som avgjør rekoloniseringsforløpet i de ulike organismsamfunn. Forløpet vil være avhengig av: (1) formeringsmåter (antall avkom, spredningsmåter), (2) evne til å vandre (langs kysten og fra dypere til grunnere områder),

(3) avstand til formeringsdyktige bestander.

Rekolonisering av bestander av arter som har få egg og direkte utvikling uten noe pelagisk larvestadium, og som vandrer lite, vil ta lengst tid. I denne kategori er purpurneglen, en art som viste tilnærmet total dødelighet. De fleste av de andre påvirkede dyrene har et pelagisk larvestadium som gjør at de forholdsvis lett kan spres og rekolonisere påvirkede områder.

Rekolonisering vil skje delvis ved bunnslåing av pelagiske larver og delvis ved innvandring av voksne individer.

Rekolonisering av bestander av fastsittende arter kan skje via pelagiske larvestadier. De fleste arter gyter årlig slik at rekolonisering vil kunne skje innen 1-2 år hvis larvespredningen er gunstig.

En antar derfor at konsekvensene på lang sikt vil være begrenset for de fleste artene, som etter 1-2 år sannsynligvis igjen kan opptre med tettheter som ligger innenfor det normale. Imidlertid kan en for purpurnegl, som har dårlig evne til å spre seg, vente at rekolonisering vil ta meget lang tid, muligens mer enn 10 år. For denne arten har virkningene derfor vært en katastrofe som aktualiserer særskilte oppfølgingsundersøkelser.

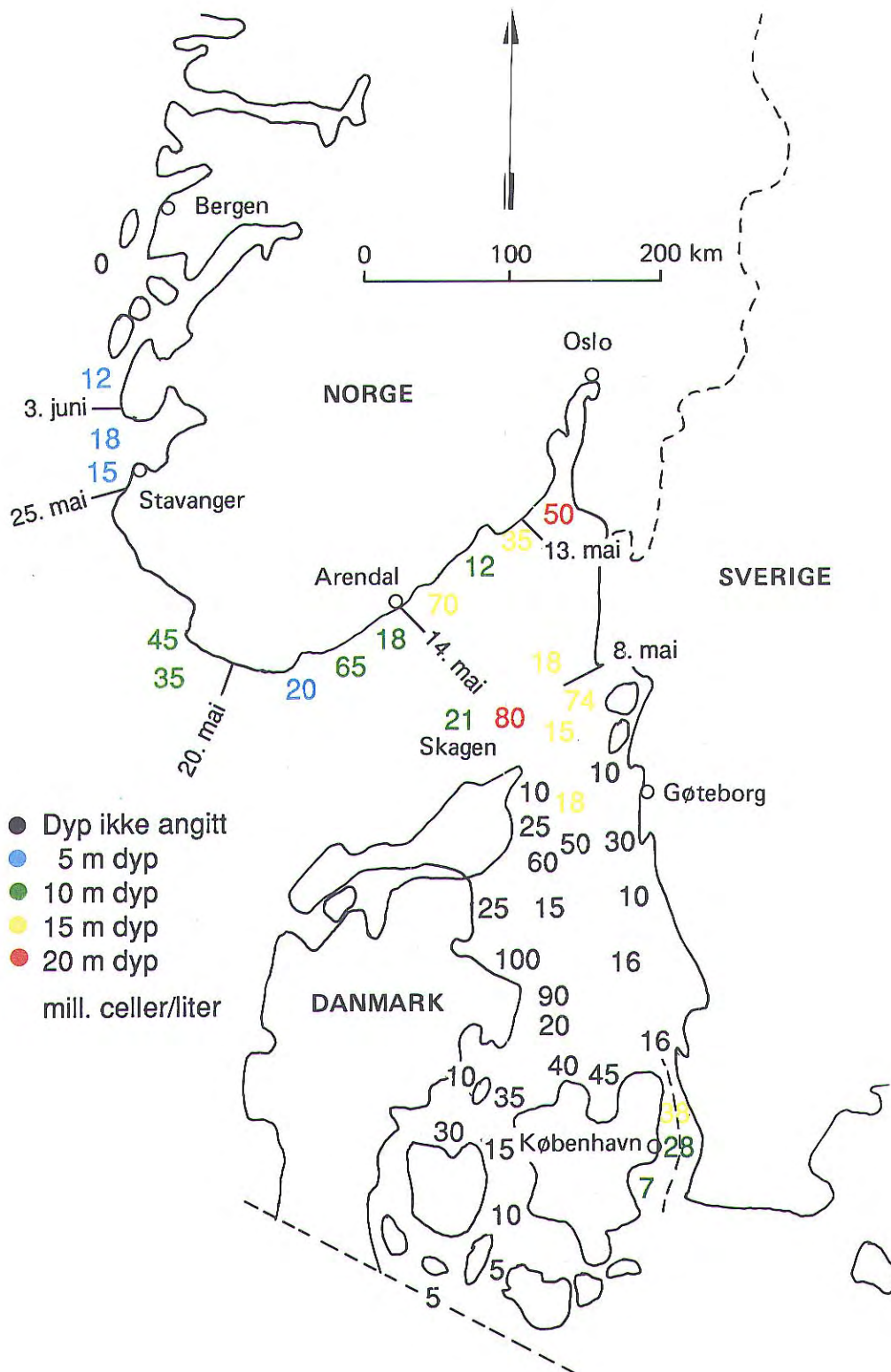
1.4 Tilrådninger

- A. På utvalgte stasjoner bør det gjennomføres nye undersøkelser for å kontrollere eventuelle forsinkede virkninger og begynnende rekolonisering. I tidsrommet juli-september kan sedimenterte giftalger ha påvirket bunnorganismer, særlig på bløtbunn. Undersøkelser høsten 1988 vil kunne bekrefte eller avkrefte dette. Undersøkelser i juni 1989 vil klarlegge hvor langt rekoloniseringen er kommet.
- B. Eventuell tilstedeværelse av upåvirkede bestander av purpurnegl i indre fjordpartier som kan være upåvirket av algeinvasjonen bør kartlegges. De langsiktige konsekvensene for denne arten kan da forutsies mer nøyaktig.
- C. Eksperimentelle økotoksikologiske studier bør gjennomføres for å gi forståelse av virkningsmekanismene til giftstoffene fra Chrysochromulina.

OBS!

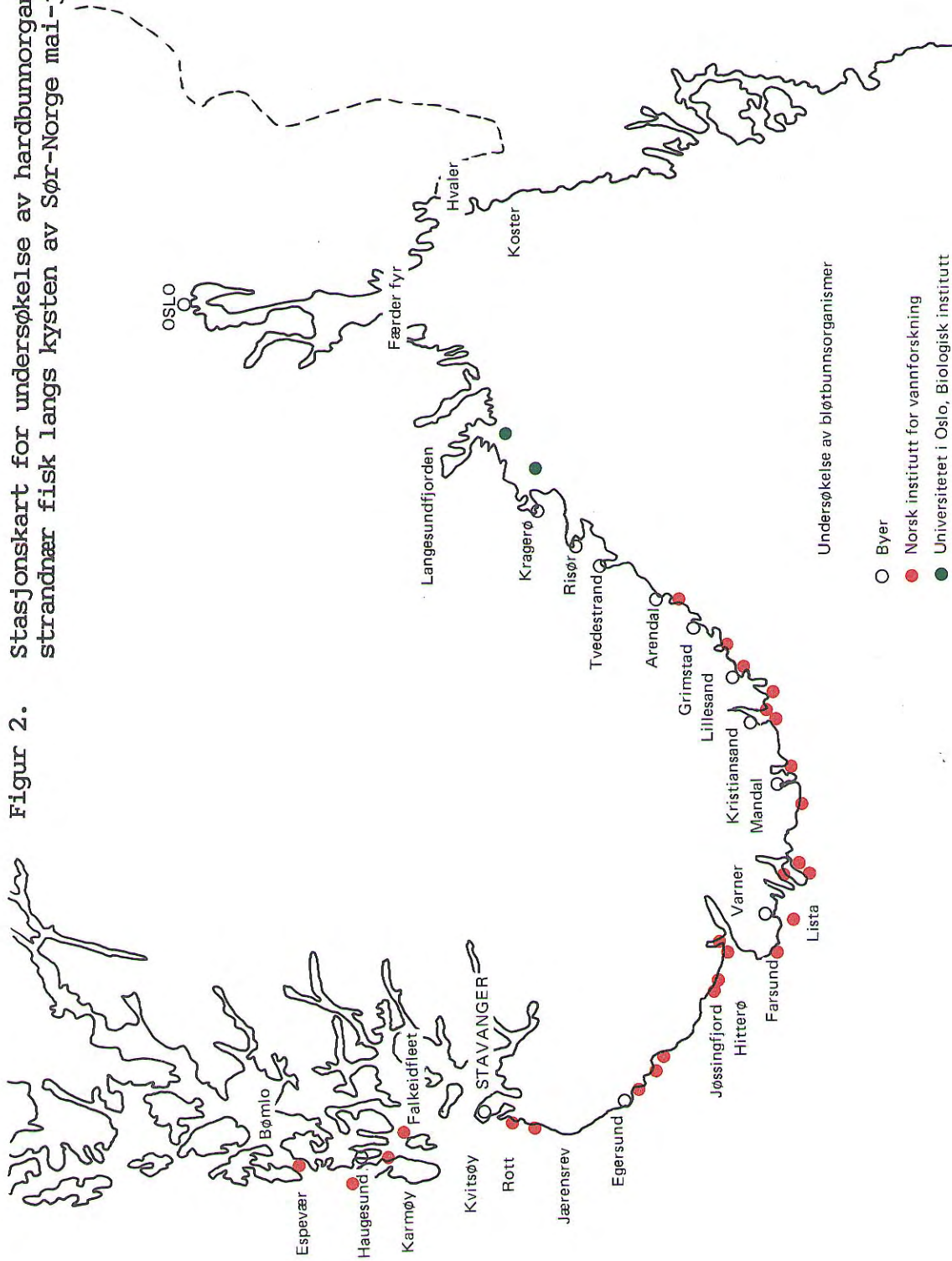
Figurtekstene til de to stasjonskartene (Fig. 2 og 3)
er ved en feiltagelse byttet om.

Riktig tekst står nederst på kartene.

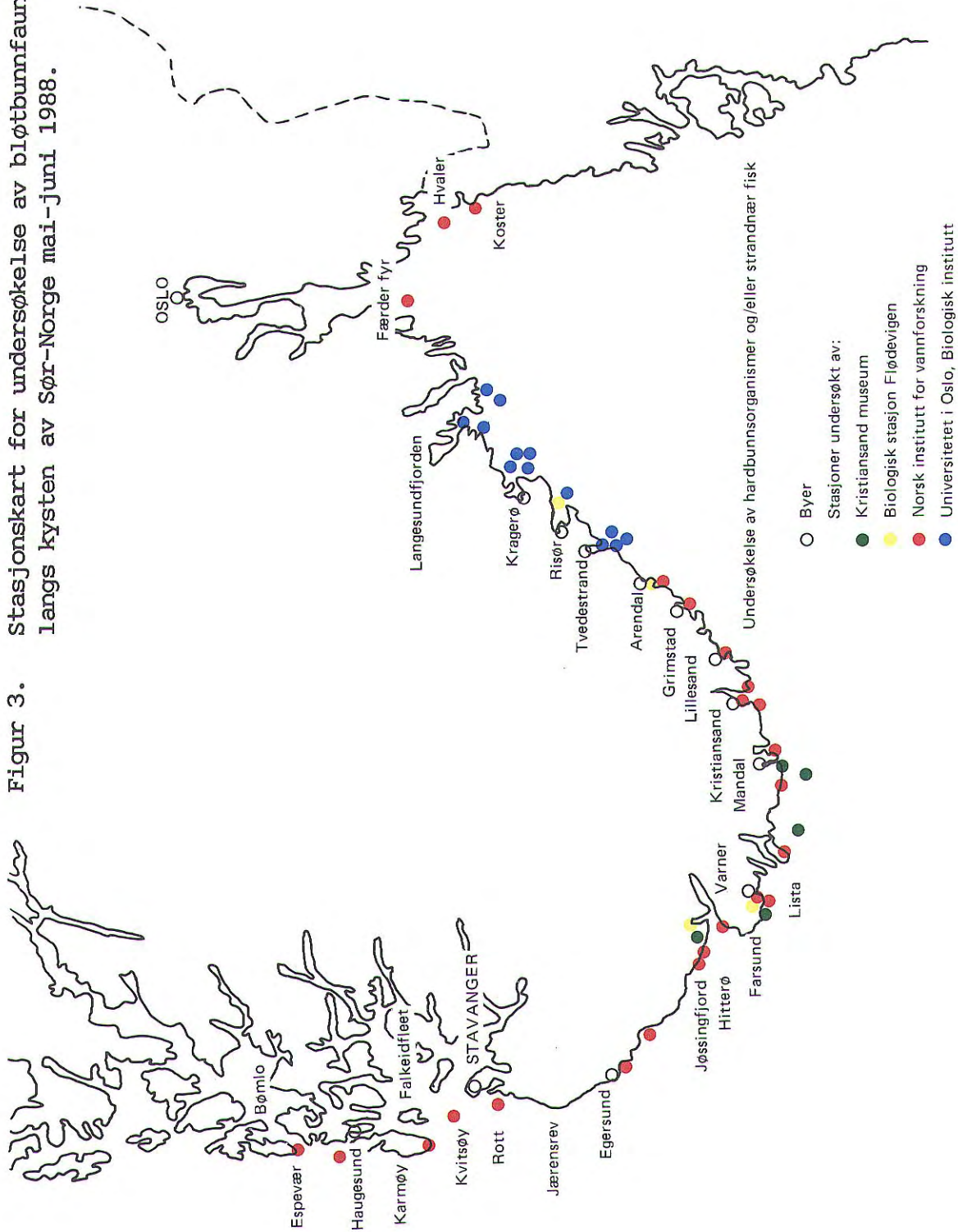


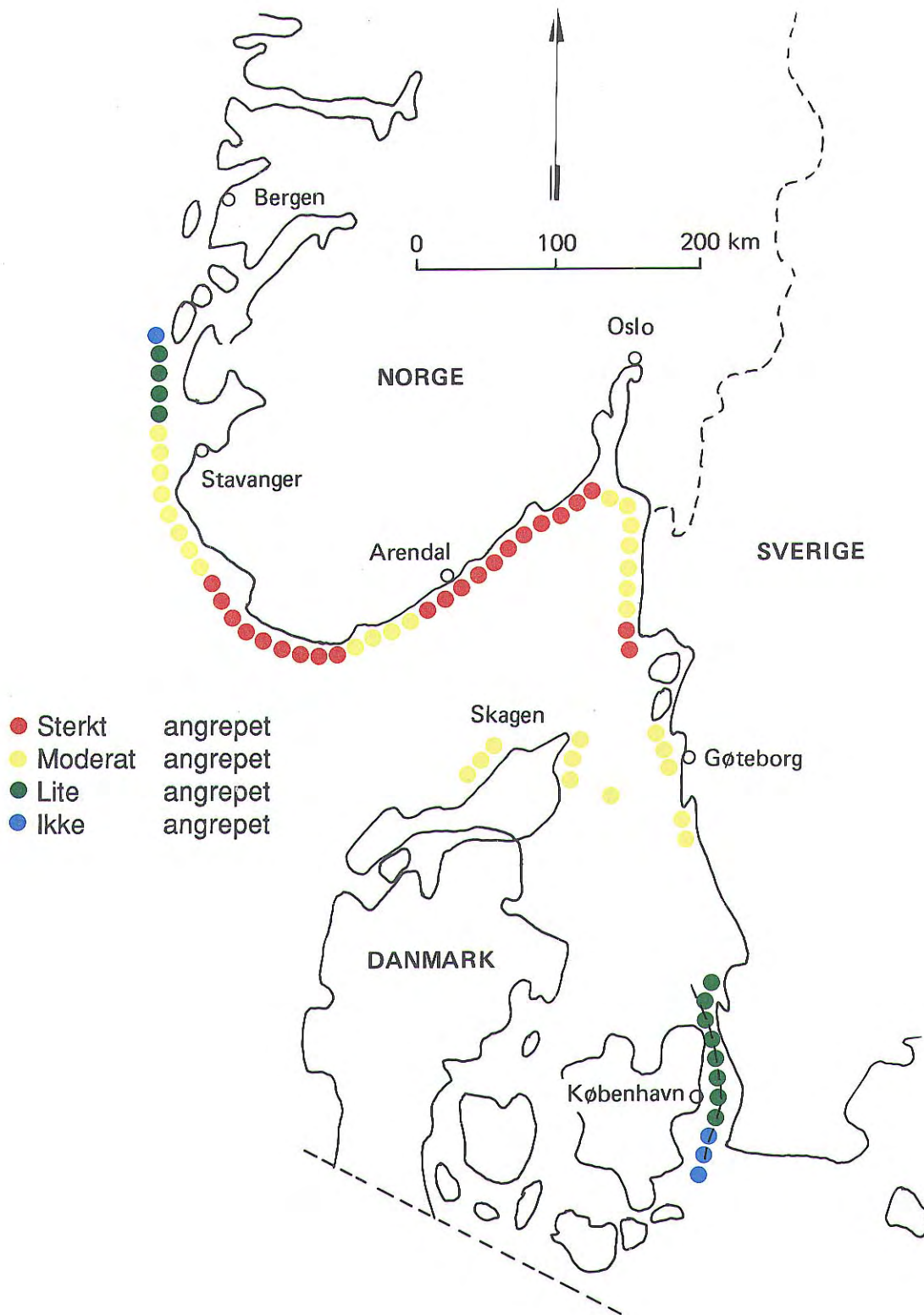
Figur 1. Største tetthet av *Chrysochromulina polylepis* (millioner celler pr. liter) i de forskjellige deler av Skagerrak og Kattegat. Datoene viser framrykningen av algefronten.

Figur 2. Stasjonskart for undersøkelse av hardbunnorganismer og strandnær fisk langs kysten av Sør-Norge mai-juni 1988.

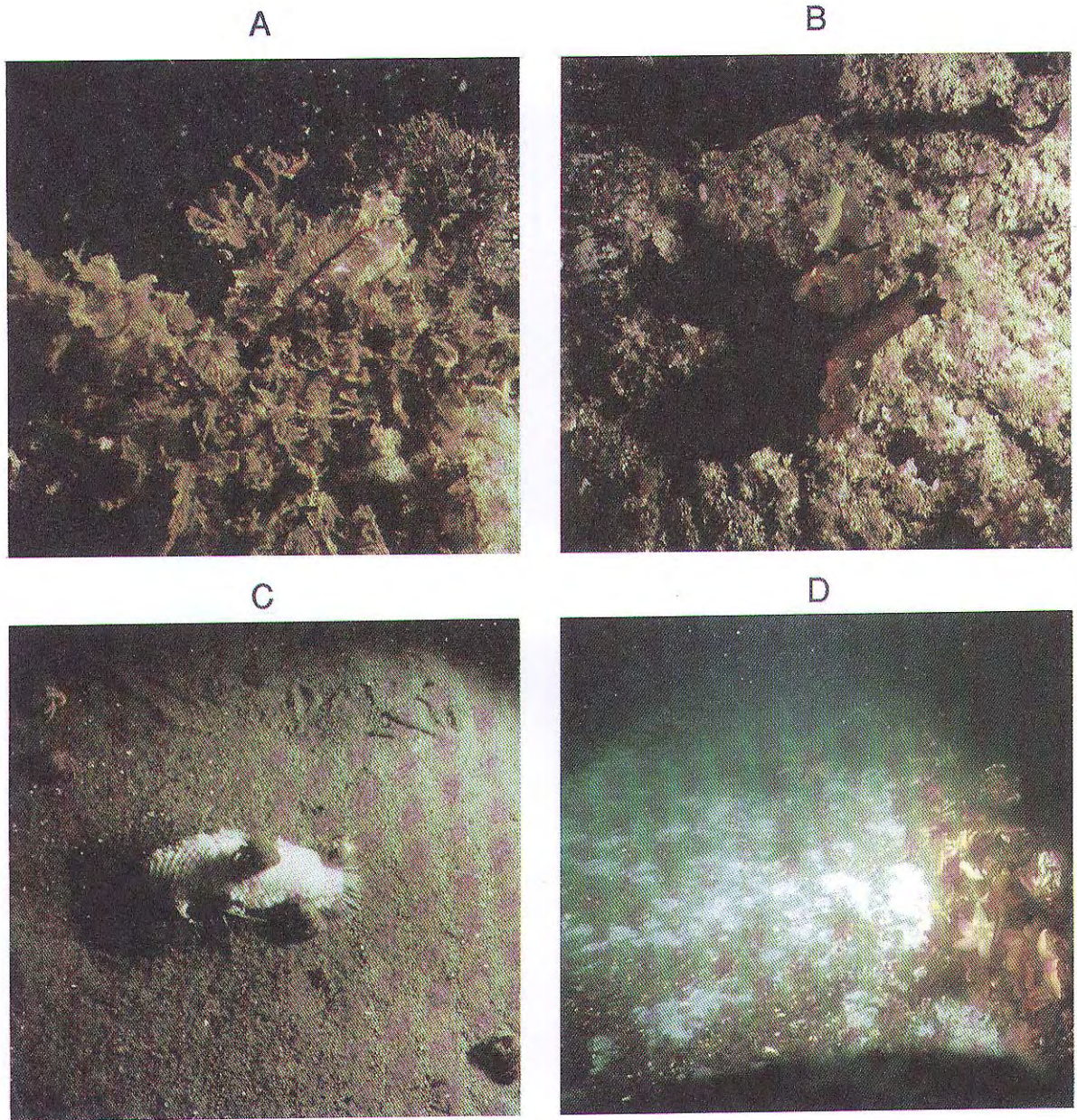


Figur 3. Stasjonskart for undersøkelse av bløtbunnfauna langs kysten av Sør-Norge mai-juni 1988.





Figur 4. Utbredelse av påvirket område og grad av påvirkning på organismesamfunn langs kysten av Sør-Norge mai-juni 1988.



Figur 5. Organismer påvirket av planktonalgen Chrysochromulina polylepis.
 A. Frynsete fagerving (Delesseria sanguinea)
 B. Misfarget kjøttblad (Dilsea carnososa)
 C. Kadaver av ubestemt leppefisk, med eremittkreps (Pagurus bernhardus) som beiter på fisken.
 D. Sterkt påvirket havbunn med organismer i oppløsning. Korstroll (Asterias rubens) t.h.

2. Innledning

Masseforekomsten av algen Chrysochromulina polylepis ble først oppdaget pga. dødelighet av oppdrettslaks på den svenske vestkyst (Lysekil) 9. mai 1988. Forekomsten spredte seg med den norske kyststrøm opp til Hordaland der oppblomstringen kulminerte ca. 2. juni. Den 9. juni syntes planteplanktonet i områdene på vestlandet å være normalt for årstiden. Maksimalkonsentrasjonen av algen ble målt til 90 mill celler pr. liter ved Skagen, mens en på vestlandet (Egersund) målte maksimalkonsentrasjoner på 36 mill celler pr. liter (Fig. 1).

2.1 Hardbunnsorganismer/Strandnær fisk

I det aktuelle området av norskekysten (svenskegrensen-Vestlandet) er hardbunn den mest dominerende habitattype fra 0 til 30m dyp. Dette dybdeintervallet er også innen det området der de høyeste konsentrasjoner av algen ble funnet. Det var derfor naturlig at organismsamfunnene på denne bunntypen ble undersøkt med tanke på omfanget av skadelig effekter.

Hardbunn fra 0 til 30m dyp har en stor biomasse pr. arealenhet som i stor grad utgjøres av fastsittende organismer. Mange av disse arter er flerårige. De ulike samfunn i grunne områder på hardbunn opptrer vanligvis i snevre dybdeintervall. Den faste dybdefordelingen betyr at en ved å utføre en kartlegging av unormale forhold langs et vertikalt snitt (transekt) på en lokalitet får en rimelig god oversikt over iøynefallende avvikende forhold som er representative for området i sin alminnelighet.

En stor del av organismene som lever i et hardbunnsamfunn er fastsittende eller lite bevegelige. De kan derfor ikke som fisk unngå vannmasser med uønskete egenskaper på annen måte enn ved for eksempel å lukke skallene. Dette kan imidlertid ikke gjøres kontinuerlig over lengre tid og medfører at slike organismer er tvunget til å tolerere de vannmasser som de eksponeres for eller alternativt omkomme. Hardbunnsorganismer er forholdsvis store. Det medfører at det tar tid før rester av døde dyr blir brutt ned. Dette betyr at døde eller skadede organismer kan observeres i relativt lang tid (uker-måneder) etter at hendelsen inntraff.

Hos fisk er det kun døde individer som eventuelt kan vise at det har vært giftvirkninger. Tilstedeværelsen av fisk i et område etter en miljøforstyrrelse behøver ikke å bety at fisk ikke har dødd. Det kan være fisk som har vendt tilbake etter at forholdene igjen ble tilfredsstillende. Den teknikken som ble mest hyppig benyttet (dykkertransekter) egner seg kun til å registrere døde fisk. Pga. det relativt begrensede areal som blir undersøkt i hvert transekt får en kun informasjon om akutt dødelighet hvis fisken opptrer i store tettheter og ikke unnviker de giftholdige vannmassene.

Fangster av fisk med strandnot og garn kan gi beskjed om unormalt små forekomster hvis en kjenner hvilke fangststørrelser som kan forventes, f. eks. på basis av tidligere innsamling på samme lokalitet.

I resultatkapitlet for hardbunnsorganismer/strandnær fisk gis en oversikt over de ulike undersøkelsene som ble utført.

2.2 Bløtbunnsorganismer

Dyrene som lever i og på bunnsedimentene (bløtbunnfaunaen) utgjør en vesentlig del av organismemengden langs kysten.

Bløtbunnfaunaen kunne tenkes å bli utsatt for påvirkning av Chrysochromulina på hovedsakelig to måter: ved vann som inneholdt algeceller eller gift fra algen, eller ved sedimentering av alger som ville legge seg som et lag på bunnen. Den sistnevnte mekanismen kunne potensielt påvirke dypere bunnområder enn dem som det "levende" algebeltet omfattet.

Påvisning av virkninger på bløtbunnfauna skjer i hovedsak ved hjelp av negative indikasjoner, dvs. at arter mangler eller finnes i uventet lave individantall. Metodene som brukes ved innsamlingen av prøver gjør at observasjoner av dyrenes status, f.eks. om de er levende eller nylig døde, bare kan utføres i liten grad. Alt materiale konserveres under feltarbeidet og gjennomgås i detalj senere.

2.3 Dyreplankton

I strandnære områder ble dyreplankton undersøkt innenfor området dekket av Universitetet i Oslo (Langesund -Tvedestrand). Prøver ble innsamlet med WP-2 nett med maskevidde på 200 µm, trukket vertikalt i 100-0 m dyp og et Mini-neustonnett (maskevidde 150 µm) som samler overflateplankton ned til 30 cm dyp. De mer åpne havområder ble dekket av Havforskningsinstituttets undersøkelser med egghåv (275 µm) trukket i 200-0m og 30-0 m.

3. Undersøkellesområder og stasjonsvalg

Kort tid etter oppblomstringen av Chrysochromulina ble det planlagt feltarbeid av flere institusjoner for å se på eventuell virkning på hardbunnsorganismer, bløtbunnfauna og strandnær fisk (Tab. 1, Fig. 2 og 3). Universitetet i Oslo valgte 17 stasjoner i området Langesundsfjordområdet syd til Tvedestrand. I tillegg ble det tatt 7 befaringer i tidevannssonen og 2 strandnot-stasjoner i samme området. Statens biologisk stasjon Flødevigen undersøkte Risøyområdet (9 dykkerstasjoner), Arendalområdet (7), Farsundområdet (2), og Flekkefjorden (3). På enkelte dykkerstasjoner ble det også tatt strandnot- eller trollgarnfangster. Per Arvid Åsen fra Kristiansand museum gjenbesøkte 8 stasjoner mellom Mandal og Hidra undersøkt for tolv år siden i forbindelse med sitt hovedfagsarbeid.

NIVAs 37 hardbunnstasjoner ble valgt med hensyn til disse lokalitetene

for samlet å dekke hele syd-kysten og fastslå det geografiske omfanget av påvirkningen. Ved stasjonsvalget ble det lagt vekt på lokaliteter som ble antatt å være lite påvirket av forurensninger fra land. Bortsett fra to (St.1B, 1C, og 2) lå alle stasjonene åpent (eksponert) til.

Tabell 1. Undersøkelsesområder, stasjonsvalg og formål i forbindelse med oppblomstringen av algen Chrysochromulina polylepis mai-juni 1988. KRMU = Kristiansand museum, SBSF = Statens Biologiske Stasjon Flødevigen, UOBI = Universitetet i Oslo Biologisk Institutt, NIVA = Norsk institutt for vannforskning.

Området rundt:	Antall stasjoner							f o r m å l			ansvarlig institusjon				
	1	2	3	4	5	6	7	undersøkelse i tidevannssonen	dykkerstasjon	strandnottrekk		garnstasjon	trollgarnstasjon	grabbprøver (bløtbunn)	trekantskrape	planktonundersøkelse
stasjonsbetegnelse															
Syd-Koster	. 1	.	.	.	.	.	.	OA							NIVA
Hvaler	. 3	.	.	.	.	.	.	OB OC OD							NIVA
Færder fyr	. 1	.	.	.	.	.	.	OE							NIVA
Langesundfjorden	. 2	.	.	.	.	.	.	B C							UOBI
	. . 2	.	.	.	.	.	.	A D							UOBI
	. . . 2	.	.	.	.	.	.	A D							UOBI
	. . . . 1	.	.	.	.	.	.	E							UOBI
	. . . . . 1	.	.	.	.	.	.	E							UOBI
Kragerø	. 3	.	.	.	.	.	.	H I K							NIVA
	. . 1	.	.	.	.	.	.	L							UOBI
	. . . 2	.	.	.	.	.	.	I L							UOBI
	. . . . 1	.	.	.	.	.	.	J							UOBI
	. . . . . 1	.	.	.	.	.	.	F							UOBI
	. . . . . 3	.	.	.	.	.	.	F G J							UOBI
Risør	. 9	.	.	.	.	.	.	1-9							SBSF
	. 1	.	.	.	.	.	.	M							UOSF
	. . 18	.	.	.	.	.	.	12-15 18-22 24-26							
	. . . 25	.	.	.	.	.	.	30 32-35							SBSF
	. . . . 25	.	.	.	.	.	.	1 5 6a 6b 7 9 10-13							
	. . . . . 25	.	.	.	.	.	.	15-16 18 20-31							SBSF
Tvedestrand	2	.	.	.	.	.	.	N O							UOBI
	. 3	.	.	.	.	.	.	N O Q							UOBI
	. . . . 5	.	.	.	.	.	.	13-14 16-18							NIVA
	. . . . . 4	.	.	.	.	.	.	15-17							NIVA
Arendal	. 6	.	.	.	.	.	.	11-16							SBSF
	. 3	.	.	.	.	.	.	4 4B 5							NIVA
	. . 9	.	.	.	.	.	.	1-9							SBSF
	. . . 8	.	.	.	.	.	.	2-6 9-11							SBSF
	. . . . 9	.	.	.	.	.	.	6-10 12 19-21							NIVA
	. . . . . 5	.	.	.	.	.	.	7-8 11-12 21							NIVA
Grimstad	. 7	.	.	.	.	.	.	1 1B 1C 2 3 6 7							NIVA
	. . . . 13	.	.	.	.	.	.	I-VI 1-5 22-23							NIVA
	. . . . . 10	.	.	.	.	.	.	I-IV VI 1-5 21							NIVA
Lillesand	. 2	.	.	.	.	.	.	8 9							NIVA
	. . . . 7	.	.	.	.	.	.	24-30							NIVA
	. . . . . 2	.	.	.	.	.	.	25 28							NIVA
Kristiansand	. 1	.	.	.	.	.	.	6.4							KRMU
	. 4	.	.	.	.	.	.	9-12 12B							NIVA
	. . . . 7	.	.	.	.	.	.	31-34 34B 35-36							NIVA
	. . . . . 2	.	.	.	.	.	.	32 37							NIVA

Tabell 1 (forts.)

Området rundt:	Antall stasjoner							formål		ansvarlig institusjon
	undersøkelse i tidevannssonen	dykkerstasjon	strandnottrekk	garnstasjon	trollgarnstasjon	grabbprøver (bløtbunn)	trekantskrape	planktonundersøkelse	stasjonsbetegnelse	
Songvaar	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	5.11	KRMU
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	38 41-42	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	39 40	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	13	NIVA
Mandal	. 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	4.5 4.21B	KRMU
	. 3 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	14-16	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	43	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	44-47	NIVA
Lindesnes	. 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	3.17B 3.8	KRMU
	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	17	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	48 51	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	49-50 52	NIVA
Lista/Farsund	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2.2	KRMU
	. 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	17-18	SBSF
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	54	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	53 56	NIVA
	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	18	NIVA
Hidra/Varnes	. 3 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	19-21	SBSF
	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	1.2	KRMU
	. 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	19-20	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	58	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	57 59	NIVA
Jøssingfjord	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	21	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	60-61	NIVA
Egersund	. 2 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	22-23	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	62-68	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	68	NIVA
Jærens rev	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	69	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	69	NIVA
Rott	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	24	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	70-71	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	70-71	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	25	NIVA
Kvitsøy	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	26	NIVA
Karmøy	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	73	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	72	NIVA
Falkeidflæet	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	72	NIVA
Haugesund/Espevær	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	27	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	74	NIVA
Bømlo	. 1 . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	28	NIVA
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	75	NIVA

Også for bløtbunnfaunaen ble det forventet å finne de største virkningene på grunne bunnområder. Derfor ble de fleste stasjonene lagt til dyp grunnere enn 30 m (Fig. 3). Imidlertid ble bare to stasjoner tatt på grunnere dyp enn 10 m. Dette skyldtes at det var vanskelig å finne egnet bløtbunn på så grunne dyp. Fra 16 til 40 m er det forholdsvis god dekning (Tab. 2). Stasjonene i den dypere sektor hadde to formål: (1) å korrelere resultatene mot en dybdegradient for å vise påvirkete grunne stasjoner i "relieff" mot ikke påvirkete dype stasjoner, og (2) se om dype stasjoner var påvirket som følge av sedimentasjon av Chrysochromulina.

Tabell 2. Bløtbunnfaunastasjonenes fordeling i dypet.

DYP (M)	STASJONER
5-10	II, 48
11-15	51, 64
16-18	I, V, 42, 65
19-20	10, 38, 53, 69, 70
21-25	58, 61, 67, 75
26-30	5, 26, 74
31-40	28, 63, 66
41-60	III, 71, 72
140	7

I alt ble 63 bløtbunnfaunastasjoner prøvetatt med grabb. Enkelte av disse er prøvetatt tidligere i andre prosjekter. Desverre lå svært få av de tidligere stasjonene på grunne dyp. Av det innsamlete materialet er prøvene fra 28 stasjoner opparbeidet, dvs. dyrene artsbestemt og tallet. På toktet ble det også tatt endel prøver med bunnslede og bunnskrape. Materialet som disse redskapene samlet ble delvis vurdert ombord. Bløtbunnfaunastasjonenes plassering er vist på Fig. 3.

4. Materiale og metoder

4.1 Hardbunnssamfunn

4.1.1 Dykkerundersøkelser

På hver av de valgte stasjoner ble det foretatt en registrering av iøynefallende makroskopiske bunnlevende alger og dyr. Dette omfattet i prinsippet området fra øvre til nedre grense for vekst av fastsittende blad- eller trådformete alger, i praksis ned til 10-30 meters dyp. Undersøkelsene ble stort sett foretatt i snitt på 5-20m bredde utover fra stranda. Registreringen ble foretatt av dykkende marinbiolog. Observasjonene bestod vesentlig av dybde, substrattype, helningsgrad, alge- og dyrearter på de respektive dyp og deres tilstand: upåvirket (friske) eller forskjellig påvirkningsgrad som for eksempel døende, slappe, døde (felles betegnet som "syk"). For algenes vedkommende ble eventuell misfarging, unormalt frynsete også registrert som "syk". Topografiske forhold (ugunstig eller sterkt vekslende bunntype) medførte ofte betydelige avvik fra den påbegynte trasé, særlig på dypere vann enn 5m. Det ble gjort en skjønsmessig bedømmelse av forekomst, gradert i: enkeltfunn, spredt, vanlig, og dominerende. Observasjonene tok primært sikte på de store livsformer som utgjorde hovedbestanddelene av organismesamfunnene.

Tilstedeværelsen av døde og levende strandnære fisk ble også notert ved dykking. Tilstedeværelse av død og levende fisk på samme lokalitet tyder på at det har vært giftvirkninger, men at det senere har skjedd innvandring av fisk fra uberørte dyp eller tilbakevending av fisk som rømte unna.

Observasjonene foretatt av dykker danner hovedmaterialet for undersøkelsen. Observasjonene ble imidlertid supplert ved noe bruk av video og fotografering. Enkelte meldinger fra amatørdykkere ble også anvendt.

Etter initiativ fra Statens biologiske stasjon Flødevigen ble det organisert kontakt med dykkerklubbene langs sydkysten. På dykkerklubbens årlige sammentreff, holdt 5. juni på Tjøme, ble oppmerksomheten rettet mot registrering av skade. Et kurs ble holdt av representant fra NIVA. Senere ble et registrerings skjema sendt til klubbene og et oppfølgende kurs holdt på Flødevigen.

4.1.2 Innsamling av fisk

For vurdering av effekter på fisk er det også i regi av Statens Biologiske Stasjon Flødevigen (SBSF) og Universitetet i Oslo utført undersøkelser med strandnot og garn (kun SBSF) i Arendal, Tvedestrand, Risør, Kragerø og Langesundsområdet. For undersøkelsene i Arendal og Risør området (Gjøsæter og Johannessen, 1988) er fangstene

sammenlignet med tilsvarende for 1986 og 1987 samt at kvantitativ innsamling av død fisk ble foretatt av dykkere. For vurdering av eventuelle ressurskader på fisk har en lagt vesentlig vekt på de betraktninger som er gjort av Havforskningsinstituttet i Bergen (Berge og Føyn, 1988).

4.2 Bløtbunnfauna

På de fleste stasjonene ble det tatt fire parallelle prøver med en 0.1m² Petersengrabb. De parallelle prøvene ble slått sammen til én stor prøve. Prøvene ble silt gjennom 1.0mm sil før konservering.

5. Resultater og diskusjon

5.1 Virkning på hardbunnsorganismer

Med få unntak er det relativt god overensstemmelse mellom resultatene fra de enkelte undersøkelser når det gjelder de arter som er sterkt påvirket.

5.1.1 Fastsittende alger

Det er først og fremst rødalgene som er funnet i påvirket tilstand (Tab.3). Til sammen ble det registrert 19 forskjellige rødalge-taxa, 3 brunalge-taxa og 2 grønnalge-taxa med skader, det vil si frynsete eller misfargete blader.

Det er karakteristiske rødalger som fagerving Delesseria sanguinea, kjøttblad Dilsea carnosa og draugfjær Ptilota plumosa som viser størst påvirkning. I tillegg ble smalving Membranoptera alata registrert i skadet tilstand på alle stasjoner i Vest-Agder (Åsen, 1988).

Sammenlignet med undersøkelse i Vest-Agder 1975-76 (Åsen, 1978) og 1982-83 (Green et al., 1985) ble det i 1988 registrert (Åsen, 1988) færre arter av rødalger (ca. 53 i 1975-76 og 1982-83 mot 39 i 1988), brunalger (38 mot 28), og grønnalger (ca. 18 mot 9). Algene som manglet ble aktivt ettersøkt. Ifølge Åsen (1988) kan dette ikke alene skyldes Chrysochromulina-invasjonen, men kan muligens tilskrives en generell øking i forurensningsbelastningen i Skagerrak de senere år.

De store tareartene (Laminaria spp.) er ikke med sikkerhet registrert i påvirket tilstand; skader, stipes uten blad, osv., har vært tolket som naturlig slitasje. Observasjoner fra flere miljøer (fiskere, hobbydykkere, Kristiansand museum, Statens biologiske stasjon Flødevigen, NIVA) kan imidlertid allikevel tyde på en påvirkning etter Chrysochromulina-oppblomstringen.

Av grønnalger er det Chaetomorpha sp. (=melagonium?) og pollpryd (Codium fragile) som er registrert i påvirket tilstand (enkelt observasjon).

Med bakgrunn i denne oversikten synes det klart at det er de algene med tynt/"løst" thallus/thallusdeler som er mest påvirket, og da særlig rødalgene, for eksempel Delesseria sanguinea, Membranoptera alata, Dilsea carnosa og Ptilota plumosa. Mer robuste rødalger som Phycodrys rubens og Odonthalia dentata viser mindre påvirkning.

Helhetsvurderingen av fastsittende alger viser at kysten av Agderfylkene synes å være mest påvirket (NIVA stasjoner 9, 10, 19, 20).

Tabell 3. Oversikt over fastsittende alger synlig påvirket av Chrysochromulina polylepis mai-juni 1988.

Organisme Latinsk navn	norsk navn
RØDALGER	
<u>Callophyllis laciniata</u>	rødhånd
<u>Ceramium sp.</u>	
<u>Ceramium rubrum</u>	rekeklo
<u>Ceramium strictum</u>	
<u>Corallina officinalis</u>	krasing
<u>Delesseria sanguinea</u>	fagerving
<u>Dilsea carnosa</u>	kjøttblad
<u>Eutora cristata</u>	
<u>Membranoptera alata</u>	smalving
<u>Odonthalia dentata</u>	tannskåring
<u>Phycodrys rubens</u>	eikeving
<u>Phyllophora pseudoceranoïdes</u>	krusblekke
<u>P. truncata</u>	hummerblekke
<u>Polysiphonia urceolata</u>	røddokke
<u>Ptilota plumosa</u>	draugfjær
<u>Rhodomela spp.</u>	
<u>Rhodomela confervoides</u>	teinebusk
skorpeformete rødalger	
<u>Trailliella intricata</u>	rødlo
BRUNALGER	
<u>Desmarestia aculeata</u>	vanlig kjerringhår
" <u>viridis</u>	mykt kjerringhår
<u>Halidrys siliquosa</u>	skolmetang
GRØNNALGER	
<u>Chaetomorpha sp.</u>	
" <u>melagonium</u>	laksesnøre
<u>Codium fragile</u>	pollpryd

5.1.2 Bunndyr

Blant bløtdyrene var det spesielt purpursnegl (Nucella lapillus) som viste stor dødelighet. Også bestandene av strandsnegl (Littorina littorea), kongsnegl (Buccinum undatum), nettsnegl (Nassarius reticulatus) og muslingen Hiatella arctia og andre var til dels betydelig påvirket (Tab. 4). Pigghuder var meget hardt påvirket på en stor del av stasjonene, særlig det vanlige korstrollet Asterias rubens og sjøpiggsvinet Echinus esculentus. En fullstendig liste over arter som var påvirket, sammen med angivelse av grunnleggende livshistorieopplysninger, er presentert i Tab. 4.

De ulike undersøkelser på kyststrekningen tyder på at de arter som var alvorlig påvirket er de samme over store områder.

Et problem når det gjelder å presentere lister over påvirkede arter er at kriteriet for at en art er påvirket ofte er at de blir observert døde. Imidlertid har en også under normale forhold en viss dødelighet som skyldes ulike andre årsaker. Dette betyr at en for de arter som kun opptrer som døde enkeltindivider på en eller noen få stasjoner står i fare for å tillegge dette effekter av Chrysochromulina når det også kan skyldes andre faktorer. En aktuell art i denne forbindelse er sypote (Porania pulvillus) som kun ble funnet påvirket på en stasjon og der kun ett individ. Et annet problem er at en art må være tilstede i utgangspunktet og bli registrert for at en i det hele tatt skal ha mulighet for å observere påvirkning.

Tabell 4. Oversikt over egenskaper hos virvelløse bunndyr i grunne farvann som var synlig påvirket av Chrysochromulina polylepis mai-juni 1988.

- Hab. - hovedhabitat: h=hardbunn b=bløtbunn
 Nær. - næringsopptak: s=suspensjoneter f=filtereter
 (hovedmetode) h=herbivor k=karnivor
 d=detritivor å=åtseler
 Rep. - p=livssyklus med pelagisk (frittflytende) stadium
 B=livssyklus med kun bentisk (bunnlevende) stadium
 Grad - anslått grad av påvirkning:
 0 = ikke påvirket
 I = svakt påvirket, enkelte "syke" individer
 II = moderat påvirket, deler av bestanden døde eller "syke"
 III = sterkt påvirket, funnet døde på stedet, hoveddelen av bestanden utdødd eller "syk"

Organisme		Hab.	Rep.	Grad
Latinsk navn	norsk navn	Nær.		
SVAMPER				
<u>Halichondria panacea</u>	brødsvamp	h	s p	?
<u>Alcyonium digitatum</u>	dødningshånd	h	s p	II
SJØANOMONER				
<u>Cerianthus lloydi</u>	muddersjørose	b	s p	?
<u>Metridium senile</u>	sjønellik	h	s p	I
<u>Urticina felina</u>	fjæresjørose	h	s p	I
BØRSTEMARK				
<u>Polychaeta</u> indet.		b/h		
<u>Arenicola marina</u>	fjæremark	b	d p	I
<u>Nereis</u> sp.		b/h	k p	III
<u>Sabella penicillus</u>		h	s p	III
SKALLUS				
<u>Polyplacophora</u> indet.		h	h p	III
SNEGLER				
<u>Acmea</u> sp.		h	h p	I
<u>Buccinum undatum</u>	kongsnegl	b/h	å B	III
<u>Gibbula cinerea</u>		h	h p	III
<u>Littorina littorea</u>	strandsnegl	h	h p	III
<u>Littorina obtusata</u>	butt strandsnegl	h	h B	I
<u>Nassarius reticulatus</u>	nettsnegl	b/h	å p	III
<u>Nucella lapillus</u>	purpurneggl	h	k B	III
<u>Patella cf. vulgata</u>	albusnegl	h	g p	III
MUSLINGER				
<u>Anomoniidae</u> indet.		h	f p	III
<u>Cyprina islandica</u>	kuskjell	b	f p	II
<u>Hiatella arctica</u>		h	f p	II
<u>Mytilus edulis</u>	blåskjell	h	f p	I
RUR				
<u>Balanus improvisus</u>	skipsrur	h	s p	I

Tabell 4. (forts.)

Organisme		Hab.	Rep.	
Latinsk navn	norsk navn	Nær.	Grad	
KRABBER				
<u>Cancer pagurus</u>	taskekrabbe	h/b	k/å	p I
<u>Carcinus maenas</u>	strandkrabbe	h/b	k/å	p I
<u>Pagurus cf. bernhardus</u>	eremittkreps	h/b	å/d	p I
MOSDYR				
<u>Electra pilosa</u>		h	s	p II
SJØSTJERNER				
<u>Asterias rubens</u>	vanlig korstroll	h/b	k	p III
<u>Porania pulvillus</u>	sypute	h/b	k	p ?
SLANGESTJERNER				
<u>Ophiura albida</u>		h/b	k/d	p II
SJØPIGGSVIN				
<u>Echinoidea indet.</u>				p
<u>Echinus esculentus</u>		h	h/k	p II
<u>Psammechinus miliaris</u>		h	h/k	p II
SJØPUNGER				
<u>Ascidacea indetn.</u>			f	p
<u>Ascidiella spp.</u>		h	f	p III
<u>Ciona intestinalis</u>		h	f	p III
<u>Corella parallelogramma</u>		h	f	p III
<u>Styela rustica</u>		h	f	p III

Betydningen av de økologiske virkninger som registreres må vurderes mot andelen av den totale bestand som er påvirket. For noen få arters vedkommende er det observert tegn på skadelige virkninger på flere stasjoner, men da kun for et ubetydelig antall individer i forhold til den totale bestand. Dette gjelder spesielt for blåskjell (Mytilus edulis), eremittkreps (Pagurus cf. bernhardus), rur (Balanus) og muligens for stortare (Laminaria hyperborea). Dette betyr at observert dødelighet/skade er ubetydelig i bestandssammenheng for disse arter. For andre arters vedkommende (Nucella, Echinus, Asterias) var imidlertid dødeligheten tilnærmet fullstendig i de områder/dyp som var påvirket. For slike arter er livshistoriestrategi og adferd avgjørende for de fremtidige konsekvensene for bestanden i området.

Virvelløse dyr av direkte kommersiell interesse i naturlige organismesamfunn på hardbunn begrenser seg sannsynligvis til hummer (Homarus gammarus) og taskekrabbe (Cancer pagurus). På de fleste stasjoner der en fant døde taskekrabber ble det også funnet individer i live. Et unntak var et område i rett øst for Lista fyr (NIVA-stasjon 19 - Vårnes) der en massiv og total dødelighet av krabber ble observert. Fra et område i nærheten av denne stasjonen (Hidra) ble det også rapportert om total dødelighet av trollkrabbe (Lithodes maja) (Gjøsæter og Johannessen, 1988). Ingen dødelighet av hummer er rapportert som følge av algeoppblomstringen. Imidlertid er observasjonsmaterialet for denne arten for lite til at det er mulig å fastslå om det har vært dødelighet av betydning. Årets hummerfiske vil muligens kunne gi svar på dette.

For andre krepsdyr som rur (Balanus) og eremittkreps (Pagurus cf. bernhardus) ble imidlertid minimal dødelighet observert. Hos små

krepsdyr som tanglus (Isopoda) og tanglopper (Amphipoda) er det påvist en viss dødelighet. Skadeomfanget for disse grupper er imidlertid vanskelig å fastslå fordi den observasjons- og innsamlingsteknikk som er benyttet ikke er rettet mot dyr av denne størrelse.

For muslingers vedkommende ser det ut som det er sadelskjell (Fam. Anomiidae) og Hiatella arctica som har tydelige skader over større områder. På en lokalitet (Nordfjorden ved Risør) var omkring halvparten av bestanden av o-skjellene (Modiolus modiolus) døde. Derimot syntes blåskjell (Mytilus edulis) og østers (Ostrea edulis) ikke å være betydelig påvirket. Det ble også funnet både levende og døde muslinger av andre arter. De døde ble stort sett funnet enkeltvis og gir derfor ikke grunnlag for å avgjøre om disse har vært utsatt for algegiften.

Snegl (Gastropoda) ser ut til å være relativt hardt rammet. Dette gjelder spesielt purpursnegl (Nucella lapillus) (Tab. 4). Også på bestandene av vanlig strandsnegl (Littorina littorea), kongsnegl (Buccinum undatum), nettsnegl (Nassarius reticulatus), pelikanfotsnegl (Aporrhais pespelecani) og Gibbula ble det funnet tildels betydelige skader (Gjøsæter og Johannessen, 1988). Vanlig strandsnegl (Littorina littorea) er en art som er meget tallrik i tidevannssonen og noe dypere. Denne arten ble funnet tildels betydelig påvirket i noen områder på sør- og østlandet (Tisler, Grimstadoområdet, Risørområdet og Arendalsområdet) mens den kun ble sporadisk registrert vest for Mandal der denne arten var tilsynelatende frisk. Sannsynligvis var stasjonene vest for Mandal noe for eksponerte til at vanlig strandsnegl skulle opptre i større antall. I områder der strandsnegl var påvirket artet dette seg dels ved død men også ved at noen individer lå på "rygg" men i live med kroppen delvis ute av skallet. Mange av disse individer overlevde.

Blant koralldyrene (Anthozoa) var det dødningshånd (Alcyonium digitatum) som var hyppigst påvirket. Imidlertid var også arter som brødsvamp (Halicondria panicea) og Urticina felina noe påvirket.

Pigghuder (Echinodermata) ser ut til å være den hovedgruppe ved siden av snegl som er hardest rammet. Spesielt gjelder dette kråkeboller som Echinus esculentus og sjøstjerner som Asterias rubens som henholdsvis er en viktig beiter på tare og et viktig rovdyr på blåskjell. I områder der en kun hadde ikke-dødelige effekter på Echinus artet dette seg ved at piggene på oversiden var borte eller hadde mistet sin naturlige stilling.

Sjøpunger (Ascidiacea) er en gruppe organismer som i de fleste områder har klart seg relativt bra med unntak av Ascidiella-artene. En viss dødelighet ble imidlertid også funnet for andre arter i denne gruppen. I enkelte områder (f.eks. Skårekrakk på Østfoldkysten) var det tette bestander av sjøpunger. Der var det mulig, på grunnlag av skarpt avgrenset skille mellom døde og levende individer, å bestemme den nedre grense for påvirkning forholdsvis nøyaktig.

5.1.3 Geografisk utbredelse

Undersøkelsene av gruntvannsorganismer viste at kysten fra Syd-Koster til Haugesundsområdet var mer eller mindre påvirket av Chrysochromulina polylepis. Fra Haugesundsområdet og nordover ble det ikke funnet skader på algevegetasjonen mens en for dyrenes vedkommende måtte noe lenger nord til Bømlo før de registrerte bunndyrene var tilnærmet upåvirket. På Bømlo var kråkebollene (Echinus esculentus), som har vist seg å være en av de mest sårbare artene, alle i live. En kunne imidlertid også her på enkelte individer se skjeve pigger på oversiden. Disse observasjoner tyder på at Bømlo lå nord for nordgrensen for skadevirkninger på fastsittende alger og meget nær nordgrensen for skader på dyr i juni 1988.

Graden av skader varierte avhengig av lokalitet. Generelt sett var skadene størst ytterst i skjærgården og minst inne i fjordene. Både undersøkelsene til Universitetet i Oslo Biologisk Institutt (UOBI) og SBSF antyder dette. I enkelte områder ble det imidlertid også observert tildels betydelige skader selv langt inn i fjordene (Nordfjorden i Risørområdet). Det ble også observert helt lokale forskjeller idet utsiden av en holme kunne vær mer påvirket enn innsiden (UOBI). Fra Risørområdet rapporterer SBSF at en i to nærliggende områder har relativt stor forskjell i påvirkningsgrad. En karakteristisk forskjell mellom de to lokalitetene var at det til den ene lokaliteten (Søndeled) der skadene var små, var en betydelig ferskvannstilførsel. Dette antyder at det ikke bare er eksponeringsgrad men også ferskvannsavrenning som bestemmer skadeutbredelsen. Dette bekreftes av observasjoner av at fisk overlever bedre de samme algekonsentrasjoner i brakkvann enn i sjøvann.

Det foreliggende materialet tillater ikke noen detaljert beskrivelse av eventuelle geografiske forskjeller for påvirkning for hver enkelt art, fordi metodene som er benyttet er noe forskjellig og fordi artssammensetningen på de ulike stasjoner er noe forskjellig (en art må være tilstede for at den skal kunne bli påvirket). Hovedinntrykket er imidlertid at det er relativt liten kvalitativ forskjell i hvordan algeoppblomstringen har virket inn på bunndyrsamfunnene langs de ytre kystområdene. Lokale forhold som ferskvannstilførsel og beliggenhet i forhold til kyststrømmen ser ut til å være av større betydning enn beliggenhet langs kystlinjen.

5.1.4 Påvirket dybdeintervall

Midlere nedre grense for påvirkning var 16 m beregnet på basis av NIVAs hardbunnsstasjoner. Undersøkelsene til SBSF antyder imidlertid at skaden i Risør, Arendal og Farsund strakte seg ned til 10-13 m mens undersøkelsene utført av UOBI antyder en nedre grense i 10-15 m dybde. På enkelte steder (Flekkefjord og Tromøya) ble det imidlertid registrert skader helt ned til 30 m. Midlere øvre grense for påvirkning var på 3 m dyp (på basis av NIVAs hardbunnsstasjoner), men skader helt opp til overflaten og i littoralbasseng (purpursnegl) ble også rapportert.

Nederste grense ble ofte merket ved misfarget kjøttblad (Dilsea carnosa) eller fagerving (Delesseria sanguinea). Øverste dyp påvirket av Chrysochromulina varierte fra 0 til 10m dyp, men lå normalt på 2-3m. De øverste metrene var ofte lite påvirket. Dette kunne skyldes at det opprørte vann i dette dybdeintervallet fjernet skadete organismer relativt fort.

Flødevigen har motatt ca.50 rapporter fra hobbydykkere hvor skader har blitt registrert fra svenskegrensen til Haugesund i perioden slutten av juni til midten av august. Skadenes geografiske omfang stemmer overens med resultatene fra NIVA.

Bidrag fra amatørdykkere vil være nyttig også i oppfølgende undersøkelser.

5.1.5 Observerte endringer over kort tid

Korttidsendringer ble vurdert på 4 stasjoner i Grimstadorrådet: St.1, 2, 3, og 6. som ble tatt 30-31.5 og 15-16.6. St.2 (Maløy) og 3 (Moistrand) hadde lignende bunnforhold. De lå i beskyttede gruntvannsområder med sandbunn. St.1 (Graaholmen) og 6 (Prestholmen) lå eksponert og hadde fjellbunn ned til nedre grense for dykkerobservasjon (25-30m). St.1 og 6 var sammelignbare, men på grunn av teknisk årsak var første registreringer på St.1 ufullstendige. Med forbehold om forskjeller forårsaket av registreringsmetodikken kunne det spores noen endringer over denne to ukers perioden.

Iøynefallende endringer var minsket forekomst av døde eller "syke" dyr. Dette var mest markert på de to beskyttede stasjonene (St.2 og 3). Fra 30-31.mai til 15-16.juni minsket forekomsten av Chrysochromulina betraktelig. Dette sammen med nedbryting, åtseleting og vanntransport kan ha sørget for at det var færre tegn på påvirkninger i juni.

På St.3 Moistrand var fordypningene i bunnsedimentet forårsaket av fjæremarken (Arenicola marina) unormalt formet. Normalt er disse fordypningene jevnt koniske, men på første tokt (31.5) var de fleste ujevne som om midtfeltet plutselig hadde falt 3-5cm lenger ned. Sidene på på midtfeltet hadde ikke rast innover og indikerte at endringen hadde skjedd nylig. Bunnen i disse gropene var ofte dekket med et hvitt belegg som ofte er et tegn på forråttelse av planter og dyr. I dette tilfellet kan belegget ha vært forårsaket av organismer som har akkumulert i fordypningene. To uker senere hadde fjæremarken normalt formete fordypninger. Dette kan tyde på at fjæremarken bare var midlertidig påvirket eller delvis skadet av Chrysochromulina. På St.2 Maløy med noenlunde like bunnforhold, ble det ikke registrert noe unormalt med fjæremarken.

Vanlig korstroll (Asterias rubens) og kongesnegl (Buccinum undatum) var hardt skadet. Både på St.2 og 3 var disse artene registrert som "syk" eller døde på første tokt (30-31.5) men ble ikke registrert to uker senere. Det indikerer at rekolonisering med hensyn til disse to

arter kommer utenfra.

Vanlig strandsnegl (Littorina littorea) og eremittkreps (Pagurus cf. bernhardus) var delvis skadet på St. 2 og 3. Prosent døde eller døende vanlig strandsnegl gikk ned fra anslagsvis 90 til 20% på St.3. Det ble ikke registrert noen vesentlig endring i andel (20%) påvirket eremittkreps (Pagurus cf. bernhardus) på den samme stasjonen. Registreringene tyder på at strandsneglen var hardere skadet enn eremittkrepsen.

I denne tidsperioden var det indikasjon på at kjøttblad (Dilsea carnosa) på St.6 ble ytterligere påvirket. Nedre grense for påvirket kjøttblad var ca.10m 31.mai og 15m 16.juni.

5.2 Virkning på villfisk

Skadeomfanget på fisk er bestemt ved hjelp av (1) registrering av døde fisk (NIVA, Flødevigen) og (2) ved å sammenligne fangster av levende fisk med det en utifra tidligere erfaring skulle forvente (UOBI, Flødevigen, Havforskningsinstituttet).

Tabell 5 gir en oppsummering over de arter av fisk som ble observert eller antatt påvirket i kystnære områder.

Funn av døde fisk under dykking kort tid etter oppblomstringen av Chrysochromulina kan med rimelig sikkerhet tilskrives giftvirkninger av denne algen, men gir begrenset direkte data om antall døde individer i forhold til bestanden. I de tilfeller der kun ett eller noen få individer er funnet døde har en også en forholdsvis stor sannsynlighet for at dette kan ha andre årsaker og er uansett årsak irrelevant i bestandssammenheng.

Blant de artene som ble funnet døde var det en overvekt av bunnlevende fisk knyttet til strandnære områder. Noen få individer av pelagiske fisk som sild og horngjel ble imidlertid også funnet døde. Brisling derimot som er en pelagisk fisk som opptrer i grunne områder nær land i anselige mengder ble ikke observert død. Virkningene på pelagiske arter er derfor totalt sett sannsynligvis små.

En totalvurdering på bakgrunn av funn av død fisk er at arter/grupper som leppefisk (spesielt bergnebb, blåstål/rødnebb) og tildels kutlinger synes mest berørt, men at enkeltindivider av en rekke andre arter av strandnære fisk også har vært påvirket. En medvirkende årsak til at bergnebb, blåstål/rødnebb og kutlinger er spesielt hardt utsatt er sannsynligvis at de, sammen med en rekke andre arter (Tabell 5) på den aktuelle tiden av året oppholder seg i det dybdeintervall som er berørt av algeoppblomstringen. I tillegg har leppefisk og kutlinger en adferdsrespons på stress som gjør at de søker tilflukt i sitt nærmiljø under steiner eller i bergsprekker, eller graver seg ned i sanden (sand- og leirkutlinger) når de blir utsatt for stress. Dette gjør at de blir værende i de giftige vannmassene og dermed blir utsatt for giftvirkninger over lengre tid. De arter som hyppigst er funnet døde på bunnen er hovedsakelig arter som ikke har direkte kommersiell betydning.

Når det gjelder fangster av levende fisk ligger problemet i å vurdere hvor stor en normalfangst burde være og hvor mye årets fangst skal avvike fra dette før en kan anta at en har hatt en unormal akutt hendelse. Statens Biologiske Stasjon Flødevigen (SBSF) har sammenlignet strandnotttrekk i Arendals- og Risørområdet i 1988 med to tidligere år. I Arendalsområdet fant de at torsk (årsklasse 1 og 2), bergnebb og hvitting (årsklasse 0) var de arter som var sterkest redusert i forhold til tidligere år. I Risørområdet var kun torsk redusert i antall. Bergnebb viste en svak økning. Hvitting ble overhodet ikke registrert. Garnfangstene viste moderate forskjeller.

Undersøkelsene i området Langesund - Tvedestrand (UOBI) sammenligner strandnotfangster skjønnsmessig med det en skulle forvente å finne i regionen. Fangstene ble vurdert til å være unormalt små med lave arts og individtall. Spesielt bemerkelsesverdig var det lave antall kutlinger, leppefisk og flatfisk, samt den totale mangel på 0-gruppe torskefisk (sei, torsk, hvitting og lyr). Det ble også påpekt at flere andre grupper var dårlig representert (nålefisk, tangstikling, ålekvabbe og tildels ulke). De eldre årsklasser av torskefiskene var forholdsvis lite berørt av algeoppblomstringen (vurdert utifra dykkerundersøkelsene), men de unge stadier sterkt berørt (strandnottrekk). Årets yngel (0-gruppen) av torsk var nesten helt utryddet.

Havforskningsinstituttet har foretatt fiskeregistreringer med trål i mer åpne havområder influert av Chrysochromulina (Vedlegg til Berge og Føyn, 1988). Kun i ett område (øst av Fredrikshavn) ble det observert død fisk. En foreløpig totalvurdering antyder at virkningene på fisk i de mer åpne havområder har vært små.

Tabell 5. Oversikt over fiskearter sannsynligvis påvirket av masseoppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis*. En skjønnsmessig vurdering av skadeintensitet er antydnet. Institusjonen som har påvist skader eller død er angitt (SBSF=Statens Biologiske Stasjon Flødevigen, UOBI = Universitetet i Oslo Biologisk Institutt, NIVA=Norsk institutt for vannforskning) og der kun få individer ble funnet er dette anmerket.

- A. Arter observert døde eller skadet (dykkerobservasjoner).
 B. De fem fiskearter som (1) viste størst reduksjon i strandnotfangstene i Arendals og Risørområdet samt (2) de arter som UOBI i sine fangster fra Langesund - Tvedestrand området vurderte som mest påvirket.

Vitenskapelig navn	Norsk navn	Skadeintensitet
A.		
<u>Belone belone</u>	Horngjel (få)	Liten (NIVA SBSF)
<u>Clupea harengus</u>	Sild (få)	Liten (SBSF)
<u>Cyclopterus lumpus</u>	Rognkjeks(få)	Liten (SBSF)
<u>Entelurus aequoreus</u>	Stor havnål (få)	Liten (SBSF)
<u>Gadus morhua</u>	Torsk (adult) (få)	Liten (NIVA SBSF)
<u>Merlangius merlangus</u>	Hvitting (adult)(få)	Liten(SBSF)
<u>Molva molva</u>	Lange(få)	Liten (SBSF)
<u>Myxocephalus scorpius</u>	Vanlig ulke (få)	Liten (NIVA)
<u>Phrynorumbys norvegicus</u>	Småvar (få)	Liten (SBSF)
<u>Platichthys flesusa</u>	Skrubbe(få)	Liten (SBSF)
<u>Pleuronectidae</u>	Flyndre, ubestemt (få)	Liten (NIVA)
<u>Psetta maxima</u>	Piggvar (få)	Liten ? (NIVA)
<u>Salmo trutta</u>	Sjørørret	Liten ? (SBSF)
<u>Trisopterus minutus</u>	Sypike (få)	Liten ? (SBSF)
<u>Callionymus sp.</u>	Fløyfisk (få)	Middels (SBSF)
<u>Ciliza mustela</u>	Femtrådet tangbrosme (få)	Middels ? (SBSF)
<u>Labrus bergylta</u>	Berggylte (få)	Middels (NIVA SBSF)
<u>Pholis gunnellus</u>	Tangsprell	Middels (SBSF NIVA)
<u>Pollachius pollachius</u>	Lyr	Middels (SBSF)
<u>Raniceps raninus</u>	Paddetorsk	Middels ? (SBSF)
<u>Syngnathidae</u>	Nålefisk	Middels (SBSF)
<u>Ctenolabrus rupestris</u>	Bergnebb	Stor (SBSF)
<u>Gobiidae</u>	Kutlinger	Stor (UOBI SBSF)
<u>Labridae</u>	Leppefisk, ubestemt	Stor (NIVA)
<u>Labrus bimaculatus</u>	Blåstål/rødnebb	Stor ¹ (SBSF NIVA UOBI)
	Fisk, ubestemt	Stor ¹ (NIVA)
B.		
<u>Centrolabrus exoletus</u>	Gressgylt	Stor (SBSF)
<u>Ctenolabrus rupestris</u>	Bergnebb	Stor (UOBI SBSF)
<u>Eutrigla gunardus</u>	Knurr	Stor (SBSF)
<u>Gadus morhua</u>	Torsk (0 og 1 gruppe)	Stor (UOBI SBSF)
<u>Gobiidae</u>	Kutlinger	Stor (UOBI SBSF)
<u>Labrus bimaculatus</u>	Blåstål/rødnebb	Stor (UOBI SBSF)
<u>Merlangius merlangius</u>	Hvitting (0-gruppe)	Stor (UOBI SBSF)
<u>Platichthys flesus</u>	Skrubbe	Stor (SBSF)
<u>Pollachius pollacius</u>	Lyr(0-gruppe)	Stor (UOBI)
<u>Pollachius virens</u>	Sei(0-gruppe)	Stor (UOBI SBSF)

¹) Fiskene var ikke identifiserbare pga. fremskredet forråtnelse.

Fra observasjoner av fisk i oppdrett er det vist at det er artsmessige forskjeller med hensyn til sårbarheten overfor Chrysochromulina. Torsk viste seg mindre følsom enn laksefisk. Virkningen av Chrysochromulina på fisk syntes også å være avhengig av saltholdighet idet laksefisk kunne tåle konsentrasjoner av algen (10×10^6 celler/liter) ved en saltholdighet på 10 o/oo mens den omkom ved samme konsentrasjon i vann med saltholdighet nær 30 o/oo (Berge og Føyn, 1988). Dette antyder at giften virker på mekanismer knyttet til osmoregulering (regulering av saltbalansen).

De refererte undersøkelser ble hovedsakelig utført i kystområdet eller i fjorder. I mer åpne havområder er det etter algeoppblomstringen observert en normal fiskefordeling i vannsøylen (Berge og Føyn, 1988). Dette skyldes sannsynligvis at de pelagiske artene har unntaket algepåvirket vann og at de bunnlevende fisk i åpent farvann lever i dypere vannlag enn de som har vært direkte påvirket av Chrysochromulina. Det er imidlertid noe mer usikkert i hvilken grad fiskelarver og yngel er påvirket. Utfra det forhold at disse har liten eller ingen egenbevegelse, skulle en anta at disse stadier ble relativt hardt påvirket for de artene som har egg i de øverste 20-30 m i den aktuelle periode (mai). Observasjoner foretatt etter at oppblomstringen var over viste imidlertid at det fantes fiskelarver i sjøen over hele Skagerrak. Det området og dyp som ble berørt av algeoppblomstringen var lite i forhold til utbredelsesområdet for de kommersielle fiskearter. Ressursskader som følge reduksjon i de yngste stadier vil derfor neppe kunne registreres annet enn eventuelt på lokale kystbestander (Berge og Føyn, 1988) av torskfisk.

Geografisk utbredelse av virkninger på strandnær fisk

En oversikt over omfanget av det område som har gitt skadelige effekter på fisk belyses sannsynligvis best ved observert dødelighet i fiskeoppdrettsanlegg. Dødelighet av laksefisk i oppdrett forårsaket av Chrysochromulina er rapportert fra Sverige (Lysekil) til Hordaland. Når det gjelder villfisk har en kun tilgjengelig et rimelig brukbart bakgrunnsmateriale for området fra Langesund til Arendal, der en hadde til dels sterke virkninger på fisk. (Rapport fra UOBI og Flødevigen). Spesielt gjelder dette noen leppefisk uten kommersiell interesse, men også yngre stadier av matfisk som torsk og hvitting (Gjøsæter og Johannessen, 1988). Dykkerobservasjonene i den nord-vestre delen av undersøkelsesområdet (Rogaland og Hordaland) (Tabell 1) er så få at en ikke kan trekke noen sikker nordgrense for påvirkning av villfisk basert på disse observasjoner. Erfaringer fra Dalane (Espeland, 1988) tyder på at torsk er mindre følsom enn laks. Utifra en betraktning som dels bygger på en hypotese at laks er relativt følsom for algeoppblomstringen sammenlignet med villfisk og dels på at oppblomstringen kulminerte i sydlige deler av Hordaland, må en anta at alvorlige effekter på villfisk begrenser seg til området fra svenskekysten til Hordaland. Ved dykkerobservasjoner ble det ikke funnet død villfisk nord for Rogaland. Dette bekrefter at skader på villfiskbestanden ikke strekker seg nord for Rogaland og ikke dypere enn 30 m.

5.3 Bløtbunnsorganismer

Universitetet i Oslo undersøkte bløtbunnfauna på to strandstasjoner og to dypere stasjoner i området Langesund-Kragerø. NIVA samlet prøver fra 63 stasjoner på strekningen Tvedestrand-Bømlo. Materialet fra 28 av NIVAs stasjoner er analysert.

Følgende egenskaper ved resultatene kan indikere Chrysochromulina-påvirkning:

- Lave individantall
- Lavt artsmangfold
- Fravær av bestemte arter eller dyregrupper som vi ville forvente å finne
- Endringer i forhold til tidligere observasjoner på samme stasjon
- Forekomst av skadete eller døde dyr

Hvis slike observasjoner dessuten er korrelert med grunnere dyp (sammenheng med forekomsten av Chrysochromulina), vil de indikere Chrysochromulina som årsak.

Resultatene fra Universitetet tydet på at bløtbunnfaunaen Langesund-Kragerø var upåvirket. Artssammensetning og individmengder svarte til det som kunne forventes under normale forhold, både på grunt vann og på dypere vann.

På NIVAs stasjoner varierte antall individer pr. m² fra under 100 til omtrent 4000. Den laveste individtettheten ble funnet på den grunneste stasjonen (6 m). Ellers var det ingen sammenheng mellom individtetthet og dyp (Fig. 6). Det lave individantallet på stasjonen på 6 m skyldes mest sannsynlig prøvetakingen. Sedimentvolumet i grabbprøvene var nemlig bare 1/4 av volumet ved full grabb. Konklusjonen er at Chrysochromulina ikke hadde redusert den samlede individmengden av bløtbunnfauna på noen av de prøvetatte stasjonene.

Artsmangfoldet, uttrykt ved en vanlig brukt indeks (H), varierte mellom 2.2 og 5.2. Vanligvis er artsmangfoldet høyere enn 3.1, men blir lavere ved f.eks. forurensningspåvirkning (Rygg 1986). Med unntak for én stasjon på 40 m, hvor det var problematisk å få opp nok prøvemateriale, viste artsmangfoldet normale verdier på samtlige stasjoner dypere enn 22 m, men varierte betydelig på de grunne stasjonene (Fig. 7). Av de sju grunne stasjonene med artsmangfold lavere enn 3.1 var én betydelig forurenset og hadde hydrogensulfidholdig sediment, tre ga lite materiale på grunn av vanskelig sediment (sand), og én hadde nedsatt artsmangfold på grunn av kraftig økning i individantallet hos én art, ikke på grunn av nedgang i antall arter. De to gjenværende stasjonene med et artsmangfold som var lavere enn normalt, stasjon 38 på 20 m dyp i Kusevikfjorden og stasjon 48 på 6 m dyp i Kirkevågen, kan være påvirket av Chrysochromulina. Av dyregrupper som vi ville forvente å finne, manglet krepsdyr og pigghuder på stasjon 38.

To arter av gravende sjøpiggsvin, Echinocardium cordatum og Brissopsis lyrifera, viste skader på noen av stasjonene. Individene hadde mistet pigger, særlig på bakre halvdel av ryggsiden (Tab. 6). Skadete dyr ble funnet fra 13 til 56 m dyp, normale dyr fra 18 til 55 m dyp. Det var ingen påvisbar øst-vest gradient langs kysten.

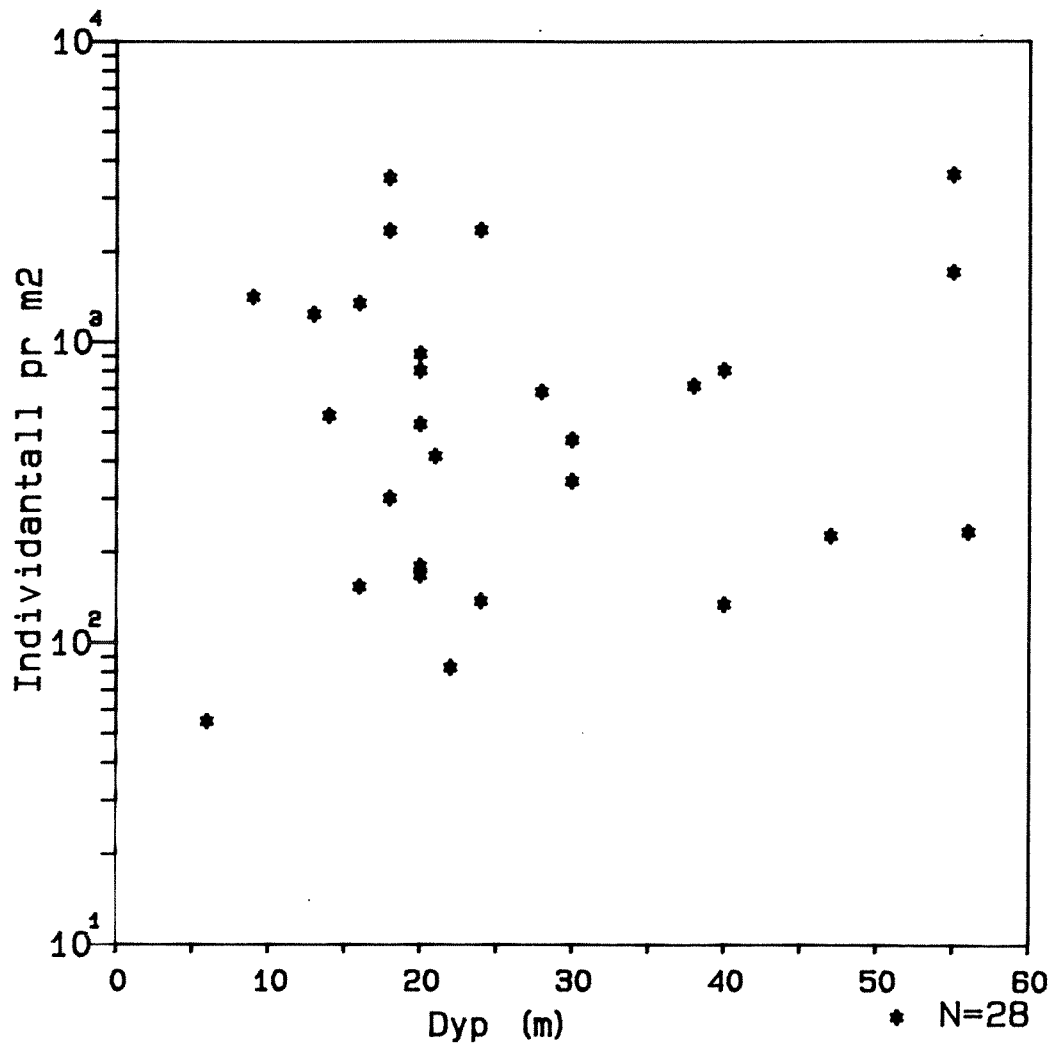
På ni av stasjonene fantes det resultater fra tidligere undersøkelser. Flere eldre stasjoner finnes, men disse ligger for det meste lenger inne i fjordene, på store dyp, eller på forurensningsbelastede lokaliteter. Tydelige endringer i negativ retning ble funnet på én av de tidligere undersøkte stasjonene (stasjon 10 på 20 m dyp nord for Merdøy). Her ble det funnet både krepsdyr og pigghuder i februar 1988, men disse var borte i juni. Stasjonen er imidlertid allerede påvirket av organisk belastning og sedimentet inneholder noe hydrogensulfid. Små svingninger i forurensningsgraden, og ikke nødvendigvis Chrysochromulina, kan derfor ha forårsaket fraværet av krepsdyr og pigghuder i juni.

Foruten grabb ble det brukt trekantskrape eller bunnsløde på noen av stasjonene. Disse redskapene samler fra et større areal enn grabben, og gir derfor mer materiale (flere arter og individer). Noen skrape- eller sledetrek ble også tatt uavhengig av grabbstasjonene. Det konserverte materialet er ennå ikke bearbeidet. Det ble imidlertid gjort en vurdering av materialet ombord. Feltobservasjonene kan oppsummeres som følger: Det var ikke mulig å fastslå noe unormalt i det materialet som ble samlet. Arter som er karakteristiske for de forskjellige biotopene som det ble samlet fra syntes å være til stede i normale antall. Det ble ikke observert nylig døde muslinger eller snegler.

Konklusjonen fra undersøkelsene av bløtbunnfaunaen fram til juni 1988 er at Chrysochromulina har forårsaket betydelige mindre skader på denne delen av økosystemet enn på hardbunnsamfunnene. Et unntak var gravende sjøpiggsvin. På enkelte av lokalitetene var de skadet ved at de til dels hadde mistet piggene. Imidlertid medførte begrensninger i stasjonsnett og vanskeligheter med innsamlingen av grabbprøver på grunne dyp at effekter kan ha blitt oversett. Bløtbunnsdyrenes gravende levesett kan ha gjort at de var bedre beskyttet.

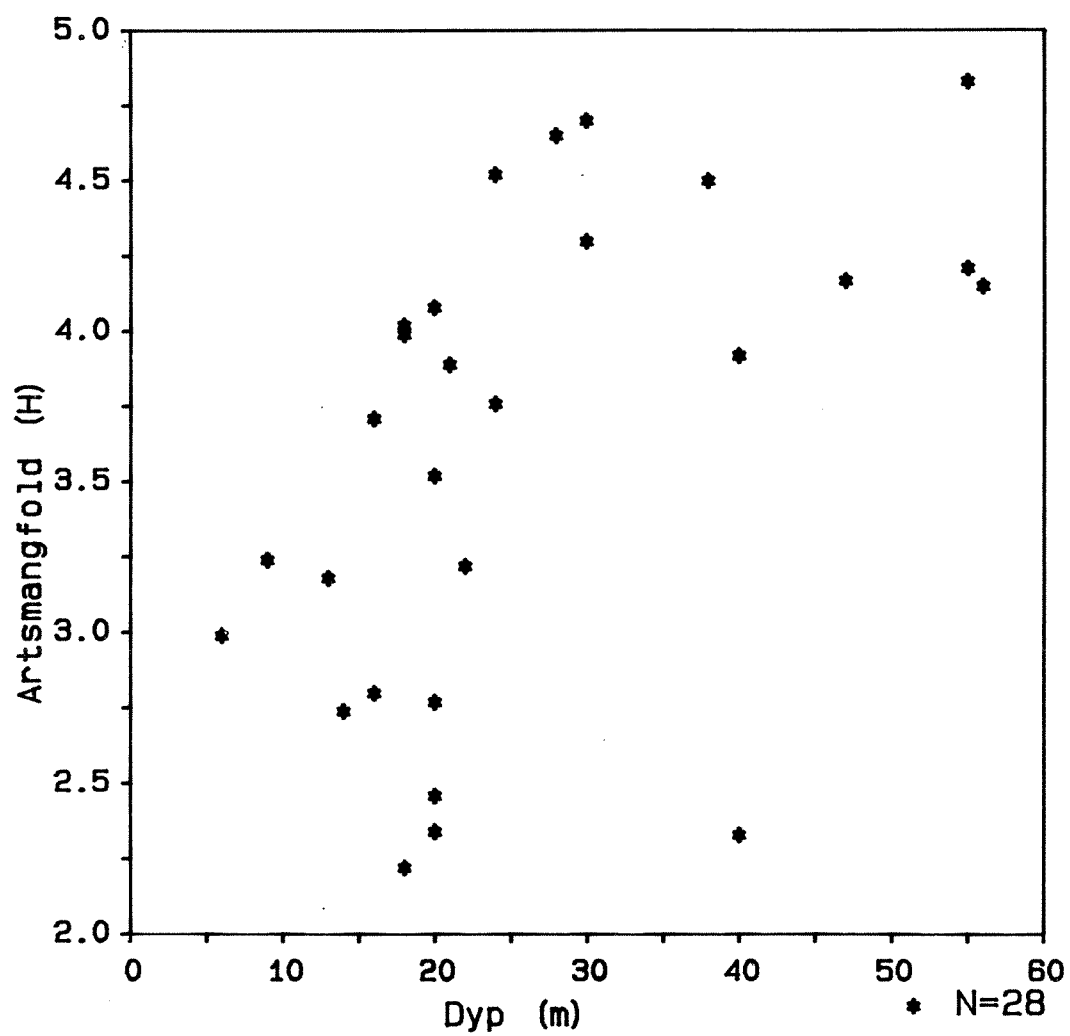
Tabell 6. Funn av normale (-) og skadete (+) individer av sjøpiggsvinene Echinocardium cordatum (Ec) og Brissopsis lyrifera (Bl)

STASJON	STED	DATO	DYP	ART	TILSTAND
I	Vikkilen	880530	18	Ec	+
I	"	880615	18	Ec	-
III	Gråholmen	880530	55	Ec	-
III	"	880615	55	Ec	-
5	Fevikkilen	880615	28	Ec	-
26	Skallefjorden	880617	30	Ec	-
42	Tånevikilen	880619	18	Bl	+
53	Einarsneset	880620	20	Ec	-
58	Grunnevik	880621	24	Ec	+
61	Rekefjord	880621	24	Bl	-
63	Vibberodden	880622	38	Ec	+
64	Grunnsundhlm.	880622	13	Ec	+
71	Rott	880623	47	Ec	-
72	Kårstø	880624	56	Ec	+
74	Røvær	880624	30	Ec	-



Figur 6. Individantall av bløtbunnfauna pr. m^2 på stasjonene i de forskjellige dyp i mai-juni 1988.

Chrysochromulina-1988



Figur 7. Artsmangfold (H) på stasjonene i de forskjellige dyp i mai-juni 1988.

5.4 Dyreplankton

Undersøkelsene i Langesund-Tvedestrandsområdet (6-9. juni) viste en planktonsammensetning som var normal for årstiden. Det var ikke åpenbare skjevheter eller mangler i sammensetningen. Det ble likeledes ikke påvist synlige virkninger på pelagiske larvestadier av bunndyr.

Havforskningsinstituttets undersøkelser (4-12. juni) antyder at krepsdyrsplanktonets kondisjon i Skagerrak var gjennomgående dårlig mens en i ytre Skagerrak fant plankton med normal kondisjon.

6. Seneffekter og rekoloniseringsforløp

6.1 Hardbunnsorganismer/strandnær fisk

Seneffekter på organismesamfunn vil dels bero på hvor bestandig giften er i miljøet og dels på biologien til de arter som ble påvirket.

På flere lokaliteter der det like etter algeinvasjonen var massedød av bentiske organismer har en senere observert at noen av artene på ny opptrer, f.eks. vanlig korstroll (Asterias rubens) og fisk.

Rask rekolonisering ser en hos arter som kan flykte unna algegiften (f.eks. fisk), og hos arter som finnes i områder (dyp) som ikke er påvirket og som over tid (uker) kan rekolonisere tidligere påvirkede områder (snegler, pigghuder).

En har også observert at individer av fagerving (Delesseria sanguinea) i ett område som i juni ble registrert som sterkt påvirket allerede i juli hadde påbegynt veksten med utgangspunkt i gjenværende midtribbe (I. Haugen, pers. med).

Slike observasjoner tyder på at den (de) aktive giftige komponenter som har forårsaket skader på bunnlevende organismer er lite bestandige i sin giftige form i miljøet eller relativt raskt fortynnes til et ikke-giftig nivå.

Det antas derfor at giftstoffet som ble produsert under algeoppblomstringen ikke i ettertid hemmer rekoloniseringsprosessen ved at giftstoffet gjør substratet mindre attraktivt. Indirekte kan imidlertid lokaliteter der større mengder organisk materiale har akkumulert være lite attraktive pga. lokal oksygensvikt og dannelse av hydrogensulfid. Dette er neppe noe stort problem, fordi de påvirkede områder ligger relativt grunt, vanligvis i eksponerte områder, der oksygentilførselen skulle være rikelig. Dette gjør at nedbrytningen av dødt organisk materiale går forholdsvis raskt. Dessuten vil etterhvert diverse åtselsetere (Pagurus, Cancer, Homarus, enkelte fisk og andre)

sannsynligvis spise opp døde dyr i løpet av de nærmeste uker-måneder.

Konsekvenser som eventuelt skyldes ikke-dødelige påvirkninger som ikke ble registrert i mai og juni er usikre. Oppdrettsfisk som viste tegn til påvirkning frisknet til igjen når den ble flyttet over til vannmasser med færre giftalger eller lavere saltholdighet (Berge og Føyn, 1988). Utifra disse erfaringer skulle en anta at ikke-dødelige virkninger i mai og juni ikke vil gi betydelige seneffekter i form av ytterligere dødelighet hos fisk.

Det er den senere tid observert en stor dødelighet av sel i områder som er påvirket av Chrysochromulina. Denne dødeligheten har i liten grad blitt knyttet til algeoppblomstringen. Sel er hovedsakelig fiskespisere og skulle ha stor sannsynlighet for å få i seg fisk som har vært påvirket av Chrysochromulina. Hvorvidt et slikt inntak har hatt noen negativ effekt på sel vites ikke. Seldøden strekker seg imidlertid både i tid og rom utover det som er rapportert for effekter av algeoppblomstringen. Dersom oppblomstringen har hatt betydning for seldøden langs norskekysten i de aktuelle områder er det mest sannsynlig at dette er i samvirke med andre faktorer, f.eks. ved å nedsette dyras motstandskraft mot infeksjoner.

På lang sikt vil det være artenes biologi som er avgjørende for restitueringsforløpet i de ulike organismesamfunn. Generelt sett kan en si at rekoloniseringsprosessen vil være avhengig av:

1. Forplantningsmåte (antall avkom, spredningsmåte).
2. Evne til vandring langs kysten og fra dypere til grunnere områder.
3. Den delen av en arts utbredelse i dypet der dødelighet har forekommet.
4. Avstand til formeringsdyktige bestander.

Rekolonisering av bestander av arter som har få egg, direkte utvikling uten pelagisk larvestadium, liten bevegelighet, langt fra områder (vertikalt, horisontalt) med overlevende individer av samme art, vil ta lengst tid. I denne kategori finner en kun purpursnegl (Nucella lapillus) som har hatt stor dødelighet. Kongesnegl (Buccinum undatum) har heller ikke pelagisk larvestadium, men lever dypere enn purpursnegl. Den totale bestanden var derfor mindre påvirket. Nucella forekommer ofte i store mengder og er et viktig rovdyr. Derfor vil dens fravær ha markert virkning på organismesamfunnet i tidevannssonen.

Purpursnegl legger egg i kapsler som festes til substratet. Hver kapsel inneholder flere hundre egg hvorav kun 10-12 når full utvikling etter ca fire måneders utvikling (Young and Thompson, 1976). Denne arten har ved sitt krypende levesett en meget begrenset evne til å vandre. Kun ved sporadisk transport på flytende gjenstander kan arten spres over større avstander (km). Denne arten er også påvirket på alle de stasjoner der den er observert, opp til noe syd for Bømlo. Dens hoveddydbredelse (tidevannssonen og ned til 2-3m) strekker seg

ikke utover det dybdeintervall som er påvirket av masseoppblomstringen av Chrysochromulina. De områder der denne sneglen etter masseoppblomstringen finnes i større mengder (nord for Bømlo) ligger nedstrøms for hovedstrømretningen langs kysten. Det er derfor begrenset sannsynlighet for at sneglen kan spres via drivende substrat fra disse områder. Østfra via den baltiske strøm kunne en teoretisk også få tilført drivende snegl til områder på norskekysten. Bestandene av Nucella i de områder der strømmen passerer før den når Norge er imidlertid sannsynligvis også påvirket. Den østlige utbredelsesgrense for denne sneglen er Kattegat.

Totalt sett betyr dette at bestanden av Nucella har ytterst liten mulighet til å bli restituert i de påvirkede områder innen overskuelig fremtid (10 år) uten at en ved en utstrakt transplantasjonsinnsats fremskynder rekoloniseringsprosessen. Den eneste mulighet for at bestandene skal kunne ta seg opp, er at en har upåvirkede kildesamfunn inne i fjordene, som kan danne grunnlag for en noe mer lokal spredning.

Når det gjelder de resterende virvelløse dyr, har disse alle et pelagisk larvestadium som gjør at de fra områder (dyp, fjorder) som ikke er påvirket relativt lett skulle kunne rekolonisere de områder hvor de var alvorlig påvirket. Rekoloniseringen vil skje ved innvandring av voksne individer eller ved bunnslåing av pelagiske larver. For dyr med evne til å vandre vil rekoloniseringen først hovedsakelig skje fra dyp som ikke er påvirket. For fastsittende arters vedkommende vil rekolonisering skje via de pelagiske stadier på det tidspunkt som deres biologi tilsier. De fleste arter gyter årlig, slik at rekolonisering vil kunne skje innen ett år. Flere av artene er imidlertid flerårige. Teoretisk sett vil en naturlig aldersfordeling i nyrekrutterte områder ikke oppnås før etter en periode tilsvarende lengste livsytklus. For noen få av artenes vedkommende (kuskjell) kan dette dreie seg om 10 år. Imidlertid er de ulike arter og aldersgruppefordelinger av dyr på hardbunn ekstremt flekkvis også i upåvirkede samfunn når en unntar tidevannssonen. Dessuten er ikke alle individer av en art i et influert område påvirket. Dette betyr at en sannsynligvis etter en periode på 1-2 år med unntak for purpursnegl, får tilnærmet naturlige samfunn i områder som sommeren 1988 var sterkt påvirket.

Fra andre områder der en har hatt oppblomstring av alger som har medført massedød i naturlige organismsamfunn er det observert at børstemark gjenvant likevekt i samfunnet allerede etter knappe 1 år (Dauer og Simon, 1976).

6.2 Bløtbunnfauna

Konklusjonen fra bløtbunnfaunaundersøkelsene i juni var at bare ubetydelige effekter av Chrysochromulina kunne påvises. Hvis det var direkte virkninger av algene i vannmassene, burde de ha gitt seg utslag allerede i juni, på samme måte som de gjorde for deler av hardbunnsamfunnene og fisk. Eventuelle seneffekter på bløtbunnfaunaen kan tenkes å opptre gjennom to mekanismer: (1) ved sedimentering

(bunnfelling) av algene, og (2) ved sviktende rekruttering fordi bunnfaunaens pelagiske larver ble slått ut. Svært mange bunnlevende arter (også på store dyp) har larvestadier som lever pelagisk i de øvre vannlag, hvor Chrysochromulina opptrådte. Hvorvidt sedimenterte alger kan ha noen giftvirkning, eller hvorvidt pelagiske larver ble redusert i antall i noen betydelig grad, er utilstrekkelig kjent. Eventuelle virkninger på bunnen vil vise seg senere. En kontroll av eventuelle seneffekter på bløtbunnfaunaen bør gjøres ved at et utvalg av stasjonene som ble prøvetatt i juni 1988 tas på nytt høsten 1988 og i juni 1989.

7. Mulige årsak/virkning-sammenhenger

Arbeidet med å finne fram til om Chrysochromulina polylepis er giftig og måten giften virker på ble påbegynt umiddelbart etter de første observasjonene av forgiftninger som fulgte oppblomstringen. Det var ikke tidligere kjent at denne flagellaten kunne medføre forgiftninger. Kombinert bruk av biotester og kjemiske metoder påviste at Chrysochromulina polylepis var giftproduserende (Underdal et al. 1988).

Chrysochromulina polylepis tilhører algeklassen Prymnesiophyceae. I denne klassen er det flere giftproduserende arter, og mest studert er Prymnesium parvum. Det foreligger et omfattende kunnskapsgrunnlag knyttet til giften hos Prymnesium parvum (Skibo 1981, Kozakai et al. 1982).

Det var naturlig å forvente at en liknende gift var til stede hos den systematisk nærstående arten Chrysochromulina polylepis. Dette viste seg å være tilfelle. Med kjemiske ekstraksjonsmetoder, tester med leverceller og bioassay med mus kunne det påvises tilstedeværelse i Chrysochromulina polylepis av en utskillbar gift med egenskaper som liknet de beskrevne for prymnesinkomplekset (Underdal et al. 1988). Giftvirkningene til prymnesinkomplekset omfatter flere kategorier av virkninger påvist både i naturlige situasjoner og i laboratorieforsøk. Det brede spektrum av biologiske virkninger er knyttet til f.eks. giftvirkning på celler, blodceller, nervesystem, fisk, og bakterier (Skibo 1981). Giftstoffet fra Prymnesium er kjemisk beskrevet som nærstående med glykolipider (Kozakai et al. 1982).

Undersøkelsene med prøvematerialet innsamlet under oppblomstringen med Chrysochromulina polylepis i norske kystfarvann mai-juni er under rapportering (august 1988). Giften er påvist i bl.a.:

- ekstrakter av celler til Chrysochromulina polylepis i naturlig populasjon.
- ekstrakter av vann fra oppblomstringer med Chrysochromulina polylepis.
- ekstrakter av muslinger som ble innsamlet i områder hvor kontakt med oppblomstring av Chrysochromulina polylepis hadde funnet sted.

- ekstrakter av innvoller av fisk som var innsamlet i områder påvirket av oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis.

På den biologiske virkningssiden kan bl.a. følgende forhold nevnes:

- Giften fra algen virker gjennom ødeleggelse av cellemembraner.
- Det medfører bedøvelse og paralyse.
- Analyser har vist at det finner sted oppkonsentrering av gift fra algen i blåskjell.
- Giften er ikke funnet i fiskekjøtt.

De foreliggende resultater viser en klar sammenheng mellom oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis, produksjon og utskilling av et giftstoff og giftvirkninger i organismesamfunn i de berørte kystområder.

Etter oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis har en sett virkninger på såvidt forskjellige organismegrupper som fisk og fastsittende alger. Dette skulle tilsi at giften enten virker på meget fundamentale biologiske prosesser som er felles for en rekke organismegrupper, eller at giften virker på en rekke ulike biologiske prosesser. Det er størst sannsynlighet for at det første er riktig. Påvirkning av transport over cellemembraner en aktuell mekanisme som kan forklare at mange forskjellige organismegrupper blir påvirket.

Hvorvidt giften har noen nytteverdi for den algen som produserer det er usikkert. I forbindelse med masseoppblomstring av andre alger (Gymnodinium breve) som har forårsaket giftvirkninger på naturlige organismesamfunn (Simon og Dauer, 1972, Steidinger og Ingle, 1972) er det imidlertid blitt antydnet at næringssalter som frigis fra de døde organismer kan stimulere en ytterligere algevekst (referert i Steidinger og Ingle, 1972).

Chrysochromulina polylepis er en alge som foruten fotosyntetisk aktivitet også kan skaffe seg organisk næring ved å oppta partikler. Det kan derfor tenkes at giftvirkningene på andre organismer på kort sikt øker mengden av tilgjengelige døde organiske partikler i vannmassene. En tredje hypotese er at giftvirkninger på andre organismer reduserer konkurransen og beitingen fra andre organismer, og derved gir en positiv virkning for Chrysochromulina polylepis.

8. Litteratur

- Berge, G. og L. Føyn, 1988. Rapport om oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis i mai - juni 1988. Overvåkning, vasrsling, oppfølgende tiltak. Havforskningsinstituttet, Bergen, juli 1988.
- Dauer, D.M. og J.L. Simon, 1976. Repopulation of the polychaete fauna of an intertidal habitat following natural defaunation: species equilibrium. *Oecologia* (Berl.), 22: 99-117.
- Edwardsen, B. Anstensrud, M., Christie, H., Fredriksen, S., Gray, Leinaas, H.P., Schram, T., Saanum, I., Winther-Larsen, T., 1988. Rapport fra undersøkelse om effekter på bunnlevende organismer og strandlevende fisk på kyststrekningen Langesund - Tvedestrand etter oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis.
- Espeland, G., 1988. Masseoppblomstring av Chrysochromulina polylepis mai 1988. Forekomster og skadevirkninger langs kysten av Dalane, Sør-Rogaland. Dalane offentlige kjøtt- og næringsmiddelkontroll, Egersund.
- Gjøsæter, J., T. Johannessen, 1988. Algeoppblomstringen i Skagerrak mai 1988. Effekter på bunnfauna på Sørlandskysten. Statens Biologiske Stasjon Flødevigen. Meldinger Nr. 3-1988.
- Green, N., Knutzen, J., Åsen, P.A. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 3. Gruntvannssamfunn 1982-1983. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 189/85. SFT/NIVA.
- Kozakai, H., Oshima, Y. and Yasumoto, T. 1982. Isolation and structural elucidation of hemolysin from the phytoflagellate Prymnesium parveum. *Agric. Biol. Chem.* 46 (1), pp. 233-236.
- Larsen, G., 1988. Undersøkelse i ytre Oslofjord om utbredelsen av planktonalgen Chrysochromulina polylepis. Fylkesmannen i Østfold Miljøvern avdelingen, 16 sider.
- Rygg, B. 1986. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. Rapport 2. Forurensningsvirkninger på bløtbunnfaunasamfunn. NIVA-rapport 1890. Oslo, 42 s.
- Simon, J.L. og D.M.Dauer, 1972. A quantitative evaluation of red-tide induced mass mortalities of benthic invertebrates in Tampa Bay, Florida. *Environmental Letters* 3: 229-234.
- Skibo, M. 1981. The toxic principles of Prymnesium parvum, in: Carmichall, W.W. (ed.) - *The Water Environment*. Plenum Press, New York, pp. 37-47.

- Steidinger, K.A. og R.M. Ingle, 1972. Observations on the 1971 summer red tide in Tampa Bay, Florida. *Environmental Letters* 3: 271-278.
- Underdal, B., Skulberg, O.M., Dahl, E. and Aune, T. 1988. Disastrous bloom of Chrysochromulina polylepis (Prymnesiophyceae) in Norwegian coastal waters - extensive mortalities among marine biota. *Science*, in prep.
- Young, C.M. and T.E. Thompson, 1976. *Living marine Molluscs*. William Collins Sons & Co Ltd, Glasgow, 288 pp.
- Åsen, P.A., 1978. Marine benthosalger i Vest-Agder. Hovedfagsarbeid, Univ. i Bergen. 190s.
- Åsen, P.A., 1988. Registrering av marin fastsittende algevegetasjon og skadevirkninger forårsaket av Chrysochromulina polylepis på utvalgte lokaliteter i Agder. Fylkesmannen i Aust-Agder, miljøvernavdelingen. Rapport 9-1988.