

Intern toktrapport

Fartøy: G. M. Dannevig
Tidsrom: 15. april – 2. mai 1999
Område: Nordsjøen/Skagerrak/Kattegat.
Formål: Miljøundersøkelser
Personell: Didrik S. Danielssen, Svein Erik Enersen, Kate Enersen,
Terje Jåvold,

Gjennomføring

Det ble brukt CTD-sonde og samlet inn vannprøver fra alle stasjoner. Følgende parametre inngikk i programmet: Temperatur, saltholdighet, oksygen, nitrat, nitritt, fosfat, silikat og klorofyll a. Det ble i likhet med de tre siste årene prioritert å ta oksygen bare på snittet Torungen-Hirtshals og i Kattegat. Gulstoff ble analysert på alle stasjoner, men disse resultatene er ikke behandlet i denne rapporten. Det ble tatt en blandingsprøve med like deler vann fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp (dersom stasjonen var så dyp) for algetelling i tillegg til en prøve fra 10 m dyp. Der det var behov for det ble det også tatt en levende prøve, og også prøver der det var et utpreget maksimum. Utvalgte algeprøver ble gjennomgått, og alle kjemiske analyser og ferdige figurer av resultatene ble som ved tidligere tokt utført ombord under toktet.

I tillegg ble tre faste stasjoner i Risørområdet også tatt for å se på forholdene i bassengvannet i denne fjorden. Stasjonsnettet er vist på Fig. 1, og Fig. 2-11 viser fordelingen av temperatur saltholdighet, tetthet, oksygen, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll a på snitt og enkeltstasjoner i det undersøkte området. I tillegg er saltholdighet og nitrat i 10 m og største verdi i 0-30 m dyp av N:P-forholdet i hele området vist på Fig. 12-14, og Fig. 15 viser konsentrasjonen av nærings-salter mot saltholdighet langs den danske vestkysten de tre siste årene. Fig. 16 viser utviklingen av oksygen i tre forskjellige dyp fra januar 1996 til april i år i dypet på en stasjon i Risørfjorden, og Fig. 17 viser langtidsvariasjoner av oksygen i dypet på samme stasjon.

Foreløpige resultater

Vestre Skagerrak og Danmarks vestkyst (Fig. 2, 3, 4, 12, 13, 14 og 15)

Temperaturforholdene var meget homogene i hele det vestre Skagerrak, og lå på ca 6-7°C i den sydlige delen, mens den var ca en grad lavere i den nordlige delen inn mot norskekysten. Og i de ganske ferske overflatevannmassene var temperaturen enda litt lavere. De norske kystvannmassene spredte seg langt over mot danskekysten. Inne ved den danske Skagerrakkysten ble det registrert jyllandske kystvannmasser. Det har siden mars måned funnet sted en større innstrømning av atlantiske vannmasser til Skagerrak. På danskesiden ble atlantiske vannmasser (saltholdighet ≥ 35) funnet helt oppe i 20-30 m dyp, og store deler av vannmassene hadde saltholdighet på over 35. Disse vannmassene hadde ikke nådd helt inn til norskekysten, men lå 15 n.m. av kysten ved Torungen oppe i 45-50 meters dyp. Lenger vest lå de betydelig dypere

(ca 200 m). Det vil si at de sannsynligvis ennå ikke hadde forårsaket noen utskiftning av bassengvannmassene i fjordene på den norske Skagerrakkysten.

Sydover langs den danske vestkysten var også temperaturforholdene meget homogene og lå mellom 6 og 7°C. Helt inne ved kysten lå de jyllandske kystvannmasser, mens nordsjøvannmassene dominerte lenger ute.

Den ovenfor nevnte innstrømningen av atlantisk vann til Skagerrak har siden mars måned forårsaket en kraftig fornyelse av dypvannet, og oksygenkonsentrasjonen i 630 meters dyp hadde øket fra 5.44 ml·l⁻¹ i mars til 6.65 ml·l⁻¹. I Ærøydypet var innstrømningen som ble registrert i februar og mars avsluttet, og konsentrasjonen var sunket i 140 meters dyp fra 6.78 ml·l⁻¹ i mars til 6.48 ml·l⁻¹. Det var oksygenovermetning i overflatevannmassene tvers over Skagerrak på snittet Torungen - Hirtshals, tildels meget kraftig innerst ved danskekysten på grunn av primærproduksjon.

Det var lite fosfat igjen i overflatelaget i Skagerrak, bortsett fra 10-15 n.m. av Hanstholm hvor det var noe igjen i nordsjøvannmassene som fantes i det området. Det var også lite silikat bortsett fra helt inne ved norskekysten på grunn av elveavrenning i området som ga tildels store silikatverdier, og der var det derimot en del nitrat igjen. Inne ved danskekysten i de jyllandske vannmasser var det betydelige mengder nitrat. Disse vannmassene hadde ikke så stor utbredelse som i mars måned utenfor Hirtshals, men konsentrasjonene var like høye, mer enn 20 µm·l⁻¹, og nede ved Hanstholm var konsentrasjonene helt oppe i 30 µm·l⁻¹ inne ved kysten. I dette området var N:P-forholdet meget skjevt og lå mellom 100 og 250. På norskesiden kunne nitratrikt vann av jyllandsk kystvannmasse opprinnelse registreres under de norske kystvannmassene. Disse vannmassene hadde delt seg og til dels trengt inn i skjærgården (Ærøydypet) i 10 til 30 meters dyp, og til dels lenger ut fra kysten til 15 n.m. I disse vannmassene var det også noe fosfat og silikat igjen, men N:P-forholdet var allikevel på 40 til 50. Langs den danske vestkysten var det lite fosfat og silikat igjen i de jyllandske kystvannmasser (saltholdighet < 33), noe mer i nordsjøvannmassene med saltholdighet på > 34.5. Det var langs hele kysten meget store nitratkonsentrasjoner i de jyllandske kystvannmasser med over 45 µm·l⁻¹ på innerste stasjon på det sydligste snittet, og på de tre andre snittene var det over 20 µm·l⁻¹ nærmest land.

Nitratforholdene liknet svært mye på det som ble registrert i 1998, men da var det litt fosfat og silikat igjen på alle snittene, og ekstremt store konsentrasjoner av begge disse næringssaltene på det sydligste snittet, større enn det som noen gang hadde blitt målt siden disse undersøkelsene startet i 1988. N:P-forholdene var nå meget skjeve langs vestkysten, og lå over store områder mellom 100 og 400, høyest i den sydlige delen mot tyskebukta. Dette var betydelig mer enn i 1998. Det var et forholdsvis negativt lineært forhold mellom nitrat og saltholdighet utenfor vestkysten av Danmark på samme måte som i 1998. Dette indikerer at nitratkonsentrasjonene i disse to årene i vesentlig grad er dominert av fysisk blanding. Dette reflekterer den dominerende påvirkning fra kontinentalt elvevann til den sydlige Nordsjøen, og dette var også tilfelle i årene 1992 og 1994. Fosfat og silikat viste som vanlig ikke et slikt negativt lineært forhold. Det eneste året som fosfat har antydnet noe slikt var i 1998 sammen med silikat som også viste et slikt forhold i 1994.

I Skagerrak var det mye klorofyll i de jyllandske kystvannmasser inne ved danskekysten. I resten av Skagerrak var det lite klorofyll tilstede. Det var mye klorofyll tilstede i de jyllandske kystvannmasser langs den danske vestkysten, mellom 10 og 15 µg·l⁻¹. På det sydligste snittet var

dette tilfelle bare på innerste stasjon, men det skyldtes muligens meget dårlige værforhold på dette snittet med mye sjø og sydøstlig vind opp i 30 -40 knop. Det var det mye kiselalger tilstede i de klorofyllrike jyllandske kystvannmassene, men også *Chatonnella spp.* som var årsak til algeoppblomstringen i mai 1998 ble funnet i mindre konsentrasjoner.

Kattegat (Fig. 5, 6, 12, 13 og 14)

Temperaturen i overflatelaget på snittet Gøteborg - Fredrikshavn og i resten av Kattegat lå på mellom 7 og 8°C med en liten termoklin i ca 5 meters dyp. Dypere nede lå temperaturen på 5 til 6°C, noe lavere i sydøstlige Kattegat. Bortsett fra ved utløpet av Øresund hvor saltholdigheten i overflaten var 12 -13, var den mellom 18 og 21 i hele området, lavest inn mot svenskekysten. Det var en utpreget haloklin mellom 5 og 15 meters dyp, kraftigst nede ved Øresund. Det ferskere overflatelaget inn mot svenskekysten var betydelig mindre enn i 1998. Det var gode oksygenforhold langs hele snittet med overmetning over ca 20 meters dyp p.g.a. primærproduksjon. Det samme var tilfelle på de øvrige stasjonene i Kattegat med overmetning i overflatelaget, og ingen steder i dypet under 75 % metning.

Det var høye nitratkonsentrasjoner ($14 \text{ til } 16 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$) mellom 15 og 25 meters dyp på snittet Gøteborg - Fredrikshavn, dypest inn mot svenskekysten. På de to nordligste stasjonene i Kattegat var konsentrasjonene i denne dybden enda noe høyere. Dette var vannmasser med en saltholdighet på 30 til 32 og synes å være jyllandske kystvannmasser med høye nitrat-konsentrasjoner som ble funnet i overflatelaget inne ved den danske Skagerrakkysten både nå i april og i mars. I disse vannmassene på snittet Gøteborg - Fredrikshavn var det også noe fosfat og silikat igjen, men N:P-forholdet var meget skjevt med verdier mellom 40 og 80. Disse vannmassene synes altså også å ha trengt nedover i det østlige Kattegat i ca 15 til 25 meters dyp, og i likhet med forholdene på snittet var det også her noe fosfat og silikat igjen, men N:P-forholdene var meget skjeve med verdier på mellom 30 og 50. I overflatelaget var det litt igjen av alle næringsstoffene, og her var det ikke noe skjevt N:P-forhold.

Våroppblomstringen var over i hele området, klorofyllkonsentrasjonene i overflatelaget lå mellom 1 og $2 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. På snittet var det et maksimum på en stasjon (st. 5) i 5 m dyp nær danskysten, og på den nordvestligste stasjonen i Kattegat var det et lite maksimum i 10 meters dyp. Men konsentrasjonene var lavere i hele området enn året før.

Indre Skagerrak (Fig. 7, 8, 9, 10, 12, 13 og 14)

Temperaturforholdene var meget homogene i hele området, ca 6°C med en liten økning helt i overflaten p.g.a. fine rolige værforhold. På grunn av de baltiske vannmasser var det en kraftig haloklin mellom 5 og 10 m dyp på snittene oppover langs svenskekysten. Over mot Jomfruland var saltholdigheten i overflatelaget også lav, noe som i tillegg skyldtes avrenning fra de store norske elvene. Disse vannmassene forårsaket også en kraftig haloklin i ca 10 meters dyp langs snittet Jomfruland - Skagen, men ble i den sydligste delen mot Skagen avløst av jyllandske kystvannmasser. I indre Skagerrak var det også større mengder atlantiske vannmasser (saltholdighet ≥ 35) tilstede. De ble registrert helt opp mot 30 meters dyp utenfor danskysten

ved Skagen, og i 75 til 50 meters dyp oppover langs den svenske vestkysten. Over mot Jomfruland lå de imidlertid mye dypere, under 150 til 200 meter, og ser foreløpig ikke ut til å påvirke noen fornyelse av de norske fjordene på Skagerrakkysten. Men dette vil være avhengig av om den atlantiske innstrømningen som ble registrert i ytre Skagerrak vil fortsette. Store deler av disse vannmassene hadde saltholdighet på over 35.1.

Det var svært lite fosfat igjen i overflatelaget langs alle snittene i indre Skagerrak. Det var litt silikat igjen i de ferske vannmassene langs svenskekysten, men mye igjen over mot Jomfruland der vannmassene var påvirket av avrenning fra de norske elvene. De jyllandske vannmasser med høye nitratkonsentrasjoner ble registrert oppover langs den svenske vestkysten i ca 20 meters dyp. Her var det litt fosfat og silikat igjen, men N:P-forholdet var meget skjevt (60-120). Disse nitratrike vannmassene med skjeve N:P-forhold ble også registrert over mot Jomfruland. De ekstremt skjeve N:P-forholdene som sees på Fig. 14 i dette området og også tildels langs den svenske vestkysten skyldes imidlertid nærings saltforholdene i de ferskere vannmassene ned til ca 5 meter og som spesielt utenfor Oslofjorden er påvirket av avrenning fra de norske elvene. Her var det ikke noe fosfat igjen, men en del nitrat, dog ikke så mye som i de dypere liggende vannmasser av jyllandsk kystvannmasse-opprinnelse som også ble funnet fra til 2-30 n.m. syd av Jomfruland med et nitratmaksimum på 12-13 $\mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$. Her var det noe fosfat og silikat igjen, og det skjeve N:P-forholdet lå i disse vannmassene på 30 - 45. I de øvre 5 til 10 meterne var det her også de ferskere vannmassene i den norske kyststrømmen som ga de ekstremt skjeve N:P-forholdene i Fig. 14.

Langs den svenske Skagerrakkysten var vår oppblomstringen over og det var ca 1 - 2 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ klorofyll igjen i overflaten og et lite maksimum (3 - 4 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) i 5 - 10 meters dyp. Det samme var tilfelle langs snittet over mot Jomfruland. Over mot Skagen var det litt mer klorofyll igjen i overflatelaget, og midt ute i Skagerrak ble det på en stasjon registrert et maksimum på ca 6 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ i 15 meters dyp. Det ble registrert litt *Chrysochromulina spp.* i noen av prøvene fra klorofyllmaksimaene, opp til 1 mill.celler $\cdot\text{l}^{-1}$.

Risørområdet (Fig. 11, 16 og 17)

Det ble i siste del av toktet også tatt to stasjoner i det ytre fjordbassenget (Østerfjorden) i Risørfjorden og en stasjon på utsiden i kystvannet. Dette er en terskelfjord med en terskel på 28 meter og største dyp på 188 meter. Her var det tydelige temperaturforskjeller i de øvre vannlag på utsiden og inne i fjorden, og fra 20 meter og nedover var det også saltholdighetsforskjell. Under 10 meters dyp var det også forskjell i oksygenkonsentrasjonen, og med sterkt avtagende konsentrasjoner mellom 50 og 75 meter, og på 175 meter var det bare 0.17 ml $\cdot\text{l}^{-1}$ igjen. Siden den totale fornyelse av vannmassene som ble avsluttet i april 1996 i Østerfjorden i Risør, fant det sted en liten fornyelse i dypet våren 1997. Deretter har forholdene vært stagnerende med en svak økning i den dypeste delen vinteren 1998 (Fig. 16). På grunn av at det ikke hadde funnet sted en total fornyelse av vannmassene inne i fjorden var det jevnt stigende og meget høye nærings saltkonsentrasjoner med økende dyp. Både oksygen- og nærings saltforholdene viser at det ikke hadde funnet sted noen fornyelse av vannmassene i dypet slik det hadde i Ærøydypet (ved Torungen) hvor det hadde skjedd en fornyelse helt til bunnen (140 m) i løpet av vinteren 1999. En fornyelse av dypvannet i denne fjorden finner gjerne sted med års mellomrom (Fig. 17, 150 og 175 m) p.g.a. det lille terskeldypet, mens det i de intermediære vannmasser (50-100 m

dyp) foregår atskillig hyppigere (se Fig. 17, 75 m dyp). Dersom innstrømningen av de atlantiske vannmasser som er registrert i Skagerrak fortsetter vil en forholdsvis liten heving av tyngre vannmasser i kystvannet utenfor terskeldypet kunne forårsake en større utskiftning av det stagnerende bassengvannet.

I kyststrømmen på utsiden var det et nitratmaksimum i 20-30 meters dyp, og her var det også noe fosfat og silikat igjen, og et skjevt N:P-forhold på ca. 30. Dette synes å være jyllandske kystvannmasser, mens de svært skjeve N:P-forhold helt i overflaten skyldes de mye ferskere baltiske vannmassene med tilskudd av ferskvann fra de norske elvene som etter våroppblomstringen ikke har noe fosfat igjen, men fremdeles en del nitrat og silikat.

Det var litt klorofyll igjen i overflatelaget på alle tre stasjonene med et maksimum i 5 meters dyp, og størst ute i kyststrømmen.

Konklusjon

I likhet med i 1998 ble det registrert uvanlig høye konsentrasjoner av nitrat langs den danske vestkysten og i det sydlige Skagerrak. I løpet av de siste 10 år er det bare observert høyere konsentrasjoner i 1994 da man hadde en storflom på kontinentet. Utbredelsen av nitratrikt vann med høyt N:P-forhold i 1999 likner forholdene i 1994 og var tildels betydelig høyere i store deler av området enn i 1998. Disse nitratrike vannmassene ble også registrert i mars måned utenfor Hirtshals, slik at innstrømningen av disse allerede har pågått en stund.

Nitratrike vannmasser av jyllandsk kystvannmasseopprinnelse ble også registrert under de ferskere baltiske vannmasser både langs den svenske vestkysten og utenfor norskekysten.

Det er som nevnt meget høye nitratkonsentrasjoner langs den danske vestkysten, og ved gunstige meteorologiske forhold vil disse kunne strømme inn i Skagerrak i den nærmeste ukene, og vil kunne bli transportert opp mot den norske Skagerrakkysten under de ferskere baltiske vannmassene. Noen store uønskede algeforekomster ble ikke funnet i løpet av toktet, men man bør være oppmerksom på muligheten for slike oppblomstringer i den nærmeste fremtid p.g.a. de meget store nitratkonsentrasjoner og skjeve N:P-forhold i området.

Det foregikk en større innstrømning av atlantiske vannmasser til Skagerrak, og det hadde siden mars måned funnet sted en dypvannsfornyelse i Skagerrak med forbedring av oksygenforholdene der. Disse vannmassene hadde forløpig ikke forårsaket noen dypvannsfornyelse hverken i Ærøydypet som fikk en fornyelse i februar/mars 1999, eller Risørfjorden hvor det ikke hadde funnet sted noen totalfornyelse siden våren 1996 og en delvis fornyelse våren 1997, og hvor det nå var sterkt avtagende oksygenkonsentrasjoner fra mellom 50 og 75 meter og nedover.

Dersom denne atlantiske innstrømningen fortsetter, er det gode muligheter for at dypvannsbassengene på Skagerrakkysten vil få en vannutskiftning.

Flødevigen 2/5-99

D. S. Danielssen

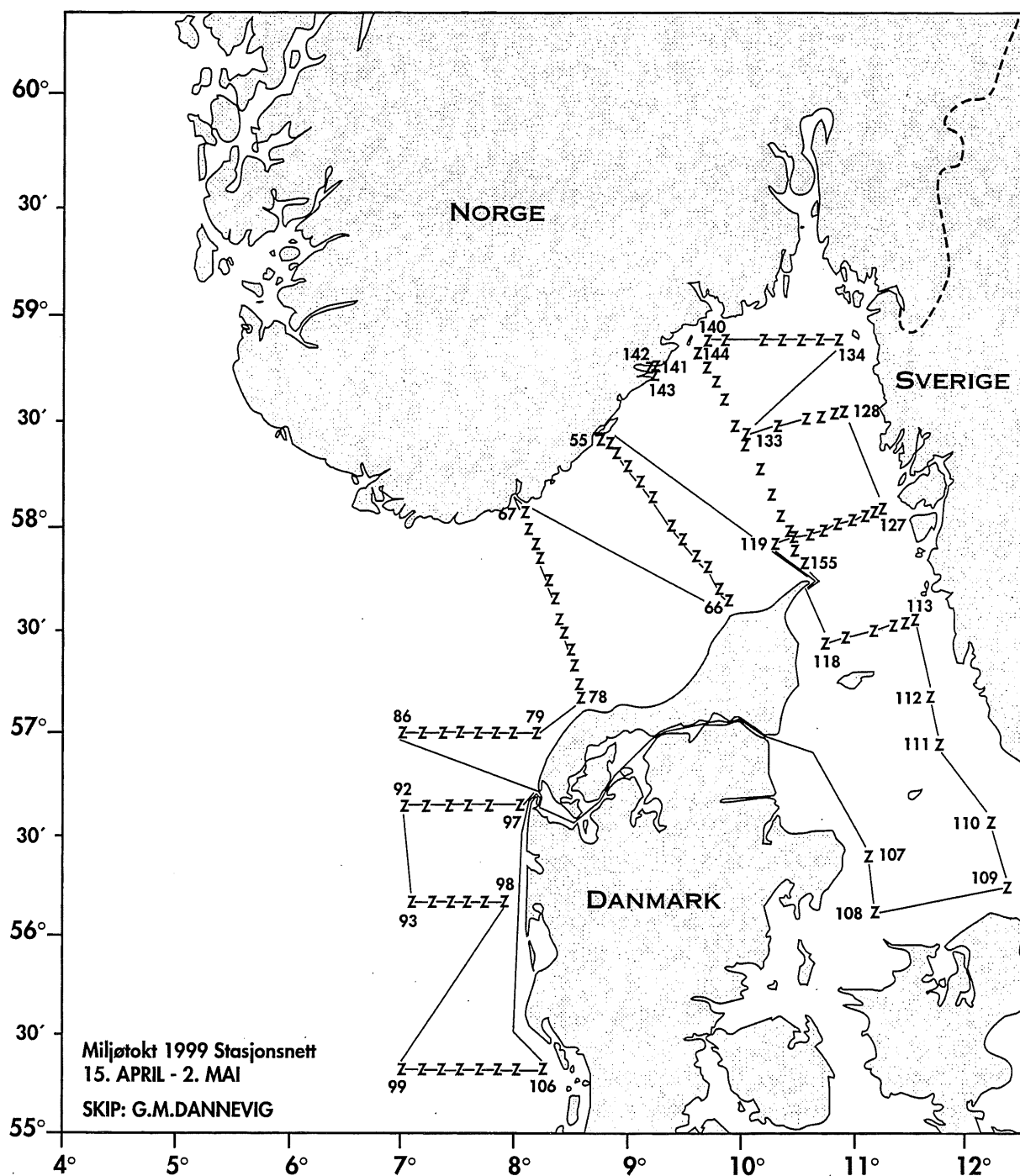


Fig. 1. Kart over stasjonsnettet 15. april - 2. mai 1999. Z: hydrografiske stasjoner.

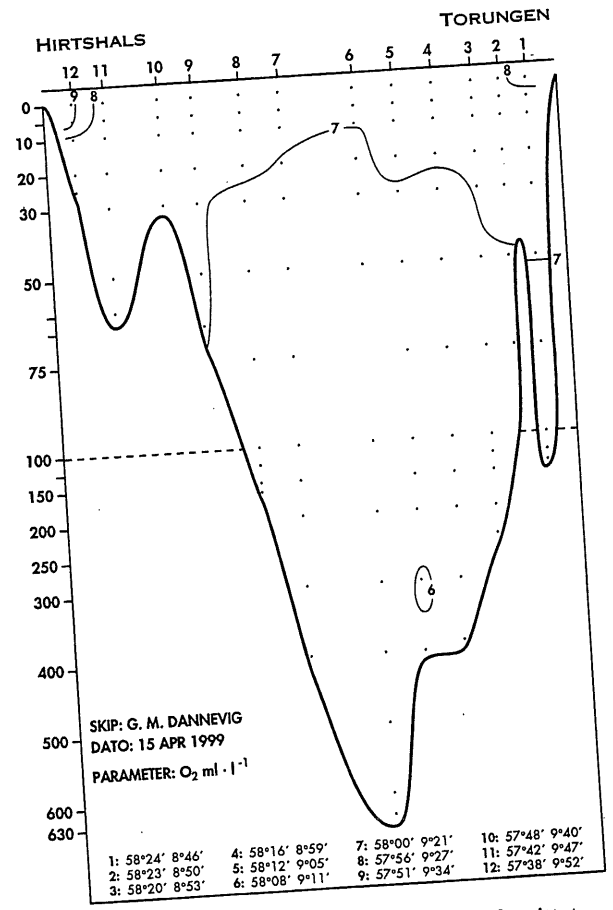
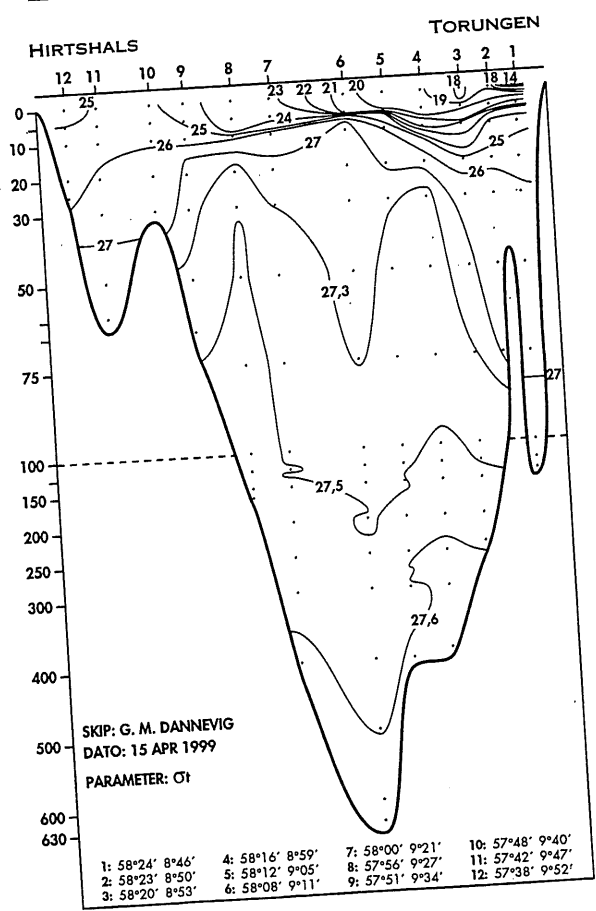
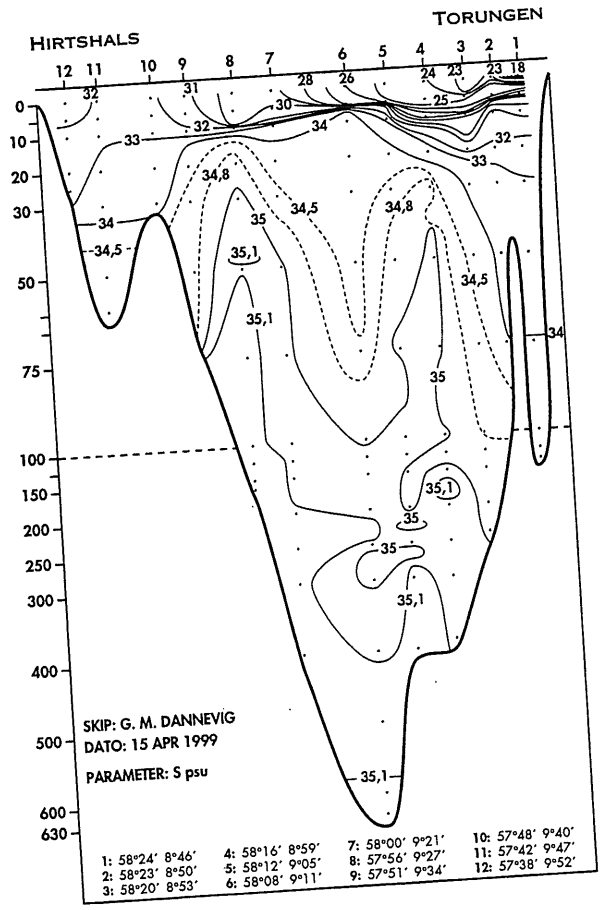
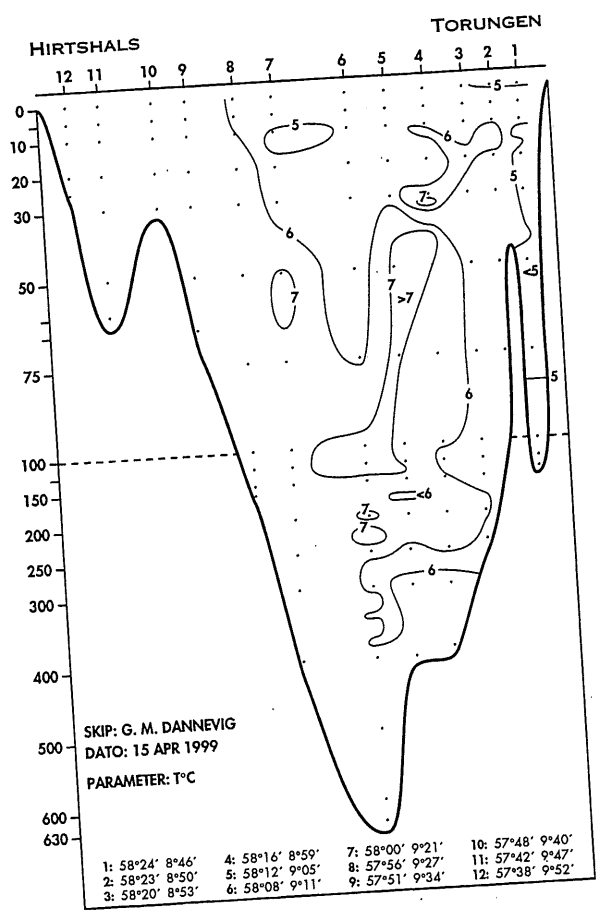


Fig. 2. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, oksygen, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll^a på snittet Torungen - Hirtshals 15. april 1999.

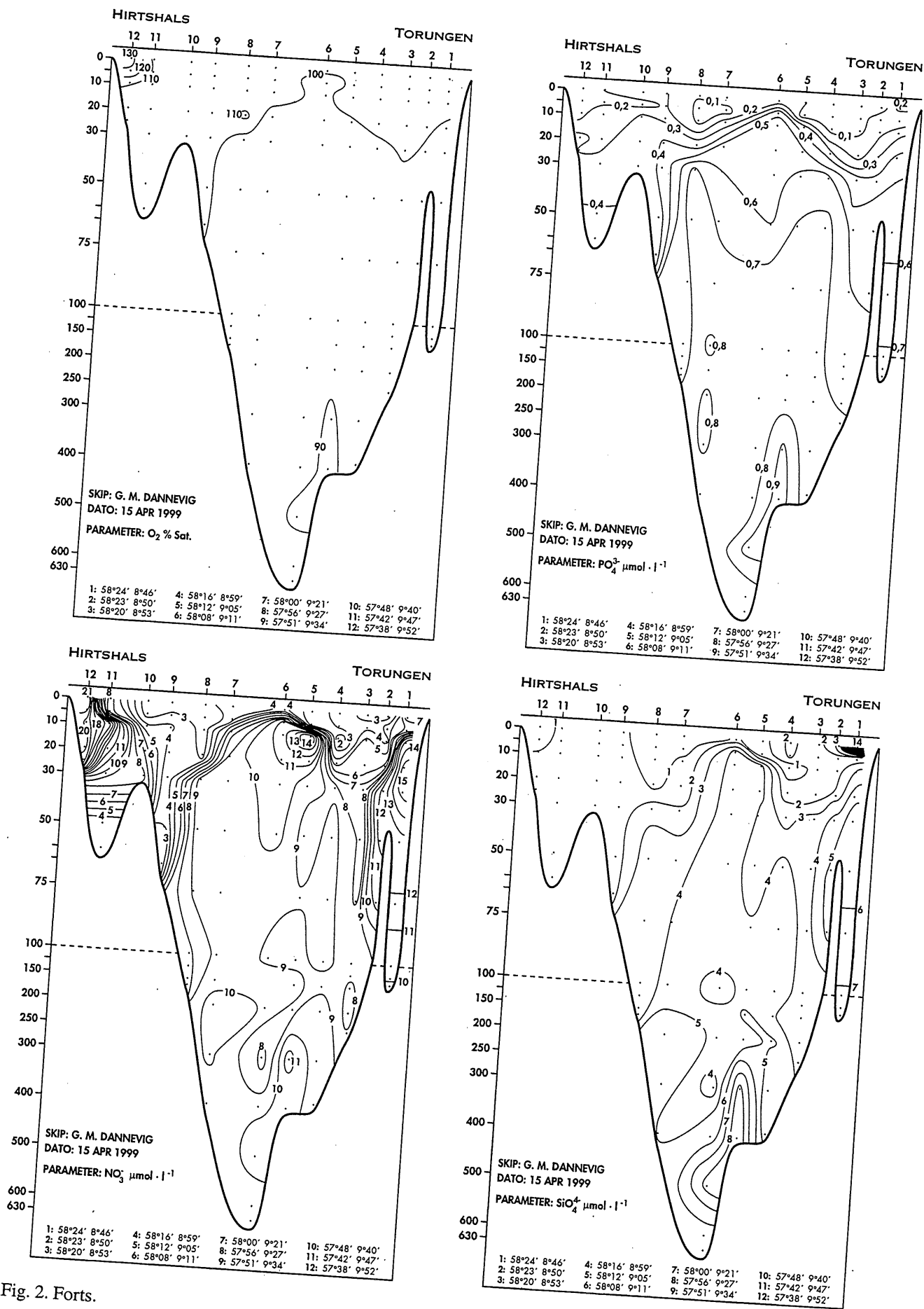
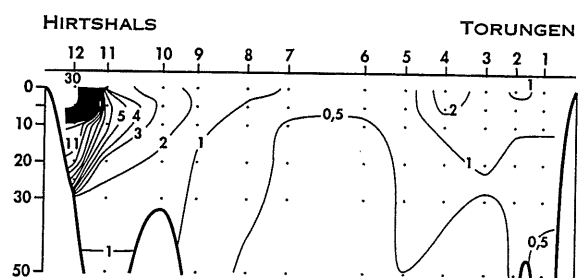


Fig. 2. Forts.



SKIP: G. M. DANNEVIG
DATO: 15 APR 1999
PARAMETER: Chlorophyll $\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$

Fig. 2. Forts.

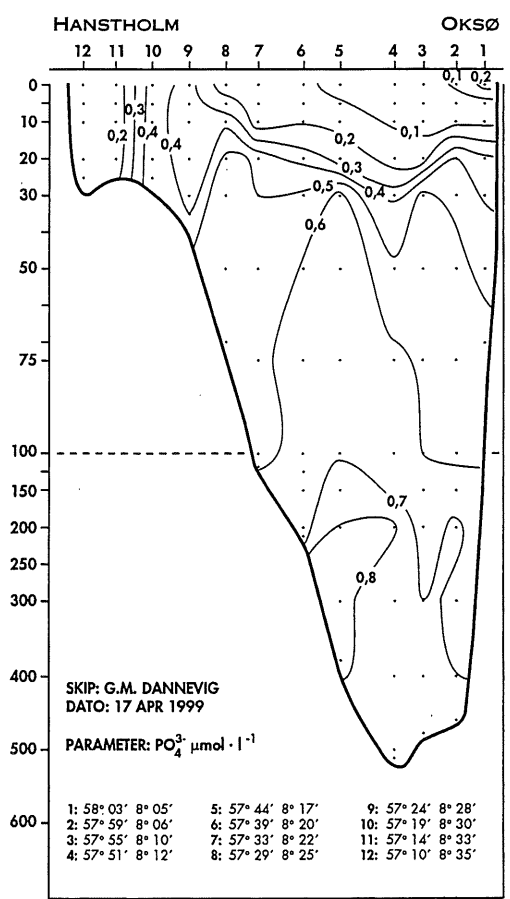
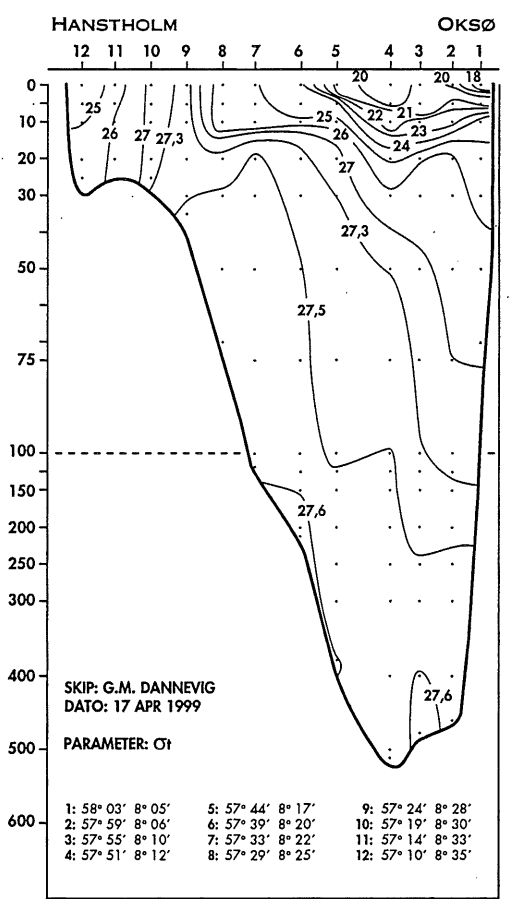
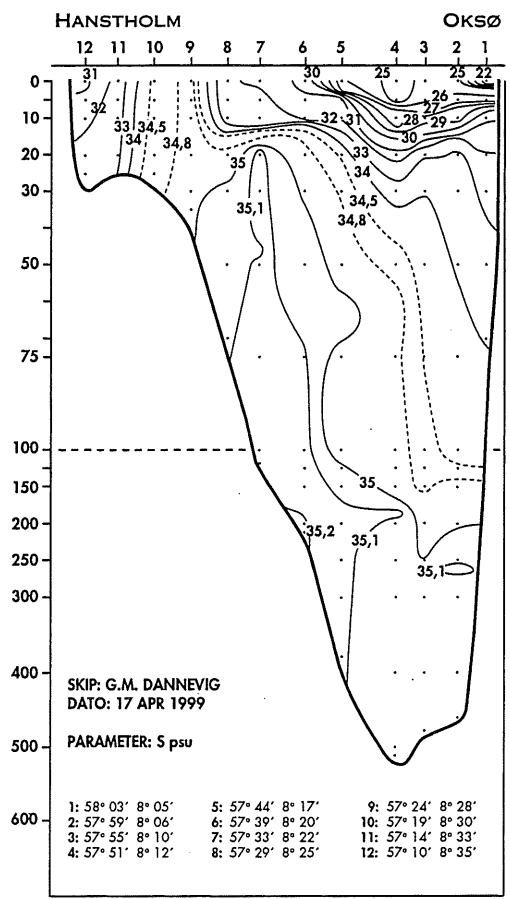
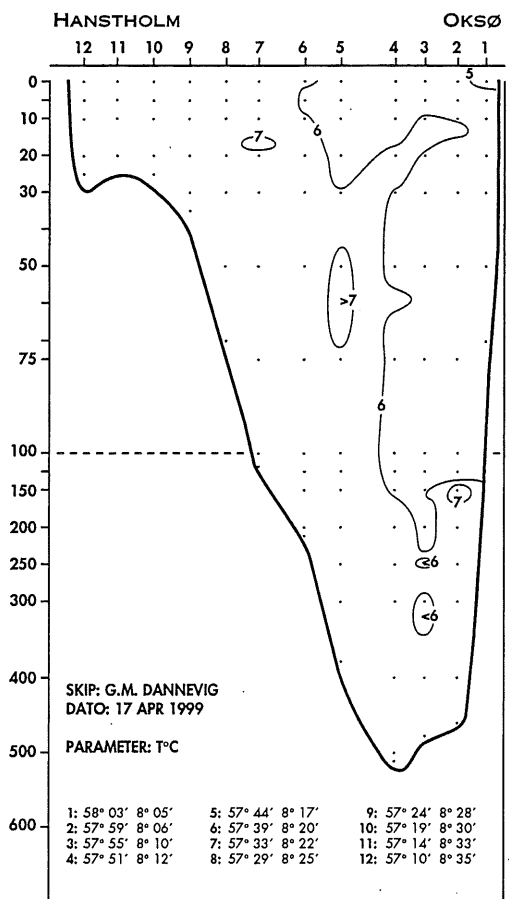


Fig. 3. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Oksø-Hanstholm 17. april 1999.

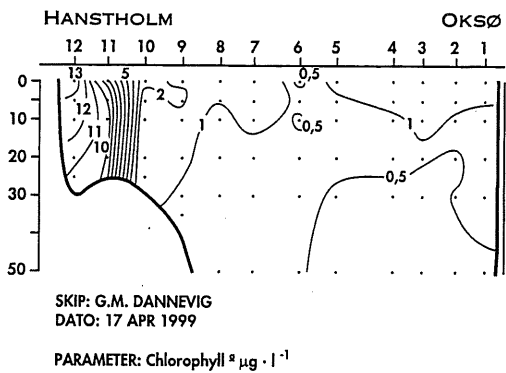
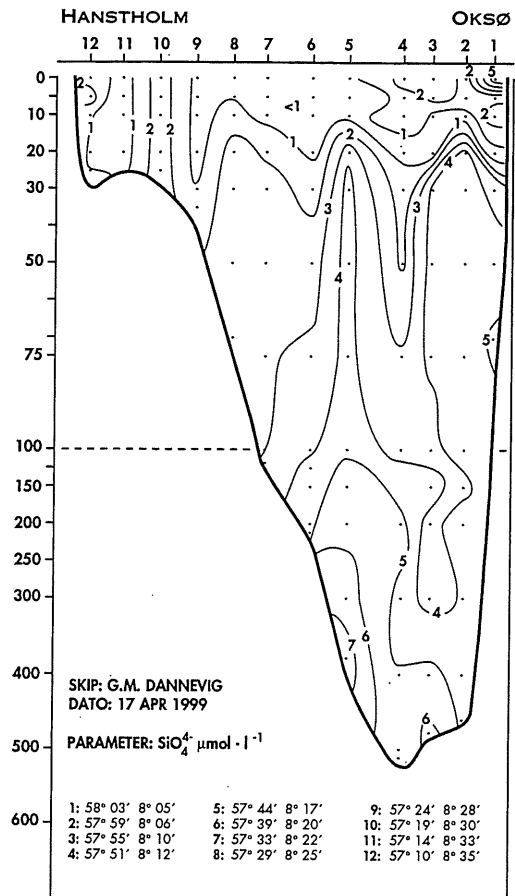
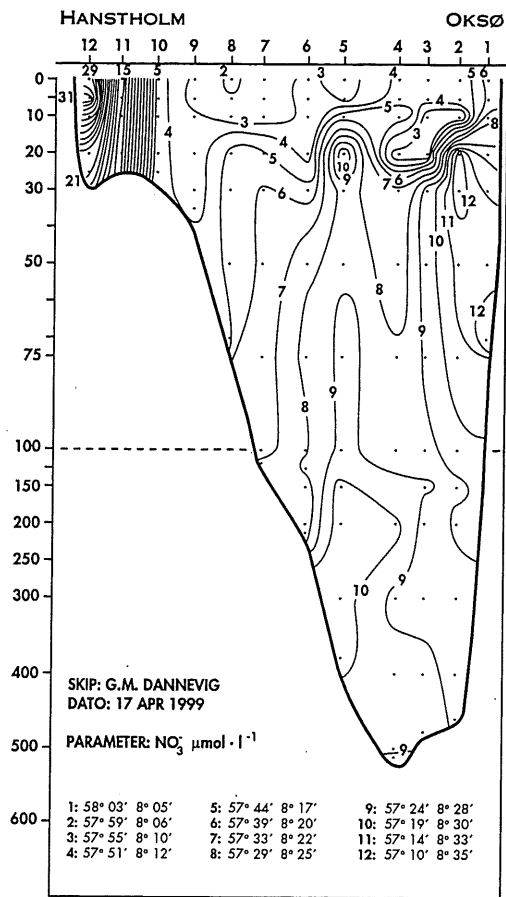


Fig. 3. Forts.

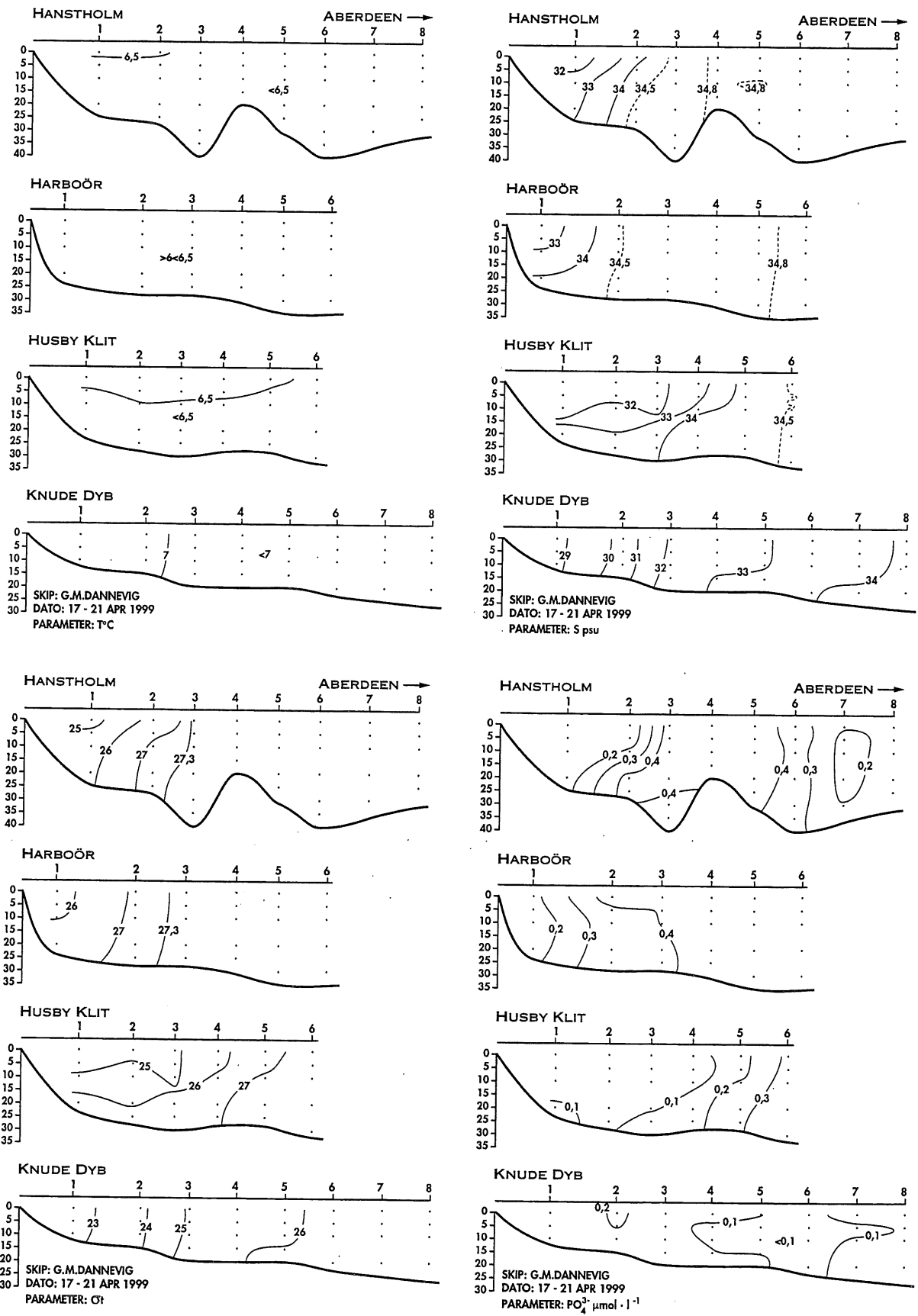


Fig. 4. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Hansthalm mot Aberdeen, Harboør, Husby Klit og Knupe Dyb 17. - 21. april 1999.

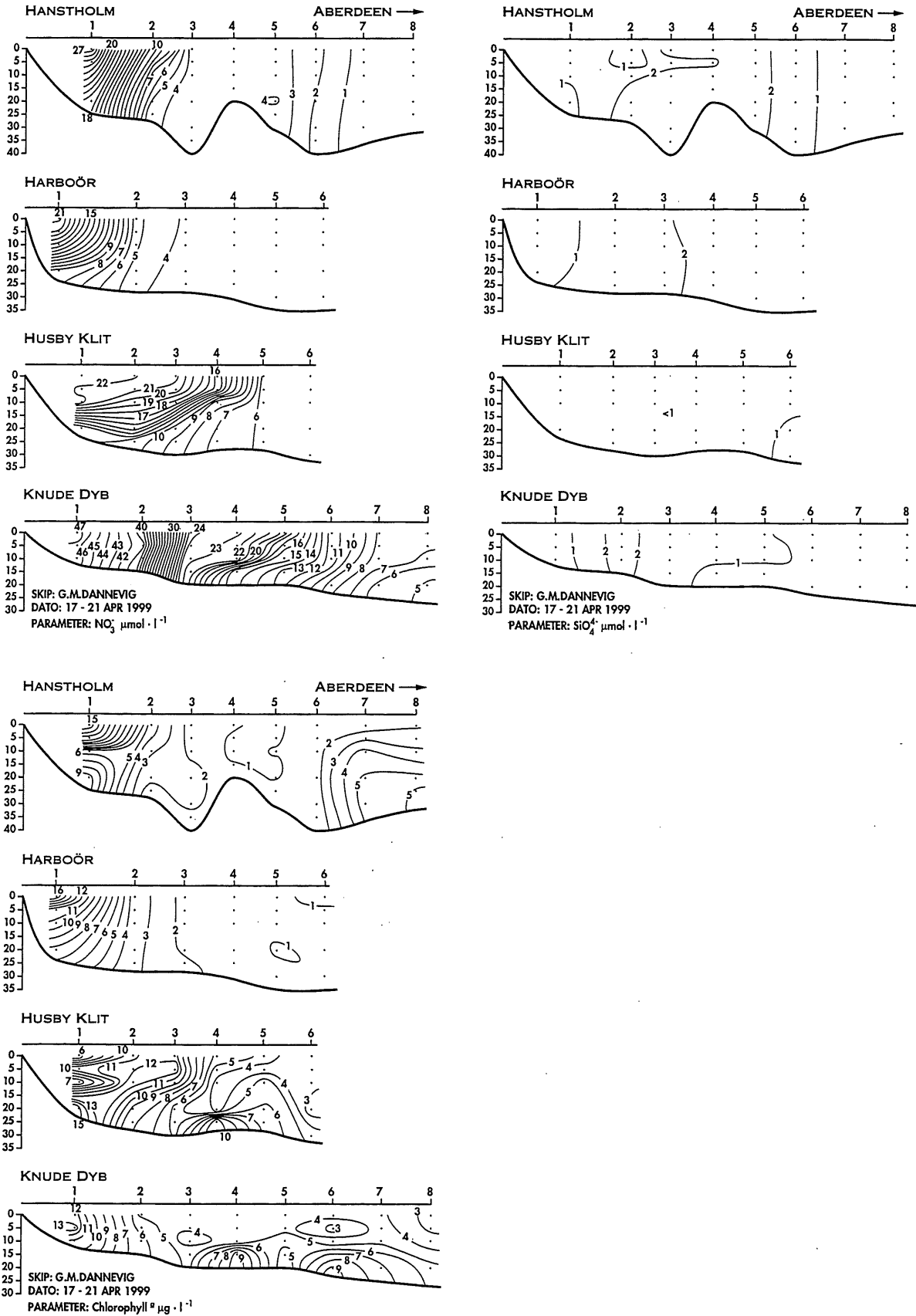


Fig. 4. Forts.

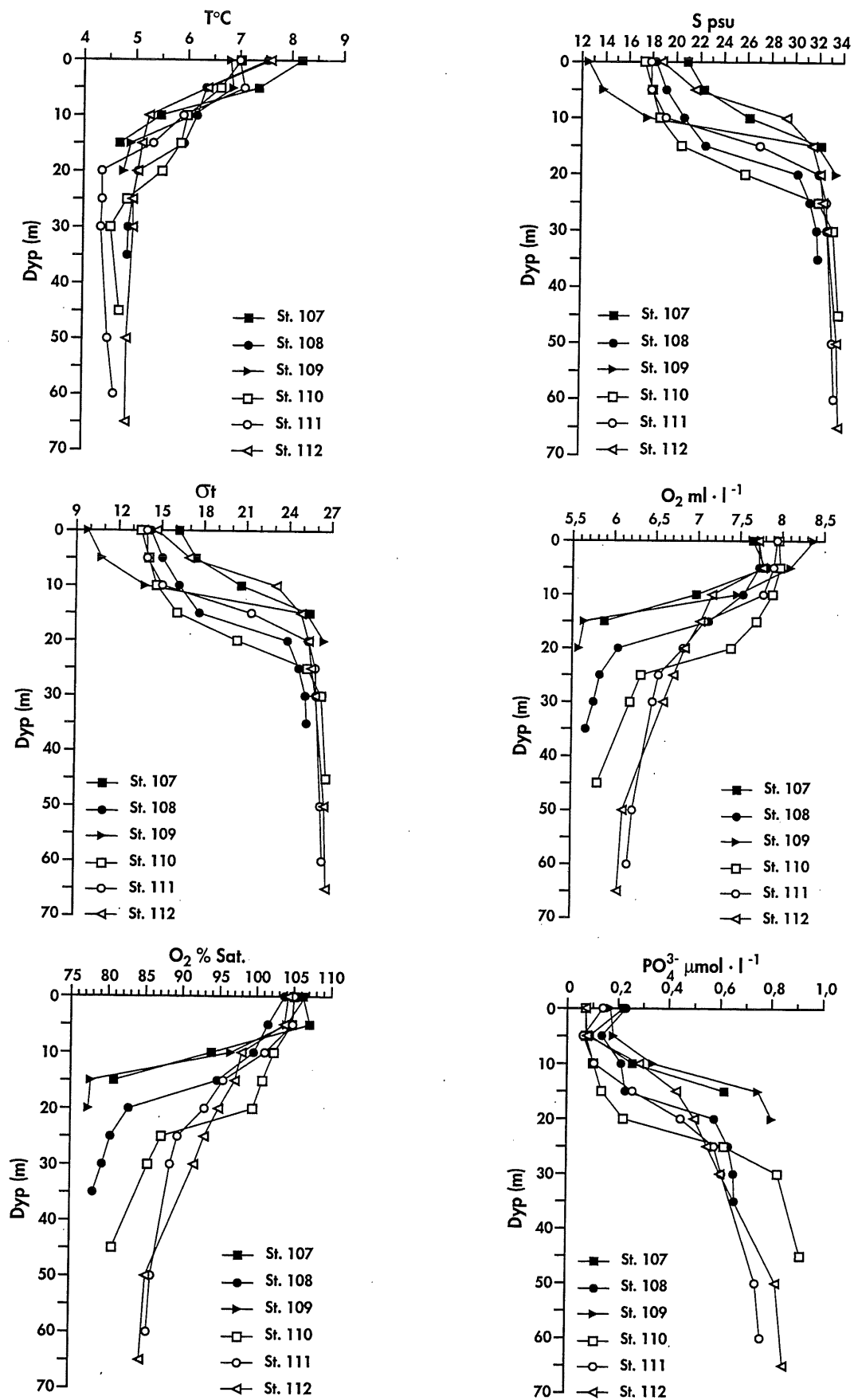


Fig. 5. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, oksygen, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på stasjon 107 - 112 (Kattegat) 24. - 25. april 1999.

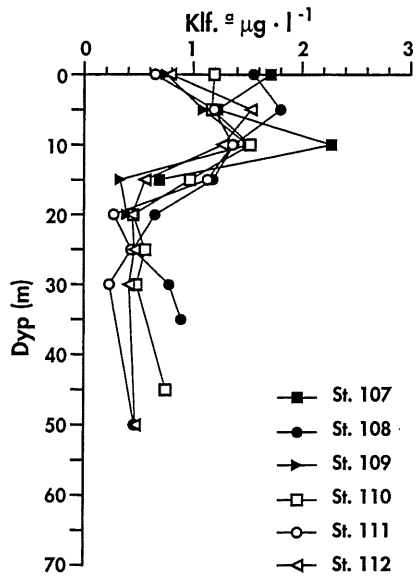
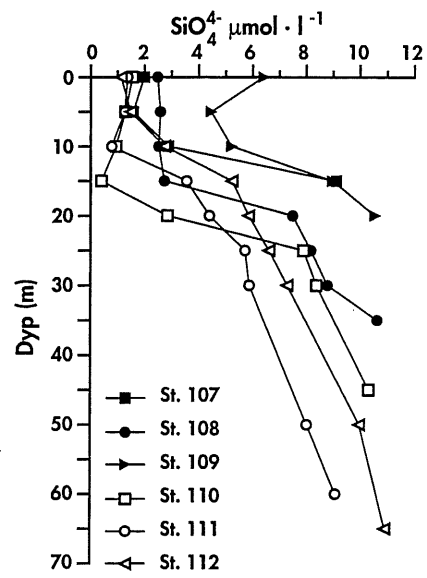
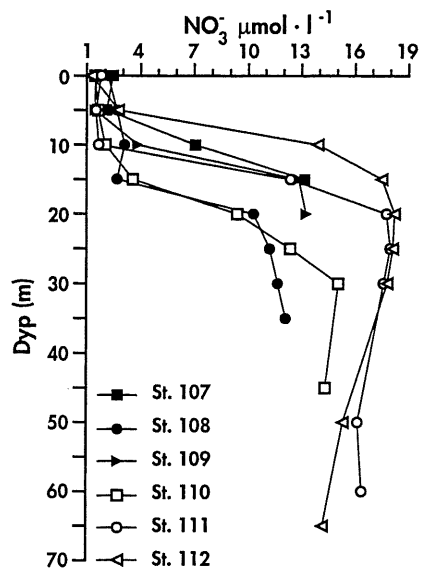


Fig. 5. Forts.

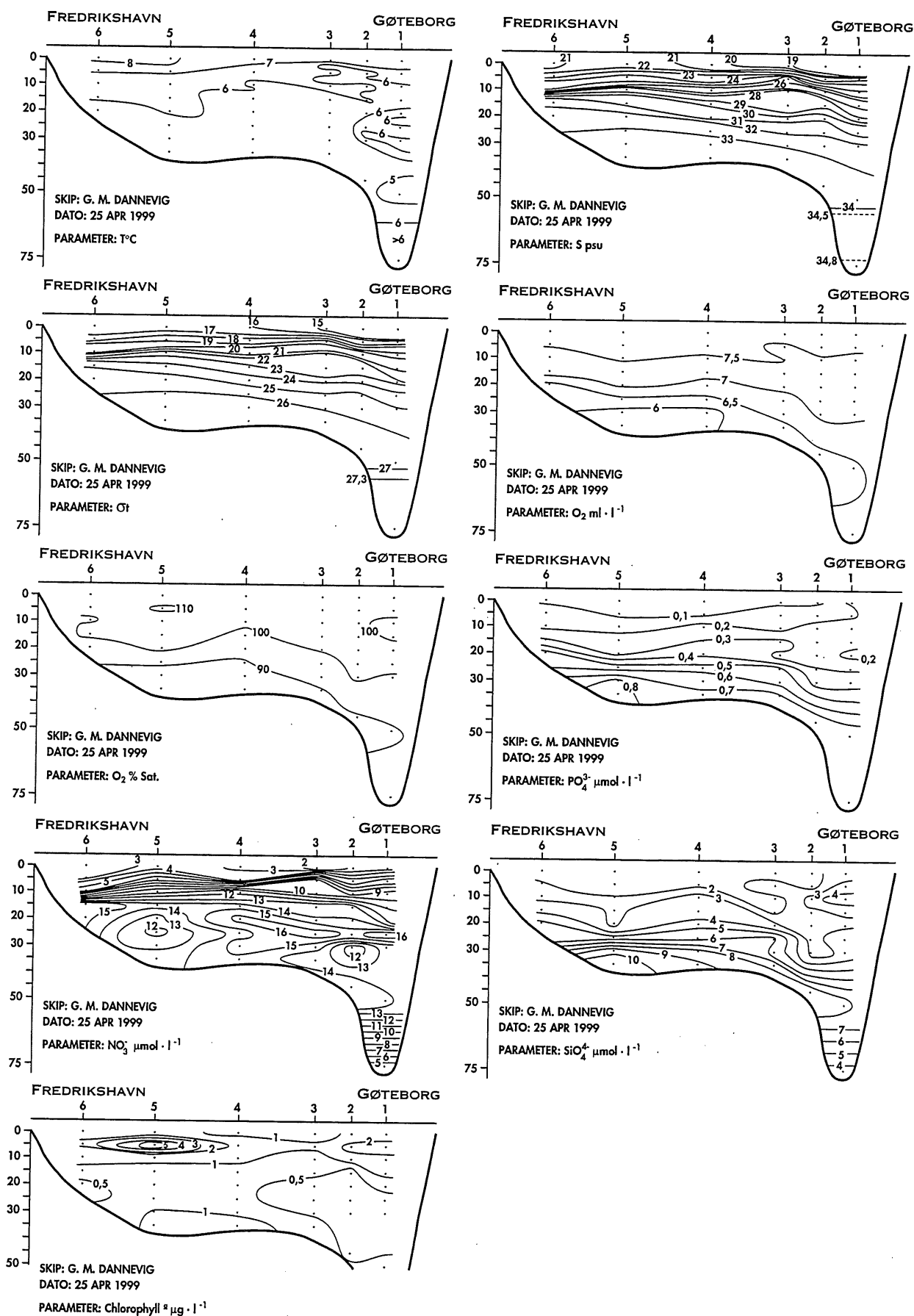


Fig.6. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, oksygen, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll *a* på snittet Fredrikshavn - Gøteborg 15. april 1999.

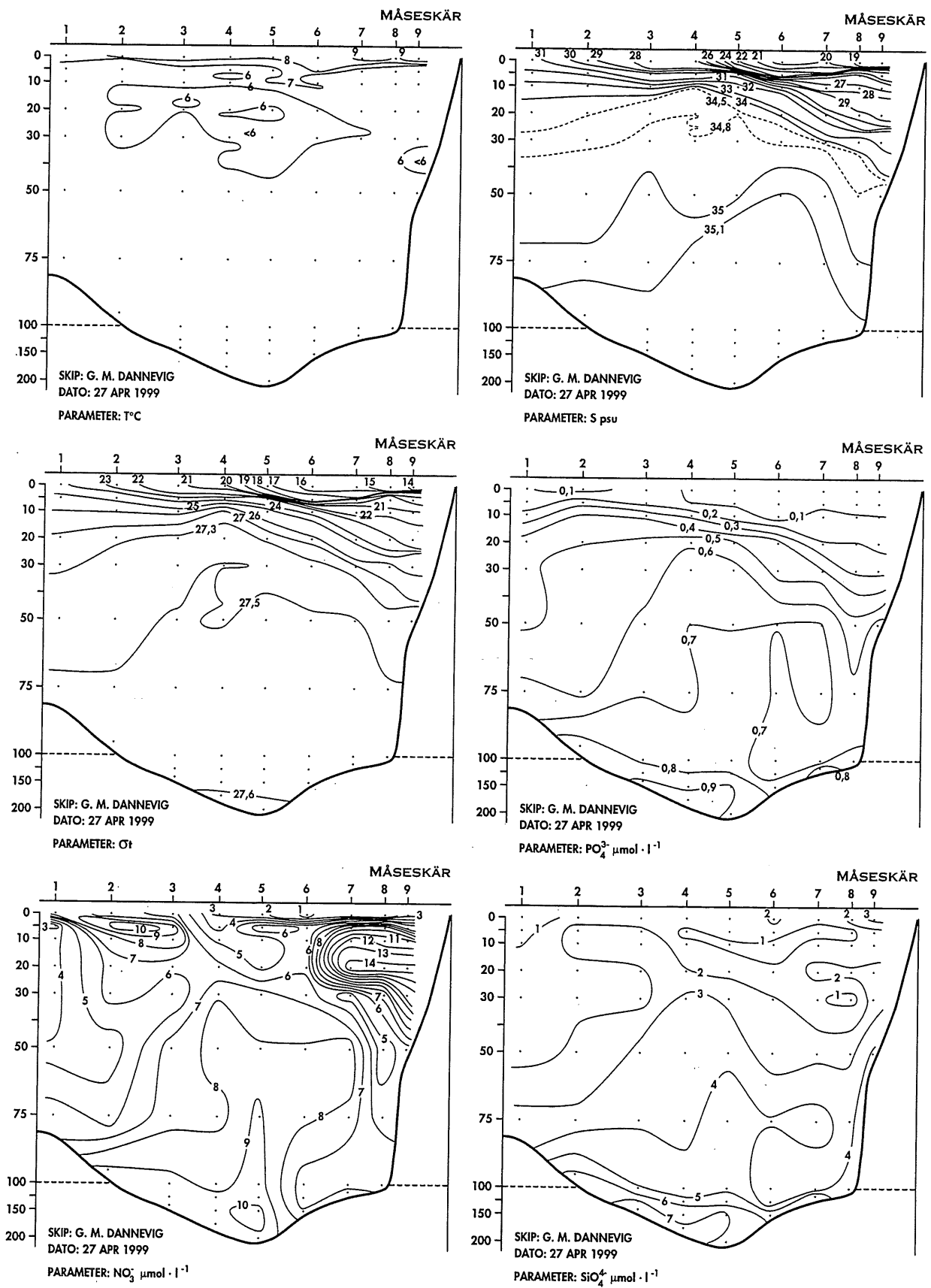


Fig. 7. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Måseskär 27. april 1999.

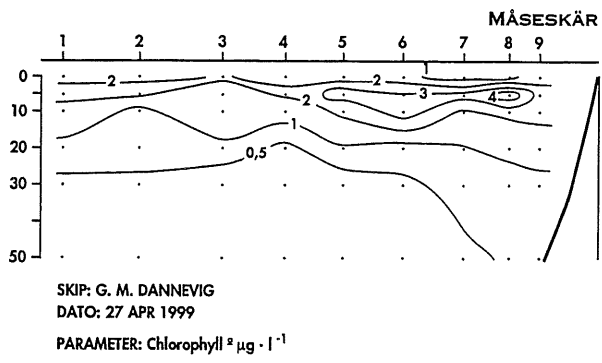


Fig. 7. Forts.

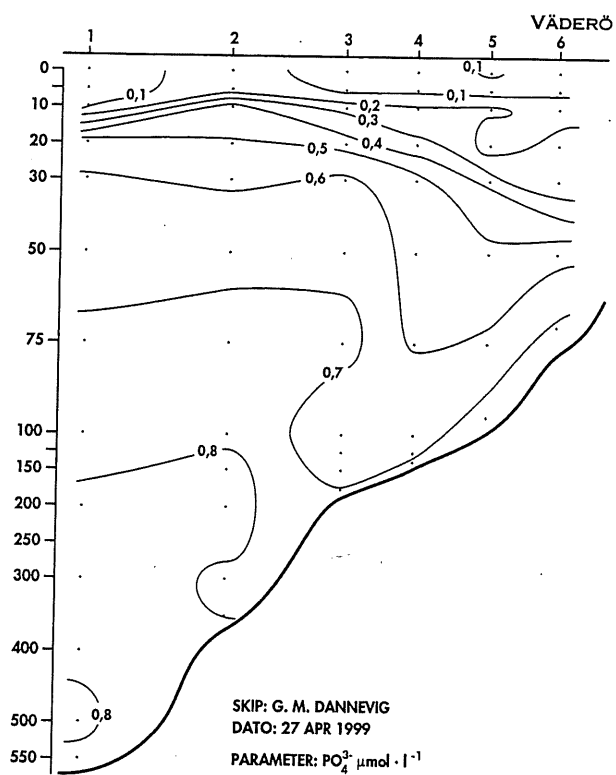
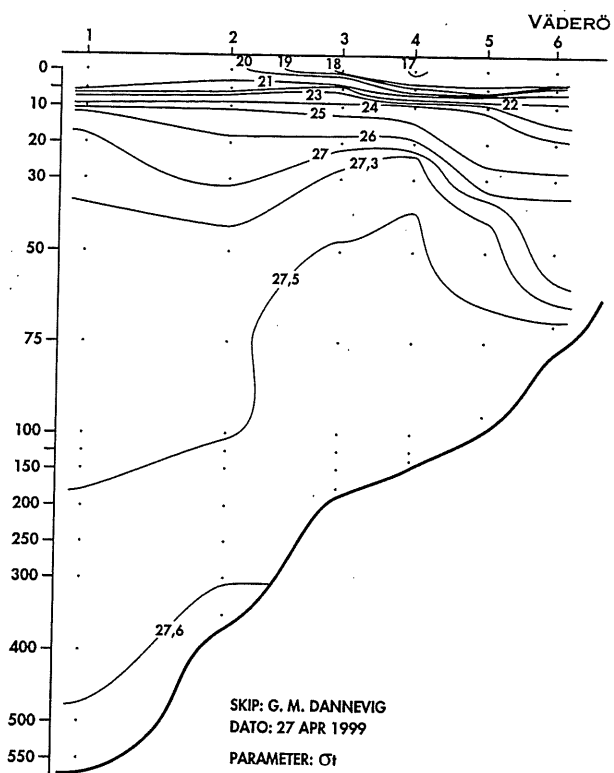
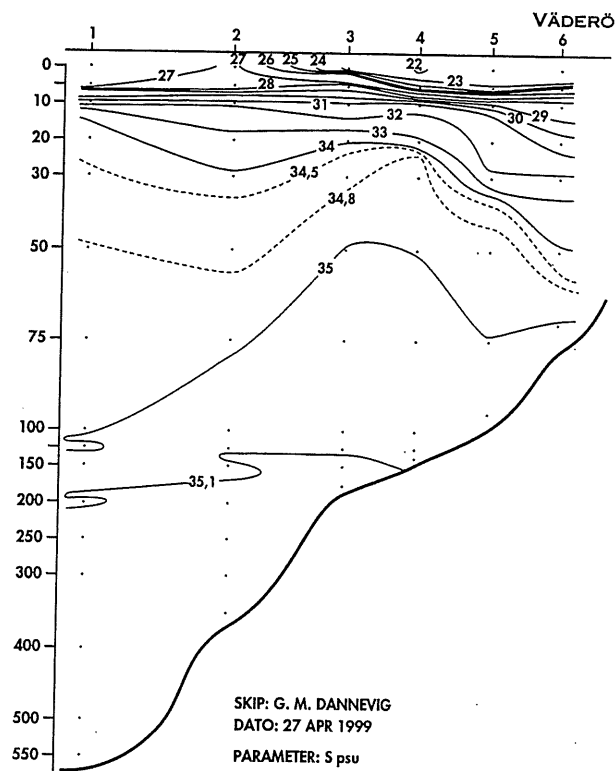
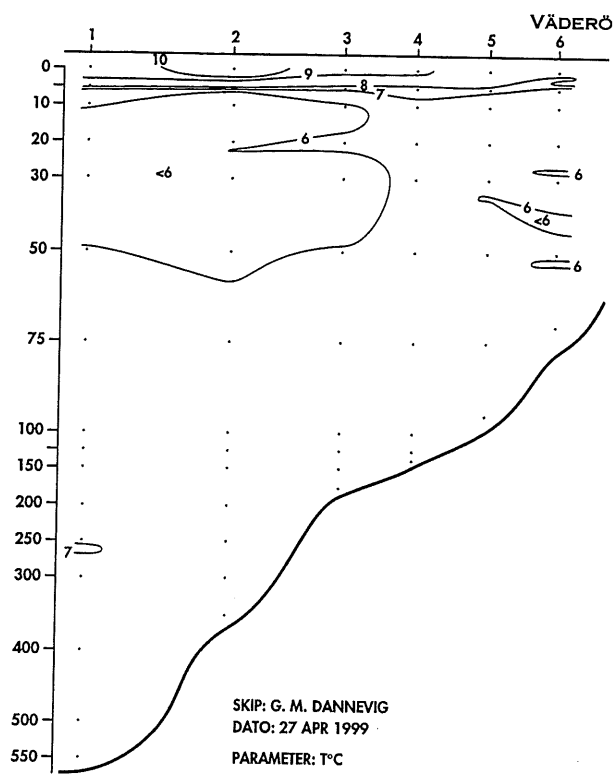


Fig. 8. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Väderö 27. april 1999.

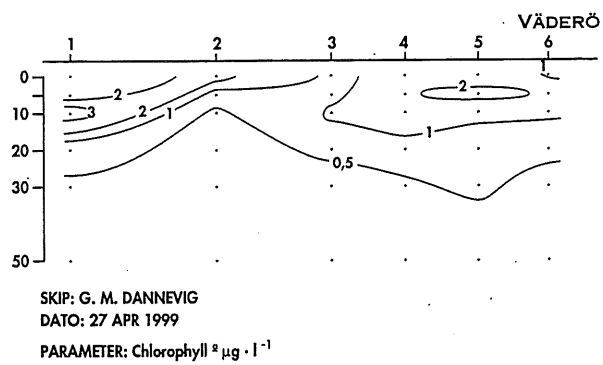
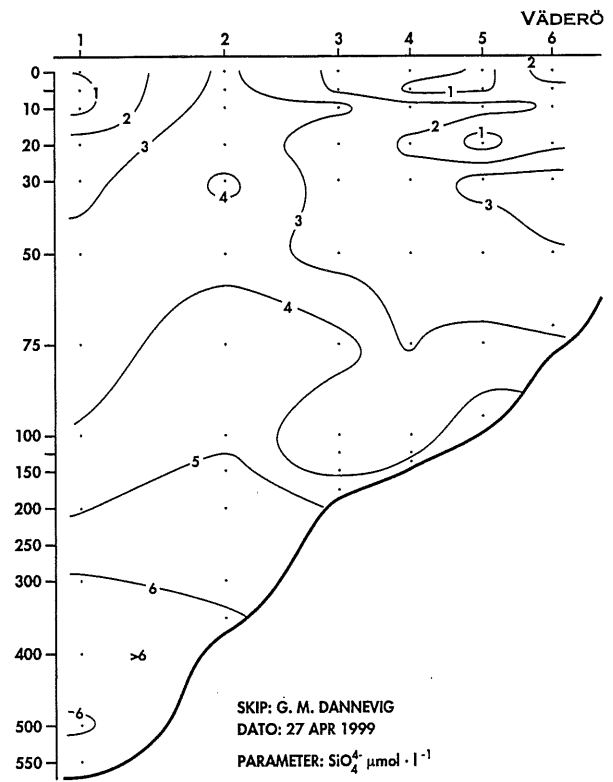
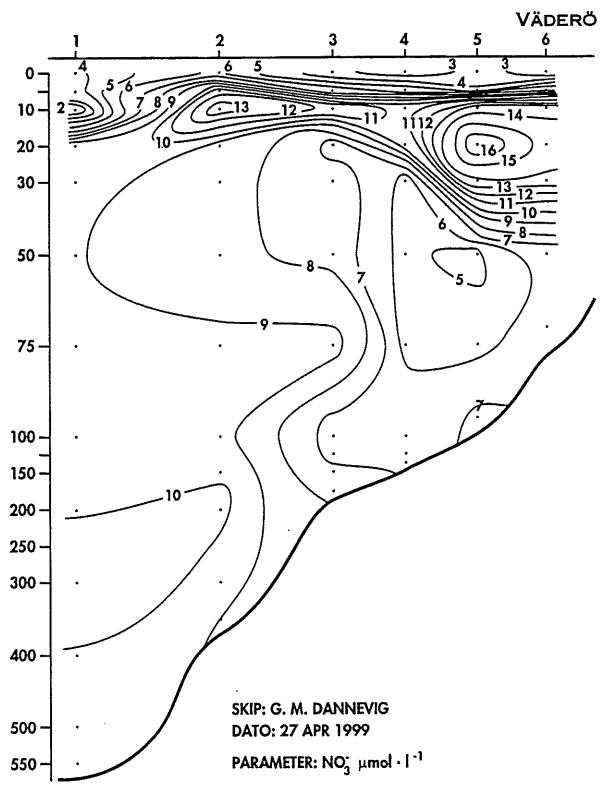


Fig. 8. Forts.

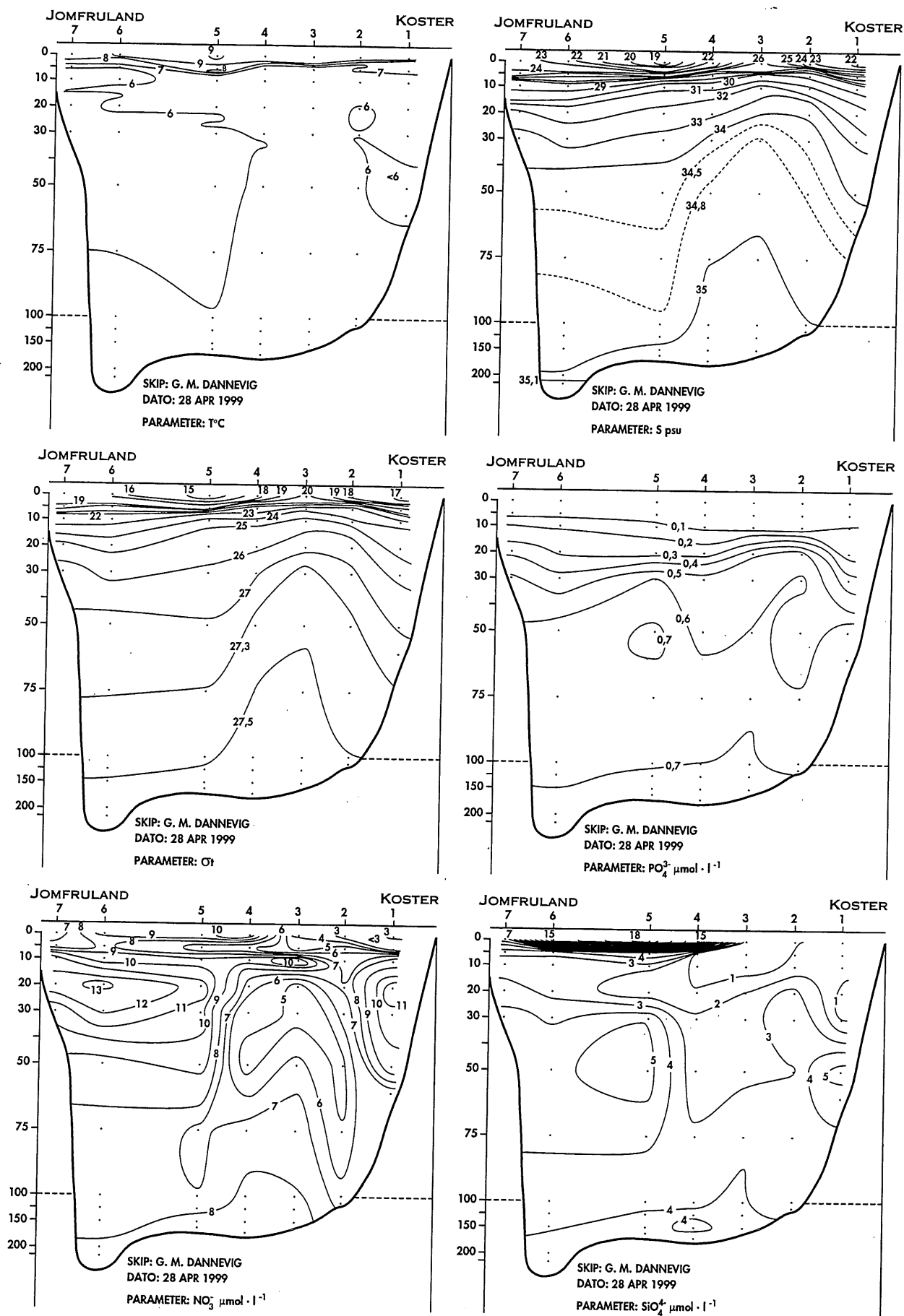


Fig. 9. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Jomfruland-Koster 28. april 1999.

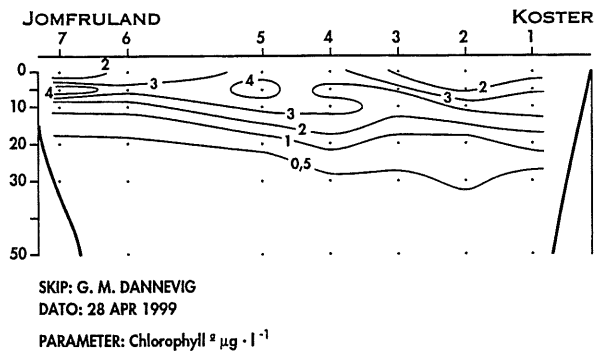


Fig. 9. Forts.

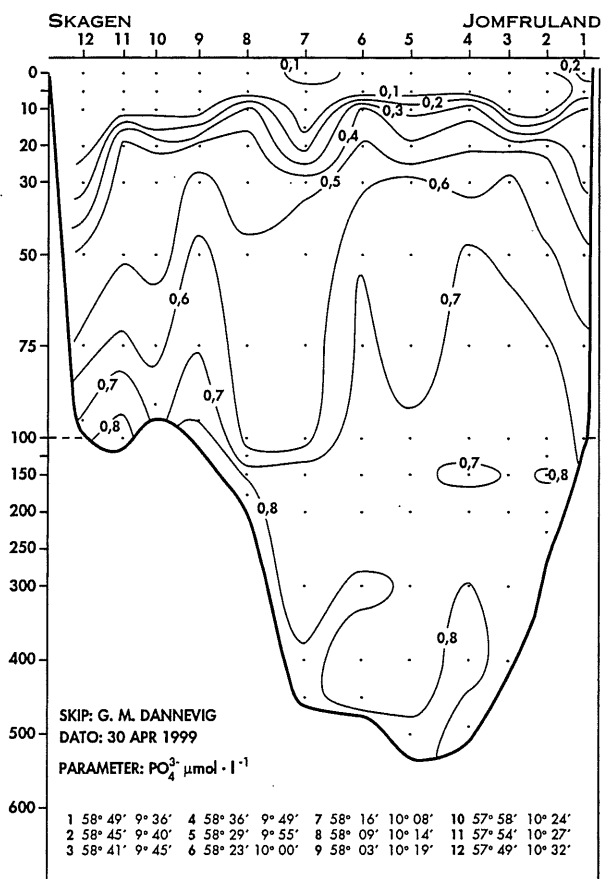
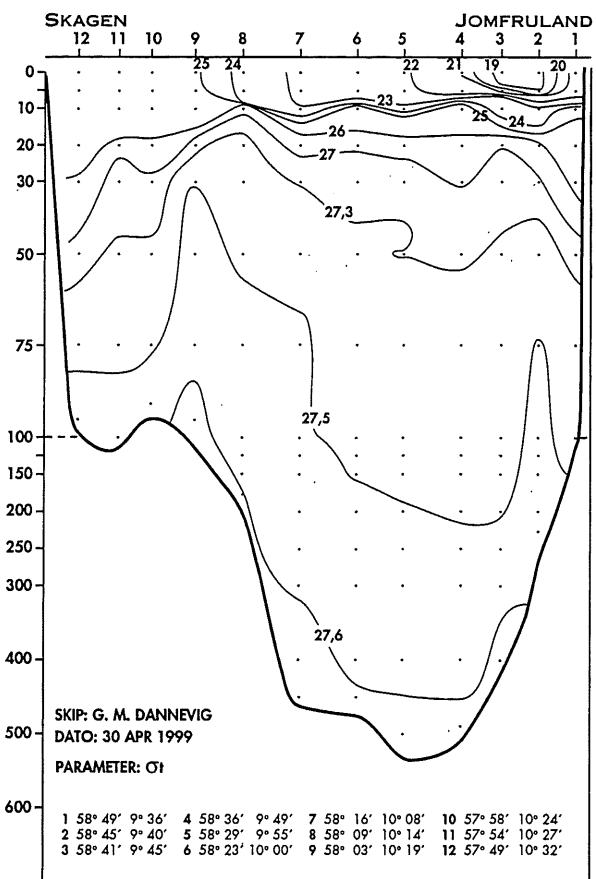
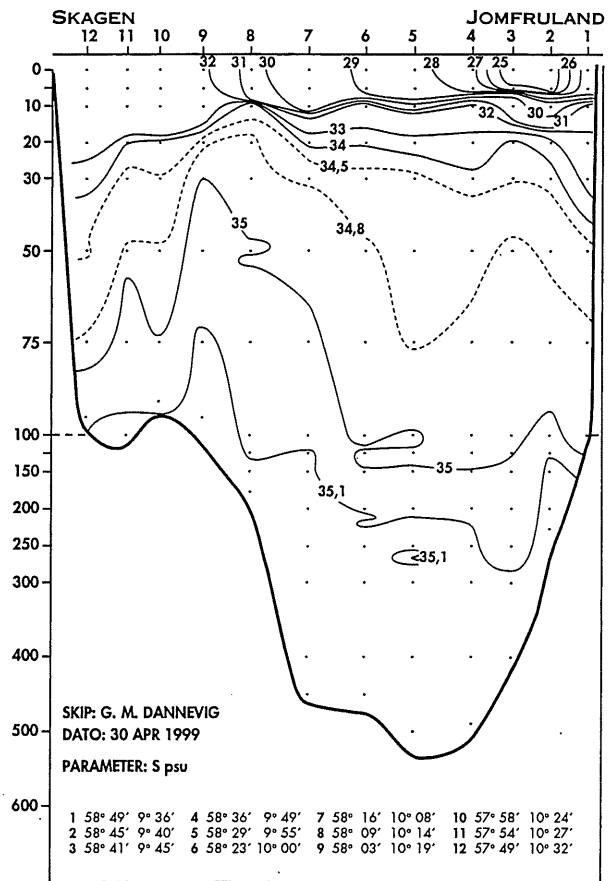
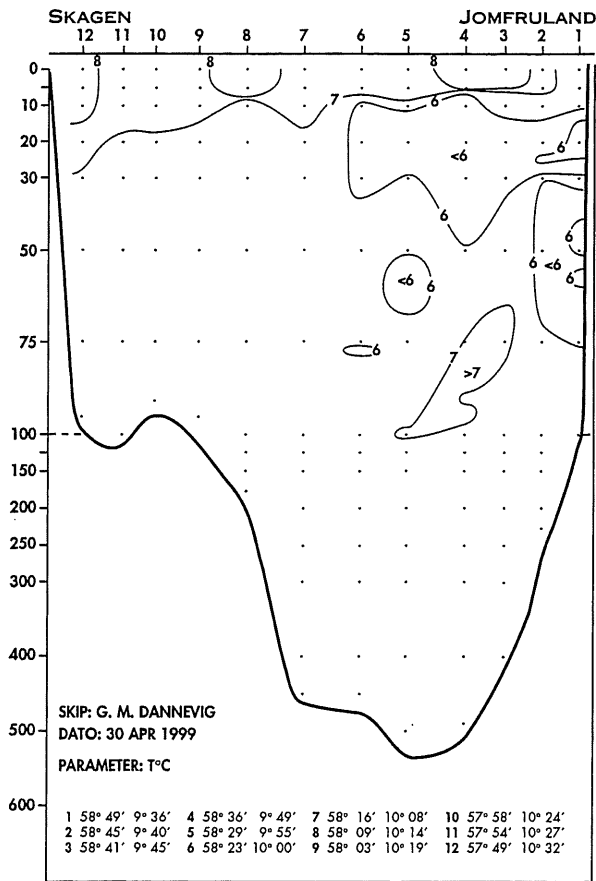


Fig. 10. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a på snittet Jomfruland - Skagen 30. april 1999.

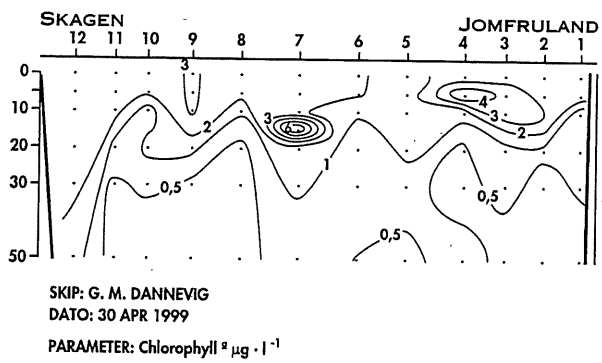
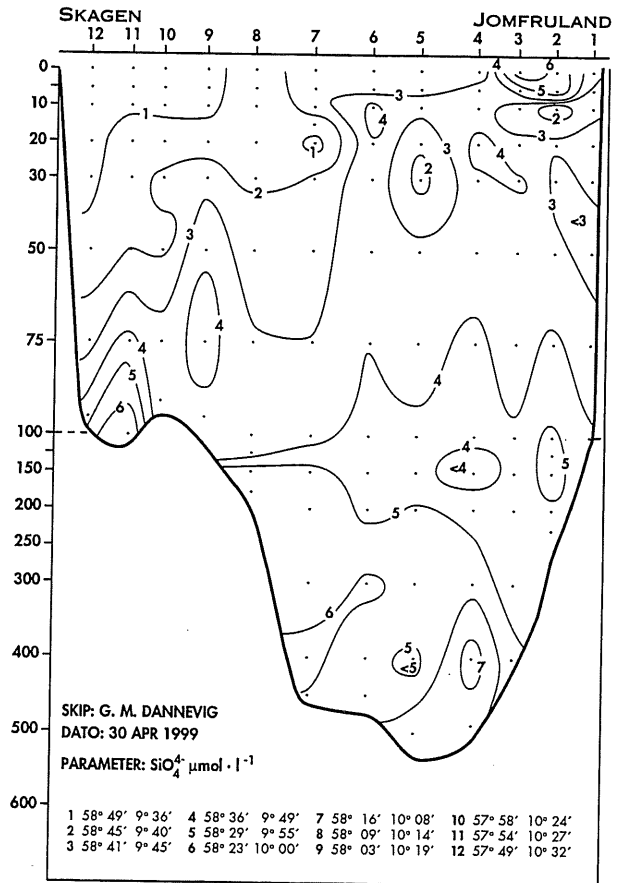
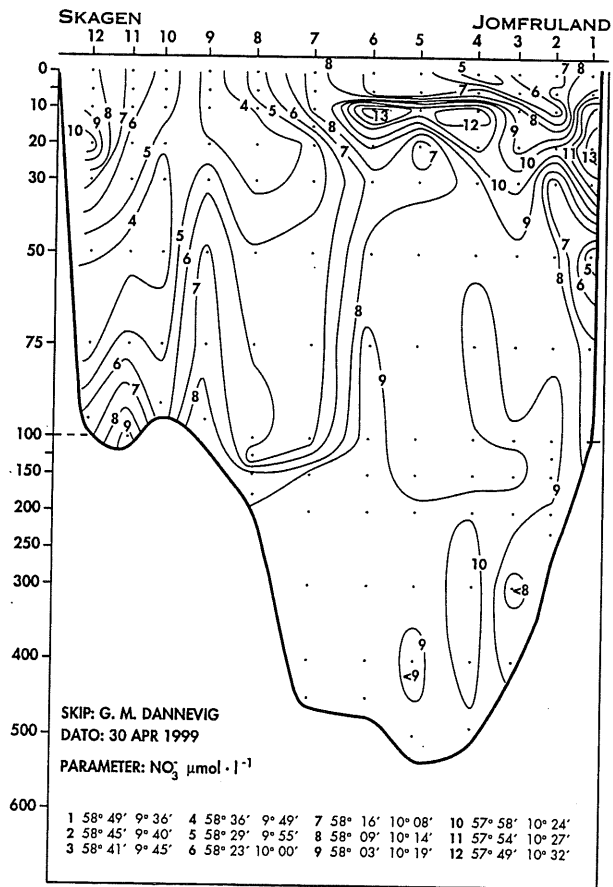


Fig. 10. Forts.

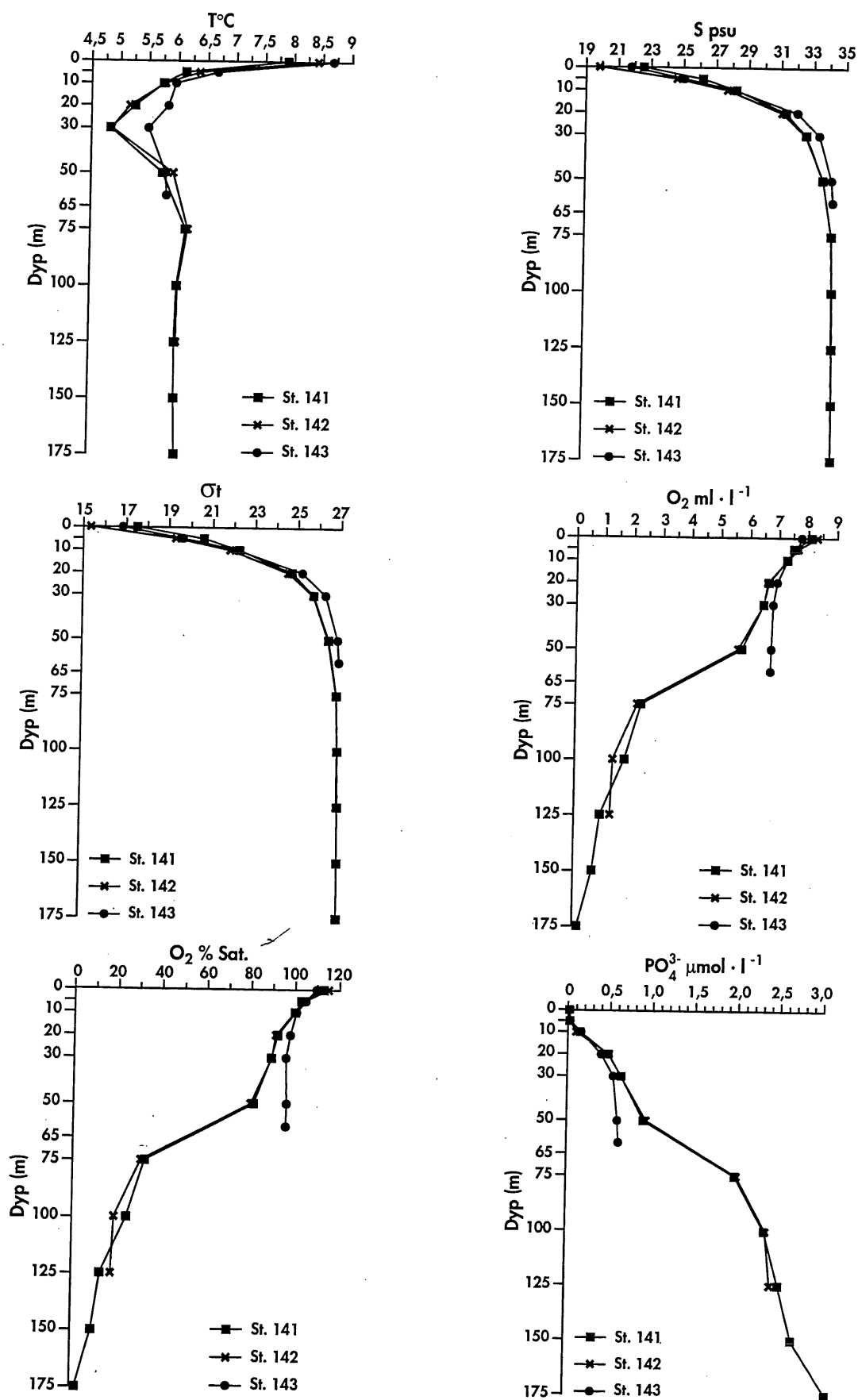


Fig. 11. Fordelingen av temperatur, saltholdighet, tetthet, oksygen, fosfat, nitrat, silikat og klorofyll ^a i Risørrområdet 28. april 1999.

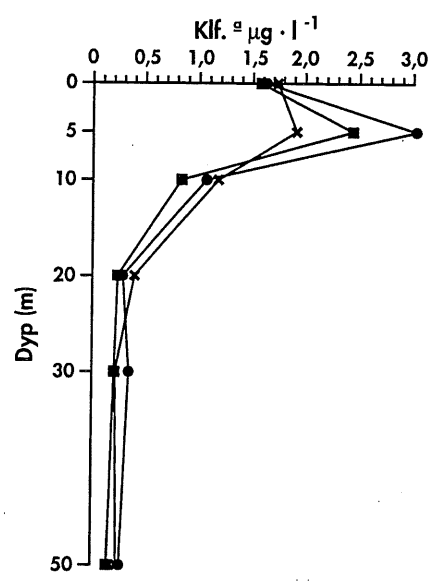
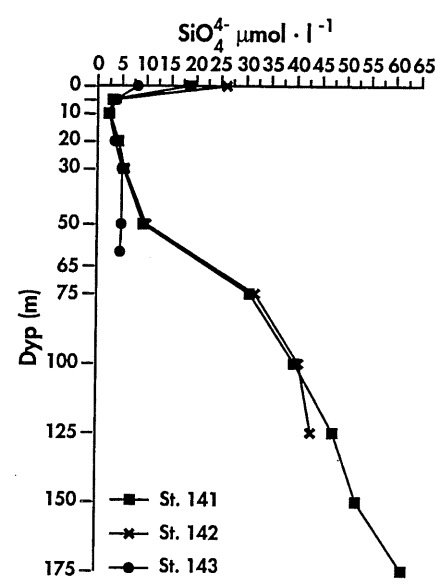
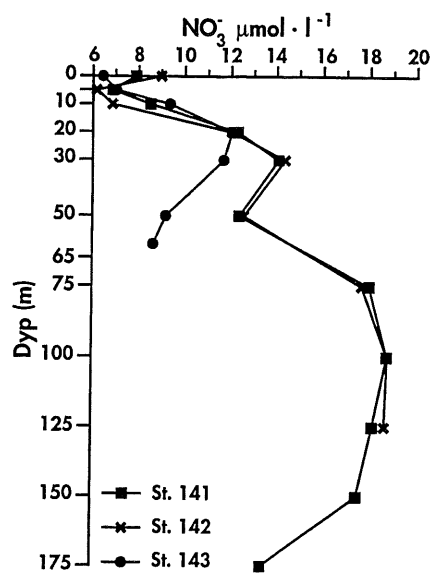


Fig. 11. Forts.

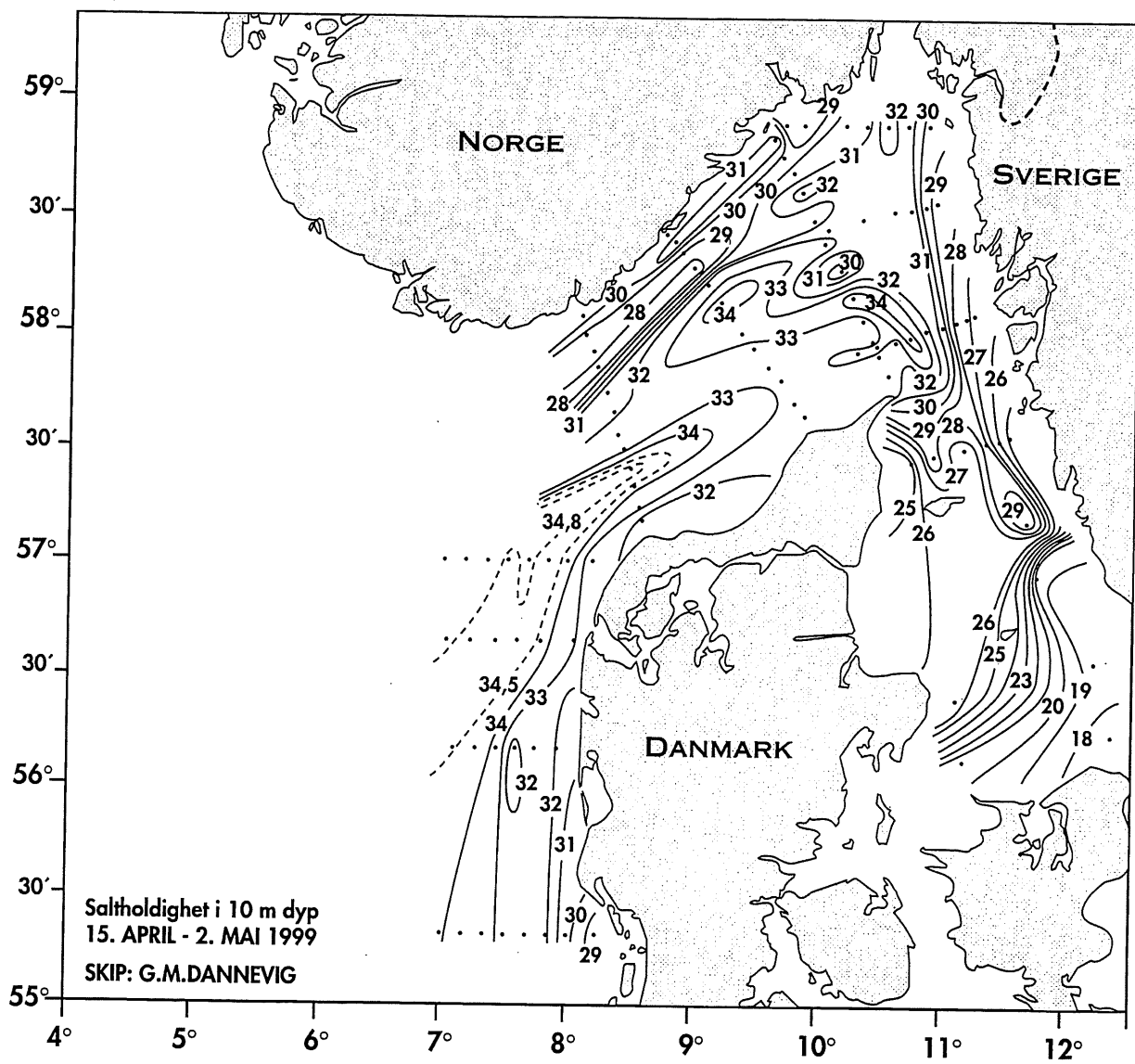


Fig. 12. Saltholdighet i 10 m dyp på toktet 15. april - 2. mai 1999.

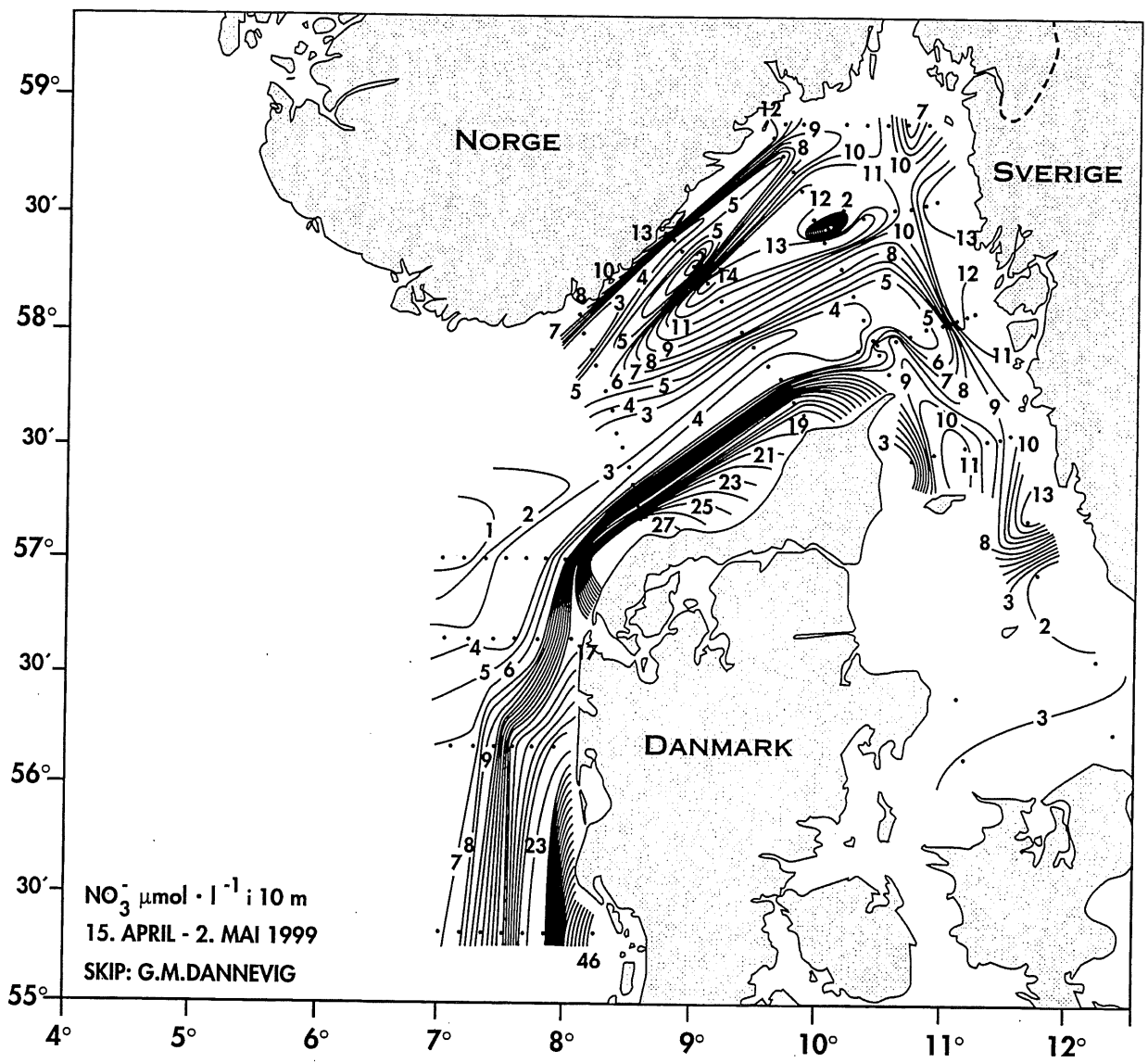


Fig. 13. Nitrat i 10 m dyp på toktet 15. april - 2. mai 1999.

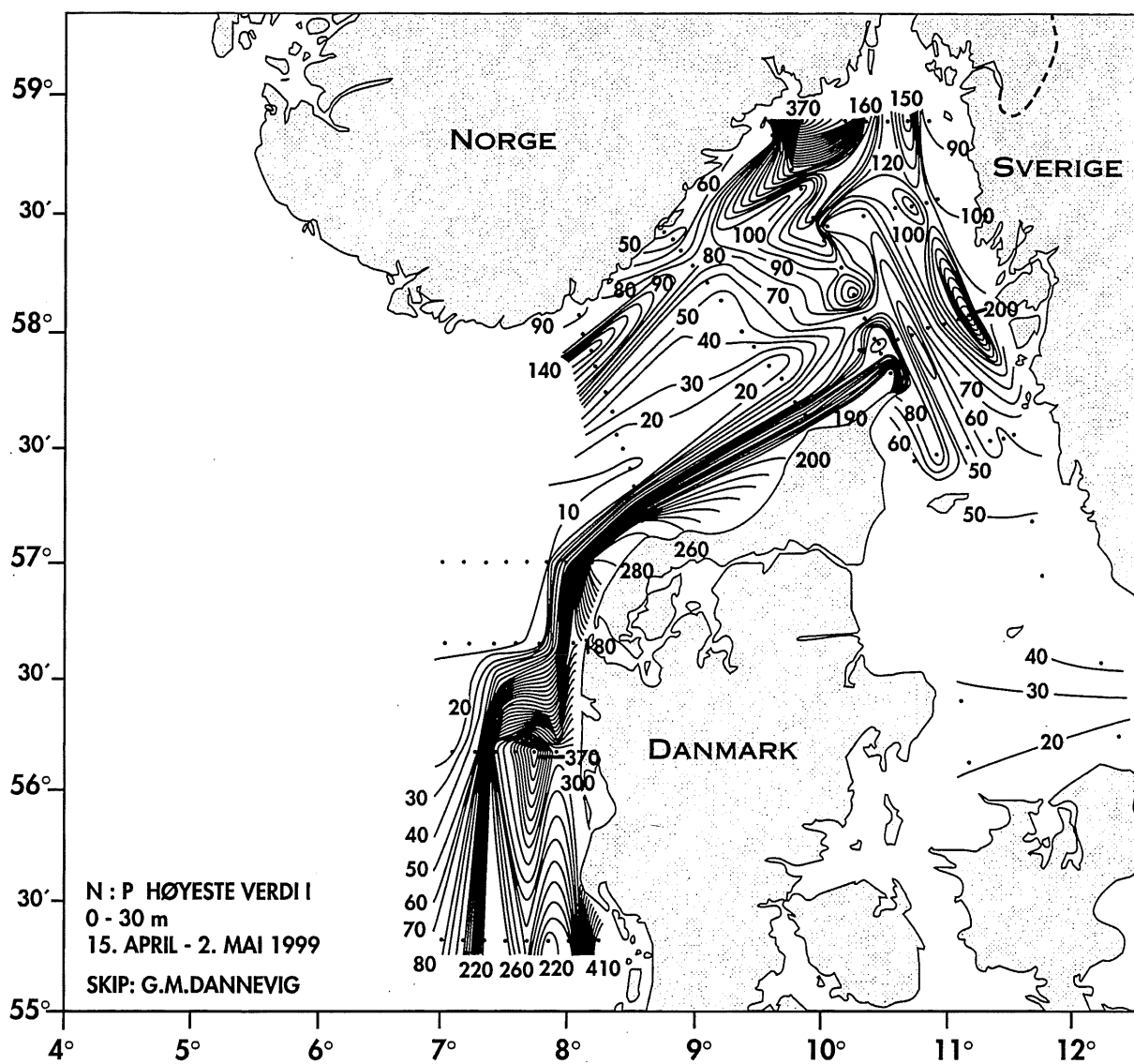


Fig. 14. Høyeste verdi av N:P-forholdet mellom 0 og 30 m dyp på toktet 15. april - 2. mai 1999.

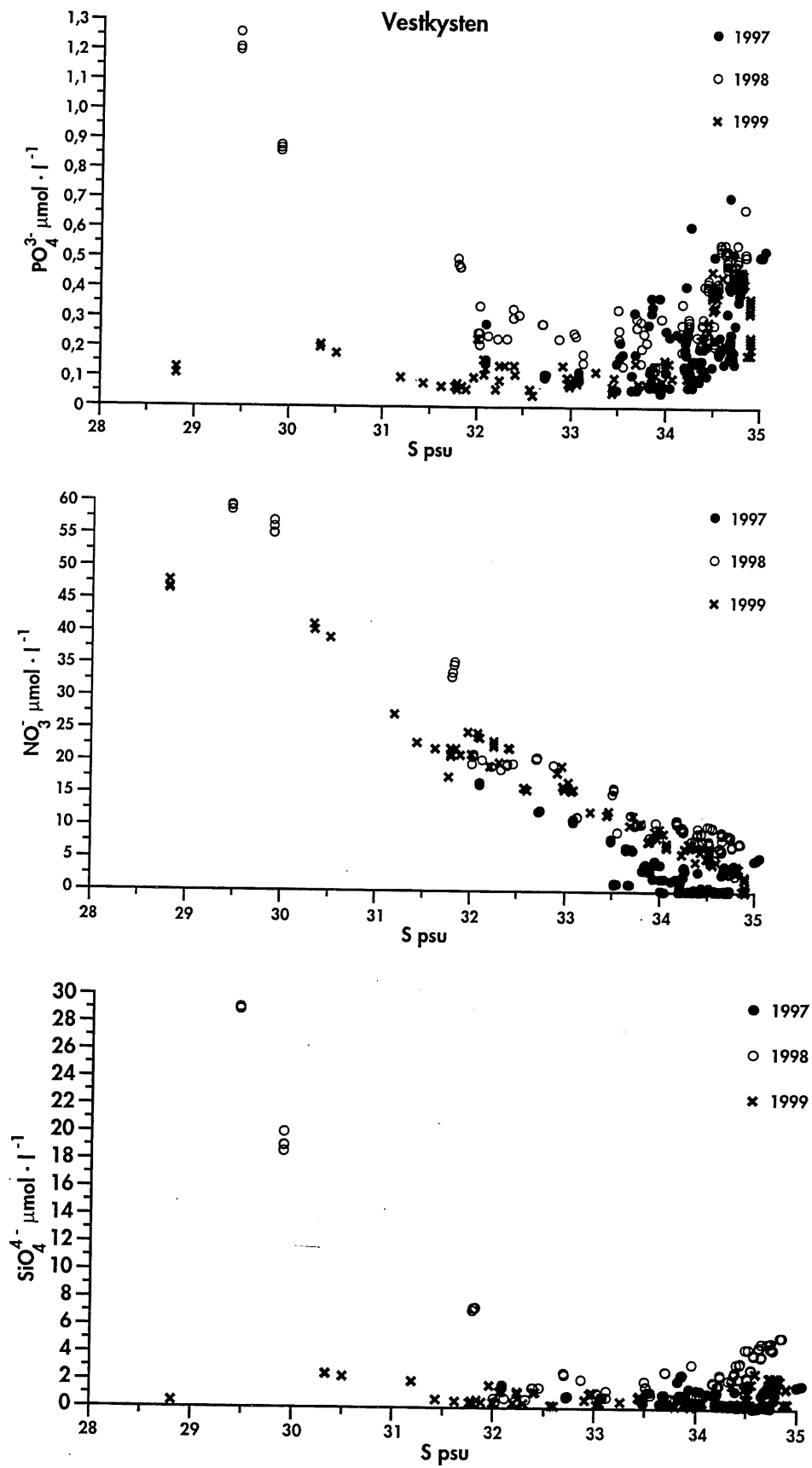


Fig. 15. Konsentrasjon av henholdsvis fosfat, nitrat og silikat mot salthodighet langs den danske vestkysten i april 1997, 1998 og 1999.

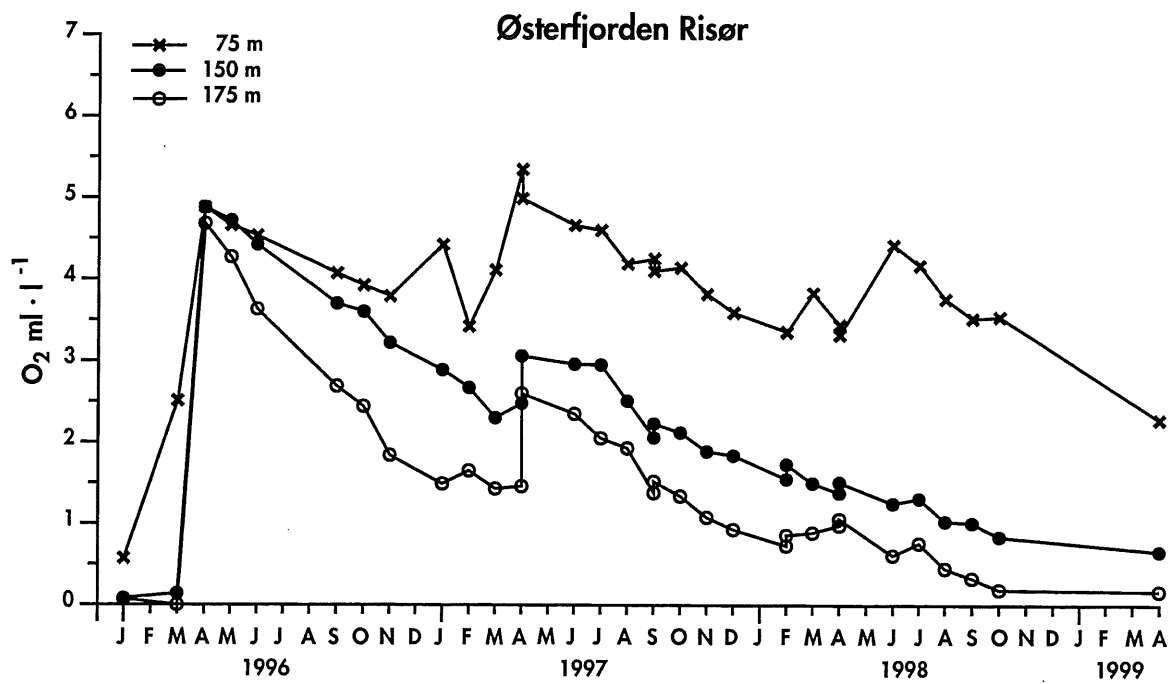


Fig.16. Oksygenutviklingen i 75, 150 og 175 m dyp i Østerfjorden (st. 141) ved Risør i perioden januar 1996 til april 1999.

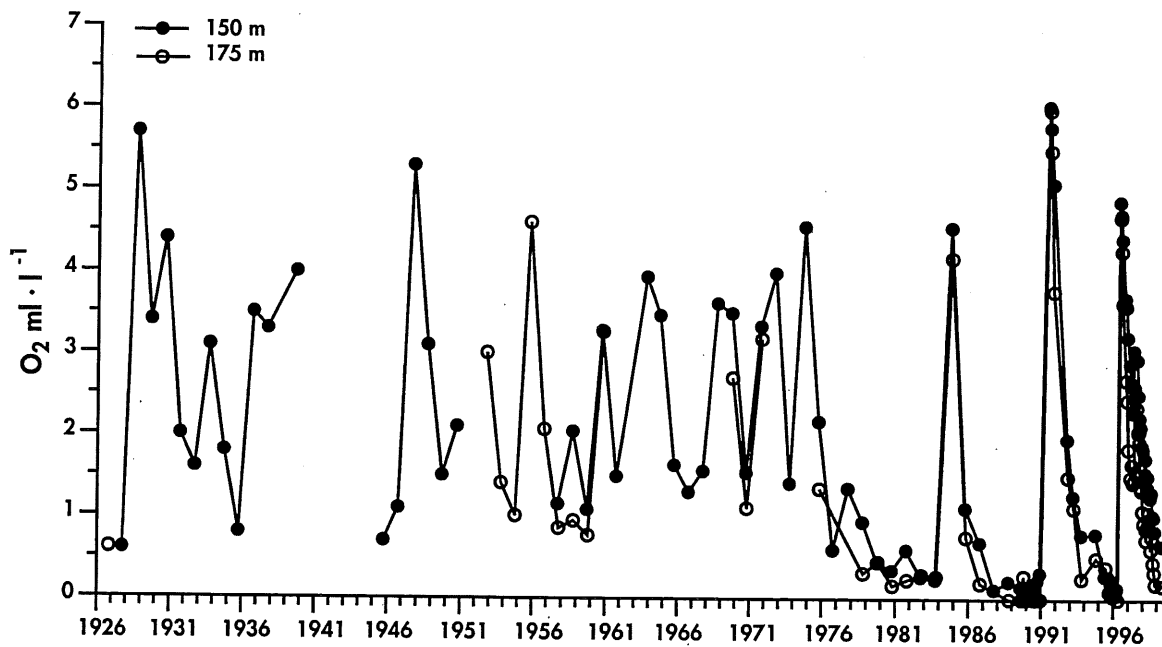
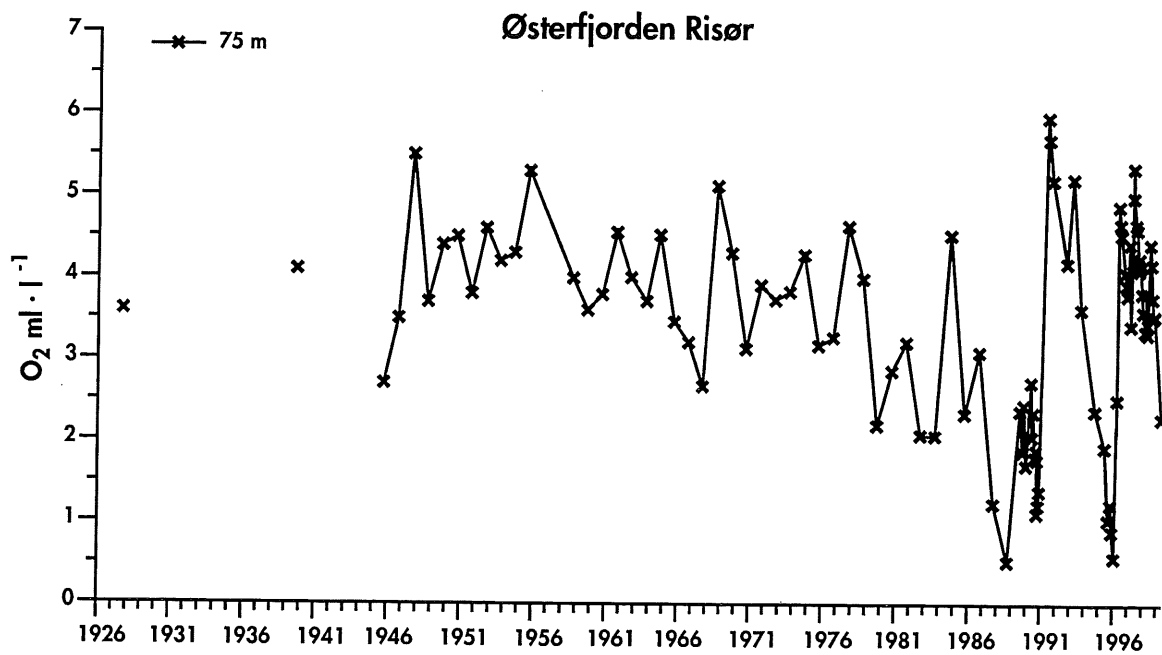


Fig.17. Langtidsvariasjoner av oksygen i dypet i Østerfjorden (stasjon 141) ved Risør.