

3.3.1 PRIMÆRPRODUKSJON (PLANTEPLANKTON)

Nordsjøen og Skagerrak har i mange år vært utsatt for betydelige belastninger fra omkringliggende fastland. Kartlegging av biologiske effekter på grunn av næringsstofftilførsel har pågått i lengre tid. I de senere årene er det økt fokus på hvilke effekter klimaendringer har på lavere nivå i næringskjeden, både når det gjelder produksjon og arts sammensetning.

Lars-Johan Naustvoll
lars.johan.naustvoll@imr.no

Morten Skogen
morten.skogen@imr.no

Mona Kleiven
mona.kleiven@imr.no

Havforskningsinstituttets overvåkingsprogrammer i dette området skal fremskaffe mer kunnskap om endringer i planteplanktonets mengde og artssammensetning. Denne kunnskapen trengs for å belyse aktuelle problemstillinger knyttet til eutrofiering (næringsstofftilførsel), produksjon og klima.

Overvåkingen av planteplankton i Nordsjøen er primært knyttet til de faste snittene Utsira–Start Point og Hanstholm–Aberdeen (figur 6.3.1). I tillegg måles det klorofyll *a* på snittene Oksøy–Hanstholm og Fedje–Shetland for å få et overslag over mengden fotosyntetiserende mikroalger. I Skagerrak er overvåkingen lagt til snittet Torungen–Hirtshals. I tillegg foretas det en større regional dekning av området i april/mai, der artssammensetning og tetthet av planteplankton blir undersøkt, og det tas prøver for klorofyll *a*.

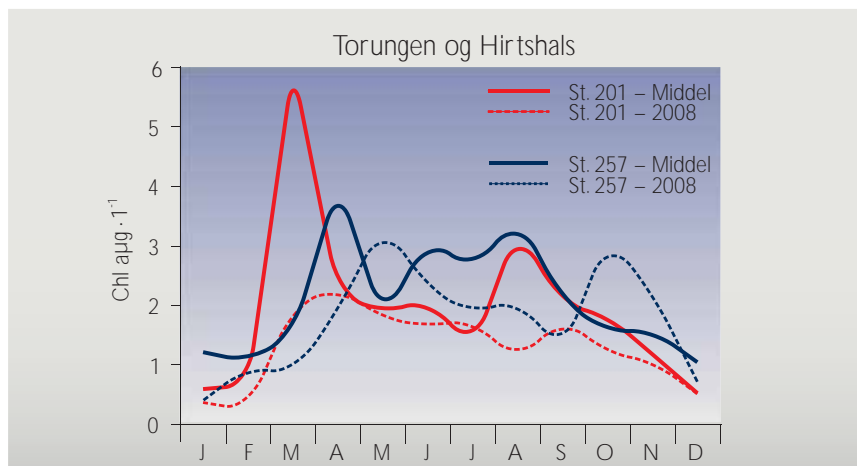
Av historiske grunner har overvåkingen av planteplankton i Nordsjøen og Skagerrak vært fokusert på skadelige alger. En rekke store algooppblomstringer har startet i området. Noen av disse ble først oppdaget her, for så å spre seg videre langs kysten, mens andre bare har blitt registrert i dette området. Også en rekke arter knyttet

til varmere farvann blir registrert i dette området først. Fordi Nordsjøen og Skagerrak er omgitt av landområder, har det vært en betydelig tilførsel av uorganiske næringsstoffer til dette havområdet. Planteplankton er avhengig av slike næringsstoffer, spesielt nitrogenforbindelser, for å vokse og formere seg. Det har vært antydning at det er en kopling mellom eutrofiering og tilstedeværelse av skadelige alger. Instituttets overvåkingsdata har vist at dette gjelder enkelte arter (*Chrysochromulina* og *Pseudochattonella fasciata*, tidligere kalt *Chattonella verruculosa*), mens det ikke er tilfelle for en rekke andre skadelige arter (for eksempel *Dinophysis*).

Vekst og biomasse av planteplankton påvirkes i stor grad av miljøforholdene, som stadig endres på grunn av meteorologiske, fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Disse endringene kan føre til betydelig variasjon i vekst, biomasse og artssammensetning innenfor relativt korte tidsrom og små geografiske områder. Blant planteplanktonet er det arter som er spesielt tilpasset kaldt eller varmt vann. Endringer i havklimaet vil få betydning for utbredelsen til disse artene. Slike ”nye” arter registreres fra tid til annen i korte perioder. I denne perioden er planteplanktonet sammensatt av en blanding av kiselalger, fureflagellater og små flagellater. Tidvis finner det sted større oppblomstringer (for eksempel kalkalger) og mer varmekjære arter registreres. I august har man historisk sett observert en større høstoppblomstring dominert av fureflagellater, eller enkelte år kiselalger. Senhøstes avtar mengden, før planteplanktonet går inn i en vinterperiode med lav tetthet og få arter.

Figur 3.3.1.1

Månedsmidler for klorofyll *a* i de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (st. 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (stasjon 257) i 2008. Stiplede linjer: verdier for 2008. Heltrukne linjer: langtidsmiddelet 1980–1995 (st. 201) og 1988–1995 (st. 257). Monthly means and Chlorophyll *a* in the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (station 201) and the upper 25 m outside Hirtshals (st. 257) in 2008. Dotted lines show the value for 2008 and solid lines show the long term mean for the period 1980–1995 (st. 201) and 1988–1995 (st. 257).

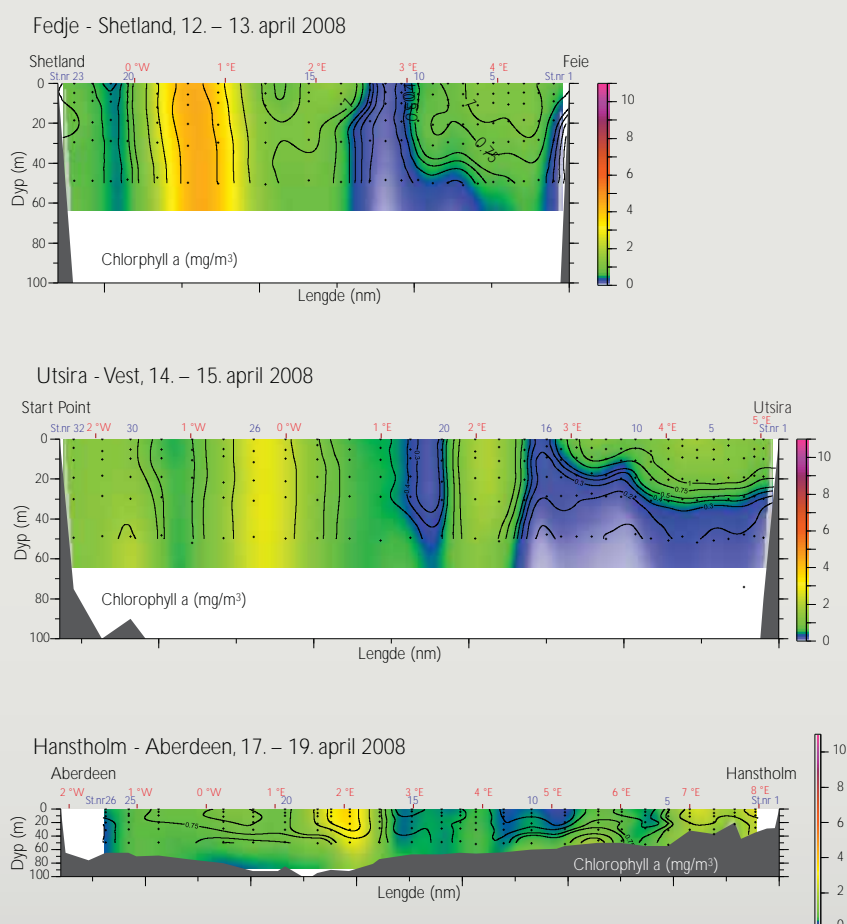


Skagerrak i 2008

Det blir registrert betydelig variasjon både i mengde, artssammensetning og suksjonsmønster i planteplanktonet fra år til år i Skagerrak, og utviklingen i 2008 viste likheter og ulikheter sammenlignet med de senere årene. Året startet med lave tettheter av planteplankton. I mars og april ble det observert økende mengder av kiselalger på norsk side, men det var ingen markant topp i klorofyll *a*-mengden (figur 3.3.1.1, stasjon 201 Arendal). Forbruket av næringsstoffer i denne perioden tyder på at det var en betydelig primærproduksjon, men våroppblomstringen kunne ikke registreres



Figur 3.3.1.2
Fureflagellaten *Akashiwo sanguinea*.
The dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*.



Figur 3.3.1.3
Klorofyllkonsentrasjonen ved snittene Fedje–Shetland, Utsira–Start Point og Hanstholm–Aberdeen i april 2008.
Chlorophyll concentration along the transect Fedje–Shetland, Utsira–Start Point and Hanstholm–Aberdeen in April 2008.

i klorofyll *a* selv med prøvetaking hver 14. dag. Det tyder på at oppblomstringen i 2008 var svært kort, noe som er i overensstemmelse med observasjoner inne ved kysten. I mars og april var planteplanktonet dominert av typiske vårformer av kiselalger (*Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Thalassiosira*). Fra mai og utover ble det registrert moderate til lave mengder klo-

rofyll *a*. Planteplanktonet var dominert av ulike små flagellater, i perioder med kiselalger og fureflagellater. Historisk sett har man hatt en oppblomstring august, dominert av store fureflagellater (*Ceratium*) eller kiselalger. Denne høstopplomstringen uteble i 2008 for femte året på rad på norsk side av Skagerrak.

Planteplanktonet på høsten var dominert av små flagellater, i korte perioder av kiselalger, med kun moderate mengder fureflagellater. I sentrale deler av Skagerrak var det et mer normalt år for planteplanktonet. Våroppblomstring fant sted i løpet av mars, dominert av *Skeletonema*. Fra april til august var det moderate til lave mengder planteplankton. Det ble ikke registrert noe høstopplomstring, noe som er vanlig. Planteplanktonsamfunnet var dominert av store fureflagellater (*Ceratium* spp. og *Prorocentrum micans*), med innslag av kiselalger på senhøsten. På dansk side (figur 3.3.1.1, stasjon 257 Hirtshals) ble det generelle suksesjonsmønsteret i planteplanktonet registrert. Våroppblomstringen fant sted i april/mai, med høyest tetthet i mai, noe som er litt senere enn normalt. I løpet av mai–august var det lave tettheter av planteplankton, lavere enn vanlig, dominert av små flagellater, med kortere perioder med kiselalger og fureflagellater. Høstopplomstringen på dansk side kom betydelig senere enn vanlig. I oktober ble det registrert høyere konsentrasjoner av klorofyll *a* og relativt høy tetthet av fureflagellaten *Akashiwo sanguinea* (figur 3.3.1.2).

Flere arter har tidligere dannet større oppblomstringer i Skagerrak hvert eneste år. I 2008 ble det ikke registrert noe større oppblomstringer i dette området, verken av kalkalgen *Emiliania huxleyi* eller fureflagellaten *Noctiluca scintillans*. Heller ikke *Pseudochattonella fasciata* ble registrert i store mengder i 2008.

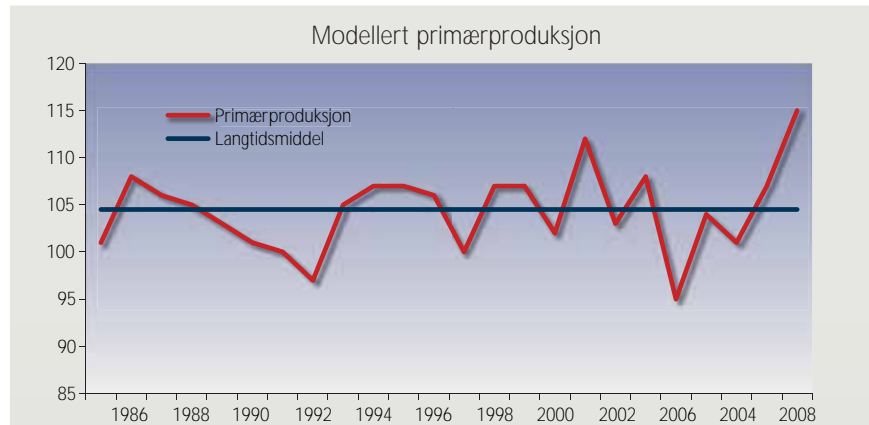
Nordsjøen i 2008

Figur 3.3.1.3 viser klorofyll *a*-konsentrasjonen langs snittene Fedje–Shetland, Utsira–Start Point og Hanstholm–Aberdeen i april 2008. Tidspunktet for våroppblomstringen varierer mellom år og områder. Generelt vil oppblomstringen komme i gang tidligere i sør og ved kystene enn i åpent havområde. I de østlige deler av Nordsjøen kommer oppblomstringen i gang i løpet av mars og er over i midten av april, mens den i de nordlige og vestlige delene har et maksimum i april. I vintermånedene er det lave tettheter av planteplankton i hele området. Ved dekningen av snittet Hanstholm–Aberdeen i februar var det antydning til økte mengder av planteplankton ved kysten av Danmark. I april hadde våroppblomstringen kulminert ved Fedje og Utsira, mens den fortsatt pågikk i de vestlige delene av snittene. På snittet Hanstholm–Aberdeen var det rester av våroppblomstringen i de sentrale delene, mens den var over ved kystene. Maksimum klorofyll *a*-mengder i bunnvannet er ikke uvanlig ved danskekysten og er rester av våroppblomstringen. Økende mengder i overflaten helt inne ved

kysten henger sammen med økt tilførsel av næringsalter fra sør. Planteplanktonet er i denne perioden en blanding av kiselalger, fureflagellater og små flagellater. I sommerperioden ble det registrert høyest klorofyll *a*-mengder i 20 meters dyp i de åpne områdene langs snittene. Planteplanktonet var dominert av små flagellater og mikrodyreplankton, med innslag av fureflagellater.

Modellering av primærproduksjon

Den modellerte gjennomsnittlige årsproduksjonen for hele Nordsjøen var i 2008 115 gram karbon/m²/år. Det er den høyeste verdien som er estimert for perioden 1985–2008 (figur 3.3.1.4). Modellen viser høyest produksjon ved kysten, fra Frankrike til og med den danske vestkysten, hvor produksjonen i 2008 var over normalen. I de andre områdene av Nordsjøen ligger den estimerte produksjonen litt over langtidsmiddelet. De eneste områdene hvor produksjonen ligger under normalen er i de sentrale delene av Nordsjøen og langs kysten av Vestlandet. Til tross for stor reduksjon i utslippene av næringsalter til Nordsjøen de siste årene, ser man ingen reduksjon i primærproduksjonen. Grunnen til dette er at de største mengdene næringsalter (85–90 %) som trengs til primærproduksjonen blir transportert til Nordsjøen fra Atlanterhavet.



Figur 3.3.1.4

Modellert primærproduksjon i Nordsjøen fra 1985 til 2008 samt langtidsmiddelet. Dataene er vist som den gjennomsnittlige årsproduksjon i Nordsjøen uttrykt som gram karbon/m²/år.

Modelled primary production in the North Sea from 1985 to 2008 and the long term mean. The production is expressed as average annual production in the North Sea as gram carbon/m²/year.

Phytoplankton

The monitoring of phytoplankton biomass, density and species composition as well as nutrient dynamics in the North Sea and Skagerrak provides information about the effects of human activity and climatic changes. IMR carries out detailed monitoring along the transects Hanstholm–Aberdeen, Utsira–Start Point and Torungen–Hirtshals, and during a regional covering in April/May. The divergences in 2008 from the long-term means, as seen on the Torungen–Hirtshals transect, were a much smaller (time and amount) spring bloom, lower

overall chlorophyll concentration during the summer, and the absence of autumn bloom on the Norwegian side of the Skagerrak. On the Danish side of the Skagerrak, the spring bloom in 2008 occurred later than normal (approximately 1 month). The chlorophyll concentrations were lower during summer, and there was an autumn bloom in October, two months later than normal. On the Hansholm–Aberdeen transect, 2008 was more or less similar to 2007. The average annual modelled primary production in 2008 in the North Sea was well above the average for the period 1985–2008.

3.3.2 SEKUNDÆRPRODUKSJON (DYREPLANKTON)

Høyere havtemperaturer har ført til at utbredelsesområdet til flere dyreplanktonarter er skjøvet nordover og til økt overlevelses-evne hos mer sørlige planktonorganismer i Nordsjøen. I 2008 ble den introduserte lobemaneten *Mnemiopsis leidyi* observert langs kysten av Skagerrak og helt opp til Mørekysten.

Tone Falkenhaus

tone.falkenhaus@imr.no

Lena Omli

lena.omli@imr.no

Dyreplankton er næringsgrunnlag for flere kommersielt viktige fiskearter i Nordsjøen. Variasjoner i dette leddet i næringskjeden vil derfor ha store konsekvenser for produksjon på høyere nivå. Plankton er følsomme for forurensning og klimaendringer og kan brukes som indikatorer for forandringer i økosystemet.

Hoppekreps og krill er de viktigste gruppene av dyreplankton i Nordsjøen. Disse beiter på planteplankton og defineres derfor som sekundærprodusenter. De er bindeleddet mellom planteplankton og høyere organismer i det pelagiske næringsnett. Blant dyreplankton i Nordsjøen finner vi

også flere rovdyr, for eksempel ribbemaneter, skivemaneter og pilorm.

De nordlige områdene av Nordsjøen påvirkes av innstrømmingen av atlantisk vann, og dyreplanktonet domineres derfor av atlantiske arter. Raudåte (*Calanus finmarchicus*) er den viktigste komponenten, med opptil 80 % av den totale biomassen av dyreplankton i vårsesongen. Den er også den viktigste arten for dyreplanktonspisende fisk i denne delen av Nordsjøen. Forekomst av raudåte varierer fra år til år, og mye tyder på at raudåtebestanden i Nordsjøen avhenger av tilførsler fra Norskehavet. Raudåte trenger dypere områder for overvintring, for eksempel Norskerenna (300–700 m dyp), og er derfor nesten fraværende i de sentrale og grunne områdene av Nordsjøen på vinterstid. Dyreplanktonet i sørlige Nordsjøen domineres av små, altetende arter (f.eks. *Pseudocalanus* spp.,

Acartia clausi, *Temora longicornis* og *Centropages hamatus*) med kort livssyklus og flere generasjoner per år. Raudåte er også en viktig komponent her i perioden februar–mai. I juli–august er arten *Calanus helgolandicus* mer vanlig. Dette er en nær slektning av raudåte, men er knyttet til varmere, sørligere vannmasser og gyter senere på sommeren. Arten er utbredt i hele Nordsjøen, men har størst forekomst i sørlige og vestlige områder.

Overvåking av dyreplankton i Nordsjøen og Skagerrak gjøres ved regelmessig prøvetaking langs tre av Havforskningsinstituttets faste snitt: Utsira–Start Point, Hanstholm–Aberdeen og Torungen–Hirtshals (figur 6.3.1). I tillegg kartlegges fordelingen av dyreplankton i Nordsjøen og Skagerrak med et tokt i april/mai.

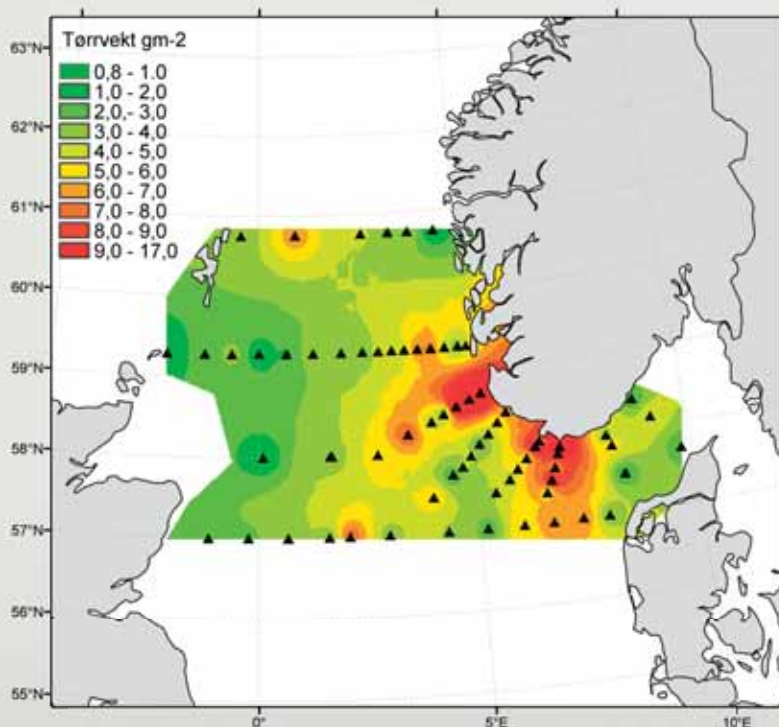
Observasjoner i 2008

Årets observasjoner avviker ikke mye fra tidligere år. Dyreplanktonmengdene (biomasse) var på samme nivå eller noe lavere i 2008 sammenlignet med året før, og fulgte den samme utviklingen over året. I januar var biomassen av dyreplankton lav langs alle snittene. De største forekomstene ble da registrert i de dypere delene av Norskerenna i Skagerrak (under 200 meters dyp) og var dominert av overvintrende raudåte. Dyreplanktonbiomassen i nordlige og sentrale områder økte fra januar til april og i juli, for så å avta til lave verdier i november. I april ble de største planktonmengdene observert i østlige deler, i kystvannet over Norskerenna (figur 3.3.2.1). I dette området ble også de største tetthetene av raudåte registrert.

Utbredelsen av de to søskenartene raudåte (*C. finmarchicus*) og *C. helgolandicus* i Nordsjøen i april 2008 viste klare geografiske forskjeller. Andelen av raudåte var størst i de nordlige og østlige delene av Nordsjøen, mens *C. helgolandicus* viste en økende trend mot vest og sør. Små kopepodittstadier dominerte, særlig i øst (kyststrømmen) der produksjonen av første generasjon av *C. finmarchicus* ser ut til å ha startet tidligst. Sammenlignet med samme periode i 2007 var forekomsten av *C. helgolandicus* på samme nivå, mens tettheten av *C. finmarchicus* var noe høyere i 2008 enn i 2007.

Hoppekreps (*Calanus* spp., *Pseudocalanus*, *Oithona* og “andre hoppekreps”) i figur 3.3.2.2) var den dominerende gruppen av dyreplankton i hele undersøkelsesområdet over hele året. Selv om *Oithona* er den mest tallrike arten, bidrar den lite til biomassen sammenlignet med *Calanus* spp. I juli og november hadde de grunne sentrale områdene et større innslag av andre dyreplanktongrupper, for eksempel maneter

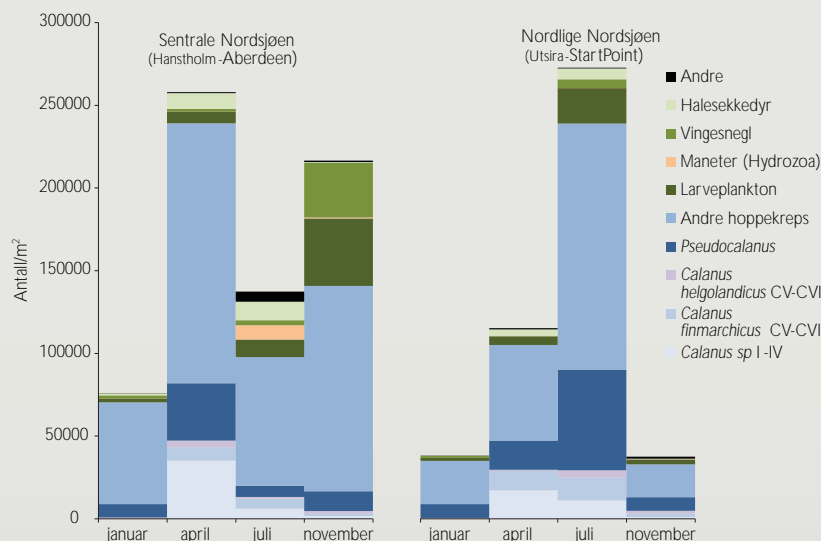
Dyreplankton biomassefordeling 2008



Figur 3.3.2.1

Fordeling av dyreplankton (g tørrvekt/m²) i Nordsjøen i april 2008.
Distribution of zooplankton in the North Sea in April 2008 (g dry weight/m²).

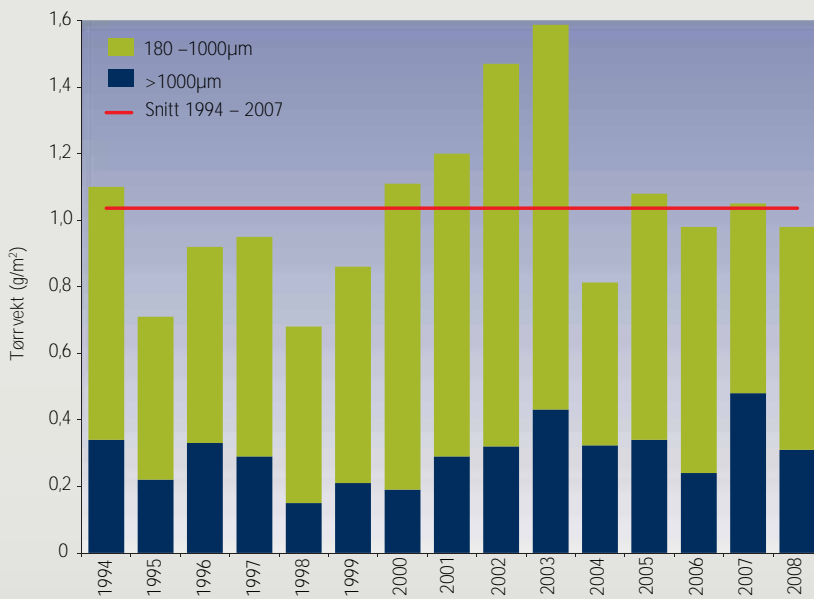
Dyreplanktongrupper



Figur 3.3.2.2

Gjennomsnittlig fordeling av dyreplanktongrupper i januar–november 2008 i sentrale (Hanstholm–Aberdeen) og nordlige (Utsira–StartPoint) Nordsjøen.
Relative abundance of zooplankton groups in January–November 2008 in the central and northern North Sea.

Dyreplanktonbiomasse – Arendal

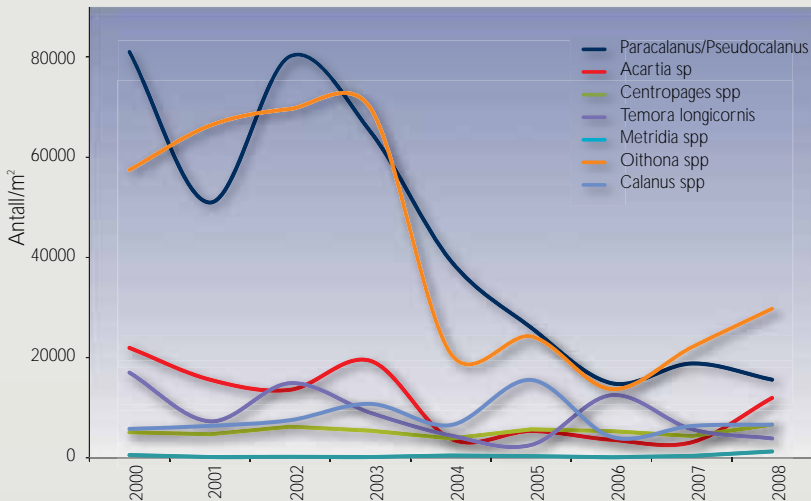


Figur 3.3.2.3

Dyreplanktonbiomasse som gjennomsnittlig gram tørrvekt/m² i de øvre 50 m, fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180–1000 µm og >1000 µm, for årene 1994–2008 på Arendal stasjon 2.

Zooplankton biomass as mean g dry weight/m² for the upper 50 m divided into two size fractions, 180–1000 µm and >1000 µm, for the years 1994–2008 at Arendal station 2.

Hoppekreps – Arendal



Figur 3.3.2.4

Tetthet av dominerende arter av hoppekreps (antall/m²) på Arendal stasjon 2, for årene 2000–2008.

Abundance of dominating copepods (numbers/m²) for the years 2000–2008 at Arendal station 2.

(hovedsakelig *Aglantha digitale*, se faktaboks), larveplankton, vingesnegl og halesekkedyr (figur 3.3.2.2). Vingesnegl og halesekkedyr er effektive filterere og kan derfor utnytte både små planteplankton og mikrodyreplankton som føde.

Prøvetaking av dyreplankton ved Skagerrakkysten utenfor Flødevigen (Arendal stasjon 2) har foregått hver 14. dag siden 1994 i regi av SFTs kystovervåkingsprogram. Årlig gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt/m²) for årene 1994 til 2008 har variert fra 0,68–1,58 g/m². Gjennomsnittlig mengde viste en økende trend i perioden 1999–2003. Etter en nedgang i 2004 er gjennomsnittsverdien for 2008 på høyde med middelet for observasjonsperioden (figur 3.3.2.3).

Parallelt med nedgangen i biomasse har også tettheten av hoppekreps avtatt de siste fem årene (figur 3.3.2.4). Gruppen av små hoppekreps som *Pseudocalanus/Paracalanus spp.*, *Acartia spp.*, *Temora longicornis* og *Oithona spp.* har dominert i antall gjennom hele undersøkelsesperioden. Lavere dyreplanktonbiomasse i perioden 2004–2008 skyldes fremfor alt en kraftig reduksjon i tettheten av *Pseudocalanus/Paracalanus* og *Oithona spp.* Fra høye tettheter i 2003, har mengden av disse artene avtatt med 80 % frem til 2008. Nedgangen i disse artene er spesielt fremtredende på høsten, slik at den vanlige sekundære ”oppblomstringen” av små hoppekreps i august–september er kraftig redusert de siste årene.

Store endringer siste 20 år

I forbindelse med høyere havtemperaturer har overlevelsesnivåen til mer varmekjære planktonorganismer økt i Nordsjøen/Skagerrak. I Nordsjøen har den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* økt i utbredelse og tetthet etter 1999. I Skagerrak har vi registrert *P. avirostris* de siste seks årene, alltid i prøver fra slutten av august.

Etter 1988 har forekomsten av raudåte (*C. finmarchicus*) avtatt, mens utbredelsen av *C. helgolandicus* har økt. Raudåte gyter tidlig om våren, slik at maksimumstettheten av kopepoder sammenfaller med tidspunktet for forekomsten av fiskelarver som beiter på disse. En større andel av dyreplanktonarter med senere gytetidspunkt (f.eks. *C. helgolandicus*) kan gi et misforhold mellom tidspunktet for klekking av fiskelarver og når deres byttedyr har sin maksimale tetthet. Slike endringer i artssammensetning, størrelsesfordeling og produksjonssyklus i dyreplanktonet vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden.

Den introduserte amerikanske lobemane-ten (*Mnemiopsis leidyi*) ble første gang observert i norske farvann høsten 2006. I 2007 og 2008 har arten forekommet i store tettheter på sensommeren og høsten langs norskekysten av Skagerrak og Nordsjøen. I 2008 ble de første observasjonene av arten gjort i april utenfor Lista. Tettheten økte deretter utover sommeren, og maneten ble observert helt opp til Møreky-sten i november. Arten vil sannsynligvis danne tette oppblomstringer i norske, kystnære farvann hver sommer (se også kapittel 1.12 i Kyst og havbruk 2009).

Zooplankton

Zooplankton is an essential link between the base of the food web and higher level consumers. Thus, the zooplankton monitoring programme provides information that improves our understanding of ecological processes in the North Sea. In 2008, the plankton monitoring in the North Sea and Skagerrak included sampling along three fixed transects (Utsira–Start Point, Hanstholm–Aberdeen and Torungen–Hirtshals), and one regional

covering of Skagerrak and the central and northern areas of the North Sea. In April 2008, the average zooplankton biomass in the northern North Sea was dominated by the large herbivorous copepod *Calanus finmarchicus*, but with an increasing proportion of *C. helgolandicus* west- and southward in the area. The average biomass of zooplankton in coastal waters in Skagerrak in 2008 was close to the mean value for 1994–2008.

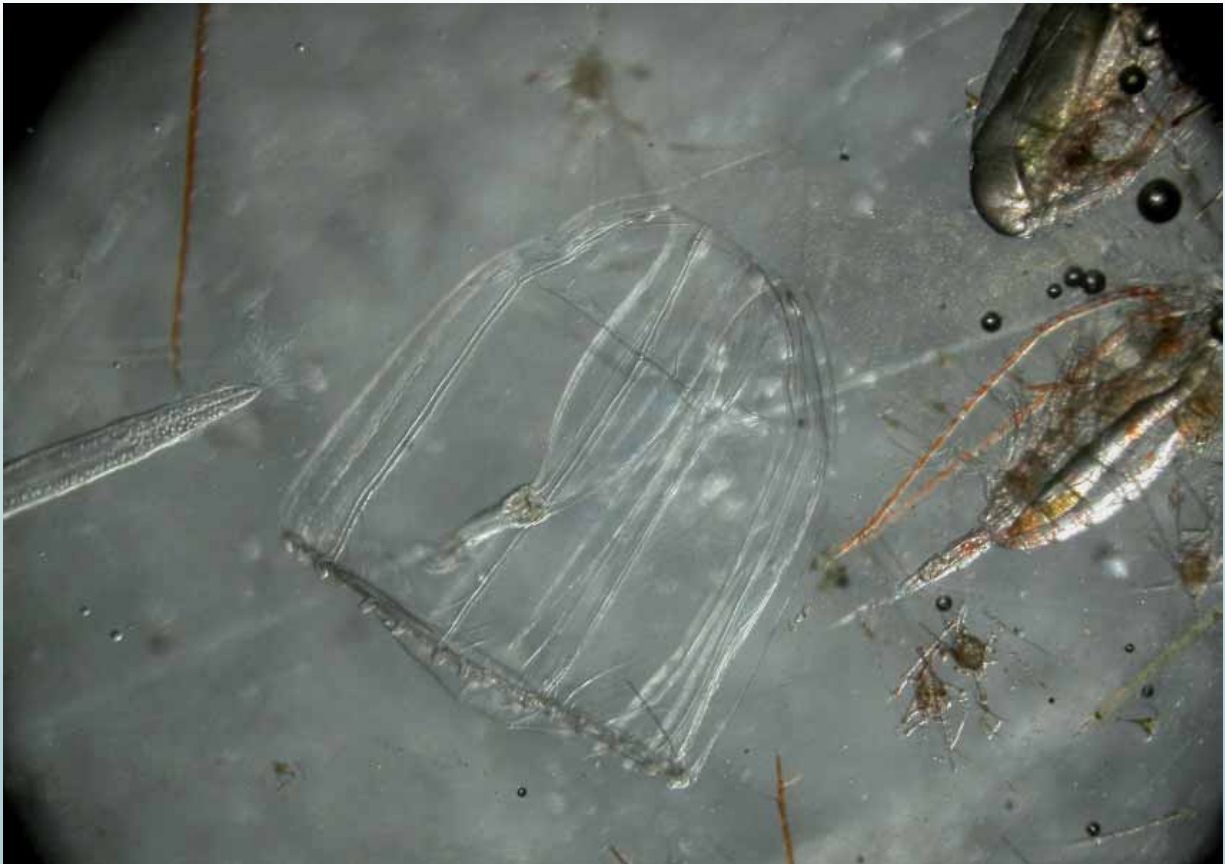


Foto: Tone Falkenhang

Liten, men glupsk

Aglantha digitale er en liten (ca. 2 cm), glassklar manet som er svært vanlig i dyreplanktonet i Nordsjøen sommerstid. Maneten forekommer ofte i de øvre vannmassene, men er å finne i hele vannsøylen ned til svært store dyp (>1000 m). Maneten er ikke lett å få øye på, men den klokkelignende formen og den lange magen inne i dyret gjør den lett gjenkjennelig under lupen. *Aglantha digitale* er et nesledyr i slekt med glassmanet og brennmanet. I likhet med disse har *Aglantha* nesleceller med neslegift som brukes for å fange byttedyr (hoppekreps). *Aglantha digitale*

tilhører gruppen "Trachymeduser", som kjennetegnes ved en planktonisk levemåte gjennom hele livsløpet. Dette skiller gruppen fra andre maneter, som har et bunnlevende stadium i deler av sin livssyklus.

Til tross for sin beskjedne størrelse kan *Aglantha digitale* ha innvirkning på populasjoner av hoppekreps gjennom beiting, særlig vinterstid da produksjonen av hoppekreps er lav.