

061

oppdragsmelding

Hardbunnssamfunn i Skagerrak etter *Chrysochromulina*- oppblomstringen våren 1988 - resultater fra 1990

Hartvig Christie
Hans Petter Leinaas
Eli Rinde
Morten Anstensrud (†)



NINA

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

Hardbunnssamfunn i Skagerrak
etter *Chrysochromulina*-
oppblomstringen våren 1988
- resultater fra 1990

Hartvig Christie
Hans Petter Leinaas
Eli Rinde
Morten Anstensrud (†)

NINAs publikasjoner

NINA utgir seks ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe mm. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Notat

Serien inneholder symposie-referater, korte faglige rede-gjørelser, statusrapporter, prosjektskisser o.l. i hovedsak rettet mot NINAs egne ansatte eller kolleger og institusjoner som arbeider med tilsvarende emner. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvernavdelinger, turist- og friluftslivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er **publisert andre steder**, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Seniorforsker Svein Myrberget er redaktør for NINA Forskningsrapport og NINA Utredning.

Christie, H., Leinaas, H.P., Rinde, E. & Anstensrud, M.
Hardbunnssamfunn i Skagerrak etter *Chrysochromulina*-
oppblomstringen våren 1988 - resultater fra 1990
NINA Oppdragsmelding 61: 1-21

Oslo, mars 1991

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0117-8

Klassifisering av publikasjonen:

Norsk: Forurensning og miljøovervåking i marint miljø
Engelsk: Pollution and monitoring of marine ecosystems

Rettighetshaver:

NINA Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Erik Framstad
NINA, Ås-NLH

Design og layout:

Klaus Brinkmann
NINA, Ås-NLH

Sats: NINA, Oslo

Trykk: Rank Xerox, Fredrikstad

Innbinding: Henning Melsom A/S

Opplag: 60

Kontaktadresse:

NINA
Boks 1037 Blindern
0315 Oslo 3
Tel: (02) 45 46 84

Referat

Christie, H., Leinaas, H.P., Rinde, E. & Anstensrud, M. 1991. Hardbunnssamfunn i Skagerrak etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - resultater fra 1990. - NINA Oppdragsmelding 61: 1-21.

Oppblomstringen av algen *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988 ga akutte drastiske effekter på hardbunnssamfunnet ned til 12-15 m dyp. Direkte effekter var stort sett kortvarige, men indirekte effekter etter sterk umiddelbar reduksjon av viktige predatorer, som sjøstjerner og purpurnegl, synes viktigst på lang sikt, spesielt i ytre kyststrøk. Dette bortfallet av predatorer ga opphav til et mektig belte av blåskjell ned til 5-7 m dyp som utkonkurrerte andre fastsittende organismer. Dette ga igjen opphav til masseforekomst av predatorer som sjøstjerner, med påfølgende nedbeiting av blåskjellbeltet i løpet av høsten 1989 og våren 1990. Store ansamlinger av ærfugl har også trolig hatt stor betydning for nedbeitingen, særlig i tidevannssonen. Purpurnegl, som vanligvis er en dominerende predator i tidevannssonen, var fortsatt for fåtallig sommeren 1990 til å ha noen avgjørende betydning i denne utviklingen. Etter nedbeitingen av blåskjell i de øvre 5-6 m har det skjedd en suksessjon av fastsittende organismer, dominert av alger, men med mindre innslag av langtlivende arter enn normalt. På dypere vann ble samfunnet av fastsittende dyr forholdsvis raskt restituert etter algeoppblomstringen, men synes påvirket av økende beitepress fra sjøstjerner som vandrer nedover etter at blåskjellbeltet på grunnere vann har blitt beitet bort. Totalt har algeoppblomstringen gitt indirekte langtidseffekter som har ført til en labil samfunnsstruktur med fortsatt store svingninger.

Emneord: *Chrysochromulina* - Langtidseffekter - Blåskjell - Predasjon - Sjøstjerner - Ærfugl - Purpurnegl

Hartvig Christie, Hans Petter Leinaas og Eli Rinde, NINA, Boks 1037, Blindern, N-0315 Oslo 3

Morten Anstensrud (†), Avdeling for marin zoologi og marin kjemi, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, Boks 1064, Blindern, N-0316 Oslo 3

Abstract

Christie, H., Leinaas, H.P., Rinde, E. & Anstensrud, M. 1991. Hard bottom communities on the Skagerrak coast after the *Chrysochromulina* bloom in spring 1988 - results from 1990. - NINA Oppdragsmelding 61: 1-21.

The bloom of the alga *Chrysochromulina polylepis* in Skagerrak during spring 1988 gave acute drastic effects on the hard bottom community down to 12-15 m. Direct effects were mainly of short duration, while indirect effects due to a strong immediate reduction of important predators (*Asterias rubens* and *Nucella lapillus*) seem most important in the long term, especially in exposed coastal areas. This reduction in predators resulted in dense beds of mussels *Mytilus edulis* down to 5-7 m which replaced competing settled organisms. This further resulted in mass occurrences of predators such as the starfish *Asterias rubens*, with a subsequent heavy grazing of the mussels during the autumn 1989 and spring 1990. Large flocks of eiders may also have contributed to the decline of the mussels. The snail *Nucella lapillus* was still too infrequent to matter during summer 1990. After the reduction of the mussels in the upper 5-6 m there has been a succession of other settled organisms, dominated by algae, but with reduced abundance of the normal number of long-lived species. In deeper waters the settled organisms were rather quickly restored after the algal bloom, but seem to be influenced by the increasing grazing pressure from starfish migrating down as the mussel beds in shallow waters have been depleted. The algal bloom has resulted in longlasting indirect effects with an unstable community structure and great fluctuations.

Key words: *Chrysochromulina* - Long-lasting effects - Mussels - Predation - Starfish - Eiders - *Nucella lapillus*

Hartvig Christie, Hans Petter Leinaas and Eli Rinde, NINA, PO Box 1037, Blindern, N-0315 Oslo 3, Norway

Morten Anstensrud (†), Section for Marine Zoology and Marine Chemistry, Department of Biology, University of Oslo, PO Box 1064, Blindern, N-0316 Oslo 3, Norway

Forord

Direktoratet for naturforvaltning (DN) har ønsket å kartlegge langtidseffektene og de kystnære økologiske samfunns restituering etter oppblomstringen av den giftige algen *Chrysochromulina polylepsis* i Skagerrak våren 1988. NINA har vært engasjert for å registrere utviklingen i hardbunns-samfunn etter algeoppblomstringen på strekningen Nevlunghavn - Tvedestrand. I tilknytning til disse undersøkelserne er det også utført mer inngående studier på én lokalitet (Jomfruland) for å belyse økologiske prosesser som ligger til grunn for de endringene som observeres. I tillegg til denne undersøkelsen fra 1990, har DN også finansiert NINA-undersøkelser utført i 1988 og 1989.

Undersøkelsene er foretatt i regi av NINAs Østlands-avdeling. Det første feltarbeidet i 1990 (27. mars) fikk en brå og tragisk slutt da Morten Anstensrud omkom i en ulykke. Gjennomføringen av prosjektet i 1990 har båret preg av dette tapet av en god venn og dyktig medarbeider.

Vi vil takke Lars Kleivane for feltassistanse.

Oslo, februar 1991

Hans Petter Leinaas
prosjektleder

Innhold

	side
Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	5
2 Lokalteter og metoder	6
3 Resultater og diskusjon	6
3.1 Jomfruland	6
3.1.1 Blåskjelltetthet	6
3.1.2 Faktorer som påvirker blåskjellforekomstene	9
3.1.3 Utviklingen av fastsittende organismer	14
3.2 Andre lokaliteter sammenliknet med Jomfruland	17
4 Konklusjon	19
5 Sammendrag	20
6 Litteratur	21

1 Innledning

Oppblomstring av den giftige algen *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988 påvirket en rekke arter bunndyr og rammet spesielt hardtbunnsamfunn fra tidevannssonen og ned til 12-15 m dyp. Den giftige algen hadde varierende effekt på de ulike artene, og effektene var mer merkbare i ytre kyststrøk enn innover i skjærgården og i fjordene. Purpursnegl (*Nucella lapillus*) og sjøstjerner (*Asterias rubens*) ble nesten helt utryddet, og stor dødelighet ble registrert hos svamper, bløtdyr, pigghuder, søkkdyr, strandlevende fisk og rødalger. Andre dyre- og plante-grupper så ut til å ha vært mer tolerante overfor den giftige algen. Slike skader ble registrert langs hele Skagerrakkysten (Berge et al. 1988, Edvardsen et al. 1988, Rosenberg et al. 1988). Siden algeoppblomstringen har NINA-Østlandet fulgt utviklingen i hardtbunnsamfunnene på 5 stasjoner fra Nevlunghavn til Tvedestrand, med hovedvekt på undersøkelser fra utsiden av Jomfruland. Formålet har vært å studere hardtbunnsamfunnets langtidsreaksjoner og reetableringsevne etter denne kraftige, akutte miljøforstyrrelsen.

De fleste artene som ble påvirket av algeoppblomstringen, viste betydelig grad av restituering allerede i løpet av 1988, enten ved nyrekruttering eller oppvandring fra dypere vann (Gray et al. 1989, Gjørseter & Johannesen 1989). Påvirkete individer av rødalger og lærkorallen dødningshånd var i stor grad i stand til å restituere seg, men for de fleste fastsittende dyr skjedde restitueringen ved rekruttering av nye generasjoner (sannsynligvis fra upåvirkete populasjoner fra dypere vann). Allerede høsten 1988 ble det registrert et kraftig nedslag av sjøstjernelarver som vokste opp. Purpursnegl, derimot, forble meget fåtallig i denne perioden. Noen restpopulasjoner av arten hadde overlevd i tidevannspoller hvor *Chrysochromulina* ikke hadde kommet inn pga lav vannstand i den kritiske perioden. Høsten 1989 ble det også observert noen svært store dyr som muligens hadde overlevd på dypere vann (Leinaas et al. 1990). Spredningen fra disse overlevelses-sentraene foregikk imidlertid meget langsomt, og selv høsten 1989 var purpursneglene fåtallige og bare flekkvis utbredt langs de undersøkte strendene.

De mest løynefallende effektene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen var imidlertid fra og med høsten 1988 forårsaket av indirekte (sekundære) reaksjoner på denne hendelsen. Normalt er predasjon en effektiv begrensende faktor for blåskjell på mer eksponerte lokaliteter, hvor de derfor oftest bare forekommer flekkvis nederst i tidevannssonen. Men fordi viktige predatorer (bl a sjøstjerner og purpursnegl) ble sterkt redusert eller utryddet i de øvre 15 m av sublittoralssonen, ble det i løpet av 1988-89 etablert et

helt unormalt mektig blåskjellbelte langs det meste av de ytre deler av Skagerrakkysten. I våre undersøkelses-områder utgjorde dette et tett teppe fra tidevannssonen og ned til ca 5 m dybde og ofte med høye tettheter ned til 7-8 m dyp. I grunne områder som på utsiden av Jomfruland strakte blåskjellbeltet seg 50-100 m utover. Disse blåskjellforekomstene utkonkurrerte annen fastsittende flora og fauna, men gav gode oppvekst-betingelser for predatorer. Sjøstjernelarver som bunnslø høsten 1988, etablerte således en meget kraftig årsklasse, som er blitt fulgt ved senere befaringer. Sjøstjernelenes individuelle vekst var rask gjennom sommeren 1989, og effekten av beitingen på blåskjellbeltet ble tydelig utover høsten 1989 (Leinaas et al. 1990).

På mer beskyttete undersøkelseslokaliteter var etableringen av blåskjellbeltet mindre. Det ble stort sett beitet ned av sjøstjerner og ærfugl allerede sommeren 1989. På de mer eksponerte områdene, derimot, var langtidseffektene på hardtbunnsamfunnet høsten 1989 mer dramatiske enn de effektene en kunne observere umiddelbart etter algeoppblomstringen.

Denne rapporten er en oppfølging av fjorårets rapport fra NINA (Leinaas et al. 1990) og beskriver utviklingen i disse hardtbunnsamfunnene fra høsten 1989 til høsten 1990. Siden utviklingen på utsiden av Jomfruland har vist seg å være representativ for utviklingen på eksponerte lokaliteter på ytre kyststrøk (Leinaas et al. 1990), ble også undersøkelser i 1990 konsentrert om denne lokaliteten. Som rutine for registrering av utviklingen på hardtbunnsamfunn på strekningen Nevlunghavn-Tvedestrand, foretok vi som tidligere år undersøkelser på alle stasjonene ved en befaring i juni.

2 Lokalteter og metoder

Figur 1 viser kart over strekningen fra Nevlunghavn til Tvedestrand med våre stasjoner avmerket. Stasjonen på utsiden av Jomfruland er i løpet av 1990 besøkt i mars, mai, juni, august/september og november. De øvrige stasjonene er besøkt i juni.

Undersøkelsene har vært mest omfattende på Jomfruland, med 5 tokt i 1990. Vi har der foretatt detaljerte studier i tidevannssonen (littoralsonen) og i sublittoralen ned til ca 15 m dyp. I littoralsonen er flora og faunasammensetningen registrert ved ruteanalyser (0,5 x 0,5 m) og ved å måle utbredelse av blåskjellbelte og ulike vegetasjonstyper. I to poller der purpurnegl har hatt høy overlevelse, er ca 1000 individer merket og målt for å studere deres spredning og vekst. Ved hvert tokt i 1989 og 1990 har antall purpurnegl fra tidevannssonen og ned til ca 2 m dyp blitt registrert langs en ca 15 m lang strandlinje.

I sublittoralen er undersøkelsene først og fremst basert på undervannsfotografering i en ramme på 0,5 x 0,5 m supplert med semikvantitativ registrering av artsammensetning. På hvert dybdenivå (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 15 m) er det tatt 5 bilder. Bildene er analysert mht dekningsgrad og individtetthet av artene. Problemer med kamera har ført til at ikke alle dypene er fulltallig registrert hver gang, og store døninger har enkelte ganger skapt problemer med registreringer på 1 m dyp. Registreringene er foretatt langs to transekter, et ytre transekt fra 15 m og opp til et lite skjær og et indre transekt fra 4 m dyp innenfor dette skjæret og inn til stranden på Jomfruland. Begge transektene må betegnes som meget eksponerte, men indre transekt er noe mindre eksponert fordi de største bølgene bryter ved det lille skjæret.

På de 4 andre stasjonene som er undersøkt i juni 1990 er artssammensetning registrert fra ca 0-15 m ved fotografering og semikvantitativ analyse. Dette gjelder to beskyttete lokaliteter (Arø og Svenskeholmen) i skjærgården innenfor Jomfruland og to eksponerte lokaliteter, Oddane skjær utenfor Nevlunghavn og Langeboen utenfor Tvedestrand. På de to sistnevnte er også en beskyttet innside av skjæret registrert fra 0-3 m dyp.

3 Resultater og diskusjon

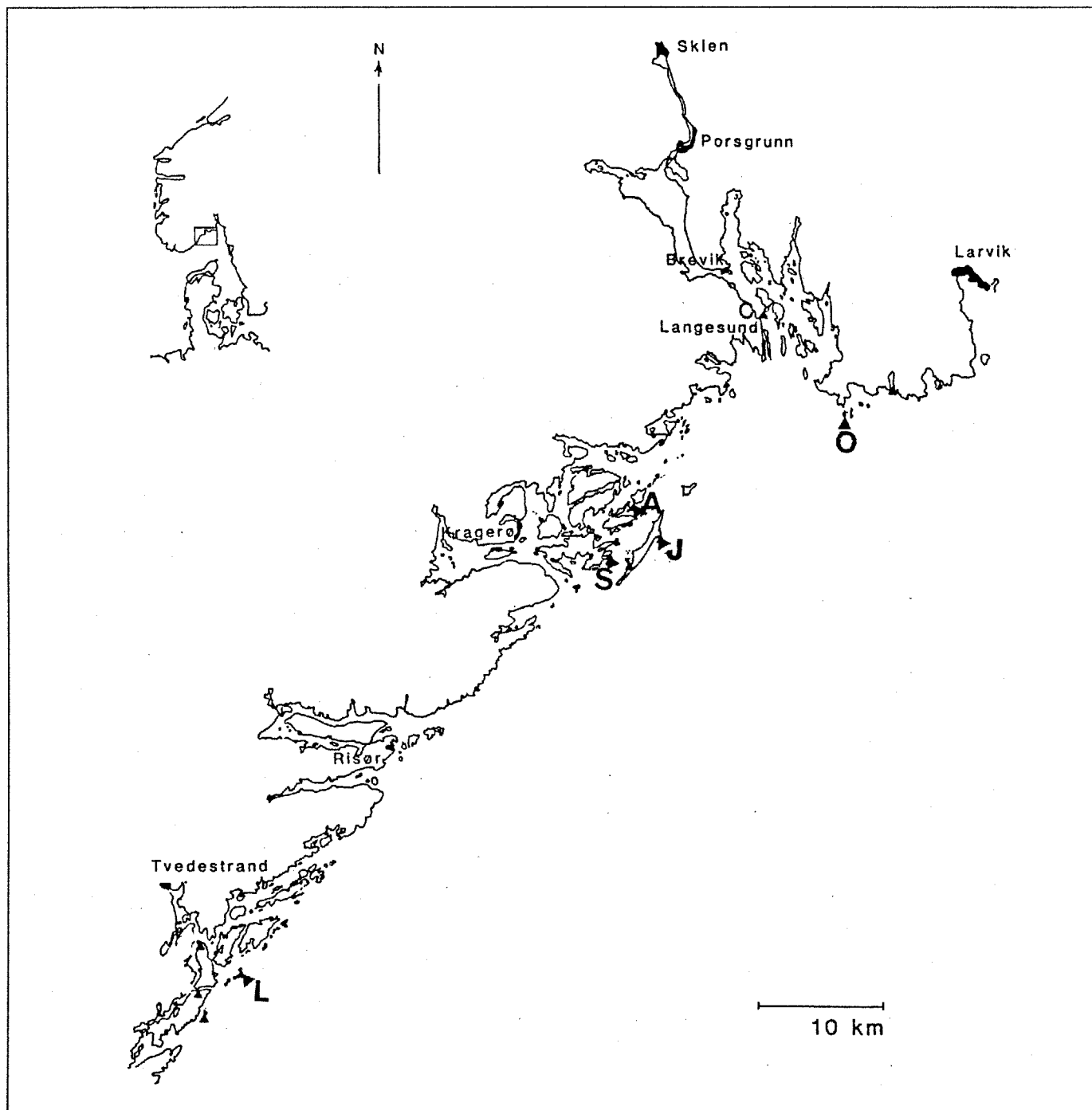
3.1 Jomfruland

3.1.1 Blåskjellbeltet

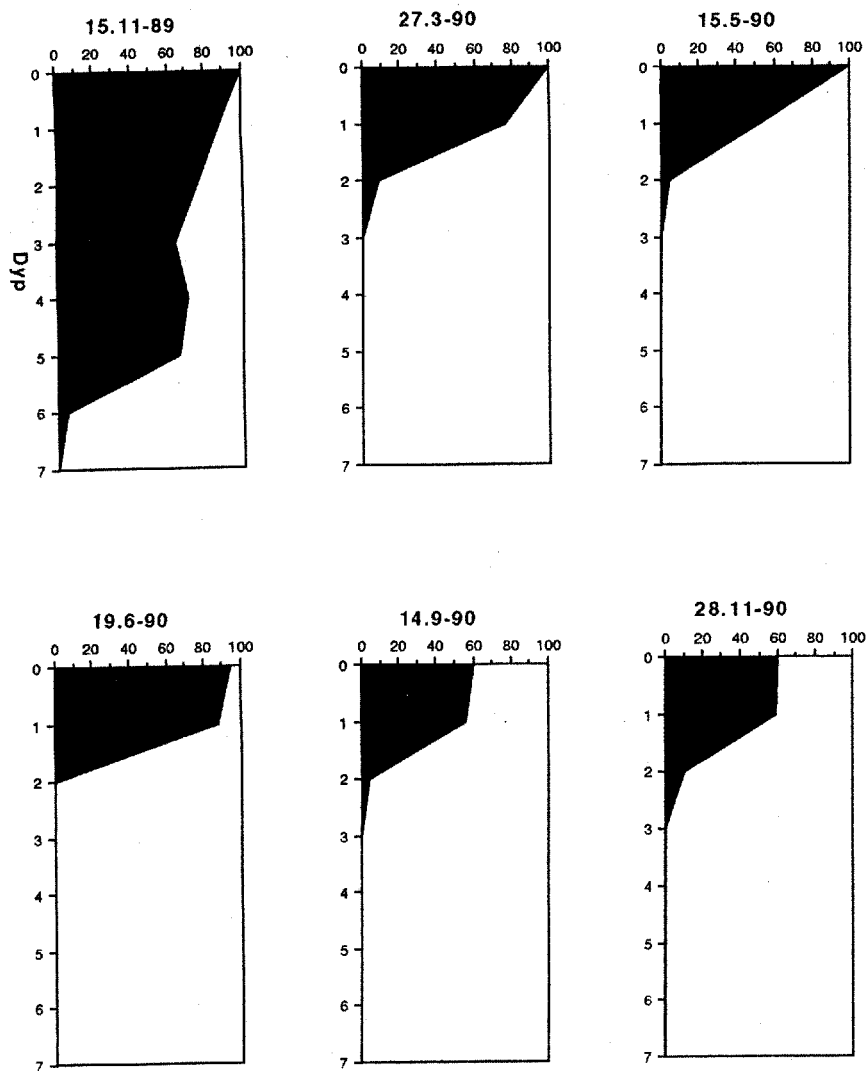
På de eksponerte lokalitetene nådde blåskjellbeltet en maksimal dekning sommeren 1989. Figur 2 viser utviklingen av dette blåskjellbeltet på ytre transekt fra november 1989 til november 1990. Utover høsten 1989 skjedde det en betydelig nedbeiting av blåskjell (*Mytilus edulis*), men de dominerte fortsatt ned til 5-6 m dyp i november samme år (figur 2). I løpet av den milde vinteren 1989-90 skjedde det så en rask nedbeiting, slik at bare de øverste ca 1,5 m av blåskjellbeltet sto igjen i mars 1990. I denne øverste sonen, som er sterkt påvirket av brønninger, skjedde endringene mye langsommere. I løpet av våren ble blåskjellenes dominans redusert også her, men nye nedslag av blåskjell sommeren 1990 førte til en midlertidig økning av blåskjellforekomstene i de øverste 1,5-2 m. I november 1990 var dekningsgraden av blåskjell fremdeles over 50% i den øverste meteren.

Nedbeitingen av blåskjell i sublittoralen skjedde raskere ved det indre transektet. Fordi registreringene kunne foretas fra land, kunne utviklingen av blåskjellbeltet her registreres med finere vertikalgradering enn på ytre transekt. Allerede i november 1989 var blåskjellene redusert til et belte med vertikal utbredelse på 1-1,2 m. Også på indre transekt skjedde den videre reduksjonen av blåskjellene i den øvre sonen langsomt. Selv i juni 1990 hadde blåskjellbeltet en vertikal utbredelse på 60-80 cm. På grunn av skjellenes individuelle vekst hadde disse i løpet av mai-juni nådd en så stor dekningsgrad at de hadde presset seg oppå hverandre i flere lag på opptil 5-7 cm tykkelse. Mot slutten av sommeren skjedde det så et helt nytt fenomen, i det hele det indre blåskjellbeltet ble beitet ned i løpet av kort tid. Våre observasjoner tyder på at det var ærfugl som gjorde dette.

Figur 3 viser størrelsesfordelingen av blåskjell (antall pr 0,01 m²) i mai og juni 1990 fra tidevannssonen ved indre transekt. Et markert maksimum av individer < 1mm 20. juni viser at det hadde vært kraftig larvenedslag siden mai-innsamlingen i blåskjellteppet. I juni ble det også observert store mengder nylig nedslåtte skjell i vegetasjonen nedenfor, men i motsetning til det ytre transekt resulterte ikke dette i noen vellykket rekruttering; så og si alt var borte innen august. Antallet dyr i de større størrelsesklasser viste at det hadde vært god vekst våren 1990.



Figur 1
Kart over undersøkelsesområdet med våre stasjoner avmerket. O - Oddane skjær, J - Jomfruland, A - Arø, S - Svenskeholmen, L - Langeboen.
Map of the study area with sample sites marked.



Figur 2
Utvikling av blåskjellbeltet på ytre transekt, 0-7 m dyp, på Jomfruland. Blåskjellforekomstene er angitt i % dekningsgrad registrert på hver hele meter.
Development of the belt of mussels *Mytilus edulis* on the outer transect, 0-7 m depth, on the island Jomfruland. The occurrence of mussels is given as % cover for each whole metre.

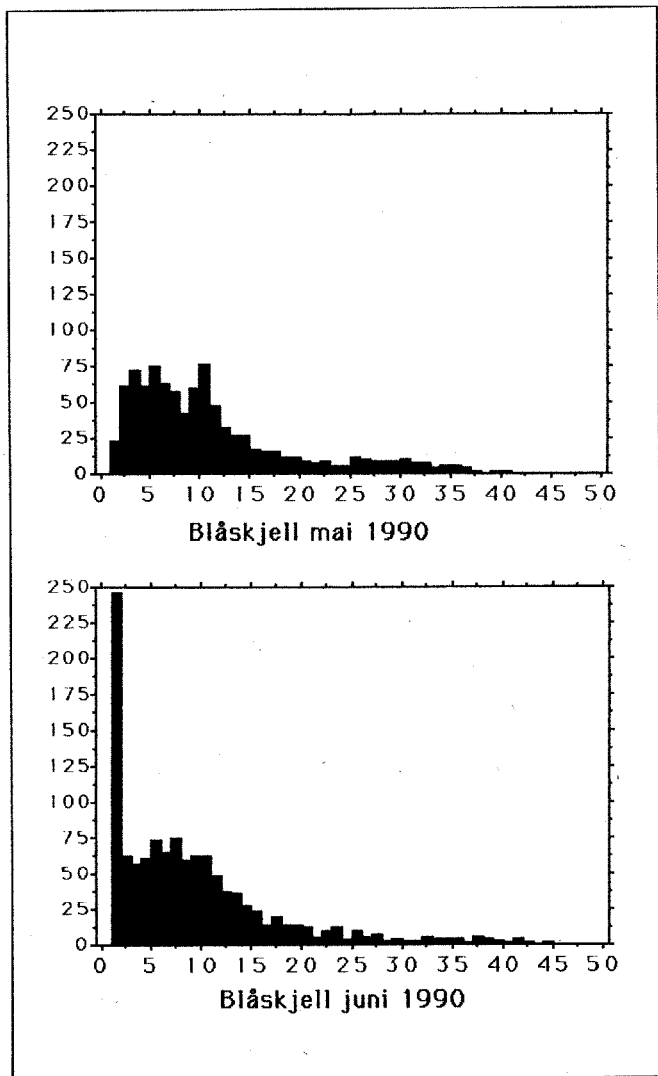
3.1.2 Faktorer som påvirker blåskjellforekomstene

Arsaken til blåskjellenes framvekst var den kraftige reduksjonen av predatorpopulasjonene etter algeoppblomstringen (Gray et al. 1989, Leinaas et al. 1990). Tilsvarende skyldes den påfølgende reduksjonen av blåskjellbeltet at flere predatorer reagerte positivt på de gode næringsbetingelsene som denne blåskjellforekomsten representerte. Reaksjonsmønsteret til flere predatorer (sjøstjerner, purpursnegl, ærfugl, krabbe) har sannsynligvis hatt betydning for forløpet i denne utviklingen. Selv om sjøstjerner antas å være den viktigste predatoren på blåskjell i sublittoralen, vil også ærfugl og krabbe kunne ha betydelig effekt. I tidevannssonen er det purpursnegl og ærfugl som er de potensielt viktigste predatorene.

Sjøstjerner

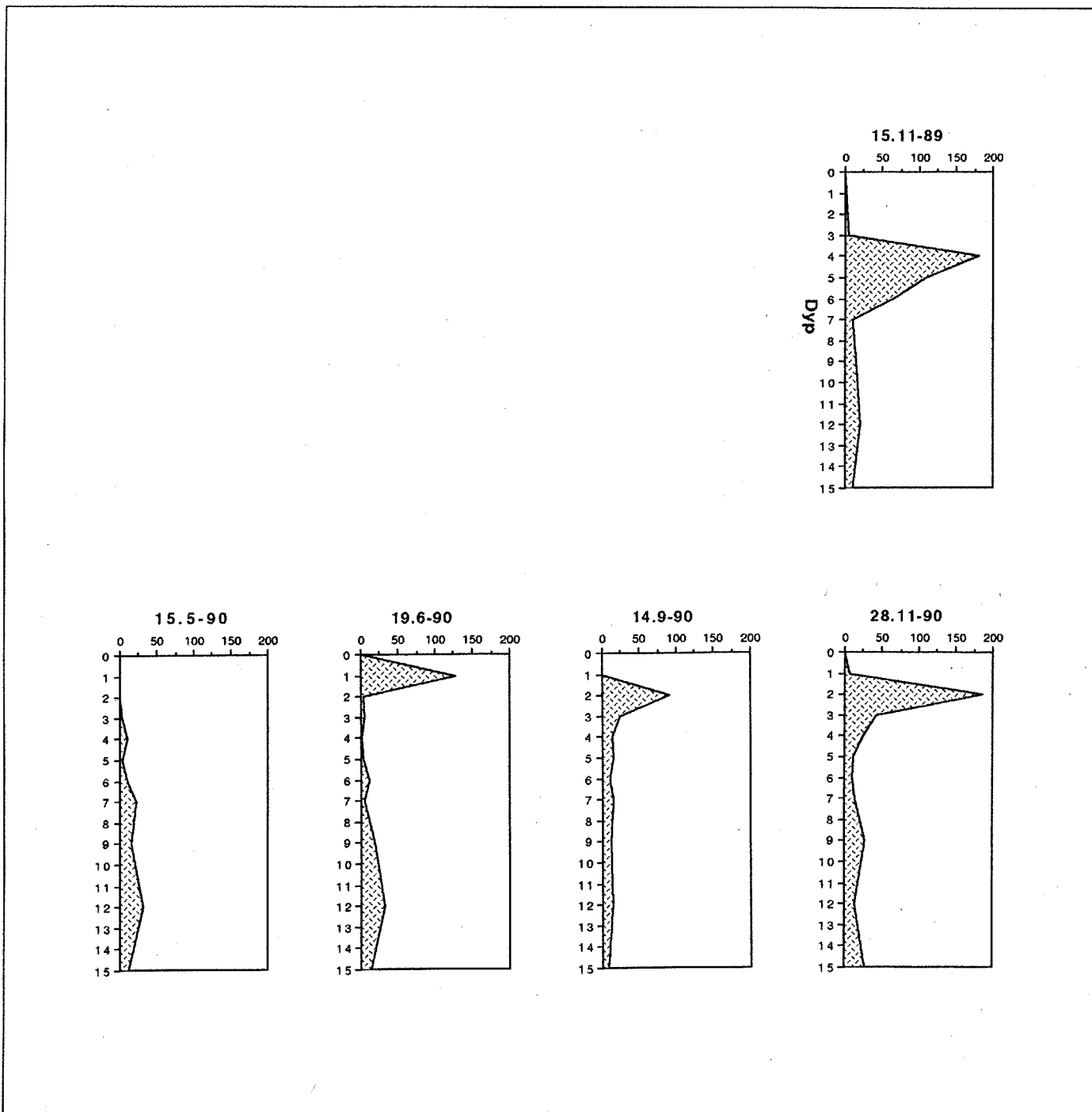
Som nevnt ovenfor hadde sjøstjernene (*Asterias rubens*) en god rekruttering allerede i 1988, og denne årsklassen har hatt en helt avgjørende betydning for nedbeitingen av blåskjell i sublittoralen opp til ca 1 m dyp. Så lenge de var små, har de sannsynligvis ernært seg av de minste blåskjellene som vokste innimellom de større og derfor ikke påvirket blåskjellbeltets dekningsgrad. Sjøstjernene vokste kraftig i løpet av 1989 (opp til en størrelse på 10-15 cm i diameter) og var da i stand til å beite ned det etablerte blåskjellbeltet opp mot tidevannssonen. I den aller øverste delen av sublittoralen ble imidlertid sjøstjerne-beiting i stor grad hindret av kraftig bølgebevegelse. Sjøstjernene har dårlig evne til å holde seg fast der det er kraftig vannbevegelse, og kan derfor sjelden utnytte den øverste delen av blåskjellbeltet på eksponerte lokaliteter. I de øverste metrene er blåskjellbeltet blitt raskere nedbeitet på indre transekt enn på ytre (jf figur 2), sannsynligvis pga mindre kraftig bølgebevegelse på indre transekt. Mønsteret i denne nedbeitingsprosessen kan sees ved å sammenlikne utviklingen av blåskjellbeltet (figur 2) med vertikalfordelingen av sjøstjerner (figur 4).

Sjøstjernene har vist en vedvarende og meget kraftig respons på de endrete næringsforholdene. Vanligvis ligger tettheten av sjøstjerner på tilsvarende lokaliteter på godt under 10 individer pr m² (f.eks. Lundälv & Christie 1986). Siden høsten 1988 har de på dyp med tilgjengelige blåskjellforekomster oppnådd tettheter på mange hundre pr m² (maksimum i juni 1989 på 650 pr m²). Det har blitt observert fronter med beitende sjøstjerner på opptil 5000 pr m² (Leinaas et al. 1990). I mai var det stor sjø, slik at sjøstjernene ikke var i stand til å utnytte noe av det gjenværende blåskjellbeltet øverst i sublittoralen. Bare få sjøstjerner ble registrert i de øverste metrene, men store ansamlinger ble sett i sprekker, revner o.l. Juni-registreringene foregikk i en periode med rolig vær, og store mengder sjøstjerner ble da



Figur 3

Størrelsesfordeling (mm skallengde) av blåskjell i mai og juni 1990 angitt som antall pr 10 x 10 cm i 1 mm intervaller. Size distribution (mm shell length) of mussels *Mytilus edulis* in May and June 1990 given as numbers per 10 x 10 cm in 1 mm intervals.



Figur 4
Vertikalfordeling av sjøstjerner på ytre transekt, Jomfruland. Tettheten av sjøstjerner på hvert dyp er angitt som antall pr. m².
Vertical distribution of starfish *Asterias rubens* on the outer transect, Jomfruland. The density of starfish for each depth is given as numbers per m².

registrert beitende i blåskjellbeltet på ca 1 m dyp. Allerede fra høsten 1989 skjedd det en spredning av sjøstjerner ned på større dyp. Denne tendensen ble tydeligere utover i 1990 ettersom næringen i de øvre 5-6 m ble beitet ned.

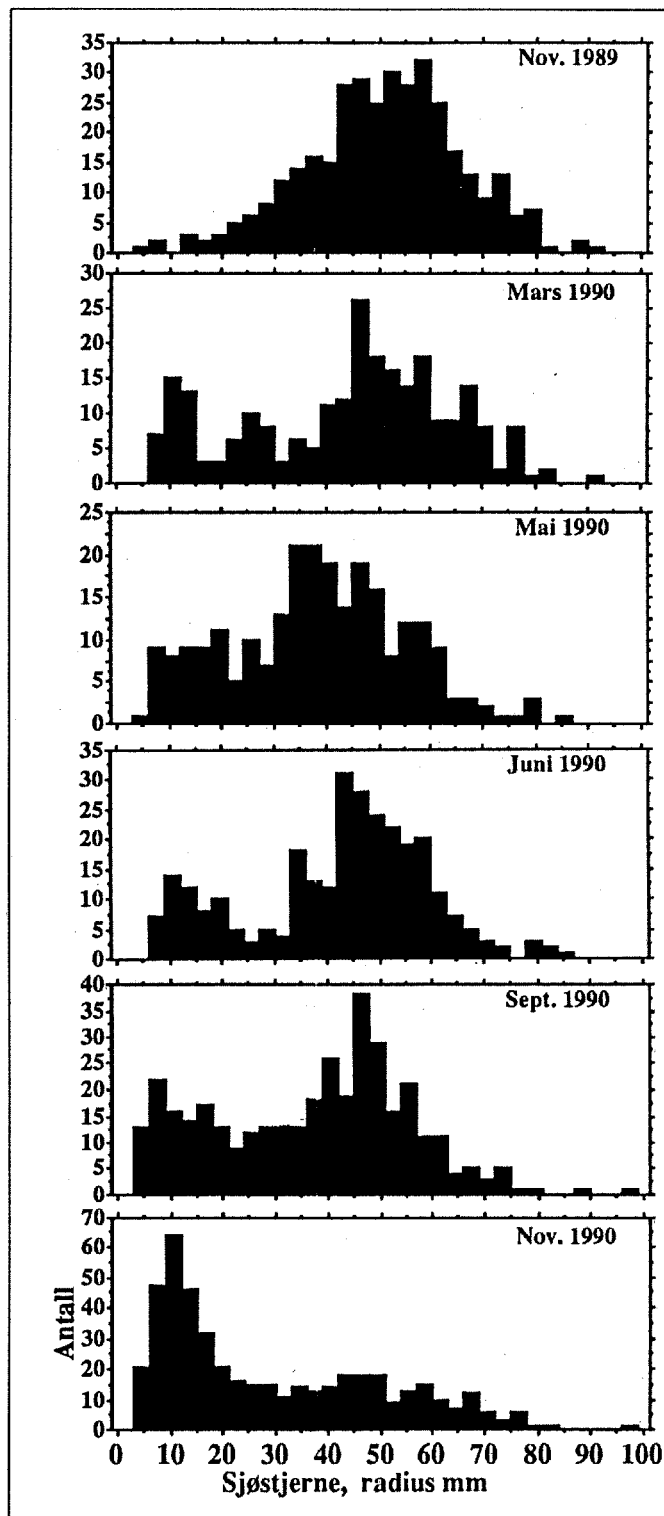
Figur 5 viser størrelsesfordelingen i sjøstjernerpopulasjonen på utsiden av Jomfruland fra november 1989 til november 1990. Det viser liten rekruttering i 1989. Fram til høsten 1990 domineres populasjonen fortsatt av 1988-årsklassen som viser stor individuell spredning og forholdsvis liten vekst i 1990 (sannsynligvis pga gonadeproduksjon og en tiltagende næringsbegrensning). I 1990 fant det igjen sted en kraftig rekruttering som settes i forbindelse med at den sterke 1988-årsklassen nå hadde blitt kjønnsmoden. Denne nye 1990-årsklassen vises i diagrammet for november 1990 som en topp i frekvensfordelingen av individer med radius mindre enn 15 mm (figur 5). Store og små sjøstjerner har forskjellig fødevalg. Ved å skille mellom vertikalfordelingen til årets avkom (her antatt < 15 mm radius) og større dyr, ser en enda tydeligere hvordan denne fordelingen påvirkes av endringer i næringstilgangen (figur 6). I juni var de fleste store sjøstjernerne fremdeles samlet nederst i det resterende blåskjellbeltet på ca 1 m dyp, selv om mange hadde søkt ned på dypere vann. Innen november hadde det skjedd store forandringer. Alle de store dyrene hadde forlatt de øverste 1-1,5 m etter at næringsgrunnlaget her var oppspist, og tettheten var lav også på de neste metrene. Kurven for november viser imidlertid at det vesentligste av den nylig bunnslette 1990-årsklassen har etablert seg i de øverste metrene. Disse små sjøstjernerne er stort sett avhengige av andre dyr som har slått seg ned samme år. Blant annet kan et stort nedslag av blåskjell i de øverste metrene forklare hvorfor forholdene for små sjøstjerner har vært gunstige her.

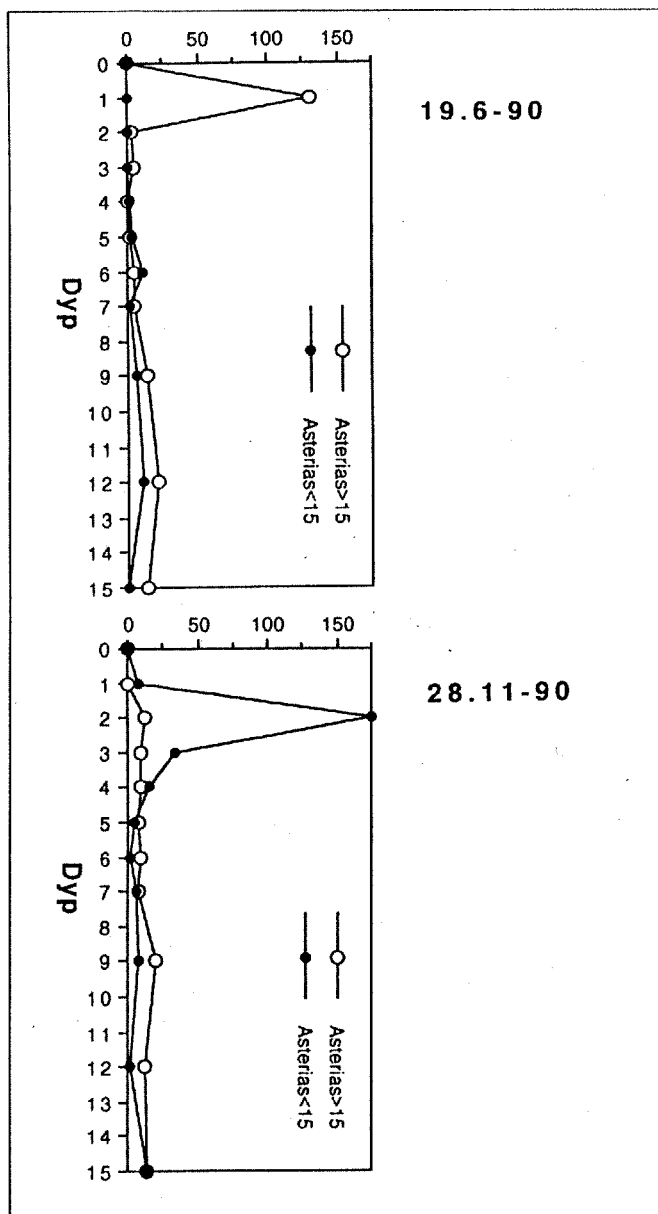
På samme måter som i mai registrerte vi i november større tettheter av store sjøstjerner på 9-15 m dyp enn i de øverste metrene av sublittoralen (figur 6). Den virkelige populasjonstettheten var nok likevel betydelig større på grunt vann ettersom vi her kunne observere store ansamlinger av

Figur 5

Lengdefordeling av sjøstjerner fra Jomfruland ved ulike tidspunkt fra nov. 1989 til nov. 1990. Lengden er angitt i radius (fra midten av dyret og ut til armspissen), og fordelingen er satt opp i 3 mm intervaller.

The length distribution of starfish *Asterias rubens* from Jomfruland at various times from Nov. 1989 to Nov. 1990. The length is given as the radius (from the centre of the animal to the point of the arm), and the distribution is in intervals of 3 mm.





Figur 6

Vertikalfordeling av store (radius > 15 mm) og små (radius < 15 mm) sjøstjerner i juni og november 1990 på ytre transekt, Jomfruland. Tettheten av sjøstjerner på hvert dyp er angitt som antall pr. m².

Vertical distribution of large (radius > 15 mm) and small (radius < 15 mm) starfish *Asterias rubens* in June and November 1990 on the outer transect, Jomfruland. The density of starfish for each depth is given as numbers per m².

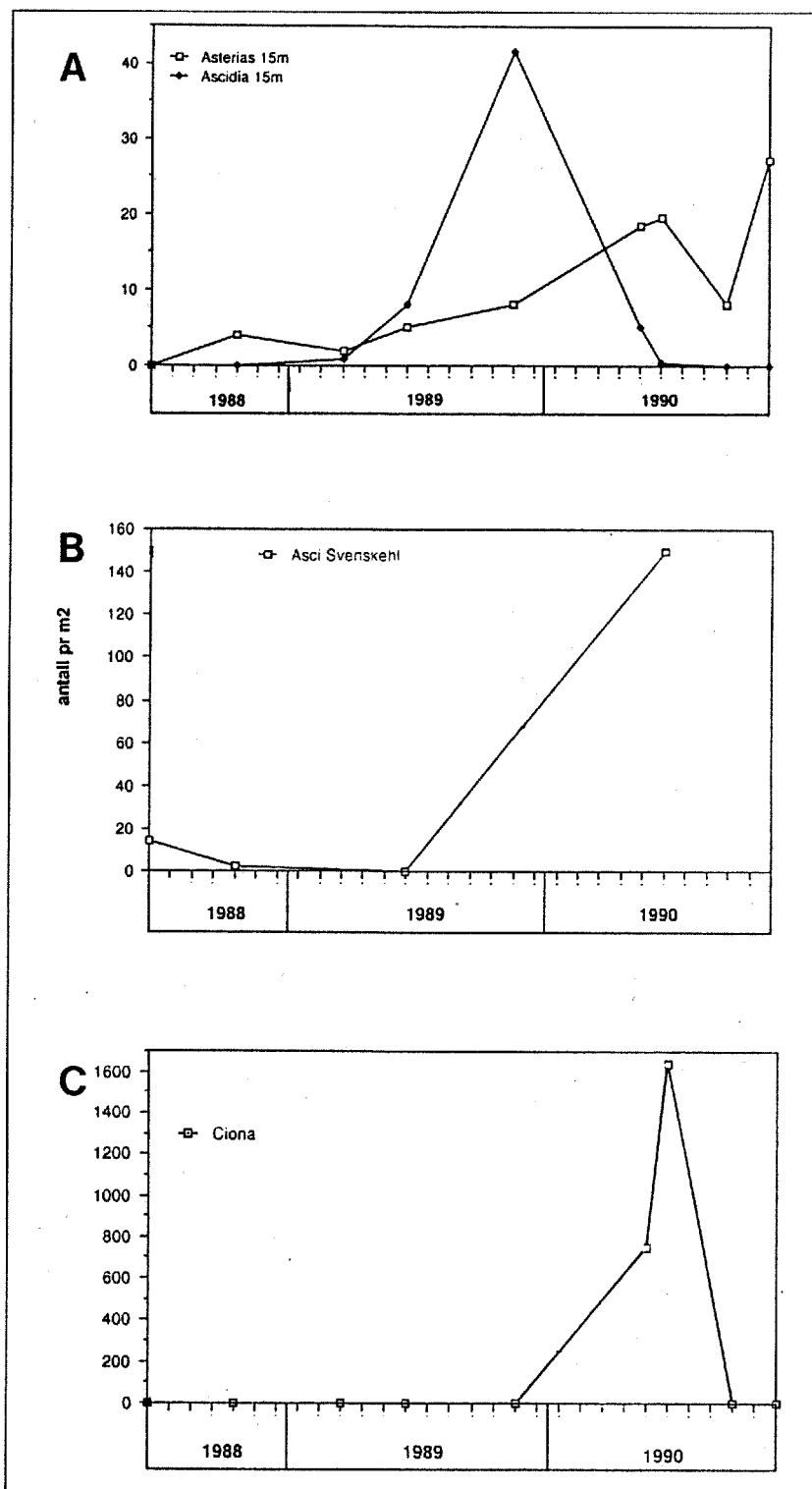
sjøstjerner i sprekker og renner. En kan vanskelig tenke seg at de søkte næring der, så det er grunn til å tro at vår registrering av antall dyr som er spredd nedover på bunnen utenom disse ansamlingene gir et bilde på næringssøk og beiteaktivitet til dyrene på ulike dyp. Etterhvert som blåskjellbeltet blir beitet ned, vil en derfor forvente at en stadig større del av store sjøstjerner vil spre seg ned på dypere vann og der påvirke faunaen i en sone som tidligere ikke har vært påvirket av det mektige blåskjellbeltet. Når blåskjellene forsvinner, finnes alternative byttedyr i størst tetthet nedenfor det tette algebeltet som går ned til ca 10-12 m dyp (se figur 8).

Forekomsten av sjøstjerner og sekkdyr på dypt vann gir sterke indikasjoner på en slik forsinket, indirekte effekt av blåskjell-oppblomstringen. **Figur 7A** viser tetthet av de vanligste arter sekkdyr på 15 m på Jomfruland sammen med tettheten av vanlig sjøstjerne på samme dyp. **Figur 7B** viser utviklingen av de samme arter sekkdyr på tilsvarende dyp ved en annen lokalitet (Svenskehøolmen), hvor det nesten ikke ble registrert sjøstjerner i sublittoralen. **Figur 7C** viser tetthet av sekkdyret *Ciona intestinalis* på 9 m på Jomfruland. Sekkdyrene slo seg ned i store tettheter på Jomfruland, men rakk ikke å bli store før de forsvant igjen. På de andre lokalitetene, med liten tetthet av sjøstjerner, registrerte vi mer jevne tettheter av sekkdyr som i løpet av 1990 nådde voksen individstørrelse. Predasjon av sjøstjerner er en sannsynlig årsak til den raske desimeringen av sekkdyr på Jomfruland.

Fordi sjøstjernene nå i stadig større grad blir avhengige av andre byttedyr, er et sentralt spørsmål hvor lenge de vil opprettholde den unormalt høye tettheten, og hvilke effekter dette vil ha for den videre utviklingen av hardbunns-samfunnet. Vi har i 1990 observert mange tilfeller av kannibalisme, men hvilken betydning dette og eventuelt økt predasjon på sjøstjerner vil ha, vet vi enda lite om.

Purpurnegl

Purpurnegl (*Nucella lapillus*) ble i likhet med sjøstjerner kraftig desimert under algeoppblomstringen. Denne arten finnes normalt i store tettheter i tidevannssonen på forholdsvis eksponerte lokaliteter. Den er et rovdyr og beiter på blåskjell og rur. På grunn av lav formeringssøvn og svært stedbunden adferd, skjedd spredningen fra overlevende restpopulasjoner (se kap. 1) svært langsomt. Selv på høsten 1989 anslo vi tettheten på de undersøkte strendene av Jomfruland til å være bare en brøkdel (størrelsesorden 1%) av hva den hadde vært før algeoppblomstringen. Fra og med høsten 1989 registrerte vi imidlertid en tydeligere økning i purpurnegl-populasjonen (tabell 1). Men selv sommeren 1990 var antallet snegl så lavt at de ikke kunne hatt noen effekt på blåskjellbeltet. Normalt forekommer



Figur 7

A Tettheter av sjøstjerner (*Asterias rubens*) og sekkdyr (artene *Ascidia mentula* + *Ascidiella* spp.) fra 15 m dyp på Jomfruland.

Densities of starfish (*Asterias rubens*) and Ascidians (the species *Ascidia mentula* + *Ascidiella* spp.) from 15 m depth on Jomfruland.

B Tettheter av de samme arter sekkdyr (som A) på 12-13 m dyp på Svenskeholmen, der få eller ingen sjøstjerner er registrert.

Densities of the same species of Ascidians (as A) on 12-13 m depth on the island Svenskeholmen where few or no starfish have been observed.

C Tettheter av sekkdyret *Ciona intestinalis* på 9 m dyp på Jomfruland.

Densities of the Ascidian *Ciona intestinalis* on 9 m depth on Jomfruland.

purpursneglene i tette ansamlinger på opptil noen hundre individer, som ofte fjerner alle blåskjell og rur fra større eller mindre felter. På den måten er de med på å utforme den typiske mosaikk-strukturen av fastsittende dyr og alger en ofte finner i tidevannssonen. Mangelen av denne predatoren de første årene etter algeoppblomstringen var en viktig forutsetning for opprettholdelsen av et uniformt blåskjell-dekke i tidevannssonen på Jomfruland, helt til dette ble beitet ned av ærfugl på sensommeren 1990. Høsten 1990 ble det registrert en vesentlig økning av antall purpursnegl langs stranda (tabell 1), men tettheten var fremdeles forholdsvis lav.

Tabell 1

Antall purpursnegl registrert fra 0-2 m dyp langs en ca 15 m lang strandlinje på Jomfruland.

Counts of the snail *Nucella lapillus* from 0-2 m depth along a ca 15 m long shoreline on the island Jomfruland.

Dato	Antall
8. sep. 1989	11
15. nov. 1989	15
27. mars 1990	18
19. juni 1990	50
29. aug. 1990	439

Ærfugl

I 1988-89 så vi få ærfugl (*Somateria mollissima*) på utsiden av Jomfruland og de andre eksponerte lokalitetene våre. Derimot så vi flokker av dem eller spor av deres beiteaktivitet på de mer beskyttede lokalitetene. Sannsynligvis som en følge av at blåskjellforekomstene på de mer beskyttede lokalitetene hadde blitt nedbeitet, så vi stadig flere ærfugl på utsiden av Jomfruland utover i 1990. Sjøfuglundørsøkelser har også funnet tegn til immigrasjon av ærfugl til Skagerrakkysten, og det er registrert svært god kondisjon i hekkeperioden hos ærfugl i ytre kyststrøk i Telemark (Rune Bergstrøm, pers.medd.). Dette har blitt satt i sammenheng med de rike blåskjellforekomstene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen. Blåskjell regnes for å være det viktigste næringsemnet for ærfugl (Pethon 1967, Erikstad 1988). Våre analyser av mageinnhold hos ærfugl fra Jomfrulandområdet og andre deler av Skagerrakkysten viser at det i stor grad består av blåskjell (Christie et al. 1989). I perioden da blåskjellene i tidevannssonen langs indre transekt forsvant, var området tilholdsted for store mengder ærfugl, og de ble også observert beitende på

blåskjellene. Da et fåtall purpursnegl var de eneste andre predatorer på blåskjell som da forekom i denne sonen, tyder alt på at blåskjellene ble beitet ned av ærfuglene.

Vi kan heller ikke se bort fra at ærfuglene var med på den raske nedbeitingen av blåskjell i sublittoralen langs ytre transekt vinteren 1989-90. På det nåværende tidspunkt er det imidlertid vanskelig å forklare at ærfuglene først skulle beite blåskjell på flere meters dyp, og først på et senere tidspunkt starte med å beite ned skjellene på grunt vann.

Krabber

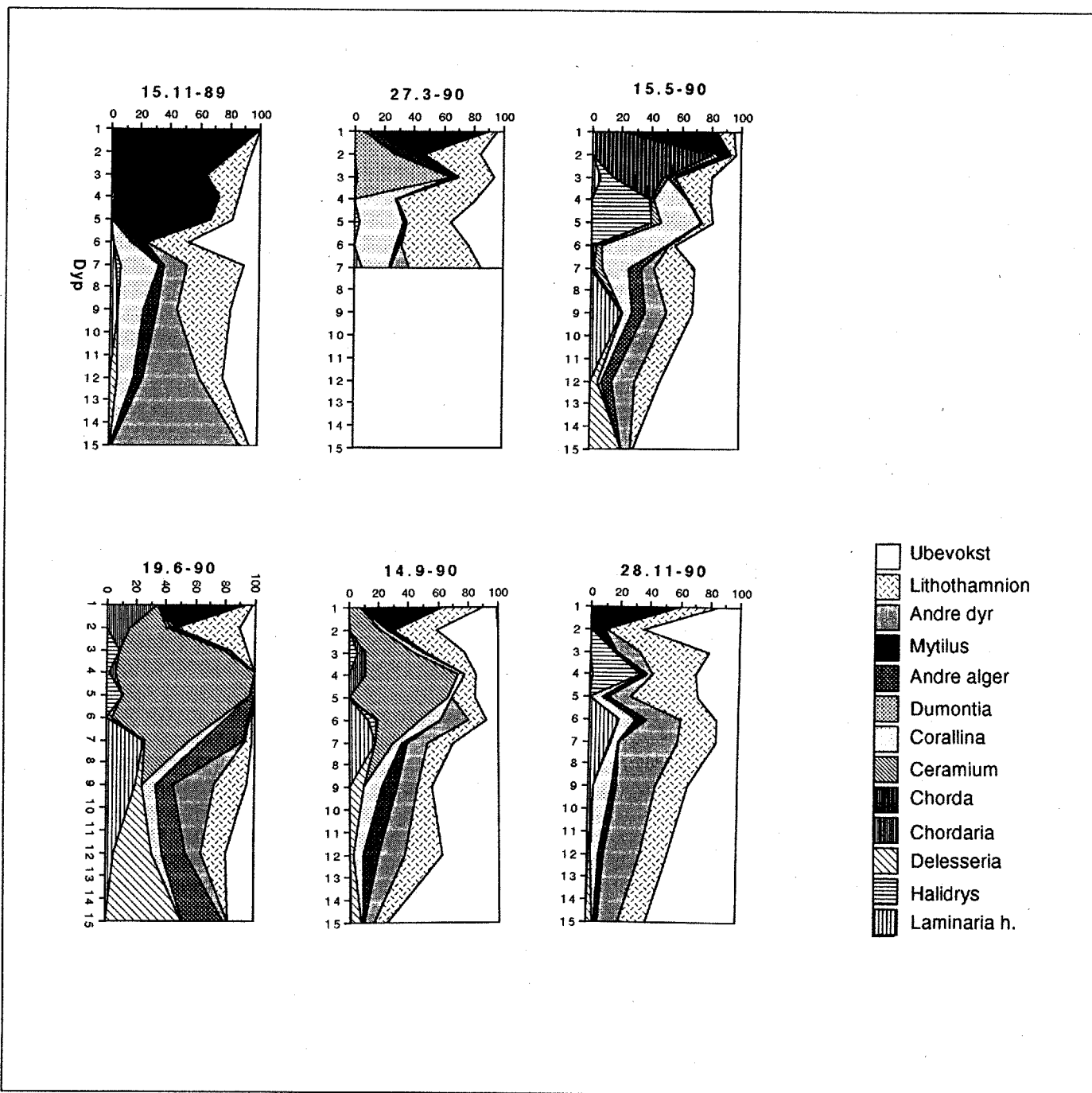
På grunn av metodiske problemer er det urå å utføre en (kvantitativ) estimering av tettheten til taskekrabbe (*Cancer pagurus*) i området. Våre observasjoner gir likevel en sterk indikasjon på at arten har hatt en kraftig økning. Mens en normalt sjelden observerer små taskekrabber på dykk (våre tidligere observasjoner, Karlsson 1984), er taskekrabber mindre enn 5-6 cm i skallbredde gjennom hele 1990 observert som meget tallrike fra ca 3 m og dypere. I november 1990 undersøkte vi 10 stein med en størrelse på 30-50 cm på 12-15m dyp. Mellom 1 og 3 små taskekrabber ble registrert under hver stein.

Taskekrabbe er kjent som predator på blåskjell, spesielt i sommerhalvåret når de trekker opp på grunt vann om natten for å beite (jf Karlsson 1984). Selv om det virker sannsynlig, mangler vi imidlertid data som klart viser en sammenheng mellom den økte tettheten av taskekrabber og framveksten av et mektig blåskjellteppe etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen. Ettersom taskekrabben er en dominant predator i eksponerte hardbunnsamfunn, som også kan ta sjøstjerner, vil det være viktig å følge den videre utviklingen av denne store bestanden av små individer. Også med tanke på dens betydning som en utnyttbar ressurs vil dette være av interesse.

3.1.3 Utvikling av fastsittende organismer

Forut for den kraftige utviklingen av blåskjellbeltet, var hardbunnsamfunnet på de eksponerte lokalitetene i de øverste 7 m dominert av alger; både skorpeformete rødalger (spesielt *Lithothamnion* sp.), buskformete rødalger (*Ceramium rubrum*, *Corralina officinalis*, m.m.) og enkelte større brunalger (*Halidrys siliquosa*, *Laminaria* spp.) (Edwardsen et al. 1988). Dette samfunnet hadde også et innslag av fastsittende dyr som rur, hydroider, sjøanemoner, mosdyr og kalkkrørsmark.

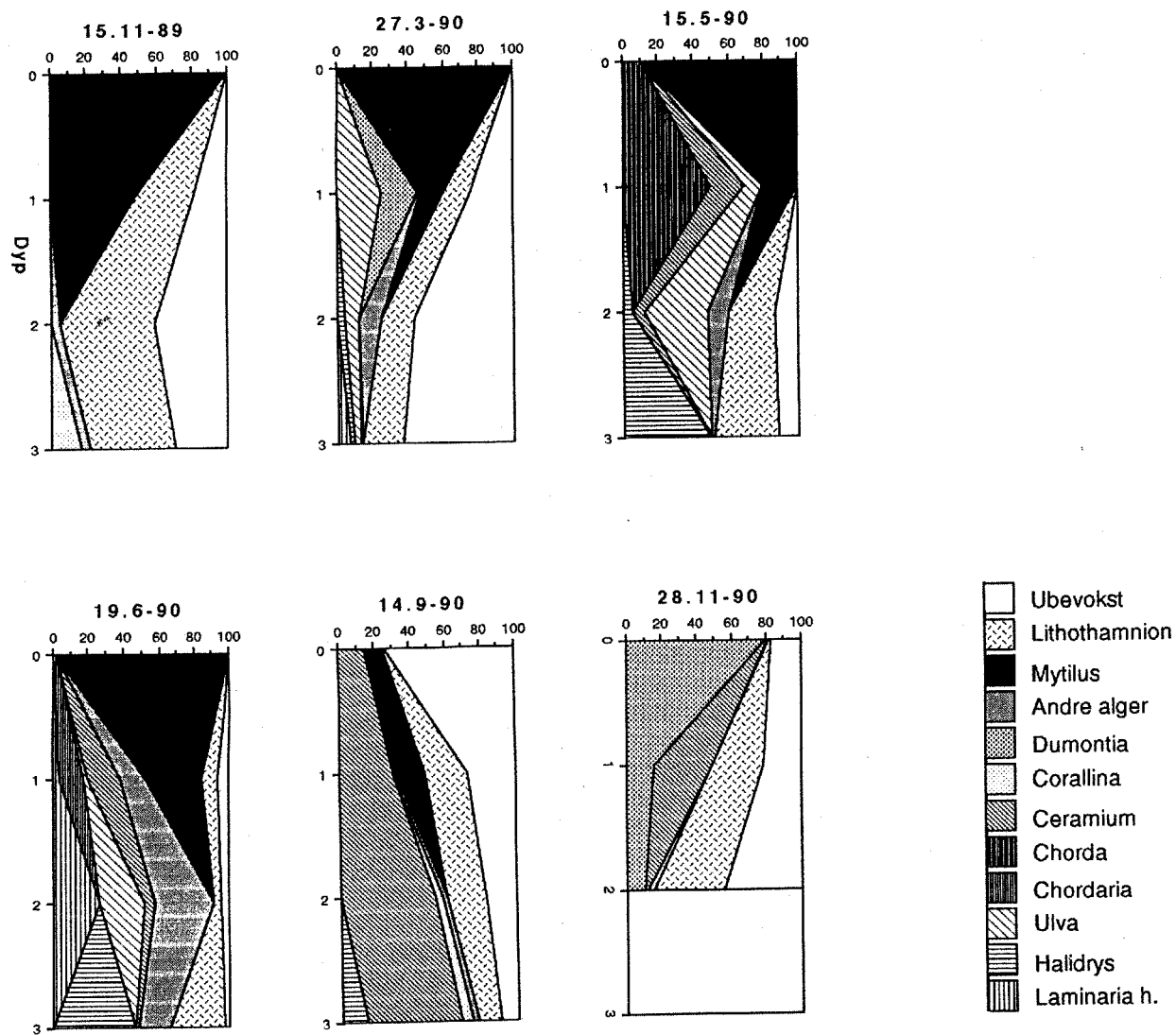
Figur 8 og 9 viser utviklingen i forekomster av de dominerende fastsittende arter (prosentvis dekningsgrad) på hhv. ytre og indre transekt på Jomfruland ettersom blåskjellbeltet



Figur 8

Prosent dekning av dominerende alger og dyr fra 1-15 m dyp på ytre transekt, Jomfruland. Registreringene 27.3-90 gikk bare ned til 7 m.

Per cent cover of dominant algae and animals from 1-15 m depth on the outer transect, Jomfruland. Counts on 27 Mar. -90 only went down to 7 m.



Figur 9
 Prosent dekning av dominerende alger og dyr fra 0-3 m dyp på indre transekt, Jomfruland.
 Per cent cover of dominant algae and animals from 0-3 m depth on the inner transect, Jomfruland.

reduseres. I sonen der blåskjellene dominerte høsten 1989 (ca 0-6 m) hadde skorpeformete rødalger (*Lithothamnion* sp.) i stor grad overlevd under blåskjellene og dekket store deler av substratet rett etter at det ble frigjort for blåskjell. Denne skorpeformete algen dekker store deler av substratet gjennom hele året, men i våre undersøkelser blir den underestimert i de perioder den er overgrodd av blåskjell eller større alger. Utover våren og sommeren 1990 ble de bunnarealene som ble frigjort for blåskjell tett bevokst av hurtigvoksende, kortlevende rød-, grønn- og brun-alger. Tidligst på våren er bendelsleipe (*Dumontia incrassata*), havsalat (*Ulva lactuca*), lodnetaum (*Chorda tomentosa*) og strandtagl (*Chordaria flagelliformis*) mest dominerende. I løpet av sommeren overtok så rekeklo (*Ceramium rubrum*) dominansen i hele området fra ca 2-7 m dyp, selv om dette forekomster av andre arter også fantes. Utover høsten forsvant disse eller ble sterkt redusert, og *Lithothamnion* ble igjen mer synlig. Mer langlevende alger (f.eks. skolmetang, *Halidrys siliquosa*; krusflik, *Chondrus crispus*; krasing, *Corralina officinalis*; og tare, *Laminaria* spp.) ble også etter hvert mer vanlige. Få fastsittende dyr har foreløpig etablert seg i denne sonen som tidligere var dekket av blåskjell. Et unntak er kalkrørsmarken *Pomatoceros triqueter* som viser en økende forekomst fra 3 m og dypere utover høsten.

Mange av disse raske endringene vi har observert gjennom 1990, representerer vanlige sesongvariasjoner på slike eksponerte lokaliteter (Sundene 1953), men fremdeles sees enkelte tegn på at hardbunnsamfunnet i denne sonen enda ikke helt har vendt tilbake til en normal tilstand etter å ha blitt rasert av blåskjell- framveksten. Dette gjelder bl a de små forekomstene av den langlevende algen krusflik (*Chondrus crispus*). De observasjoner som ble utført rett etter algeoppblomstringen, kan også tyde på at andre mer langlevende alger og dyr etterhvert vil bli mer vanlige.

Under 6-7 m (og ned til 15 m) har hardbunnsamfunnet kunnet utvikle seg etter algeoppblomstringen uten å være direkte påvirket av blåskjellbeltet. Gjennom 1990 var sonen fra ca 6 til 10-12 m dyp dominert av alger, og da særlig tare og en rekke arter rødalger. Dyrelivet var mindre framtrødende og dominert av hydroider, kalkrørsmark og mosdyr. På 12-15 m preges samfunnet i større grad av fastsittende dyr som søkkdyr, kalkrørsmark, dødningehånd, hydroider, mosdyr og sjøanemoner, mens algeinnslaget stort sett består av skorpeformete kalkalger og fagerving. Også her finner vi sesongvekslinger, først og fremst en stor framvekst av rødalgen fagerving (*Delesseria sanguinea*) tidlig på sommeren og som forsvinner i løpet av høsten, og en økende etablering av fastsittende dyr som kalkrørsmark, hydroider og mosdyr utover høsten.

På 6-15 m dyp har tidligere undersøkelser vist en rask restituering eller tilbakevending av de artene som ble påvirket av algeoppblomstringen (Gray et al. 1989, Gjøsæter & Johannesen 1989, Leinaas et al. 1990). For rødalger som fagerving og kjøttblad (*Dilsea carnosa*) samt lærkorallen dødningehånd (*Alcyonium digitatum*) ser det ut til at individene har restituert seg, mens andre arter har vandret eller rekruttert fra upåvirkete populasjoner på dypere vann. Av de sistnevnte er de tallrike søkkdyrene karakteristiske for hardbunn i denne sonen. En rekke arter er vanlige, men mest tallrike er *Ascidia mentula*, *Ascidiella* spp., *Ciona intestinalis* og *Dendrodoa grossularia*. Disse har i løpet av 1989 og 1990 rekruttert i store tettheter, men forsvant raskt igjen, sannsynligvis pga nedbeiting (se ovenfor, figur 7). Enkelte arter som f.eks. kongsnegl (*Buccinum undatum*), steinrur (*Balanus balanus*) og muslingen *Monia patelliformis* forekommer fortsatt i lave tettheter, mens typiske opportunistarter som kalkrørsmarken *Pomatoceros triqueter* synes å ha profittert på forholdene som har oppstått. Denne tendensen som er beskrevet fram t.o.m. november 1989 av Leinaas et al. (1990) finner vi fortsatt ut 1990. Imidlertid er det sannsynlig at flere av disse fastsittende dyrenes reetablering kan ha blitt redusert av sjøstjernenes beiting gjennom 1990, i likhet med hva vi har beskrevet ovenfor om søkkdyr. Selv om dekningsgraden av fastsittende dyr øker utover høsten 1990 ("andre dyr" i figur 8), viser disse på langt nær samme dominans høsten 1990 som de gjorde høsten 1989.

Som nevnt ovenfor er det fortsatt knyttet store usikkerheter til hvilke effekter sjøstjernene kan ha på dyrelivet i de dypere deler av sublittoralen.

3.2 Andre lokaliteter sammenliknet med Jomfruland

I juni 1990 foretok vi et tokt til alle våre undersøkte lokaliteter på Skagerrakkysten. Disse har tidligere blitt besøkt 1-2 ganger i året som en komplettering av de mer intensive studiene på Jomfruland. To av disse lokalitetene har tilsvarende eksponering som stasjonen på Jomfruland: Oddane skjær utenfor Nøvlunghavn og Langeboen utenfor Tvedestrand. To mer beskyttede lokaliteter på innsiden av Jomfruland (Arø, Svenskeholmen) er studert for å sammenlikne eksponerte og beskyttede samfunn. En beskyttet side på Oddane skjær og Langeboen er også studert fra 0-3 m dyp. Tabell 2 viser en semikvantitativ angivelse av de mest dominerende samfunnskomponenter i den øverste sonen (0-3 m) på disse stasjonene i juni 1990. Disse resultatene viser at de to andre eksponerte lokalitetene har hatt de samme utviklingstrender som Jomfrulandstasjonen.

Fra å være fullstendig blåskjelldominert sommeren 1989, var blåskjellene redusert til et belte i den øverst meteren i juni 1990, med store tettheter av store sjøstjerner som beitet helt nederst i dette beltet (tilsvarende juni-diagrammene i figur 2 og 4). På substratet som var blitt frigjort for blåskjell i løpet av vinteren og våren 1990, var det vokst opp tette assosiasjoner av korte buskformete alger med rekeklo (*Ceramium rubrum*) som den mest dominerende (som juni på figur 8). De ulike sonene videre nedover i sublittoralen er preget av de samme organismer som på Jomfruland. Vi har imidlertid registrert lavere tetthet av sjøstjerner og høyere bestand av sekkyr på disse lokalitetene.

De beskyttede lokalitetene viste innbyrdes likhetstrekk, men store forskjeller fra de eksponerte (tabell 2). Her fant vi allerede i løpet av det første året tydelige forskjeller i

effekter og samfunnsutvikling i forhold til eksponerte lokaliteter (Leinaas et al. 1990); de beskyttede lokalitetene restituerte seg raskere og forandringene i samfunnet var mindre dramatiske. Felles for disse lokalitetene er dominansen av fucaseer (grisetang *Ascophyllum nodosum*, sagtang *Fucus serratus* og skolmetang) fra fjæra og ned til 1-3 m, og dominans av tare (spesielt store sukkertareplanter) videre ned til ca 10 m. Innimellom de store algene finnes små buskformete brun-, grønn- og rød-alger. Under denne sonen (dypere enn ca 10 m) er substratet mindre tildekket av alger, men enkelte rødalger (fagerving og kalkalger) og sekkyr er karakteristiske innslag. De sekkyrpopulasjonene som ble rapportert påvirket av algeoppblomstringen (Edwardsen et al. 1988), har restituert seg raskere på beskyttede enn på flere eksponerte lokaliteter (j figur 7).

Tabell 2

*Semikvantitative estimater av forekomst av blåskjell, sjøstjerner og ulike alger fra 0-1,5 og 1,5-3 m dyp på eksponerte og beskyttede lokaliteter. Forekomst er delt i: 3- meget tallrik eller dominerende, 2- vanlig, 1- fåtallig, 0- ikke observert. Semi-quantitative estimates of occurrences of the mussel *Mytilus edulis*, the seastar *Asterias rubens*, and various algae from 0-1.5 and 1.5-3 m depth on exposed and protected sites. Occurrence is given by: 3 - very common or dominant, 2 - common, 1 - infrequent, 0 - not observed.*

Stasjon	Dyp (m)	Blåskjell	Sjøstjerner	Rekeklo	Sagtang	Sukkertare
Eksponert						
Oddane skjær, utsiden	0-1,5	3	3	0	0	0
Langeboen, utsiden	0-1,5	3	3	0	0	0
Jomfruland	0-1,5	3	3	0	0	0
Oddane skjær, utsiden	1,5-3	0	1	3	0	0
Langeboen, utsiden	1,5-3	0	1	3	1	0
Jomfruland	1,5-3	0	1	3	1	0
Beskyttet						
Oddane skjær, innsiden	0-1,5	1	1	2	3	0
Langgeboen, innsiden	0-1,5	1	1	2	3	0
Arø	0-1,5	1	1	1	3	0
Svenskeholmen	0-1,5	0	1	1	3	0
Oddane skjær, innsiden	1,5-3	0	1	2	0	3
Langgeboen, innsiden	1,5-3	0	1	2	0	3
Arø	1,5-3	0	1	1	0	3
Svenskeholmen	1,5-3	0	1	1	0	3

4 Konklusjon

Undersøkelsene fra strekningen Nevlunghavn - Tvedestrand i 1990 har vist at hardbunnssamfunnene på ytre deler av Skagerrakkysten fortsatt bærer tydelig preg av de forstyrrelser som ble initiert av *Chrysochromulina*-oppblomstringen. Bare arter med relativt liten formerings- og spredningsevne, som purpursnegl, viser fremdeles klart reduserte forekomster som følge av den opprinnelige massedøden forårsaket av giftalgene.

De største langtidsendringene skyldes indirekte effekter ved at algeoppblomstringen førte til massedød av viktige predatorer (rovdyr) i systemet. Særlig har framveksten av et helt eksepsjonelt kraftig blåskjellbelte, som utkonkurrerte andre fastsittende organismer ned til 5-7 m dyp, hatt store konsekvenser for samfunnsdynamikken. Denne enorme mengden blåskjell representerte en kraftig stimulans overfor flere av deres predatorer, som sjøstjerner, ærfugl (og sannsynligvis taskekrabber). Mest oppsiktsvekkende har det voldsomme oppsvinget i sjøstjerne-forekomsten vært. Disse rovformene har i løpet av 1989-90 beitet ned det meste av blåskjellbeltet, men fortsatt er det store mengder blåskjell ned til 1-1,5 m dyp på de mest eksponerte stedene. Der blåskjellene har blitt beitet ned har vi i løpet av 1990 sett en suksessjon i algevegetasjonen henimot forholdsvis normale forhold, men fortsatt er de mer langlevende artene underrepresentert.

Etter at deres primære næringsgrunnlag nå i stor grad har blitt beitet ned, representerer de omtalte rovformene en ny usikkerhetsfaktor i systemet. Fortsatt er det store mengder sjøstjerner i den sonen som tidligere var dekket av blåskjell, men de har også begynt å vandre ned på noe dypere vann. Mens samfunnet under det opprinnelige blåskjellbeltet i stor grad var restituert etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen allerede i 1989, ses det der nå en tendens til en ny, forsinket reaksjon som følge av nedvandringen av sjøstjerner. Et stort usikkerhetsmoment for den videre utviklingen i systemet er i hvilken grad og hvor lenge sjøstjerner, ærfugl og krabber vil kunne opprettholde sine nåværende høye tettheter. Kannibalisme, så vel som predasjon bl.a. fra ærfugl og taskekrabber, vil etterhvert kunne bidra til en økende dødlighet hos sjøstjerner. Men 1990 ga også opphav til en ny kraftig årsklasse av sjøstjerner som følge av at 1988-generasjonen hadde blitt kjønnsmoden. Store forekomster av disse predatorer vil således fortsatt påvirke hverandre og andre dyr i hardbunnssamfunnet i en suksessjon vi enda ikke har oversikt over. Hele utviklingen etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen viser imidlertid hvilke nøkkelroller blåskjell og dets predatorer spiller for dynamikken og stabiliteten til hardbunnssamfunnet.

Denne rapporten omhandler først og fremst forholdene langs den ytre kystlinjen. Allerede undersøkelsene i 1989 viste at hardbunnssamfunnene på mer beskyttede lokaliteter i skjærgården innenfor var langt mindre påvirket av indirekte effekter etter algeoppblomstringen. I 1990 var det ikke lenger mulig entydig å påvise slike effekter der.

5 Sammendrag

Oppblomstringen av den giftige algen *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988, representerte et dramatisk, akutt stress på de kystnære økosystemene. På hardbunn ble det observert store effekter ned til 12-15 m dyp langs den ytre kystlinjen. Mange av disse akutte effektene var imidlertid relativt kortvarige, med stor grad av restituering/rekolonisering av de algepåvirkete artene allerede samme høst. Av de opprinnelig dominerende artene i dette samfunnet var det bare purpursneglene som viste vedvarende kraftig desimering selv 2 år etter oppblomstringen.

De mest vidtrekkende konsekvensene av oppblomstringen skyldes indirekte effekter av at mange viktige predatorer (rovformer) var blitt sterkt redusert av giftalgene. Dette ga mulighet for oppblomstring av et mektig blåskjellbelte som utkonkurrerte andre fastsittende organismer ned til 5-7 m dyp, og som igjen stimulerte til masseforekomster av predatorer, særlig sjøstjerner, som beitete på dette blåskjellbeltet. Resultatet var en labil samfunnsstruktur karakterisert av store svingninger i artsforekomstene i perioden etter algeoppblomstringen.

En kartlegging av disse langtids-effektene og en analyse av de underliggende mekanismene i utviklingen vil gi økt forståelse for stabiliteten og sårbarheten i disse økosystemene og således ha betydelig forvaltningsmessig interesse. NINA har tidligere studert effektene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen på strekningen Nevlunghavn - Tvedestrand gjennom 1988-89. Denne rapporten omhandler oppfølging av disse undersøkelsene i 1990. Det meste av undersøkelsene er foretatt på utsiden av Jomfruland. I tidevannssonen og ned til 1-2 m dyp er flora og faunasammensetningen registrert ved ruteanalyser og tellinger, mens vi på dypere vann (1-15 m) har benyttet dykkeregistreringer og undervannsfotografering i ruter.

Det meste av blåskjellbeltet ble beitet ned i løpet av høsten 1989 - våren 1990. Den store mengden sjøstjerner som slo seg ned i denne sonen høsten 1988 har spilt en viktig rolle i denne nedbeitingen. Fortsatt er sjøstjerner meget tallrike i de øverste 5-6 m, men de har også begynt å spre seg ned til noe større dyp (10-15 m). Store ansamlinger av ærfugl har også hatt stor betydning for nedbeitingen av blåskjell, særlig i tidevannssonen.

Purpursneglene, som normalt er den dominerende rovformen i tidevannssonen, har derimot fortsatt vært for fåtallige til å ha spilt noen vesentlig rolle i denne utviklingen. I løpet av høsten 1990 begynte de å bli noe mer tallrike.

Etter at det meste av blåskjellbeltet ble beitet ned, har det i de øverste 5-6 m skjedd en suksesjon i sammensetning av fastsittende organismer, dominert av alger. Disse antok i løpet av 1990 en forholdsvis normal artssammensetning, men fremdeles var langlevende arter underrepresentert.

På dypere vann domineres samfunnet mer av fastsittende dyr, som viste stor grad av restituering etter effektene av *Chrysochromulina* i løpet av 1988-89. Disse dyrene representerer imidlertid aktuelle byttedyr for sjøstjerner, og utover i 1990 registrerte vi flere tegn på økende beitepress fra sjøstjerner som hadde vandret ned fra masseforekomsten i blåskjellbeltet.

I 1990 registrerte vi fortsatt store effekter etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen på ytre (mer eksponerte) deler av Skagerrak-kysten. Disse langtidseffektene var først og fremst indirekte konsekvenser av algeoppblomstringen ved etablering av et kraftig belte av blåskjell som deretter virket stimulerende på blåskjellenes predatorer. Nå knytter det seg store usikkerheter til hvilke effekter de store predator-tetthetene vil ha på resten av hardbunnsamfunnet når blåskjellene i stor grad har blitt beitet ned.

6 Litteratur

- Berge, J.A., Green, N., Rygg, B. & Skulberg, O. 1988. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del A. Sammendragsrapport. - NIVA, Overvåkingsrapport nr. 328a/88: 1-44.
- Christie, H., Leinaas, H.P. & Reppe, B. 1989. Effekter av *Chrysochromulina*-oppblomstringen på bunndyr, med spesiell referanse til potensielle næringsorganismer for ærfugl. - Direktoratet for Naturforvaltning, Rapport 12-1989: 50-53.
- Edwardsen, B., Anstensrud, M., Christie, H., Fredriksen, S., Gray, J.S., 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*. - Upubl. rapport til SFT, Univ. i Oslo 48 s.
- Erikstad, K.E. 1988. Sjøfuglforskning i Norge, en bibliografi over ærfugl og andre sjøender. - Upubl. rapport til Rammepanutvalget for Forskningsprogram om nordnorsk kystøkologi, NINA, Tromsø Museum, 20 s.
- Gjøsæter, J. & Johannesen, T. 1989. Effekter av algeoppblomstringen på bunnfauna. - Direktoratet for Naturforvaltning, Rapport 12-1989: 39-40.
- Gray, J.S., Anstensrud, M., Christie, H., Edwardsen, B. & Leinaas, H.P. 1989. Effekter av oppblomstringen på flora og fauna i kystområdet Langesund-Tvedestrand. - Direktoratet for Naturforvaltning, Rapport 12-1989: 35-37.
- Karlsson, K. 1984. Taskekrabbens (*Cancer pagurus* L.) forekomst og atferd på grunt vann (0-5 m) ved Homborsund, Aust-Agder. - Upubl. hovedfagsoppgave i marin biologi, Univ. Oslo, 101 s.
- Leinaas, H.P., Christie, H. & Anstensrud, M. 1990. Utviklingen i hardbunnssamfunn langs deler av Skagerrakkysten etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988. Undersøkelser foretatt fram til november 1989. - Upubl. rapport til DN, NINA, Østlandsavd.
- Lundälv, T. & Christie, H. 1986. Comparative trends and ecological patterns of rocky subtidal communities in the Swedish and Norwegian Skagerrak area. - *Hydrobiologia* 142: 71-80.
- Pethon, P. 1967. Food and feeding habits of the common eider (*Somateria mollissima*). - *Nytt Mag. Zool.* 15: 97-111.
- Rosenberg, R., Lindahl, O. & Blanck, H. 1988. Silent spring in the sea. - *Ambio* 17(4): 289-290.
- Sundene, O. 1953. The algal vegetation of Oslofjord. - Skrifter utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I. Mat.-Naturv. Klasse. 2: 1-244.

061

nina
oppdrags-
melding

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0117-8

Norsk institutt for
naturforskning
Boks 1037 Blindern
0315 Oslo 3
Tel: (02) 45 46 84