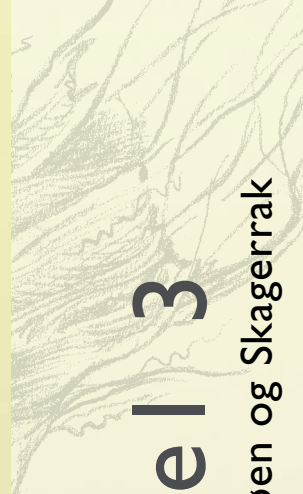




# Kapittel 3

Økosystem Nordsjøen og Skagerrak



### 3.1.1 Fysikk (sirkulasjon, vannmasser og klima)

Ved inngangen til 2006 var temperaturene i Nordsjøen ekstremt høye, rundt to grader over normalen. I første halvdel av 2006 ser dette havområdet fortsatt ut til å kunne bli vesentlig varmere enn normalt, kanskje det varmeste vi har observert dersom mildværet fortsetter. Det kalde vannet som tidligere var til stede i store deler av året har nå vært fraværende i flere år. Vi antar at dette, sammen med de høye temperaturene, må ha signifikante effekter på økosystemene både i Nordsjøen og Skagerrak.

Einar Svendsen

einar.svendsen@imr.no

Didrik Danielssen

didrik.danielssen@imr.no

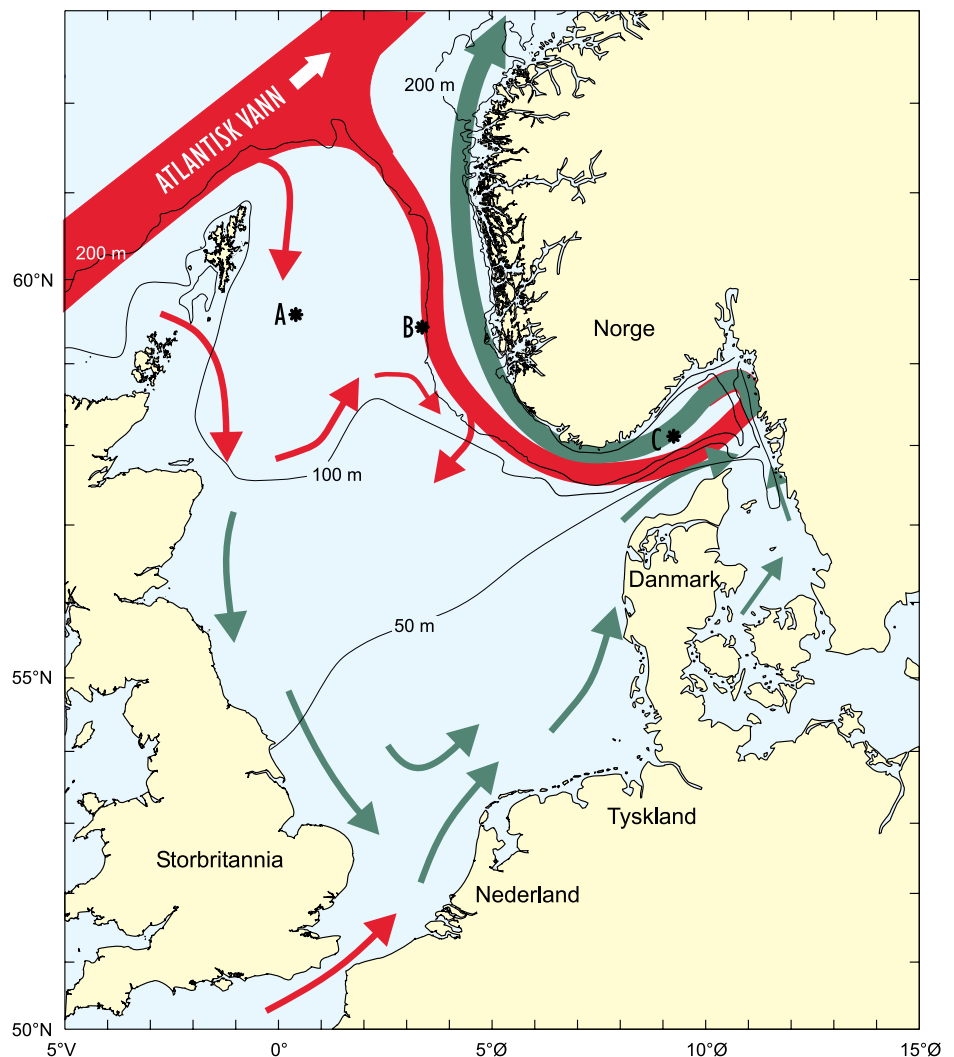
Morten Skogen

morten.skogen@imr.no

Vannmassene i Nordsjøen og Skagerrak har sin opprinnelse i innstrømmingen av atlantisk vann med høy saltholdighet fra Norskehavet (og litt gjennom Den engelske kanal) og ferskvannstilførsel fra land som også inkluderer store tilførsler fra Østersjøen (Figur 3.1.1.1). Strømbildet viser en middelsituasjon, og variasjoner i dette bildet fra ett år til et annet har stor innflytelse på økosystemet i Nordsjøen.

De viktigste årsakene til variasjonene er endringer i innstrømming av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvannstilførselen. Om vinteren er vertikalblandingen stor i de fleste områdene, slik at det blir liten forskjell i vannmassenes egenskaper mellom øvre og nedre lag. Om sommeren gjør oppvarmingen i det øvre vannlaget at det blir et klart temperatursprang i 20–50 m dyp.

I Skagerrak og langs norskekysten medfører tilførsler av store mengder ferskvann fra Østersjøen og elver at det ferskere og dermed lettere vannet øverst i stor grad er frakoplet det dypere salte og tyngre atlantiske vannet gjennom hele året. Mye



**Figur 3.1.1.1**

De viktigste trekkene ved sirkulasjonsmønstre og dybdeforhold i Nordsjøen og Skagerrak. Lokalisering av stasjonene A, B og C. Røde piler: atlantisk vann. Grønne piler: kystvann. The main circulation features and bathymetry of the North Sea and Skagerrak. Stations A, B and C. Red arrows: Atlantic water. Green arrows: Coastal water.

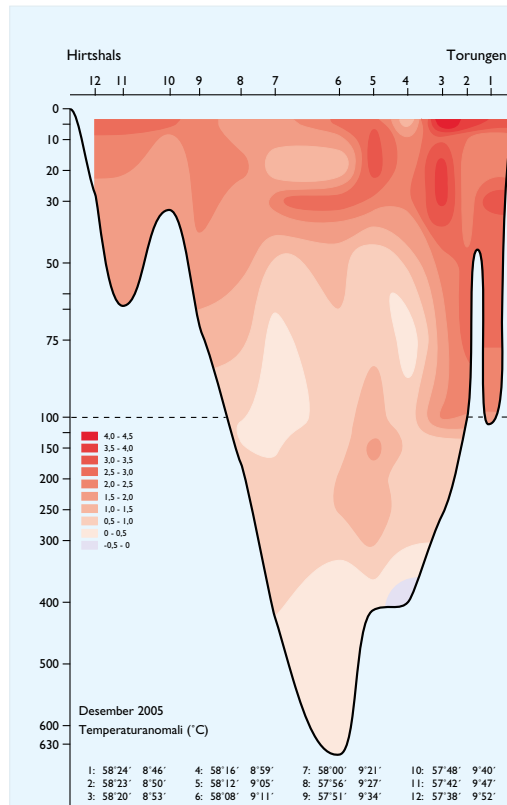
ferskvann tilføres også den sørlige Nordsjøen, men i de grunne områdene langs kysten med kraftig tidevann er vannet stort sett gjennomblandet hele året og danner en front mot det saltene vannet i de sentrale områdene.

Temperaturen i de øvre vannmassene var ved begynnelsen av 2005 1–1,5°C varmere enn normalt stort sett i hele Nordsjøen. Milde sørvestlige vinder i desember 2004 og januar 2005 ble etterfulgt av relativt kjølig vintervær. Dette medførte en rask normalisering av temperaturen som holdt seg nær normalen frem til høsten. Uvanlig varmt vær på ettersommeren og høsten medførte at temperaturen i øvre vannlag mot slutten av året var rundt 2 °C varmere enn normalt, og det varmeste observert de siste 35 årene. Fra Torungen–Hirtshals-snittet i Skagerrak som observeres månedlig, ser vi de ekstreme temperaturene i de øvre 50–100 meterne, mens det også i de dypere vannmassene er betydelig varmere enn normalt (Figur 3.1.1.2).

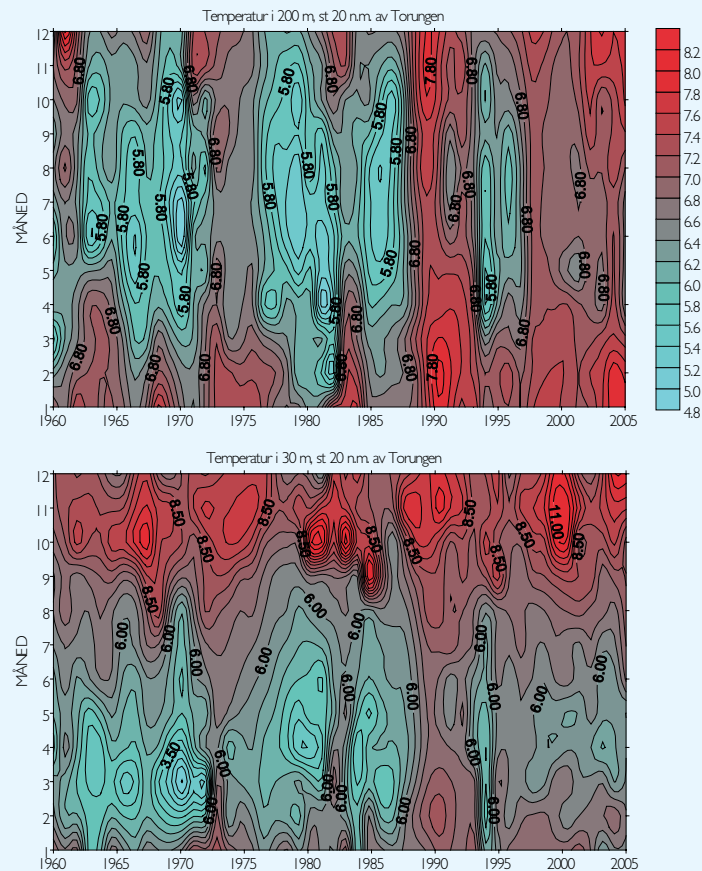
Utviklingen av temperaturen over tid i Skagerrak er representativ for utviklingen i store deler av Nordsjøen. I tillegg til økte temperaturer, ser vi av Figur 3.1.1.3 at også lengden på den varme sesongen har økt betraktelig de siste årene. Dette er ganske unikt i forhold til de siste 45 årene, og vi har kun observert lignende forhold rundt 1990. Det kalde vannet som tidligere var til stede i store deler av året har nå vært fraværende i flere år, og vi antar at dette må ha signifikante effekter på økosystemene både i Nordsjøen og Skagerrak. Dersom mildværet fortsetter, vil havklimaet i Nordsjøen første del av 2006 kunne bli av det varmeste vi har observert.

Figur 3.1.1.4 A og B viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i det vinterkjølte bunnvannet i den nordlige Nordsjøen og i kjernen av det innstrømmende atlantiske vann i vestskråningen av Norskerenna. Den relativt kjølige vinteren og våren medførte at temperaturen også i de dypere vannlagene ble mindre ekstreme enn i 2004, mens saltholdigheten spesielt på nordsjøplataet (A) er ekstremt høy på grunn av svært høy saltholdighet på innstrømmende atlantisk vann.

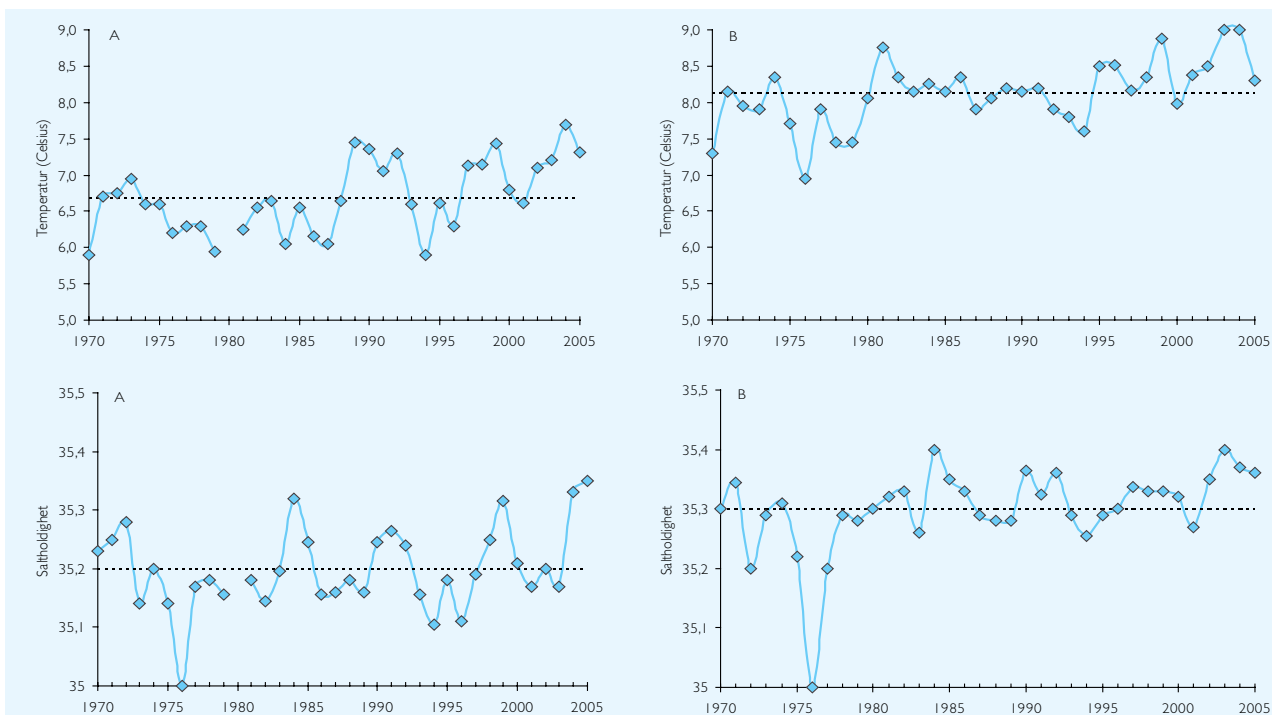
Langs skagerrakkysten var de hydrografiske forholdene i 2005 en del forskjellig fra 2004, med atskillig kaldere vann i de øvre 30 m vinteren 2005 og kaldere badetemperaturer frem til midtsommeren (Figur 3.1.1.5). Vannmassene i de dypere lagene var gjennom hele 2005 preget av store tilførsler varmt atlantisk vann (saltholdighet over 35, Figur 3.1.1.6), med unntak av januar hvor det ble registrert skagerrakkvann. Det ble også registrert



**Figur 3.1.1.2**  
Temperaturavvik (fra normalen basert på perioden 1960–1987) langs Torungen–Hirtshals-snittet i desember 2005.  
Temperature deviation (from the norm 1960–1987) along the Torungen–Hirtshals section in December 2005.



**Figur 3.1.1.3**  
Temperaturutvikling gjennom året og fra perioden 1960–2005 i 30 m (øverst) og 200 m dyp i Skagerrak 20 nautiske mil utenfor Torungen fyr ved Arendal.  
Temperature development through the year and from the period 1960–2005 at 30 meter (upper) and 200 meter depth in Skagerrak 20 nautical miles outside Torungen lighthouse near Arendal, Norway.



**Figur 3.1.1.4**

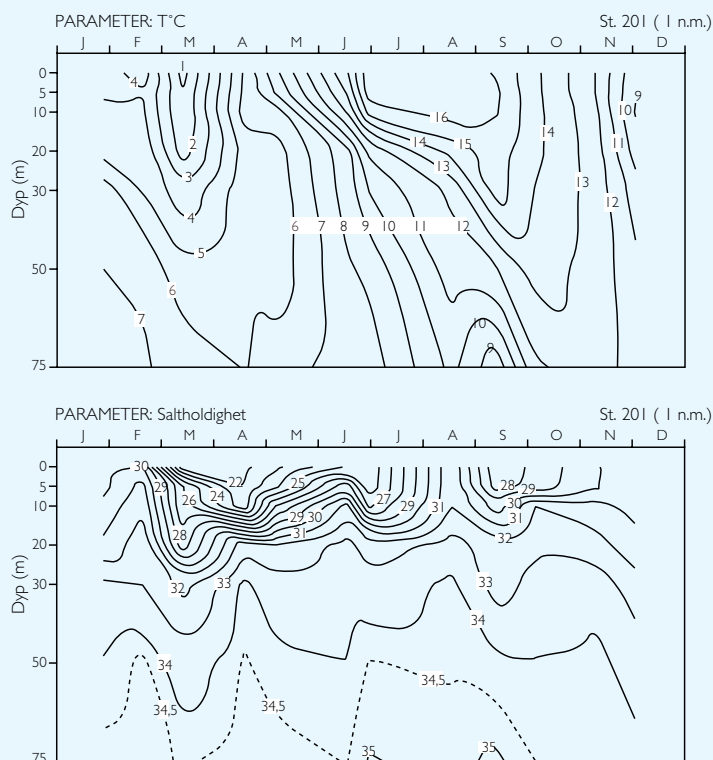
Temperatur og saltholdighet nær bunnen i den nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A) og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B) om sommeren i årene 1970–2005. For lokalisering av posisjonene A og B, se Figur 3.1.1.1.

*Temperature and salinity near bottom in the northwestern part of the North Sea (A) and in the core of Atlantic water (B) at the western shelf edge of the Norwegian Trench during the summers of 1970–2005. (Locations of A and B in Figure 3.1.1.1).*

større mengder baltiske vannmasser om våren i Skagerrak enn det som er observert de siste 18 årene. Temperaturen lå 0,5–1 °C over langtidsmiddelet gjennom nesten hele året. De salte atlantiske vannmassene i disse dypere lagene av kystvannet medvirket til innstrømning av nytt vann til fjordbassengene på skagerrakkysten på senvinteren/våren.

En numerisk havmodell (NORWECOM) viste at sirkulasjonen i Nordsjøen i 2005 var ganske varierende til ulike tider av året. Etter kraftig innstrømning av atlantisk vann til den nordlige og sentrale Nordsjøen i desember 2004 og januar 2005 var innstrømningen på vinteren og våren ganske normal. I tredje kvartal fikk vi på ny en relativt kraftig innstrømning i forhold til årstiden, mens det mot slutten av året var ganske normalt, dog med lave verdier i desember (Figur 3.1.1.7). Innstrømningen gjennom Den engelske kanal var unormalt svak, spesielt i første kvartal, da det i februar var en netto utstrømning. På våren fant det sted en kraftig utstrømning av baltiske vannmasser til Skagerrak. Samtidig var det også en betydelig innstrømning av atlantiske vannmasser, og disse ble funnet høyere oppe i vannsøylen ved innløpet til Kattegat enn det som er blitt observert de siste 18 årene.

Figur 3.1.1.8 viser tidsserier av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600



**Figur 3.1.1.5**

Temperatur og saltholdighet i 2005 i de øverste 75 m, ca. 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal (Stasjon 201).

*Temperature and salinity in 2005 for the upper 75 m at Station 201, 1 nautical mile outside Torungen lighthouse near Arendal.*

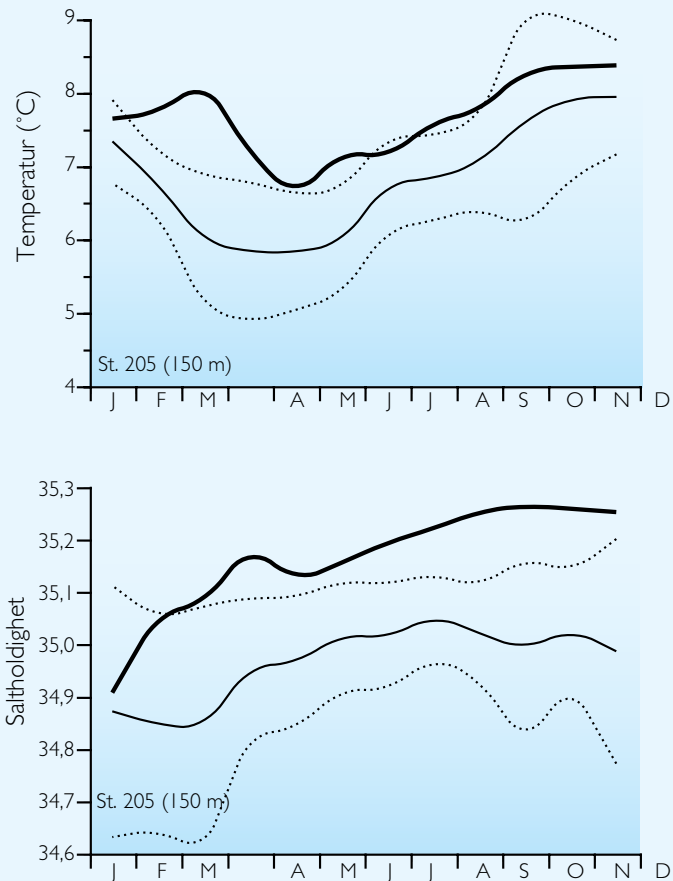
m dyp i Skagerrakbassenget utenfor Sørlandskysten (posisjon C, Figur 3.1.1.1). De hurtige endringene, spesielt økning i oksygen, indikerer utskifting av bunnvannet, hovedsakelig med vinteravkjølt vann fra nordsjøplataet, og/eller tilstrekkelig salt og tungt innstrømmende atlantisk vann langs vestskråningen av Norskerenna. Så lave temperaturer som i 2005 har ikke vært registrert i dypvannet siden 1996, og tettheten har ikke vært så høy siden slutten av 80-tallet. Som predikert i 2004, fikk vi en kraftig utskifting av oksygenrikt og relativt kaldt og tungt vann tidlig i 2005, mens det resten av året var stagnerende forhold. Det forventes ikke en vesentlig utskifting av bunnvannet i Skagerrak i 2006.

Grunnet høy omsetning av organisk materiale i deler av Nordsjøen observerte vi rundt tusenårsskiftet lave oksygenkonsentrasjoner i innstrømmende nordsjøvann til Skagerrak (dansk side) i august/september (Figur 3.1.1.9). Dette ble i liten grad observert i 2003 og 2004, noe som samsvarer med lavere primærproduksjon modellert i den sørlige Nordsjøen og langs den danske vestkysten. 2005 gav på ny tendenser til noe lavere oksygenverdier i september–oktober.

Figur 3.1.1.10 viser områder i den sørlige Nordsjøen med mindre oksygen ved bunnen, og det er etter all sannsynlighet vann fra dette området som enkelte år blir observert i Skagerrak. Fiskere har antydnet at tobis plutselig har forsvunnet, noe som kan skyldes lite oksygen. En ny oppdagelse er relativt lave verdier av oksygen også i den nordlige Nordsjøen. I sør oppstår dette typisk i august–september og er bekreftet med observasjoner. I nord forekom de lave verdiene derimot rundt månedsskiftet oktober–november 2005. Dessverre har vi ingen observerte bekræftelser på realismen i disse modellresultatene, men minimumsområdet faller godt sammen med en tidligere observert og topografisk styrt – og dermed relativt stasjonær – storskala virvel. Modellen viser også at strømmen i sentrum av dette noe dypere området er meget svak.

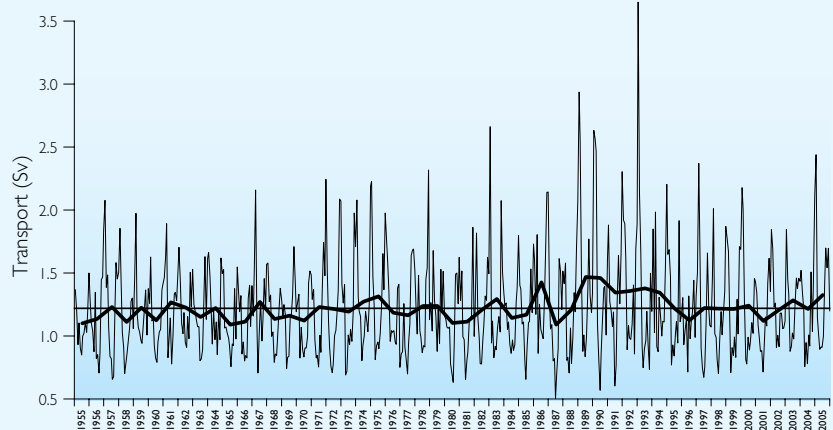
#### Atlantisk vann og fangst av taggmakrell

Beregnet innstrømming av atlantisk vann til Nordsjøen om vinteren har vist seg å ha stor sammenheng med fangst av taggmakrell den etterfølgende høsten i Nordsjøen. Dette har gitt grunnlag for halvårsprognoser for fisket, som rutinemessig er blitt beregnet siden 1996. I Figur 3.1.1.11 er prognosen relatert til modellert vanntransport vist sammen med de rapporterte fangstene. For 2005 var prognosen ca. 45.000 tonn, mens fisket kun ble 24.000 tonn. Dette skyldes bl.a. at fisket ble stoppet grunnet sannsyn-



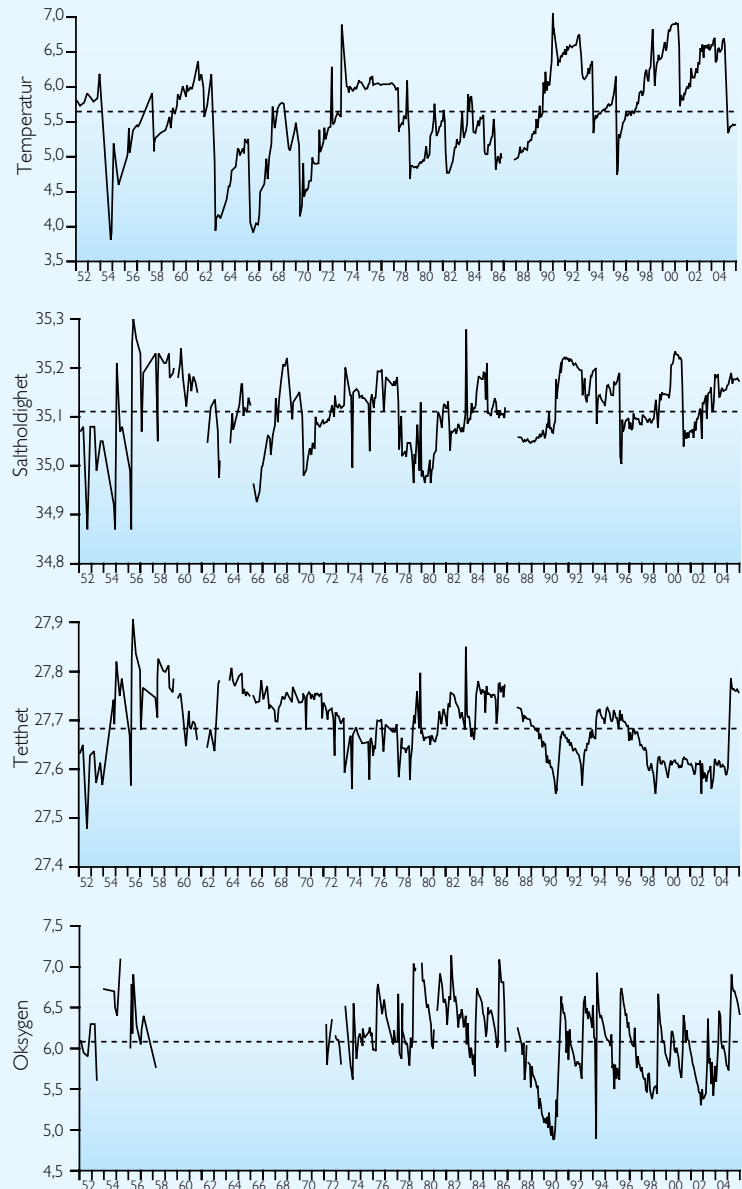
**Figur 3.1.1.6**

Temperatur og saltholdighet i 150 m dyp basert på månedlige målinger i 2005 ca. 10 km utenfor Torungen fyr ved Arendal. Langtidsmiddel (tynn linje) og standardavvik (prikket linje) for perioden 1961–1990. *Temperature and salinity at 150 m depth based on monthly observations in 2005, 10 km off Torungen lighthouse near Arendal. Long term mean (thin line) and standard deviation (dotted lines) for the period 1961–1990.*



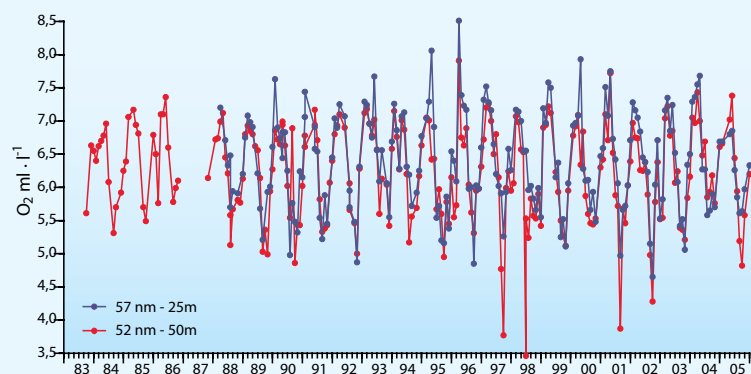
**Figur 3.1.1.7**

Tidsserier (1955–2005) av modellert årsmidlet (tykk strek) og månedsmidlet transport av atlantisk vann til den nordlige og sentrale Nordsjøen sørover mellom Orknøyene og Utsira.  $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . *Time series (1955–2005) of modelled annual mean (bold) and monthly mean volume of southward transport of Atlantic water into the northern and the central North Sea between the Orkney Islands and Utsira, Norway.  $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .*



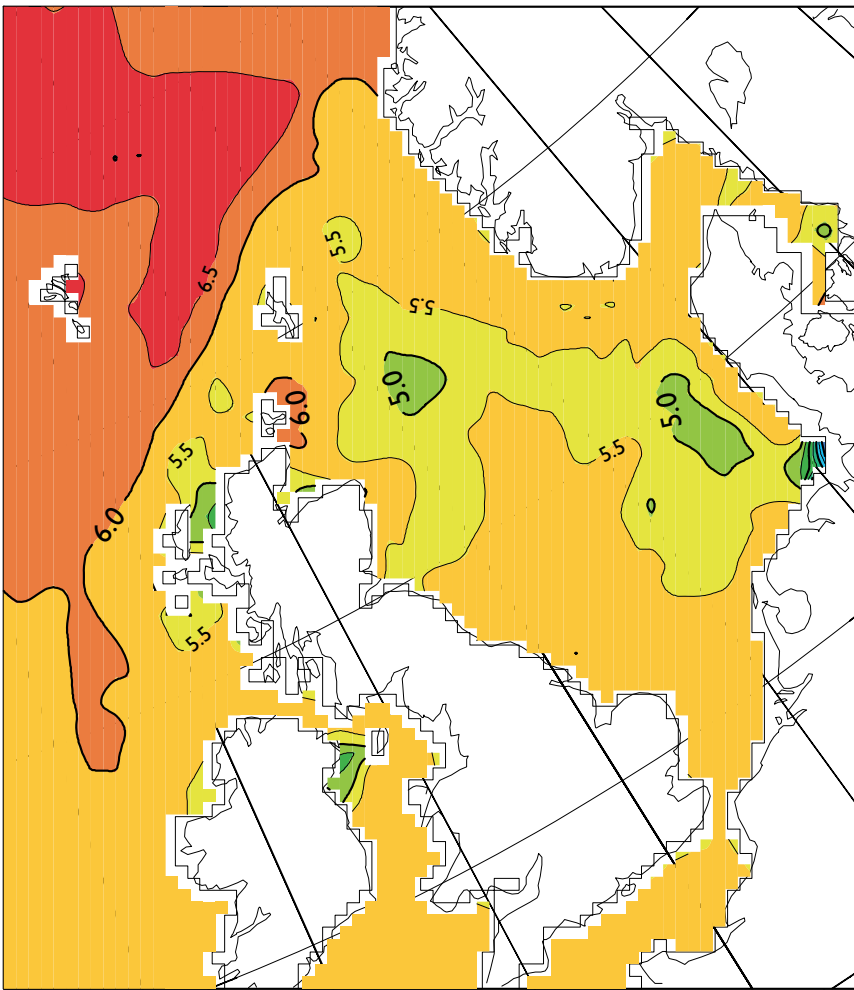
**Figur 3.1.1.8**

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 m dyp i Skagerrakbassenget for årene 1952–2005 (Posisjon C, Figur 3.1.1.1).  
 Temperature, salinity, density and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1952–2005 (Position C, Figure 3.1.1.1).

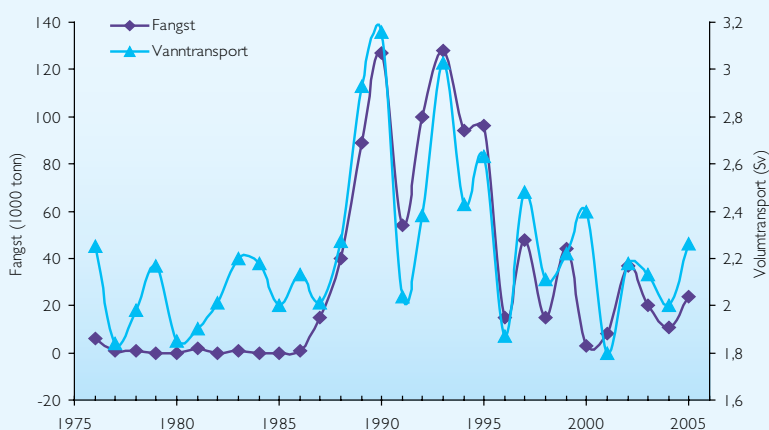


**Figur 3.1.1.9**

Tidsserier av oksygenkonsentrasjonen nær bunnen på dansk side av Skagerrak.  
 Time series of the oxygen concentration near the bottom at the Danish side of Skagerrak.



**Figur 3.1.1.10**  
Modellert minimum oksygenkonsentrasjon ved bunnen i 2005.  
Modelled minimum bottom oxygen concentration in 2005.



**Figur 3.1.1.11**  
Middelet for første kvartal av modellert total vanntransport sørover i Nordsjøen gjennom et snitt fra Utsira til Orknøyene i perioden 1976–2005. Fangst av taggmakrell etterfølgende høst i Nordsjøen.  
Modelled time series (1976–2005) of the mean (1st quarter) transport of Atlantic water into the North Sea between Utsira and the Orkney Islands. Capture of horse mackerel in the North Sea the following autumn.

lighet for store bifangster av makrell (se Kapittel 3.3.3).

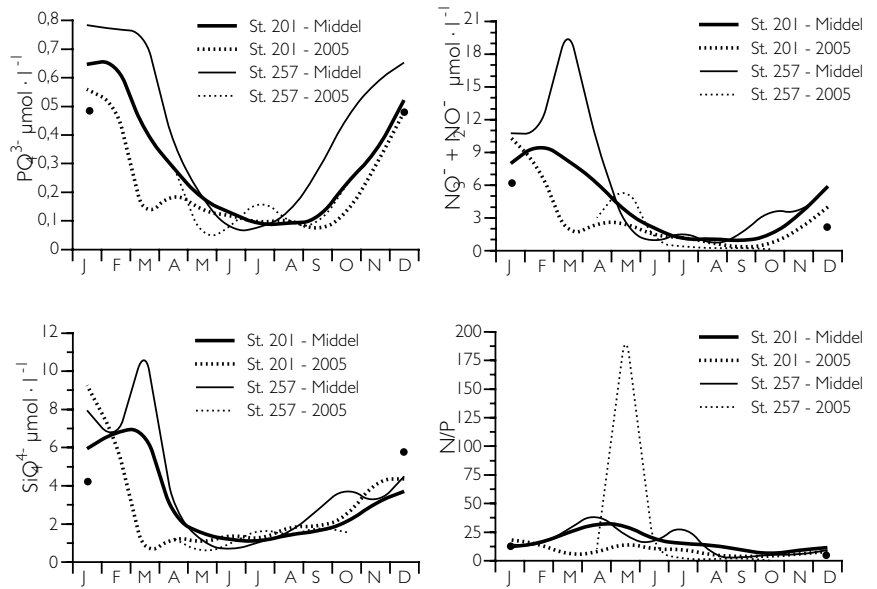
#### Næringsalter

På den norske skagerrakkysten fikk vi i februar–mars tidligere enn vanlig en reduksjon i alle næringsaltene, mens utviklingen om sommeren og høsten var som normalt (Figur 3.1.1.12). På dansk side var konsentrasjonene i januar lavere enn normalt, men manglende observasjoner i februar og mars gjør det umulig å si noe om det videre forløpet og tidspunktet for våroppblomstringen. De lave verdiene i januar kan imidlertid tyde på at det har vært en del produksjon allerede på vinteren, m.a.o. en tidlig våroppblomstring. Om høsten var konsentrasjonene der lavere enn normalt, og på den tiden var det en del algeproduksjon på den siden av Skagerrak. Det meget høye nitrogen-/fosforforholdet (N/P) i mai innerst på dansk side skyldtes forekomst av nitrogenholdige jyllandske kystvannmasser som på dette tidspunkt strekte seg oppover langs den danske vestkysten og inn i Skagerrak (Figur 3.1.1.13). I disse vannmassene var det ubetydelige mengder fosfor og silikat igjen.

Hvert år i april siden 1988 undersøkes næringsaltsituasjonen og algesammensetningen i hele Skagerrak, Kattegat og på vestkysten av Danmark. I 2005 var N/P-forholdet langs vestkysten av Danmark omtrent som i 2003 og 2004 og betydelig lavere enn i 2001 og 2002. Bortsett fra i den sørligste delen med høye konsentrasjoner, lå nitratkonsentrasjonene langs land på vestkysten på 10–20 mm<sup>-1</sup> (Figur 3.1.1.13), og med ubetydelige mengder av fosfat og silikat til stede. Disse vannmassene med høye nitratkonsentrasjoner ble også registrert innover i Skagerrak på danskisiden. Man må tilbake til 1998 og 1999 for å finne mer nitrat både langs vestkysten av Danmark og langs den danske skagerrakkysten.

#### Oceanography

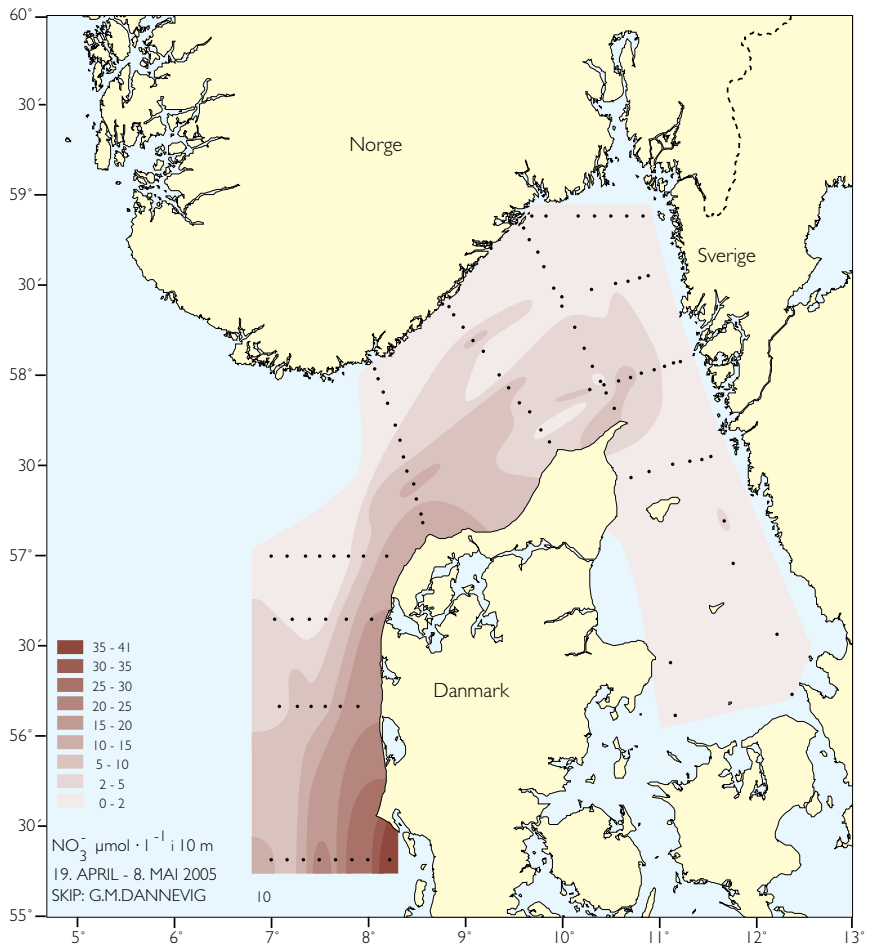
At the end of 2005 and the start of 2006 the temperatures in the North Sea were extremely high, about two degrees warmer than normal. The first half of 2006 seems to become significantly warmer than normal, maybe the warmest observed if the mild weather continues. The cold water previously present for large parts of the year has now been absent for several years. We assume that this, together with the high temperatures, must have significant effects on the ecosystem dynamics both in the North Sea and the Skagerrak. Monitoring of nutrients indicates that the spring bloom in Skagerrak was earlier than normal in 2005.



**Figur 3.1.1.12**

Månedlige observasjoner midlet for de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (Stasjon 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (Stasjon 257) i 2005 for fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitrat+nitritt ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ), silikat ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) og forholdet mellom nitrat+nitritt og fosfat (N/P). De heltrukne linjene viser langtidsmiddel for 1980–1995 på Stasjon 201, unntatt for silikat, hvor langtidsmiddelet er for 1988–1995, og på Stasjon 257 hvor langtidsmiddelet er for 1988–1995 for alle størrelsene.

Monthly observations averaged for the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (Station 201) and the upper 25 m at Station 257 outside Hirtshals in 2005 for phosphate, nitrate+nitrite, silicate and N/P ratio. The solid lines show the long term mean for the period 1980–1995 at Station 201, except for silicate where the mean is for the period 1988–1995, and at Station 257 where the long term mean is for the period 1988–1995 for all parameters.



**Figur 3.1.1.13**

Horisontal fordeling av nitrat i 10 m dyp i Nordsjøen og Skagerrak i april 2004.

Horizontal distribution of nitrate at 10 m depth in the North Sea and Skagerrak in April 2004.