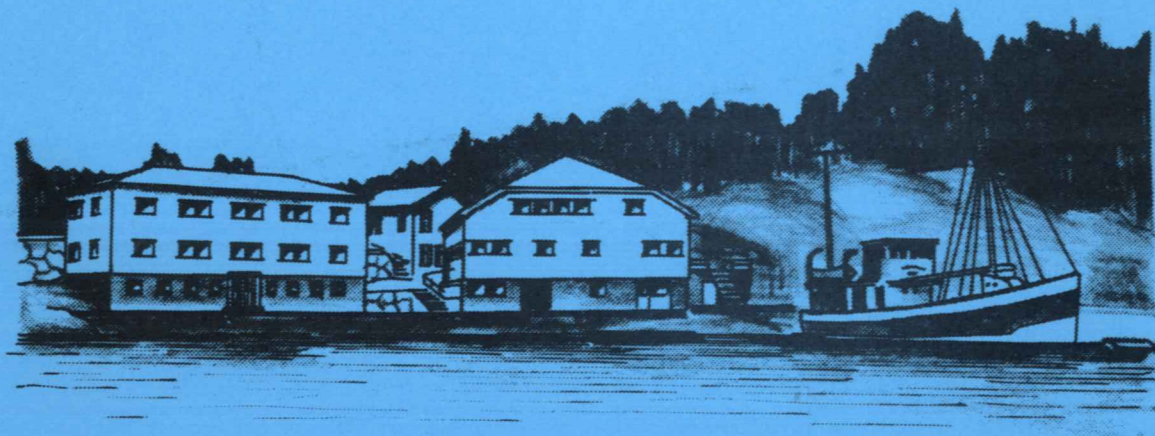


Dublett

FLØDEVIGEN

MELDINGER

Nr.4 - 1985



RESIPIENTUNDERSØKELSER I TVEDESTRANDSFJORDEN 1984

Einar Dahl, Finn - Erik Dahl og Didrik S. Danielssen

FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT
STATENS BIOLOGISKE STASJON FLØDEVIGEN
N-4800 ARENDAL, NORWAY

ISSN 0800 - 7667

FLØDEVIGEN MELDINGER

NR. 4 - 1985

RESIPIENTUNDERSØKELSER I TVEDESTRANDFSJORDEN 1984

av

Einar Dahl¹⁾, Finn-Erik Dahl²⁾ og Didrik S. Danielssen¹⁾

1) Statens Biologiske Stasjon Flødevigen, 4800 Arendal

2) Det Norske Veritas, Postboks 300, 1322 Høvik

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt

Statens Biologiske Stasjon Flødevigen

4800 ARENDAL

INNLEDNING

Den foreliggende rapport er en fortsettelse av resipientundersøkelsene som ble satt igang i Tvedestrandsfjorden i 1983 (Dahl et al. 1984), og behandler data for perioden 22/11-83 til 10/12-84. Undersøkelsen er forutsatt å vare i 3 år, og den vil derfor avsluttes i 1985. Undersøkelsen ble fortsatt etter samme opplegg som i 1983, det vil si at det foruten hydrografiske målinger som inkluderte strømmålinger også ble foretatt undersøkelser over næringssalter og planteplankton.

MATERIALER OG METODER

Stasjonsnettet er identisk med året før, bestående av fire hydrografiske og to strømmålerstasjoner (Fig. 1). Strømmålerne

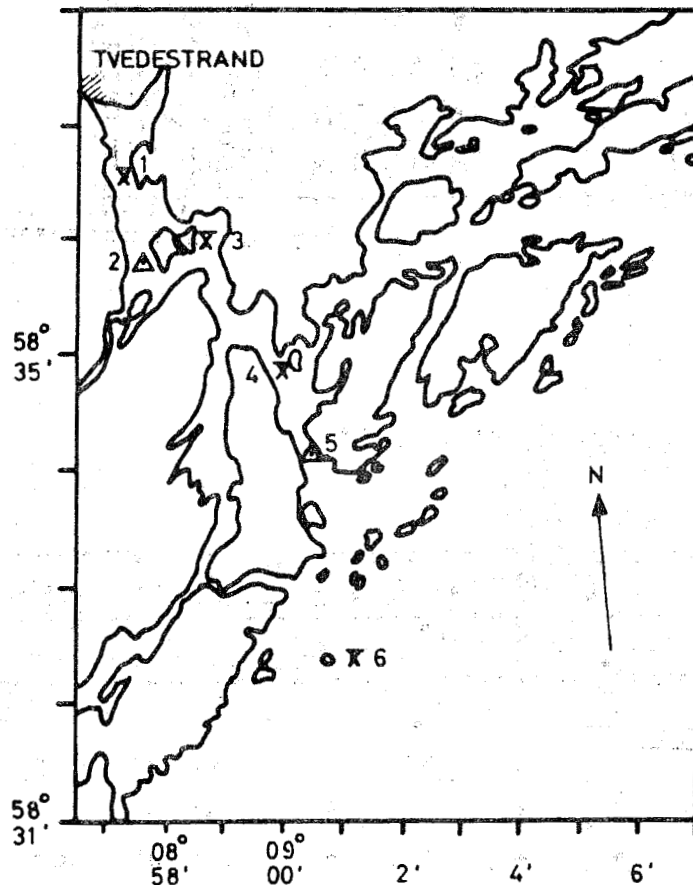


Fig. 1. Kart over Tvedestrandsfjorden med stasjonene 1-6 inntegnet.

X - hydrografistasjon
 Δ - strømmålerstasjon

I likhet med foregående år ble følgende parametre registrert på hvert tokt: temperatur, saltholdighet, oksygen, ortofosfat, ammonium, nitrat, nitritt, klorofyll a og planteplankton. Næringssaltene ble analysert fra filtrerte prøver. Vannets tetthet og oksygenmetning ble beregnet. Strømmålerne registrerte strømhastighet, strømretning, temperatur og saltholdighet med 10 minutters intervall bortsett fra vinterhalvåret hvor det var 30 minutters intervall.

Målingene er blitt utført med Aanderaa strømmålere, type RCM-4, som er blitt forankret i en-punkts undervannsrigger.

Heller ikke i den måleperioden som her er beskrevet, har en kunnet utføre alle målinger som planlagt. Særlig gjelder dette måleren i 8 m på stasjon 2, hvor rotoren relativt raskt har stoppet om sommeren på grunn av begroing.

P.g.a. en feil i batteriene (de viste seg å være magnetiske), har en ikke måling av retning fra noen av målerne fra perioden 16/8-84 til 29/11-1984.

For å lette tolkingen av det innsamlede hydrografiske materialet, har en nedenfor diskutert resultatene fra hver enkelt måleperiode, og sammenliknet dataene fra de enkelte målerne for enkelte perioder av spesiell interesse m.h.t. massiv utskiftning.

For alle periodene som vil bli omtalt, vil vi vise til to forskjellige figurtyper.

Et progressivt vektordiagram (pv) fremkommer ved å representere den daglige vektorielle middelstrøm med en vektor (fart og retning), for så å legge vektorene for alle de daglige middelstrømmer etter hverandre. Den daglige middelstrømmen fremkommer ved først å filtrere bort perioder kortere enn 25 timer ved hjelp av et glidende middel, for deretter å addere de enkelte observasjoner hver dag vektorielt. Retningen på pv er lagt slik at strøm mot nord er oppover og øst mot høyre, det vil si som på et vanlig kart.

Tidsserier fremkommer ved å plotte skalare størrelser, som hastighetens nord- og vestkomponent, temperatur, tetthet og saltholdighet som funksjon av tiden. Tidsseriene som er vist i plottene er filtrert ved hjelp av glidende middel over 31.5 timer, slik at det dominerende halvdaglige tidevannet er

Prøver for telling av planteplankton ble samlet fra alle dyp, men i de fleste tilfellene ble bare en blandingsprøve av like deler vann fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp fra hver stasjon tellet. En del prøver, som viste seg å inneholde mye klorofyll a, ble også tellet for å registrere hvilke arter som dominerte. Beregninger av algenes karboninnhold ble gjort ut fra cellenes volum etter formler av Strathmann (1967). Enkeltarters karboninnhold er samlet i Tabell 4.

TABELL 4

Karboninnhold (pg C) pr celle for planteplankton nyttet for beregning av biomasse.

Taxa	pg C/ celle	Taxa	pg C/ celle
BACILLARIOPHYCEAE		DINOPHYCEAE	
Cerataulina pelagica	500	Ceratium furca	6500
Chaetoceros curvisetus	145	C. fusus	4000
C. debilis	145	C. lineatum	925
C. decipiens	430	C. longipes	5000
C. socialis	10	C. tripos	6500
Chaetoceros sp. (5 µm)	10	Dinophysis acuminata	300
Chaetoceros sp. (12 µm)	43	D. acuta	1000
Chaetoceros sp. (15 µm)	70	D. norvegica	915
Chaetoceros spp.	200	cf. Diplopsalis lenticula	100
Coscinodiscus sp.	200	Gymnodinium galatheanum	80
Eucampia zodiacus	380	Gymnodiniaceae (8 µm)	44
Fragilaria sp.	17	Gymnodiniaceae (10 µm)	78
Leptocylindrus danicus	110	Gymnodiniaceae (13 µm)	155
Nitzschia closterium	10	Gymnodiniaceae (20 µm)	475
N. delicatissima	12	Gymnodiniaceae (25 µm)	848
N. seriata	62	Gyrodinium aureolum	475
Paralia sulcata	45	Gyrodinium sp.	280
Rhizosolenia alata	416	cf. Gyrodinium sp. (30 µm)	1361
R. delicatula	260	Heterocapsa triquetra	100
R. fragilissima	220	Polykrikos kofeodii	8600
R. hebetata var. semispina	416	Prorocentrum micans	306
R. imbricata	264	Protopteridinium divergens	2500
R. styliformis	400	P. pellucidum	1360
Skeletonema costatum	13	P. steinii	1360
Thalassionema nitzschioides	23	Protopteridinium sp. (30 µm)	1361
Thalassiosira nordenskiöldii	80		
Thalassiosira sp.	80	ANDRE GRUPPER	
Ubestemte pennate	40	Distephanus speculum	100
		Euglenophyceae	111
		Nakne monader (2 µm)	1,2
		Nakne monader (5 µm)	13

2g). Nitratkonsentrasjonene (Fig. 2h) viser også en helt annen fordeling enn året før hvor det var meget lave verdier i det hydrogensulfidrike dypvannet inne i fjorden. Nå var forholdet omtrent det samme inne i fjorden som ute i mer åpent farvann. Fordelingen av nitritt (Fig. 2i) var omtrent den samme i hele snittet.

I april hadde diatomeenes (Bacillariophyceae) våroppblomstring kulminert, men diatomeene preget fremdeles vannmassene (Tabell 5 og Fig. 3). De største konsentrasjonene av klorofyll ble observert på 10-20 m dyp på alle stasjonene (Fig. 2j). I

TABELL 5

Plantep plankton i Tvedestrandsfjorden 25/4-84. Celler pr ml i blandingsprøver med like deler fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp.

Taxa	Stasjon			
	1	3 ¹⁾	4	6
BACILLARIOPHYCEAE				
Chaetoceros socialis	3	2	30	50
Chaetoceros spp.	4	5	5	2
Coscinodiscus sp.	0	0	1	0
Fragilaria sp.	30	5	0	0
Leptocylindrus danicus	0,5	0	0	0
Nitzschia closterium	0	5	0	0
N. seriata	0	4	0	0
Rhizosolenia hebetata	1	7	1	1
Skeletonema costatum	0	2	3	3
Thalassionema nitzchioides	0	0	1	0
Thalassiosira nordenskioeldii	4	0	1	0
DINOPHYCEAE				
Dinophysis norvegica	0,5	0	0	0
Gymnodiniaceae (10 µm)	1	0	0	0
Gymnodiniaceae (13 µm)	1	0	0	0
Gymnodiniaceae (25 µm)	2	0	0,5	0
Gyrodinium aureolum	1,5	0,5	1	0
Protoperidinium pellucidum	0	0,5	0	0
ANDRE GRUPPER				
Nakne monader (2 µm)	2040	-	1386	1900
Nakne monader (5 µm)	70	-	35	35

Tabellforklaring:

- 1) - prøve fra 10 m dyp
- 0 - ingen celler observert
- - ingen observasjon

lave i hele snittet (Fig. 4i).

Diatomeene hadde en dominerende rolle i fjorden. De utgjorde den største biomassen ved Bjørnvikhalsen, Hestø og Øitangen, mens nakne monader dominerte ved Møkkalasset (Fig. 3). Denne gangen var det diatomeen *Skeletonema costatum* som var mest tallrik (Tabell 6), med opptil $2,5 \cdot 10^6$ celler pr liter i dypene 20 og 30 m hvor det også var mest klorofyll ($5-7 \mu\text{g/l}$) (Fig. 4j).

TABELL 6

Plantep plankton i Tvedestrandsfjorden 25/6-84. Celler pr ml i blandingsprøver med like deler fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp.

Taxa	Stasjon			
	1	3	4	6
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Cerataulina pelagica</i>	1	1	2	0
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	0	2	2	0
<i>C. debilis</i>	0	2	0	0
<i>C. decipiens</i>	0	1	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.	5	5	8	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2	0	1	0
<i>Nitzschia closterium</i>	1	0	0	0,5
<i>N. delicatissima</i>	25	40	40	10
<i>N. seriata</i>	3	3	0	0
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	1	0,5	5	0
<i>R. fragilissima</i>	50	60	50	20
<i>R. hebetata</i>	0	0	0	0,5
<i>R. styliformis</i>	0	0,5	0	0
<i>Skeletonema costatum</i>	1710	1100	1100	180
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	5	1	2	0
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	7	1	0	0
Ubestemte pennate	3	1	0	0
DINOPHYCEAE				
<i>Ceratium tripos</i>	0,5	0,5	1	0
<i>Dinophysis acuminata</i>	0	1	0	0
<i>D. norvegica</i>	0	2,5	6	7
cf. <i>Diplopsalis lenticula</i>	0,5	0	0	0
<i>Gyrodinium aureolum</i>	0,5	1	1,5	0,5
<i>Gyrodinium</i> sp.	0,5	0,5	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0,5	0,5	0	0
ANDRE GRUPPER				
<i>Distephanus speculum</i>	0	0,5	0	0
Euglenophyceae	0,5	0	0	0
Nakne monader (2 μm)	2000	2400	3200	4000
Nakne monader (5 μm)	800	800	880	1200

I august var klorofyll-verdiene lavere enn i april og juni. De var i alle prøver mindre enn 3 µg/l. De største verdiene ble observert på 10 m dyp inne i fjorden (Fig. 5j). Likevel var biomassen av planteplankton relativt stor (Fig. 3), som i juni, eller enda større. Nakne monader dominerte tallmessig (Tabell 7), men dinoflagellatene utgjorde den største biomassen (Fig. 3). Ved Møkkalasset var det fortsatt mye *Emiliana huxleyi*, her inkludert i nakne monader (5 µm) i Tabell. 7.

TABELL 7

Planteplankton i Tvedestrandsfjorden 16/8-84. Celler pr ml i blandingsprøver med like deler fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp.

Taxa	Stasjon			
	1	3	4	6
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Cerataulina pelagica</i>	1	0,5	0,5	2
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	3	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.	8	6	20	0
<i>Leptocylindrus danicus</i>	5	10	20	0
<i>Nitzschia closterium</i>	1	2	10	1
<i>N. delicatissima</i>	50	10	10	1
<i>Rhizosolenia alata</i>	7	0	0	0
<i>R. delicatula</i>	0	0	0	1
<i>R. fragilissima</i>	40	40	50	90
<i>Skeletonema costatum</i>	490	40	50	50
DINOPHYCEAE				
<i>Ceratium furca</i>	1,5	1	2,5	1
<i>C. fusus</i>	1	2,5	1	0,5
<i>C. lineatum</i>	0	0	0	0,5
<i>C. tripos</i>	0	0,5	0	0,5
Gymnodiniaceae (8 µm)	120	120	40	10
Gymnodiniaceae (13 µm)	40	20	10	2
<i>Gyrodinium aureolum</i>	7	4	10	5
<i>Gyrodinium</i> sp.	2	1	1	0
<i>Polykrikos kofeodii</i>	0	0	0,5	0
<i>Prorocentrum micans</i>	0,5	1	0,5	0
<i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	0,5	1
<i>P. pellucidum</i>	0,5	0	0,5	0
ANDRE GRUPPER				
<i>Distephanus speculum</i>	1	0	0	0
Euglenophyceae	0,5	0	0	0
Nakne monader (2 µm)	4500	5500	4300	4000
Nakne monader (5 µm)	40	40	120	1200

6h). Nær bunnen ved Bjørnvikhalsen og Hestø var nitratmengdene redusert i forhold til august, mest ved Hestø. Nitritt viste på dette tidspunktet en økning i hele fjorden (Fig. 6i), bortsett fra et minimum ved Bjørnvikhalsen (20-75 m). Nærmest bunnen var det imidlertid en utpreget økning igjen.

I slutten av oktober var biomassen av planteplankton i gjennomsnitt for søylen fra 0-30 m dyp betydelig mindre enn i august (Fig. 3). Dinoflagellatene dominerte fortsatt biomassen. Helt i overflaten på Hestø og Øitangen var det imidlertid betydelig høyere konsentrasjoner av klorofyll, 7-13 µg/l, enn i august (Fig. 6j). Her dominerte ulike diatomeer biomassen, slike som *Chaetoceros* spp., *Nitzschia* spp., *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia* spp. og *Skeletonema costatum* (Tabell 8).

Desember

Observasjoner i desember viser en ytterligere overflateavkjøling spesielt innerst i fjorden (Fig. 7a). I dypet inne i fjorden var det ingen forandring fra forrige tokt. Saltholdigheten i overflaten innover i fjorden var forholdsvis lav (Fig. 7b), men adskillig høyere enn i oktober p.g.a. mindre ferskvannsavrenning. Saltholdigheten i de midlere vannmasser utover mot skjærgården var nå lavere enn i oktober med et spranglag mellom 20 og 30 m dyp. Og tettheten i dypet inne i fjorden var betydelig høyere enn i dypet utenfor skjærgården (Fig. 7c). Oksygenmålingene viser at det heller ikke nå hadde foregått noen fornyelse av dypvannmassene innerst i fjorden (Fig. 7d). Ved Hestø hadde det foregått en fornyelse i de midlere vannmasser, og det var også en svak økning fra 0,21 ml/l til 0,49 ml/l i det største dypet (50 m). I de midlere dyp (20-30 m) var samtidig saltholdigheten redusert i samme tidsrom.

Siden forrige observasjon var nå ortofosfatkonsentrasjonene øket i overflatelaget i hele fjorden (Fig 7f). De var høyest ute i åpent farvann, hvor forholdene var homogene helt til bunnen. Noen store forandringer i dyplagene inne i fjorden var det ikke blitt.

Ammoniumkonsentrasjonene viste heller ikke noen store for-

andringer siden sist (Fig. 7g), bortsett fra at det hadde funnet sted en stor økning nær bunnen ved Bjørnvikhalsen, og samtidig blitt en reduksjon nær bunnen ved Hestø. Nitratkonsentrasjonene viste en økning i hele området fra Hestø og utover (Fig. 7h). Innerst inne var det mindre nitrat helt i overflaten, og ned mot bunnen var reduksjonen betydelig. Nitritkonsentrasjonene var blitt redusert i praktisk talt hele fjorden siden siste observasjon (Fig. 7i).

I desember var det lite klorofyll i hele Tvedestrandsfjorden, stort sett mindre enn $1 \mu\text{g/l}$ (Fig. 7j). Biomassen av planteplankton var også liten (Fig. 3). Nakne monader dominerte tallmessig (Tabell 9).

TABELL 9

Planteplankton i Tvedestrandsfjorden 11/12-84. Celler pr ml i blandingsprøver med like deler fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp.

Taxa	Stasjon			
	1	3	4	6
BACILLARIOPHYCEAE				
Chaetoceros spp. ($15 \mu\text{m}$)	0	0	0	0,2
Leptocylindrus danicus	0,2	0	0	0
Nitzschia closterium	0,2	0,6	0,4	0,2
N. delicatissima	0	0,6	0	0,2
Paralia sulcata	0	0	0	0,8
Skeletonema costatum	0	2	0	1,2
Thalassionema nitzschioides	0	0,8	1,8	0,6
Ubestemte pennate	0,2	0	0	0,2
DINOPHYCEAE				
Ceratium furca	0	0,2	0	0
C. fusus	0	0	0,2	0
C. lineatum	0	0	0,2	0,2
Dinophysis acuta	0	0	0,2	0
D. norvegica	0	0	0	0,2
Gymnodiniaceae ($10 \mu\text{m}$)	0,2	0,4	0,2	0,2
Gymnodiniaceae ($20 \mu\text{m}$)	0,2	0,2	0	0,2
c. Gyrodinium sp. ($30 \mu\text{m}$)	0,2	0,2	0	0
Heterocapsa triquetra	0,2	0	0	0
Protoperidinium steinii	0	0	0,2	0
Protoperidinium sp. ($30 \mu\text{m}$)	0	0	0	0,2
ANDRE GRUPPER				
Distephanus speculum	0	0,2	0	0
Nakne monader ($2-5 \mu\text{m}$)	160	64	96	80

sedvanlige "krøller" som en vanligvis finner i slike plott. Figuren viser derfor at bortsett fra tidevannet, så er den estuarine sirkulasjonen hoveddrivmekanismen i overflatelaget.

Furø (stasjon 2) - 15 m dyp

Tabell 10 viser at mens strømmen i 8 m på stasjon 2 er i middel rettet utover fjorden, så er strømmen i 15 m rettet innover fjorden. Hastigheten i middel er av samme størrelsesorden i begge dypene. Derimot er fordelingen av hastighetene forskjellige. Fig. 10 som viser tidsseriene for denne perioden og dypet, viser at typiske maksimalhastigheter i perioder med mye strøm er om lag 20 cm/s, mens tilsvarende maksimalhastighet i 8 m typisk var av størrelsesorden 10 cm/s (Fig. 8).

Pv-plottet, Fig. 11, viser at under perioder med liten hastighet er strømmen dominerende rettet mot nordøst, mens under perioder med høy strøm er den rettet mot nordvest. Dette kan tolkes slik at mens hastigheten er liten, er strømmen styrt av den lokale topografien. I perioder med høy hastighet er det derimot den storstilte topografien som styrer strømmens retning. Ved stasjon 2 er det trolig sundet syd for Furø som vil styre strømmen ved store hastigheter, slik at den vil bli rettet mot nordvest.

TABELL 10

Midlere strømforhold (fart og retning)

Periode	Stasjon 2				Stasjon 5	
	8 m		15 m		21 m	
	Fart cm/s	Retn.	Fart cm/s	Retn.	Fart cm/s	Retn.
21/11-83 - 25/04-84	2.1	111	2.1	315	1.8	174
25/04-84 - 25/06-84	1.4	109	3.4	325	1.2	147
25/06-84 - 16/08-84	1.1	119	2.2	345	1.5	175
16/08-84 - 29/10-84	X	X	X	X	X	X
29/10-84 - 12/12-84	1.2	117	1.4	353	Y	Y

X - måling av retning mangler

Y - måler ikke utsatt på grunn av vedlikehold

imidlertid ikke noe spor etter denne hendelsen. Dette tyder på en kraftig, men kortvarig hendelse som ikke er tilstrekkelig i volum til å påvirke hele vannmassen i fjorden innenfor den ytre terskelen mot kystområdet.

Innstrømmingen av tungt vann som starter dag 100/84 (9/4), finner vi også igjen i alle målerne. Ved Bota i 21 m fører denne til en varig økning av tettheten, mens den ved Furø ikke lenger kan spores 12-15 dager etter at den startet.

Strømmålinger i perioden 26/4-1984 til 26/6-1984

Alle målerne fungerte i hele denne perioden uten stopp eller feil.

Furø (stasjon 2) - 8 m dyp

Tidsserieplottet og pv er vist i hhv Fig. 15 og 16. Pv viser at strømmen gjennom hele perioden stort sett var liten, og at den var rettet ut fjorden. Kun enkelte dager fant en hastighet større enn 3-4 cm/s. Største hastighet, 9 cm/s, inntraff 17. juni i forbindelse med en storstilt hending som en skal komme tilbake til senere.

Gjennom perioden viser temperaturen en langperiodisk trend, hvor midlere temperatur stiger fra 5°C til 16°C, for så å falle raskt til 5-10°C. Saltholdigheten viser en motsatt utvikling. Den faller fra 25 o/oo til 19 o/oo, for deretter å stige til omlag 30 o/oo. Tettheten viser en tilsvarende utvikling som saltholdigheten, om en noe modifisert. Tettheten faller fra omlag 20 til 14, for så å stige raskt til omlag 20. I tillegg til disse langperiodiske utviklinger, finner en også mange kortvarige hendelser, som finner sted over tidsrom fra 2 til 5 dager. Endringene i disse kortvarige hendelsene er av samme størrelsesorden som de langperiodiske hendelsene.

Furø (stasjon 2) - 15 m dyp

Tidsserieplottet er vist i Fig. 17, pv er vist i Fig. 18. Pv viser at strømmen gjennom hele perioden har gått inn fjorden i

Sammenlikning av hydrografisk utvikling i perioden

Fig. 21 viser tetthetsutviklingen som den er registrert av alle målerne gjennom perioden. Figuren viser at en finner igjen alle de kraftige hendelsene på alle målerne, bortsett fra hendelsen helt i slutten av perioden, hvor en ikke kan spore denne ved Furø - 15 m. Den store økningen i tetthet som en finner mellom dagene 162-164 (11/6-13/6) skyldes en innstrømming av tyngre vann utenfra. Denne er også så omfattende at den fører til en varig endring i tettheten i dypere lag inne i fjorden. Ellers kan en merke seg at maksima som inntreffer dagene 127, 136 og 141 (7/5, 16/5 og 21/5) ved Furø - 8 m, alle har tilsvarende, om enn mindre utpregede maksima på de to andre målerne.

Strømmålinger i perioden 26/6-1984 til 16/8-1984

I denne perioden førte begroing til at rotoren på måleren i 8 m ved Furø stoppet 21/7 (dag 202). Dog fortsatte denne måleren å registrere temperatur og saltholdighet på vanlig måte. De to andre målerne fungerte tilfredsstillende i hele perioden.

Furø (stasjon 2) - 8 m dyp

Tidsserier og pv er vist i hhv Fig. 22 og 23. Pv viser at selv om strømmen gjennom den perioden måleren fungerte stort sett var rettet ut fjorden, så fant det sted en periode mellom 30/6 og 5/7 (dag 181-186) hvor strømmen snudde inn fjorden. Også den 12/7 (dag 193) fant det sted en slik hendelse, om enn mer kortvarig. Tidsserieplottene (Fig. 22) viser at temperaturen stiger fra omlag 14°C i begynnelsen til 18°C i slutten av perioden, mens både saltholdighet og tetthet er avtagende. Men også i denne perioden finner en store kortvarige variasjoner.

Strømmålinger i perioden 16/8-1984 til 29/10-1984

Fra denne perioden kan vi ikke bruke retningsdatene fra strømmålerne, fordi det ble brukt magnetiske batterier som ødela retningsmålingene gjennom sin innvirkning på de magnetiske kompassene. Vi vil derfor ikke vise progressive vektordiagrammer. Tidsplottene er også endret, idet vi istedenfor å vise nord- og vestkomponenter for hastigheten viser farten som skalaer.

Furø (stasjon 2) - 8 m dyp

Tidsserieplottet for denne perioden er vist i Fig. 29. P.g.a. begroing stoppet rotoren på dag 261 (18/9). Figuren viser at farten stort sett var lavere enn 4 cm/s gjennom hele perioden, men at det inntraff 3 situasjoner hvor farten økte vesentlig. Disse hendelsene hadde varighet av 2-3 dager. Dag 237 (25/8) økte farten fra 4 til 9 cm/s, samtidig som temperaturen steg og saltholdighet og tetthet sank. Dag 246 (3/9) økte farten fra 2 til 13 cm/s, som igjen førte til stigende temperatur og minskende saltholdighet og tetthet. Det samme fant også sted på dag 257 (14/9), hvor farten økte fra 2 til 8 cm/s.

Den alminnelige hydrografiske utvikling gjennom perioden var som vanlig for høsten. Temperaturen sank fra omlag 19°C til 12°C, mens både saltholdighet og tetthet viste reduksjon som følge av generell økning i ferskvannstilførselen ved øket nedbør.

Furø (stasjon 2) - 15 m dyp

I 15 m har måleren, bortsett fra problemet med retningen, virket tilfredsstillende gjennom hele perioden. I dette dypet er farten gjennomgående høyere enn i 8 m, og maksima er vesentlig høyere (Fig. 30). Således finner vi for hele perioden høyeste hastighet 28 cm/s. Mens vi i 8 m fant at øket hastighet førte til økning i temperatur og reduksjon i saltholdighet og tetthet, finner vi på 15 m dyp at sterke kortvarige fartsøkninger fører til lavere temperatur og øket saltholdighet og

Strømmålinger i perioden 29/10-1984 til 10/12-1984

I denne perioden har vi ikke målinger ved Bota, fordi denne måleren var til rutinemessig ettersyn. De to andre målerne har virket uten problemer gjennom hele perioden, bortsett fra konduktivitetssensoren på måleren i 15 m dyp.

Furø (stasjon 2) - 8 m dyp

Tidsserieplott og pv for perioden er vist i hhv. Fig. 33 og 34. Pv viser at strømmen stort sett har vært rettet ut fjorden, men at det har forekommet lengre perioder med innstrømning i dette dypet. Tidsserieplottene viser at det har vært en typisk høstsituasjon, med reduksjon i de hydrografiske parametrene, bortsett fra to hendelser i slutten av perioden, hvor alle parametrene viste økning. Den kraftige kortvarige økningen som fant sted på dag 333 (29/11), kommer etter en slik reverseringsperiode, og kan settes i sammenheng med kraftig og vedvarende utgående strøm. Når denne strømmen avtar og snur, faller parametrene tilbake til sine "gamle" verdier.

Furø (stasjon 2) - 15 m dyp

Tidsserieplott og pv for perioden er vist i hhv Fig. 35 og 36. Pv viser at strømmen hele tiden har vært inngående, med relativt lave hastigheter frem til 24/11 og rettet mot nordøst. Den 24/11 snur strømmen vesentlig mot nordvest gjennom resten av perioden, samtidig som hastigheten øker. Tidsserieplottene viser at farten øker allerede på dag 330 (26/11), og at dette følges umiddelbart opp med økning i saltholdighet og tetthet. Når så strømmen kortvarig snur på dag 333 (29/11), faller tettheten, for så å stige igjen sammen med farten som snur på dag 334 (30/11). Dette tyder på at det har foregått en innstrømning gjennom disse periodene som fremgår av Fig. 35.

overflatelaget slik vi finner det inne i fjorden, går imidlertid strømmen utover fjorden.

Målingene har vist at det er hyppige kortvarige innstrømninger til den indre fjorden i de øverste 15 m. Siden vi ikke har hatt noen målere i de dypere lagene av fjorden, kan vi ikke avgjøre i hvor stor utstrekning disse hyppige innstrømningene virker inn på dyplagene.

Imidlertid viser de hydrografiske målinger at det i tillegg til en kontinuerlig oksygenreduksjon i dypet gjennom hele året inne ved Bjørnvikhalsen også foregår en oksygenreduksjon nær bunnen ved Hestø. I oktober var oksygenmengden der i 50 m dyp bare 0.21 ml/l, noe som klart viser at det også ved Hestø er utpregete stagnante forhold nær bunnen. Og i likhet med i 1983 (Dahl et al. 1984) synes det ikke å finne sted noen fornyelse av disse bunnvannmassene i sommerhalvåret. Utpreget stagnasjon i dypvannet ved Hestø er også klart vist i tidligere undersøkelser (Danielssen 1978, 1979 og 1981).

Strømmålingene viser at det fant sted en kraftig innstrømning ca 9/4, og at denne førte til en varig økning av saltholdigheten i 15 m i indre fjordbasseng. De hydrografiske målingene med vannhenter 25/4 viste at det hadde foregått en massiv innstrømning med totalutskiftning av dypvannet i indre fjordbasseng. En slik dypvannsutskiftning har tidligere vært observert i Tvedestrandsfjorden i april 1977 (Danielssen 1978).

Storstormen 13/1 hadde imidlertid ingen innvirkning på fornyelsen av de dypere vannmassene.

Den langvarige utviklingen ved Bota som Fig.31x viser i perioden august/oktober, er mer lik den som vi finner på 8 m dyp ved Furø enn på 15 m (Fig. 29 og 30). Gjennom hele perioden ser vi at den langsiktige trenden er at både temperatur, saltholdighet og tetthet synker. I slutten av perioden er saltholdigheten og tettheten på 21 m ved Bota lavere enn hva vi fant på 15 m ved Furø. Dette indikerer følgende:

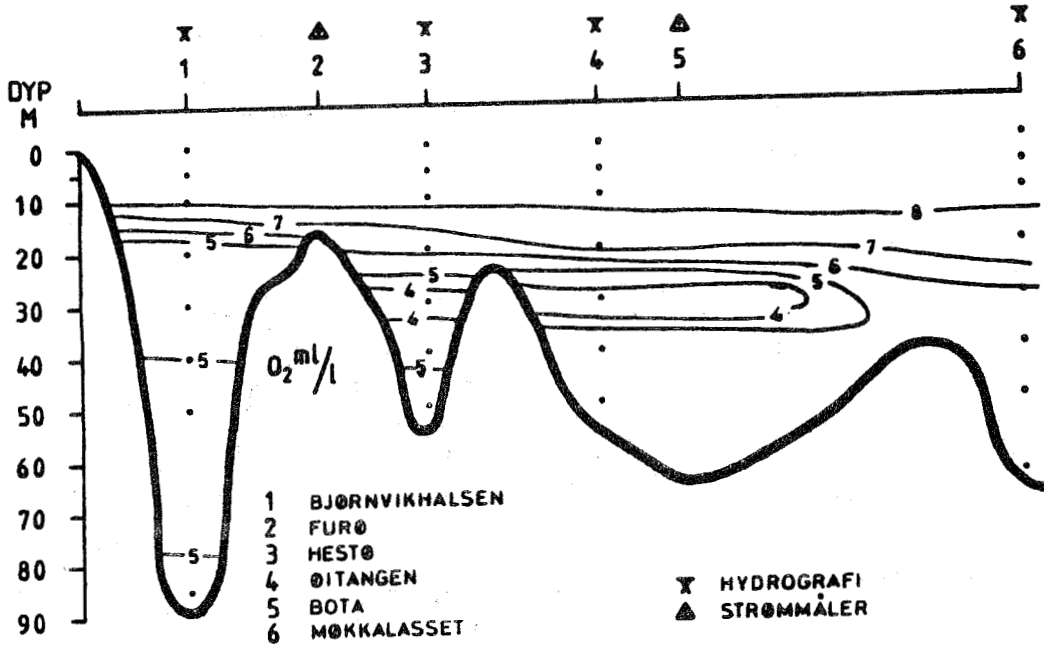
Enten må innstrømningen av tyngre dypvann til Tvedestrandsfjorden foregå gjennom et annet sund enn forbi Bota, eller

så må det innstrømmende vannet strømme inn under 21 m ved Bota slik at måleren i dette dypet ikke registrerer innstrømningen, bortsett fra når den er massiv gjennom mesteparten av

LITTERATUR

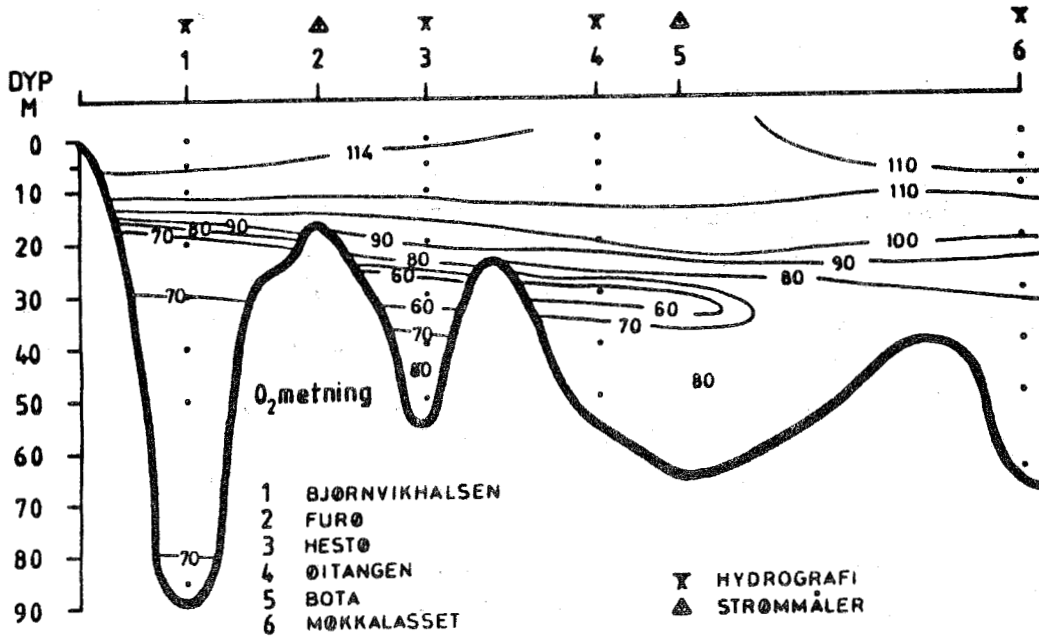
- Dahl, E. og Yndestad, M. 1985. Diarrhetic shellfish poisoning (DSP) in Norway in the autumn 1984 related to the occurrence of *Dinophysis* spp. Proceedings of the third International Conference on Toxic Dinoflagellates.
- Dahl, E., Dahl, F-E. og Danielssen, D.S. 1984. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1983. Flødevigen meldinger 5, 1984: 1-45.
- Danielssen, D.S. 1978. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet 1976-77. Rapport fra Statens Biologiske Stasjon Flødevigen mai 1978, 48 s. (Mimeo.)
- Danielssen, D.S. 1979. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1978. Rapport fra Statens Biologiske Stasjon Flødevigen oktober 1979, 46 s. (Mimeo.)
- Danielssen, D.S. 1981. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1979. Rapport fra Statens Biologiske Stasjon Flødevigen juni 1981, 43 s. (Mimeo.)
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. Limnol. Oceanogr. 12: 411-418.

TVEDESTRANDSFJORDEN



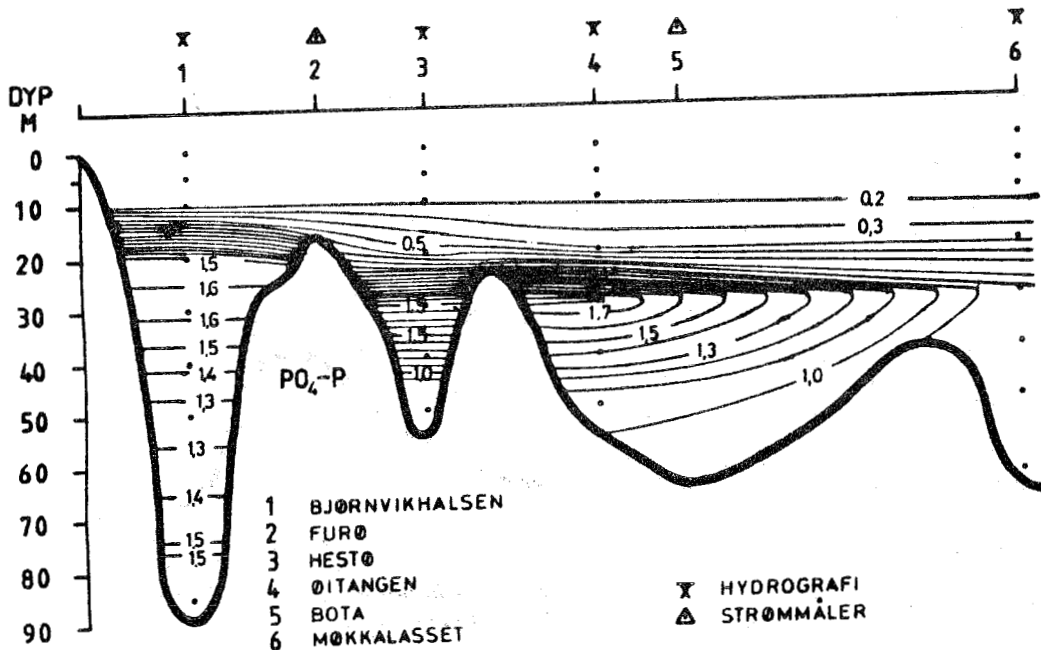
2d
O₂ ml/l

TVEDESTRANDSFJORDEN



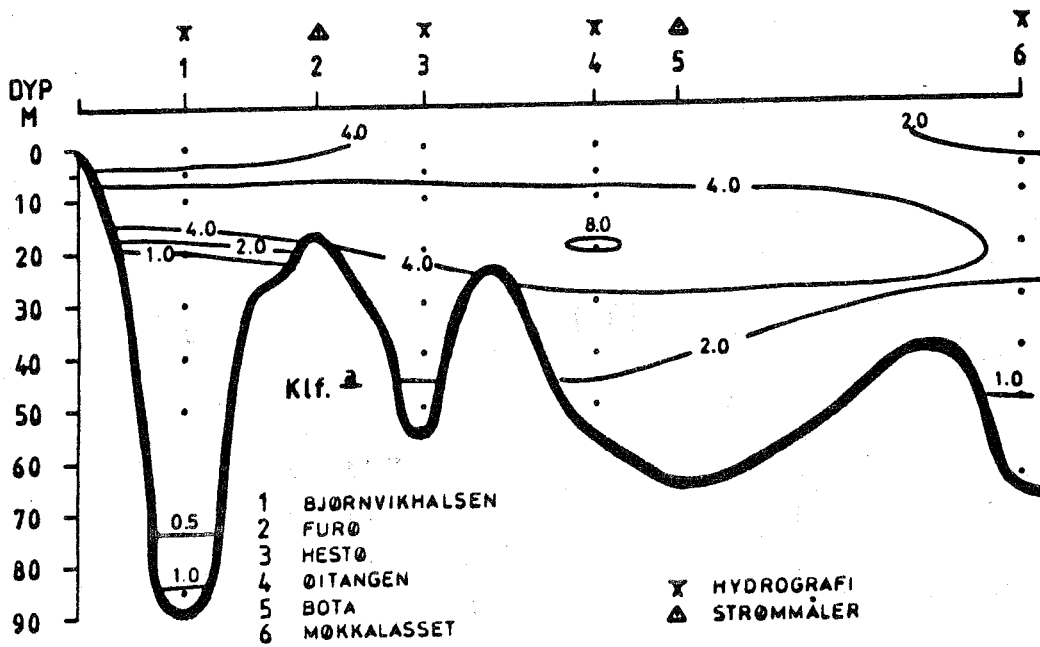
2e
O₂ metn. %

TVEDESTRANDSFJORDEN



2f
PO₄-P

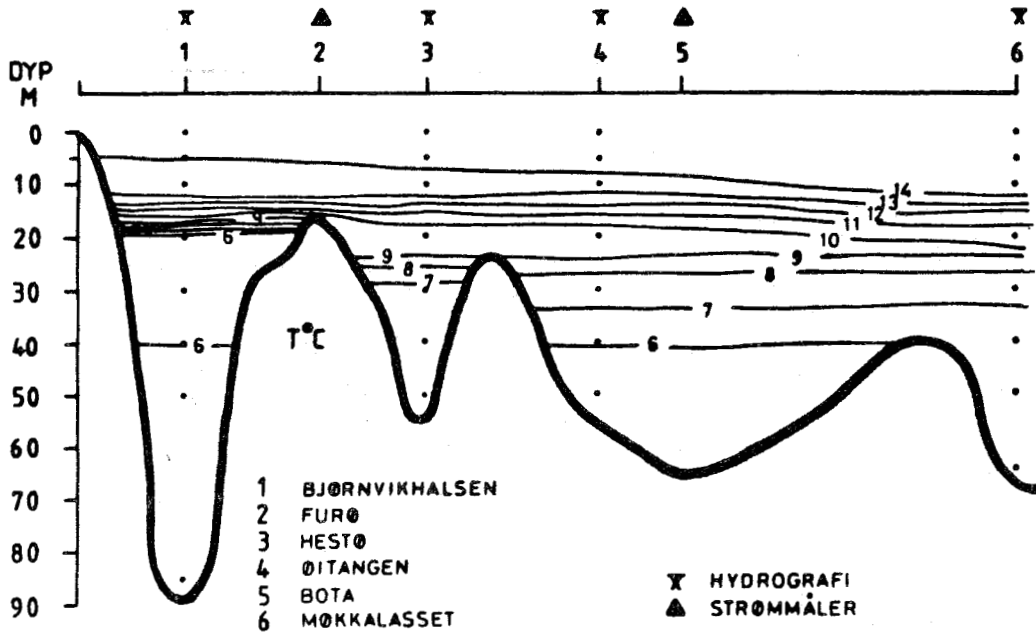
TVEDESTRANDSFJORDEN



2j
Klf. a $\mu\text{g/l}$

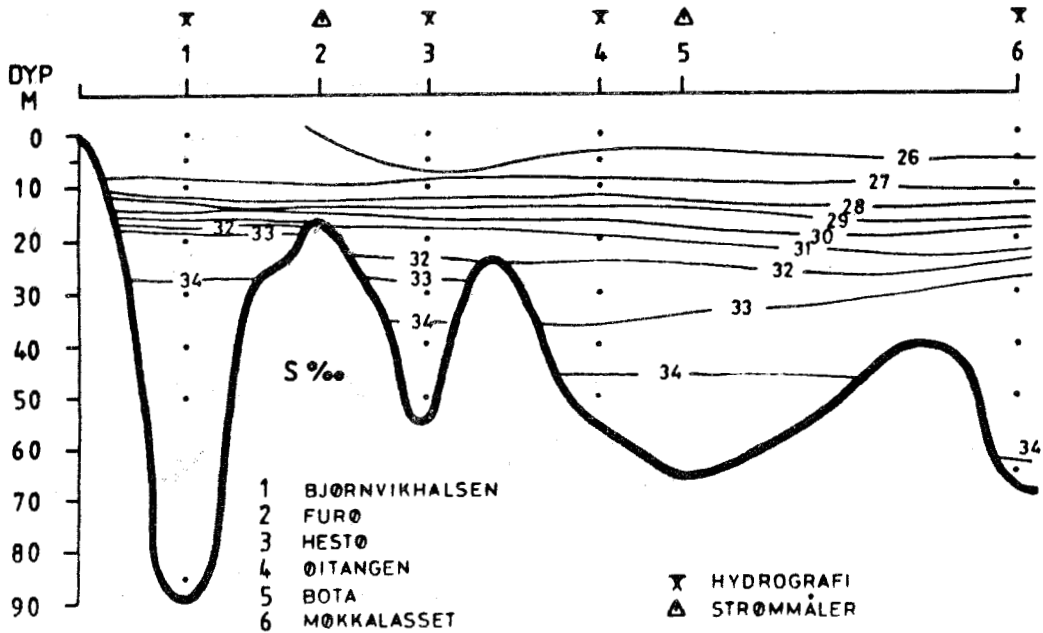
Fig. 2. Isopleter fra Tvedestrandsfjorden 25/4-84. a) temperatur, b) saltholdighet, c) tetthet, d) oksygenkonsentrasjon, e) oksygenmetning, f) ortofosfat, g) ammonium, h) nitrat, i) nitritt, j) klorofyll.

TVEDESTRANDSFJORDEN



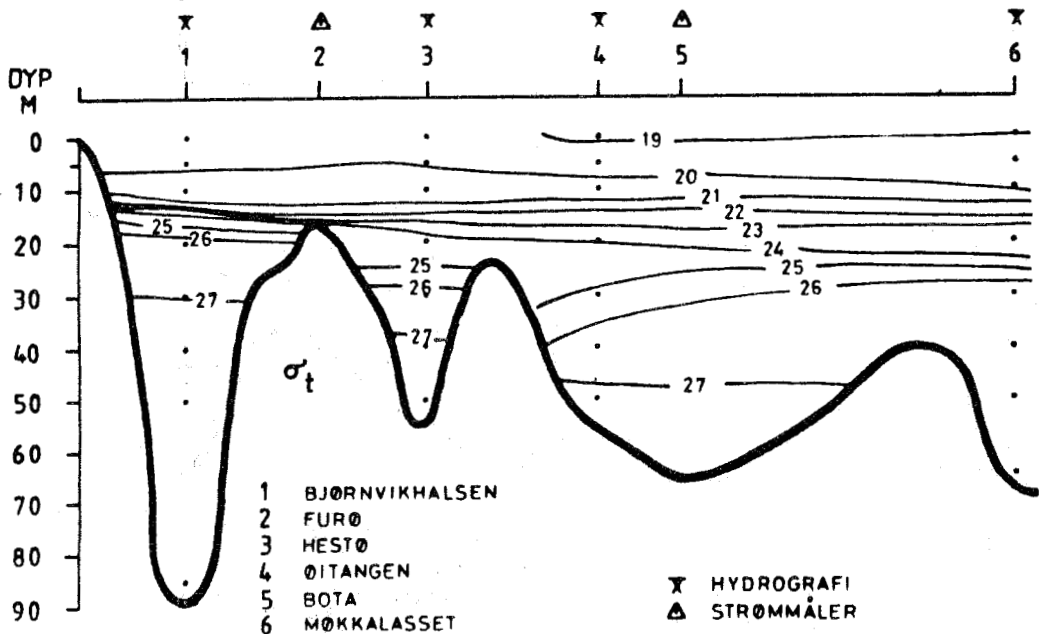
4a
T°C

TVEDESTRANDSFJORDEN

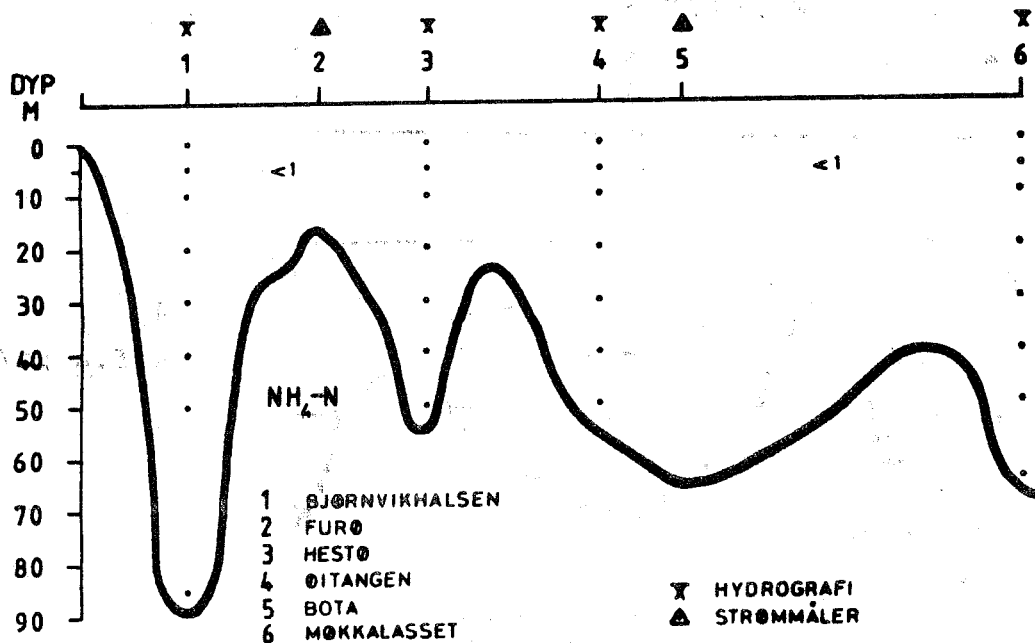


4b
S o/oo

TVEDESTRANDSFJORDEN

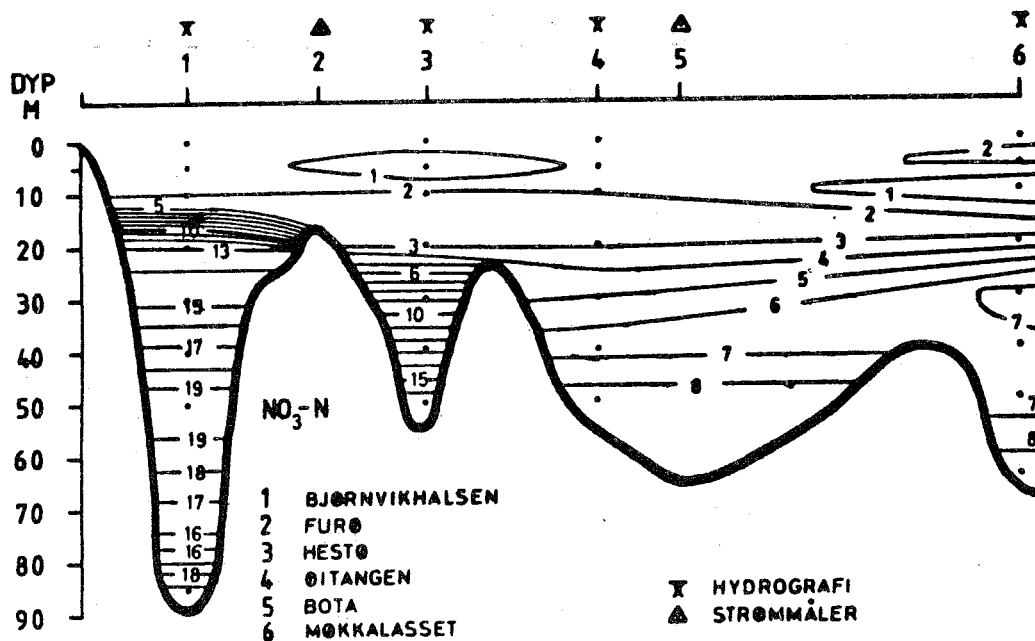


4c
 σ_t



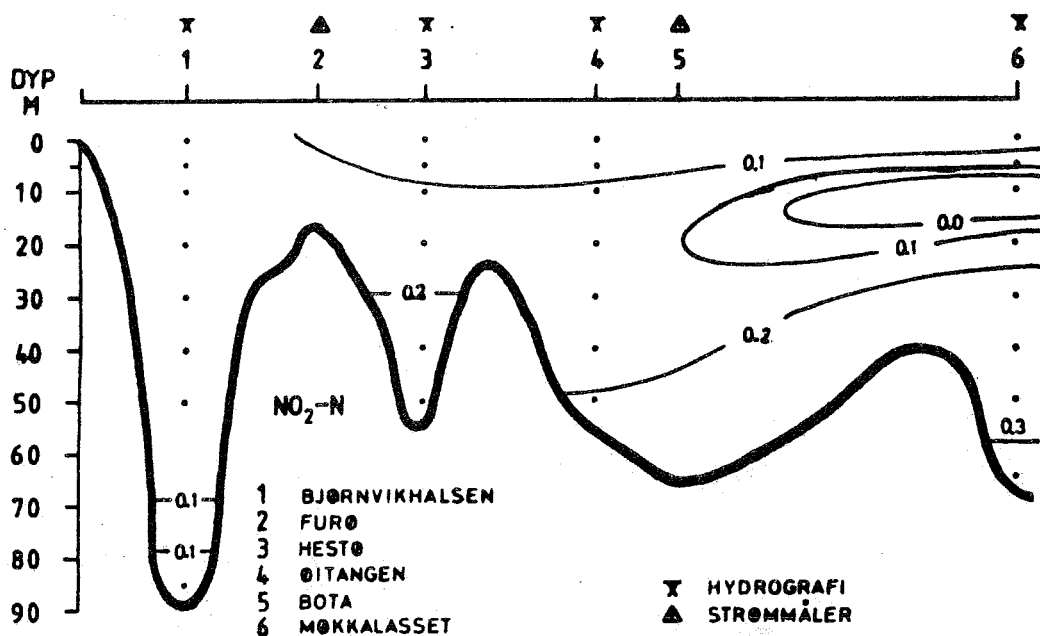
4g
NH₄-N

TVEDESTRANDSFJORDEN



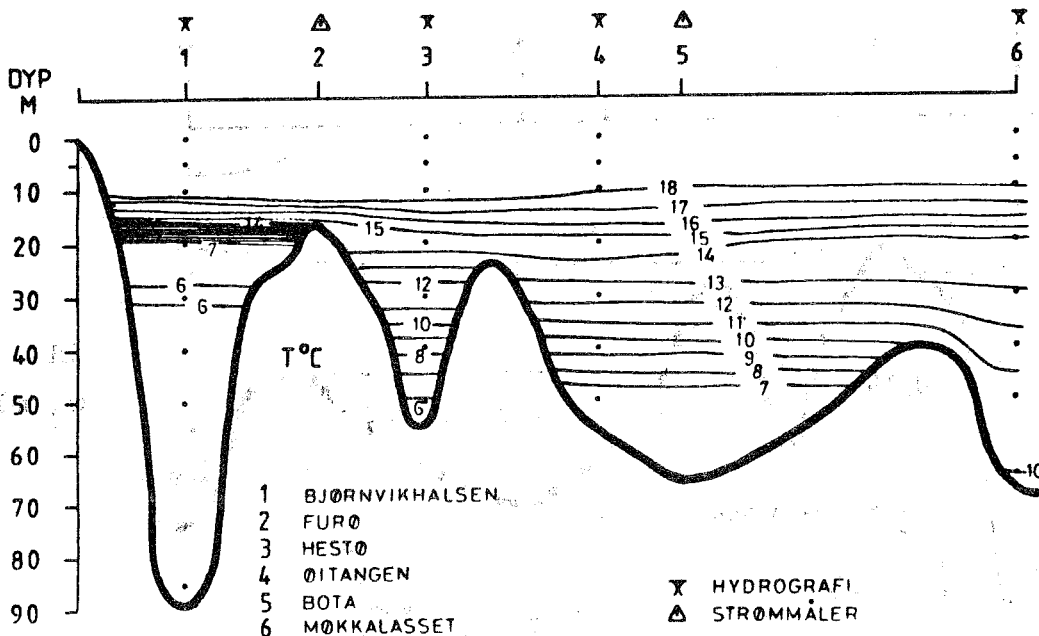
4h
NO₃-N

TVEDESTRANDSFJORDEN



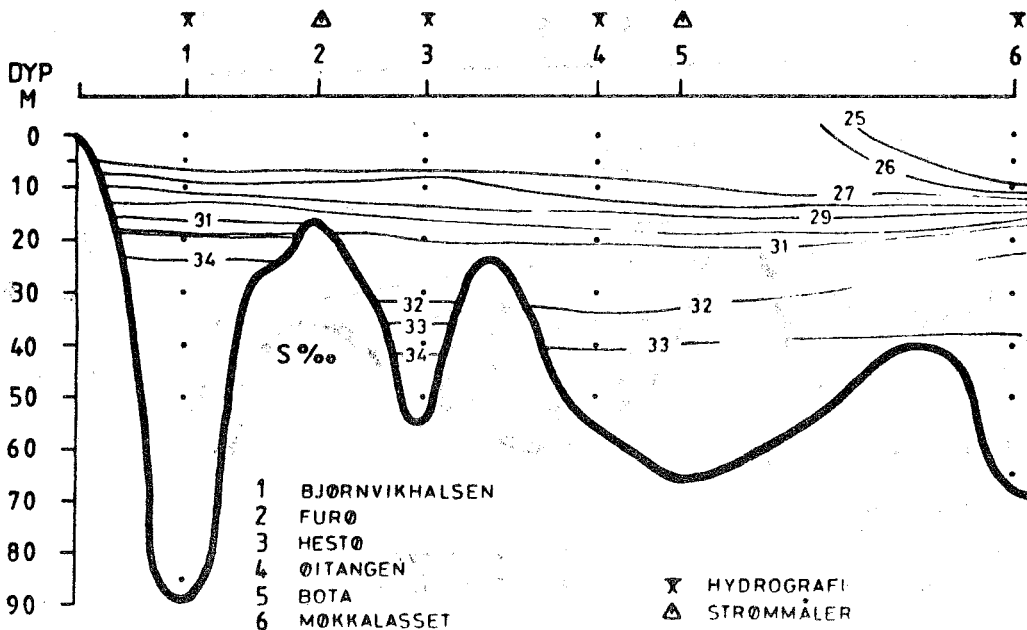
4i
NO₂-N

TVEDESTRANDSFJORDEN



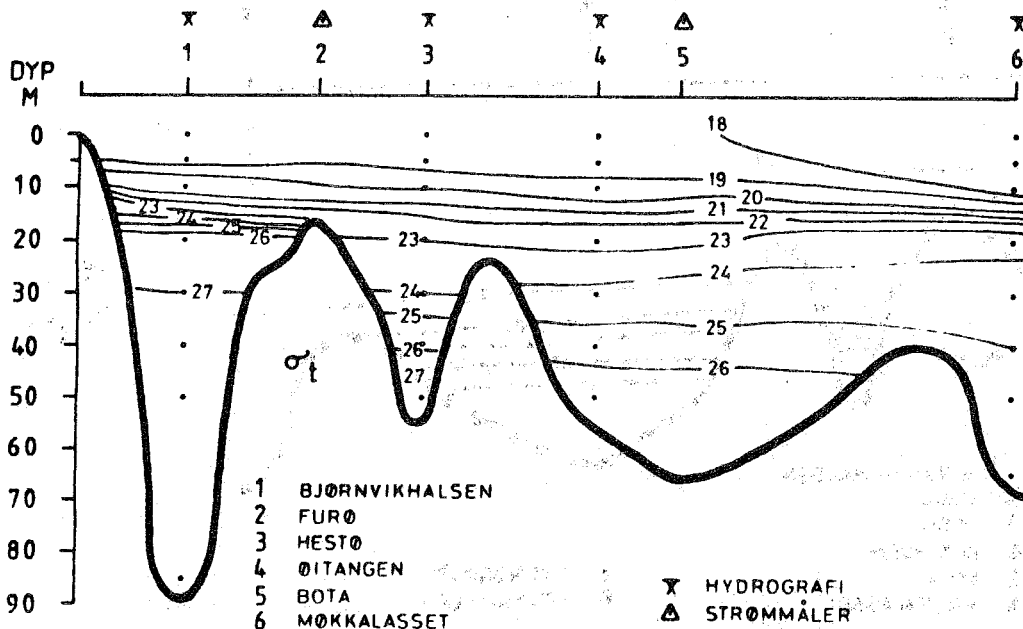
5a
T°C

TVEDESTRANDSFJORDEN



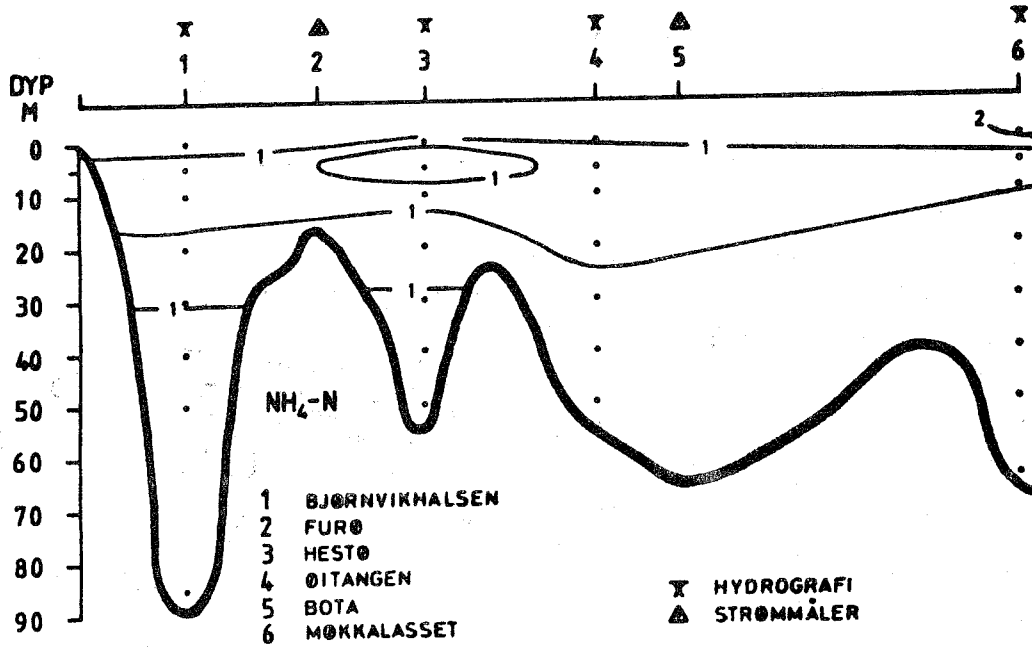
5b
S ‰

TVEDESTRANDSFJORDEN



5c
σ_t

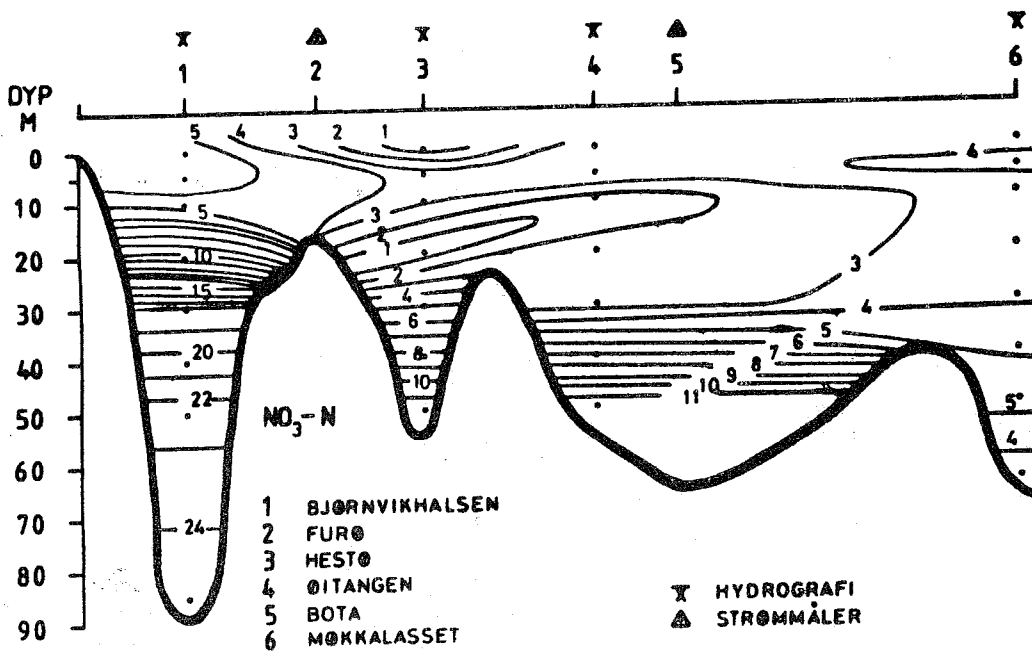
TVEDESTRANDSFJORDEN



5g

$\text{NH}_4\text{-N}$

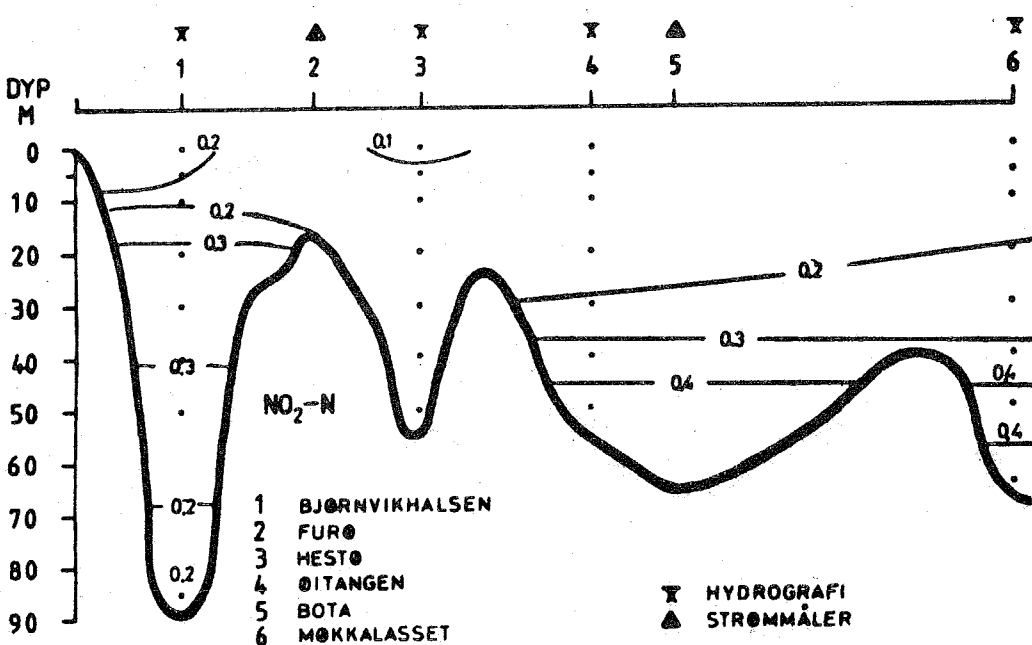
TVEDESTRANDSFJORDEN



5h

$\text{NO}_3\text{-N}$

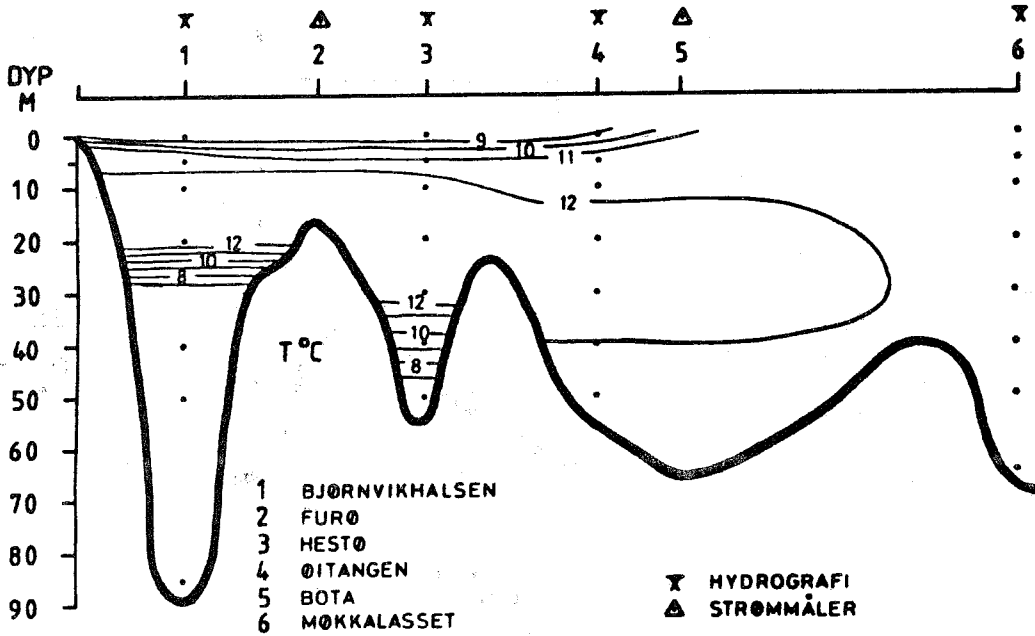
TVEDESTRANDSFJORDEN



5i

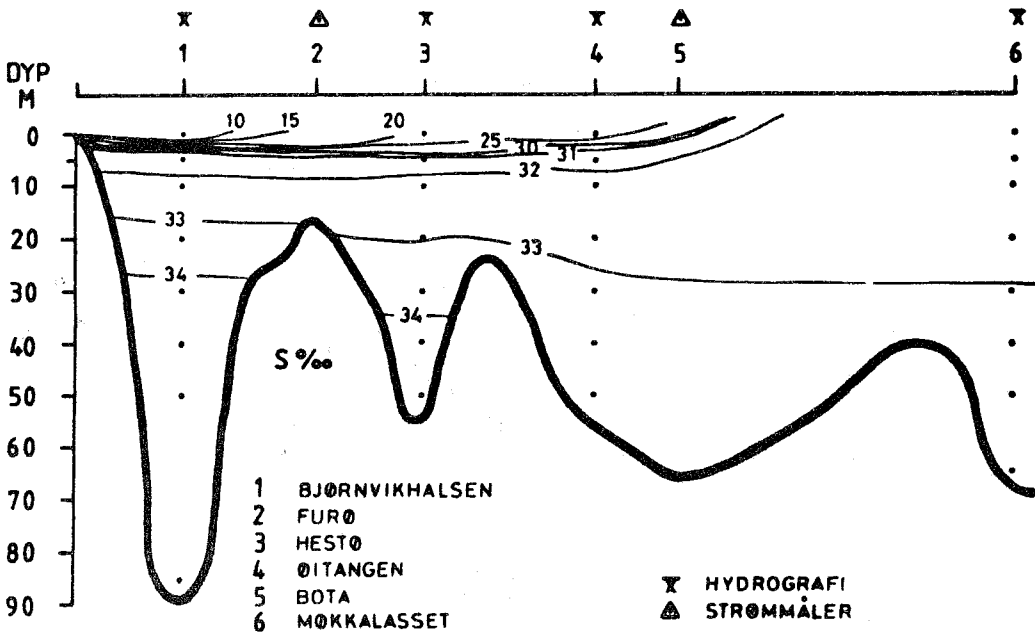
$\text{NO}_2\text{-N}$

TVEDESTRANDSFJORDEN



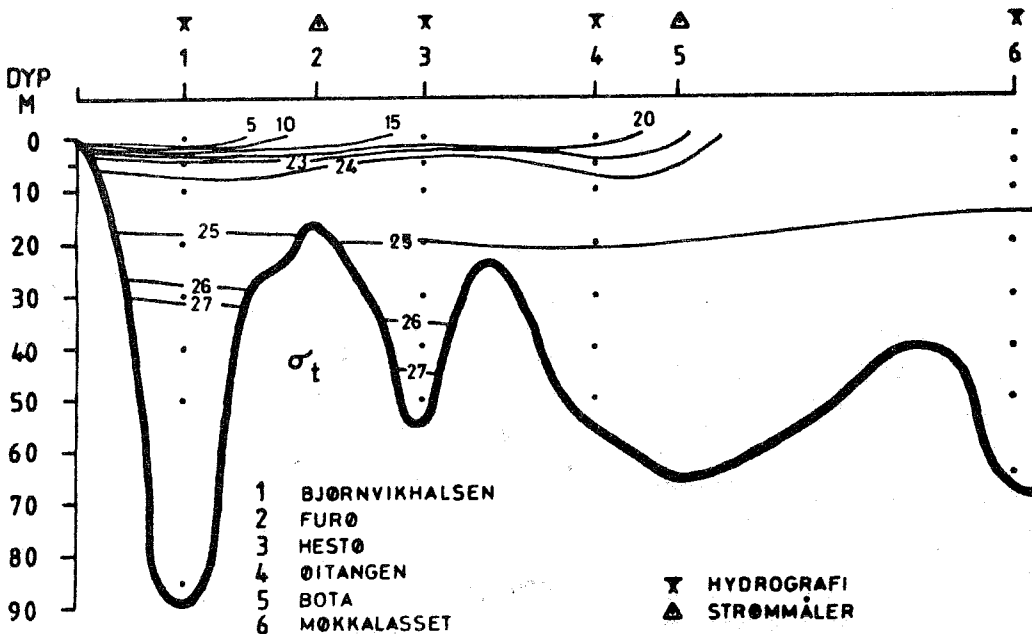
6a
T °C

TVEDESTRANDSFJORDEN

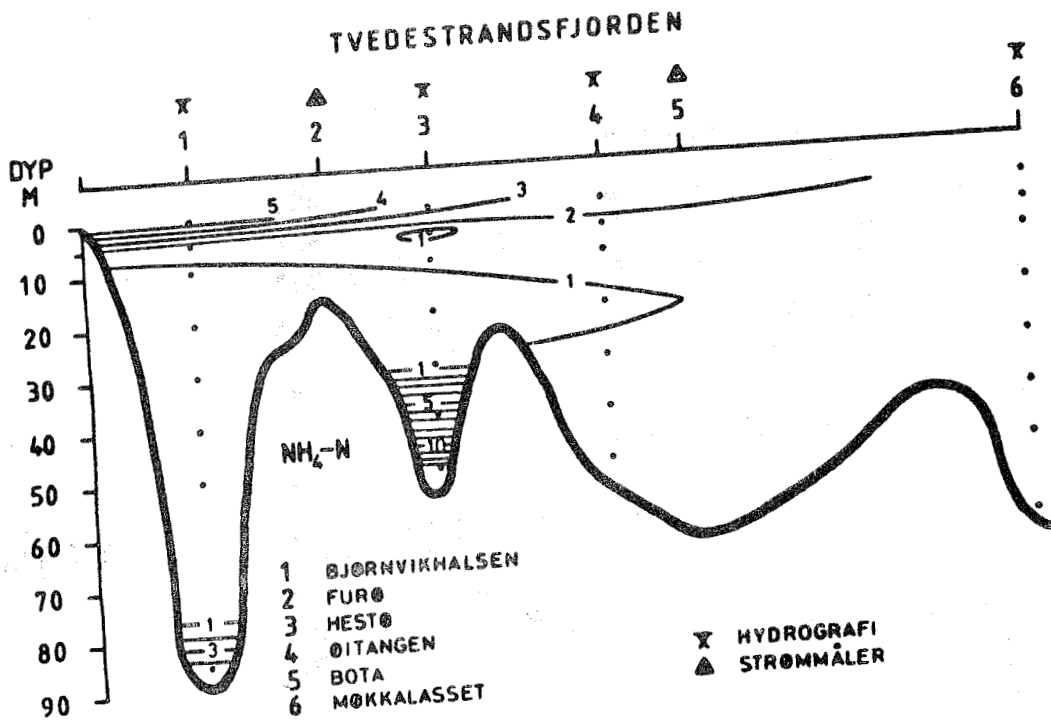


6b
S ‰

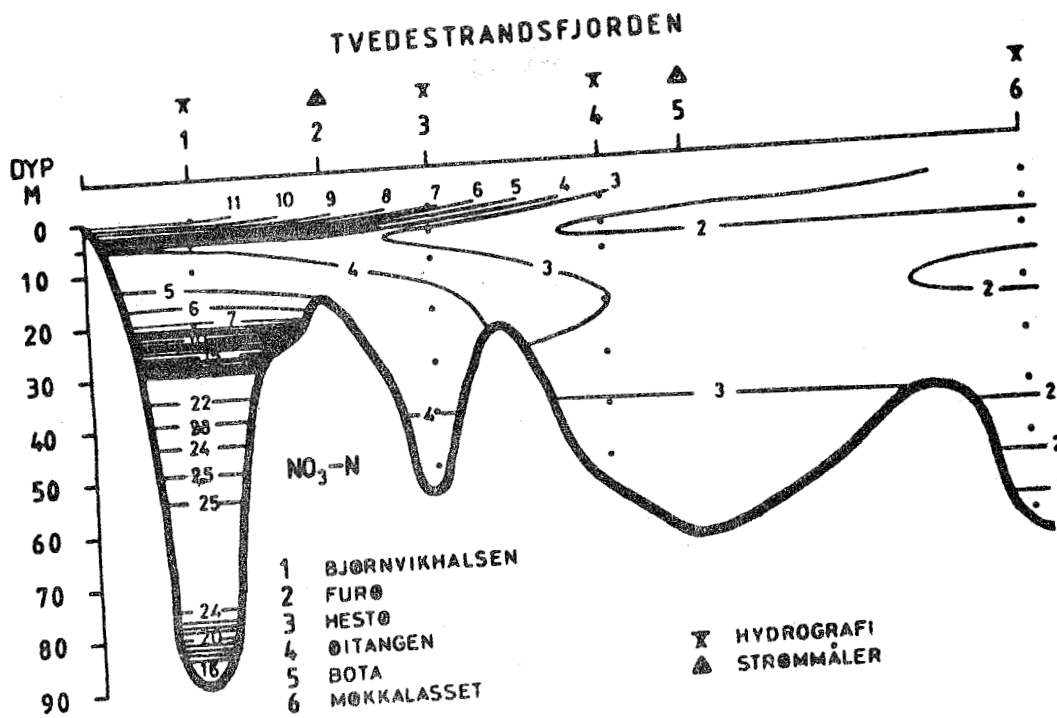
TVEDESTRANDSFJORDEN



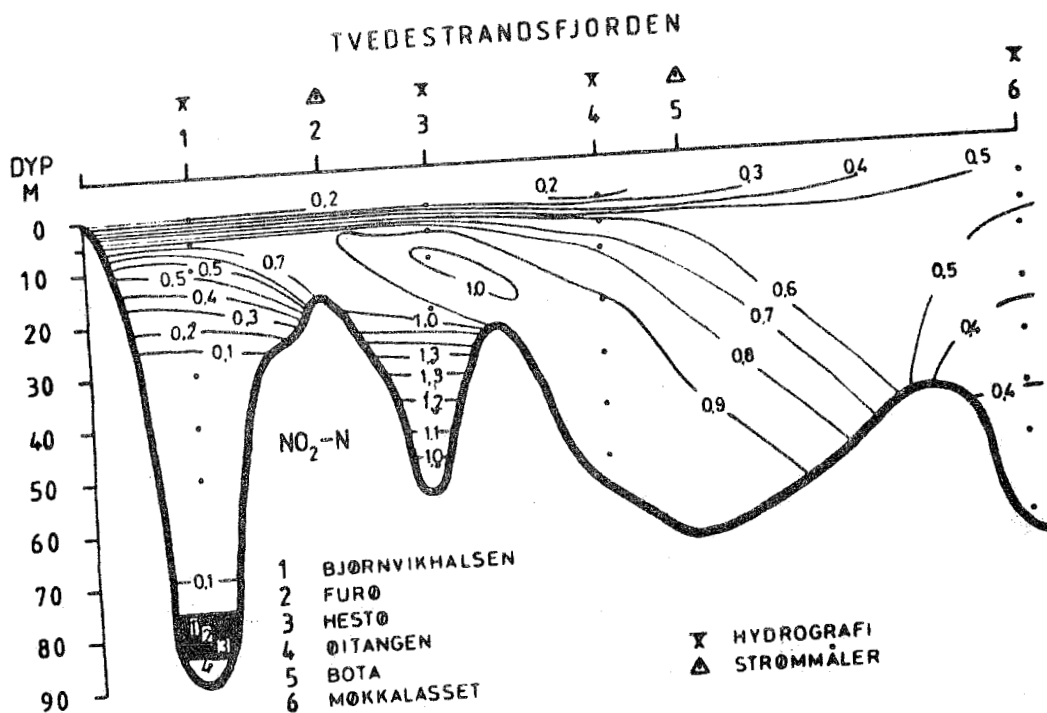
6c
σ_t



6g
NH₄-N

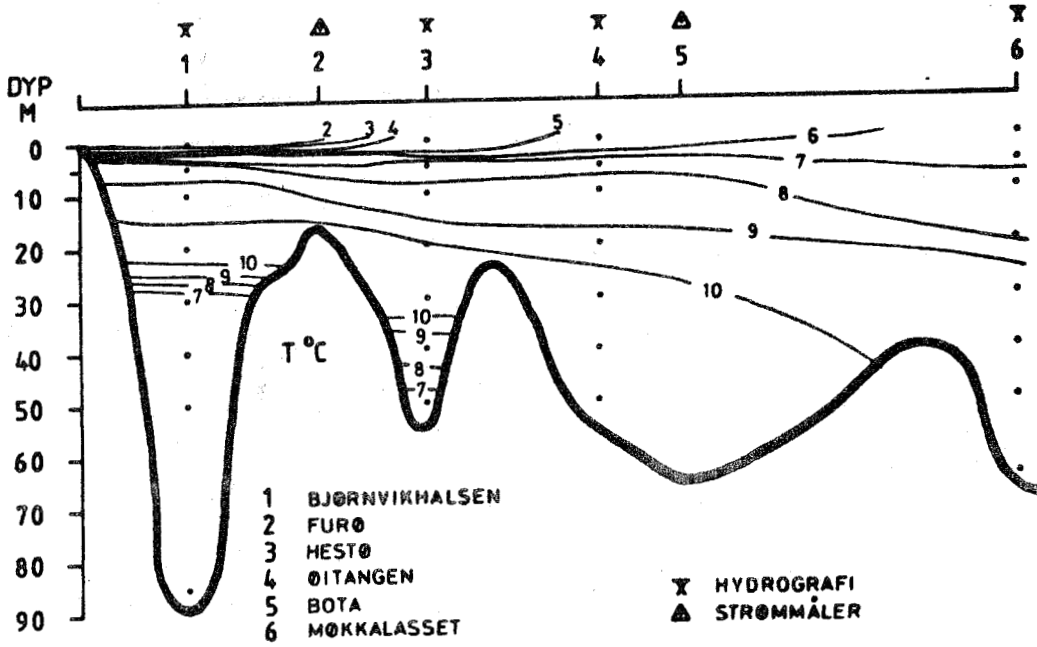


6h
NO₃-N



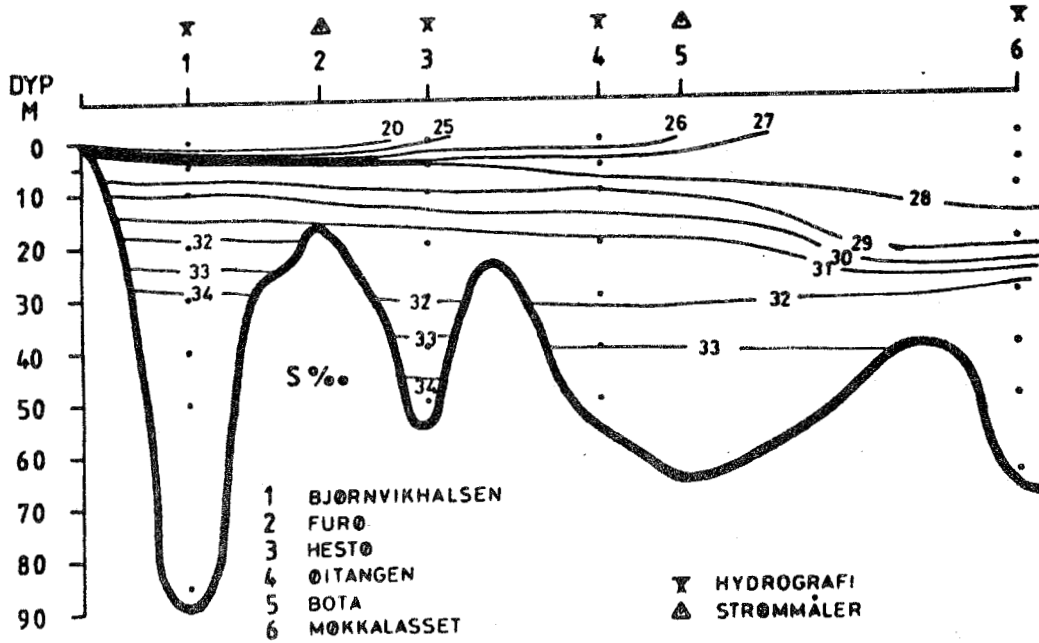
6i
NO₂-N

TVEDESTRANDSFJORDEN



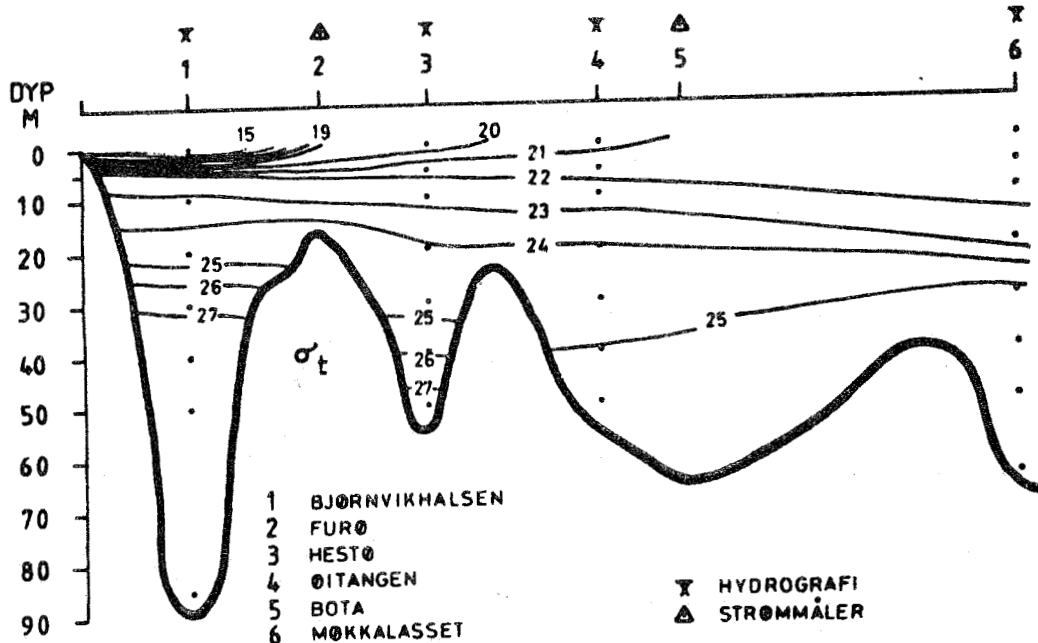
7a
 $T^{\circ}C$

TVEDESTRANDSFJORDEN



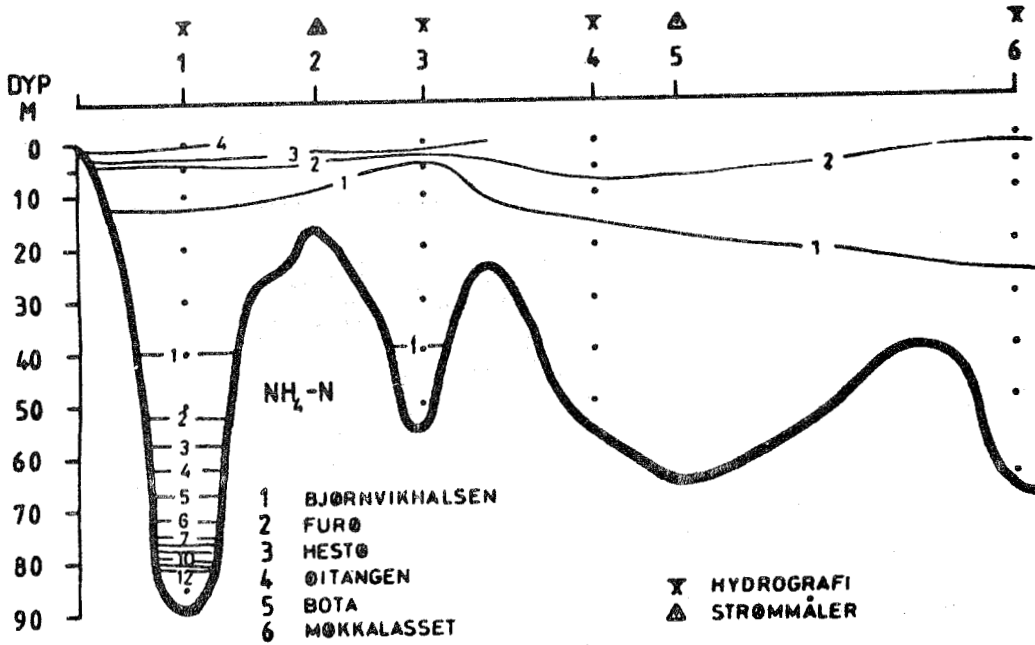
7b
 $S\text{‰}$

TVEDESTRANDSFJORDEN



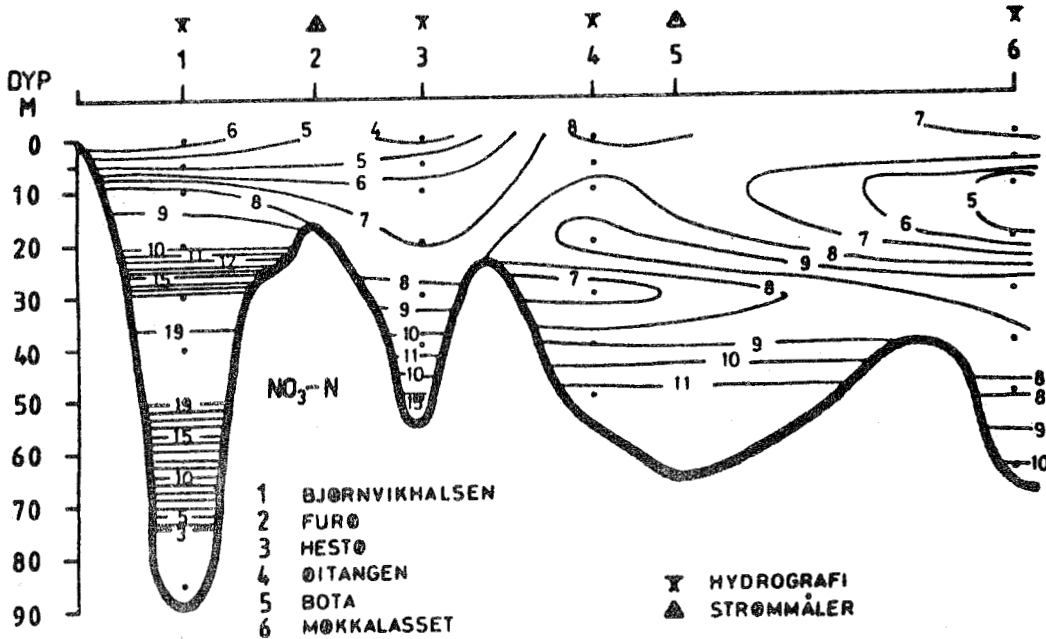
7c
 σ_t

TVEDESTRANDSFJORDEN



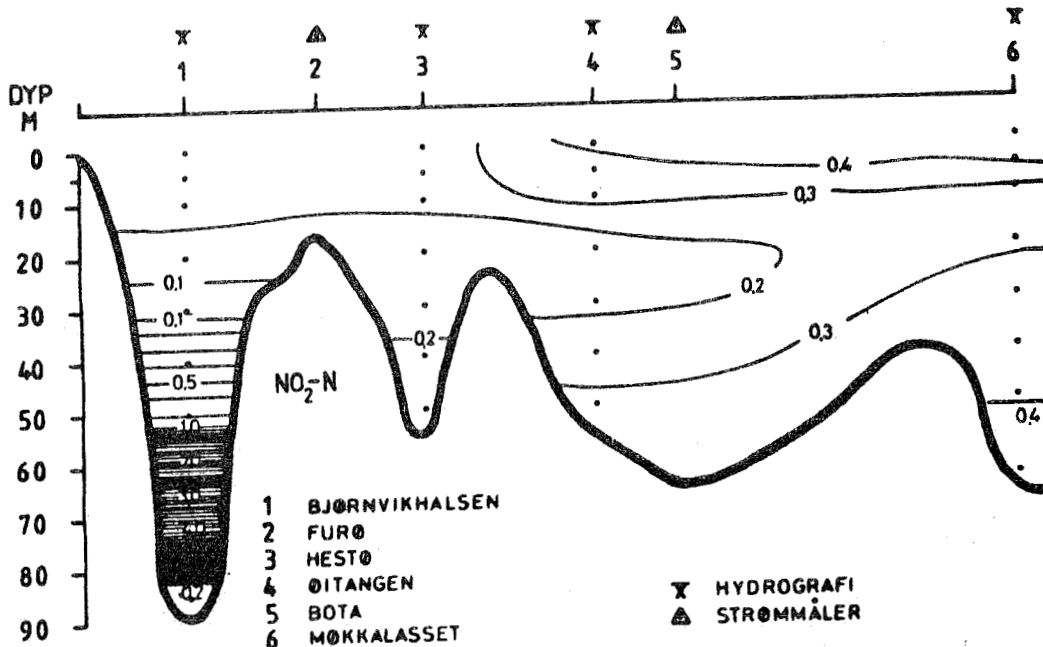
7g
 $\text{NH}_4\text{-N}$

TVEDESTRANDSFJORDEN



7h
 $\text{NO}_3\text{-N}$

TVEDESTRANDSFJORDEN



7i
 $\text{NO}_2\text{-N}$

TVEDESTRANDSFJORDEN, INDRE RIGG 2 (1/4-POWER POINT)

M= 7167 N= 3709 UVTXS

D= 60 T=831122- 653 Z= 8 PS=TV.STR.FJ.

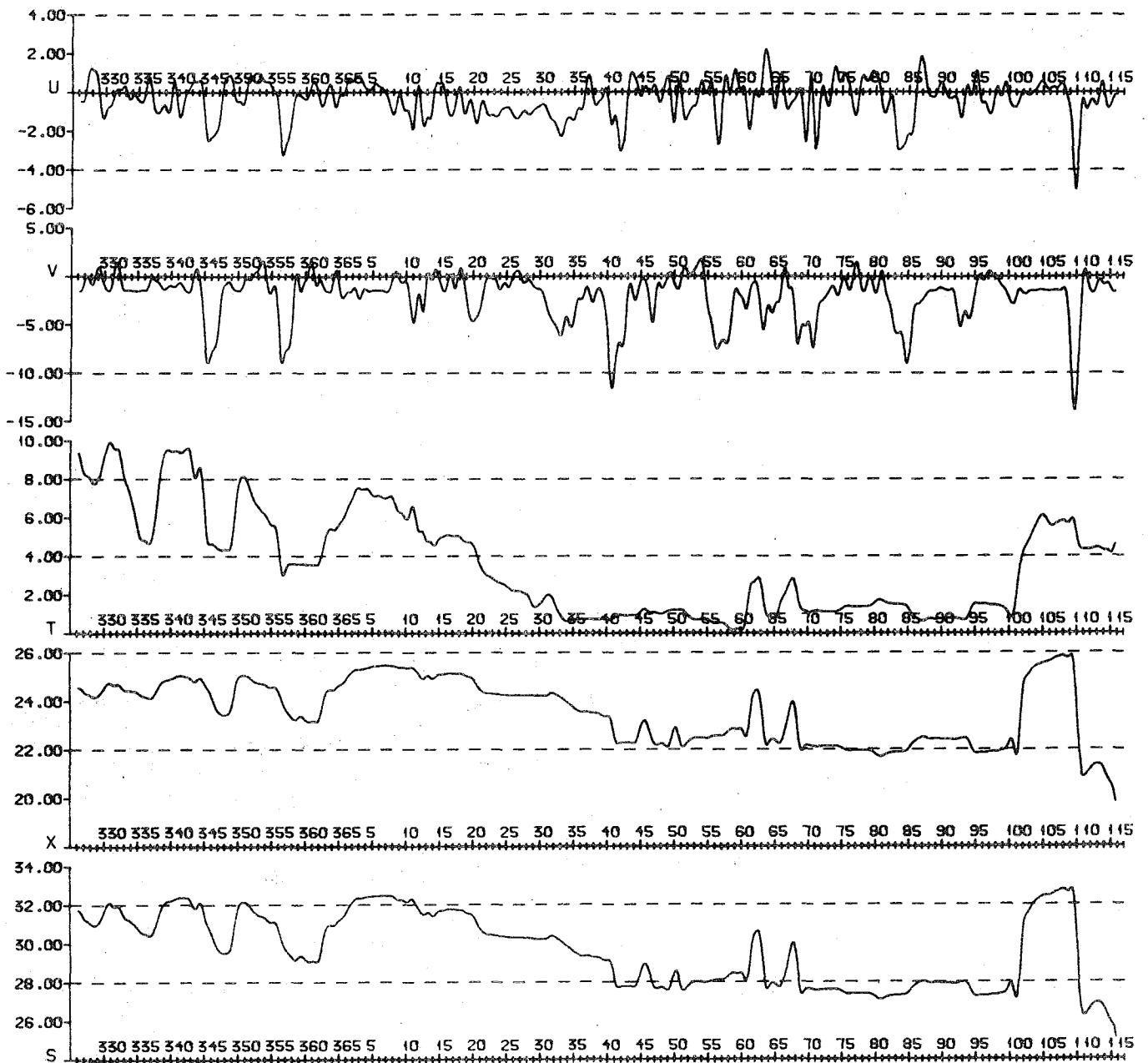


Fig. 8. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Furø (stasjon 2) i 8 m dyp for perioden 22/11-83 til 25/4-84.

Symbolforklaring:

- u - tverrgående strøm (cm/s), u positiv når strømmen går mot øst.
- v - langsgående strøm (cm/s), v positiv når strømmen går mot nord (inn fjorden) og negativ når strømmen går mot syd (ut fjorden).
- T - temperatur ($^{\circ}$ C)
- X - tetthet (σ_t)
- S - saltholdighet (o/oo)

TVEDESTRANDFSJORDEN, INDRE RIGG 2 (1/4-POWER POINT)

M= 7168 N= 3709 UVTXS

D= 60 T=831122- 653 Z= 15 PS=TV.STR.FJ.

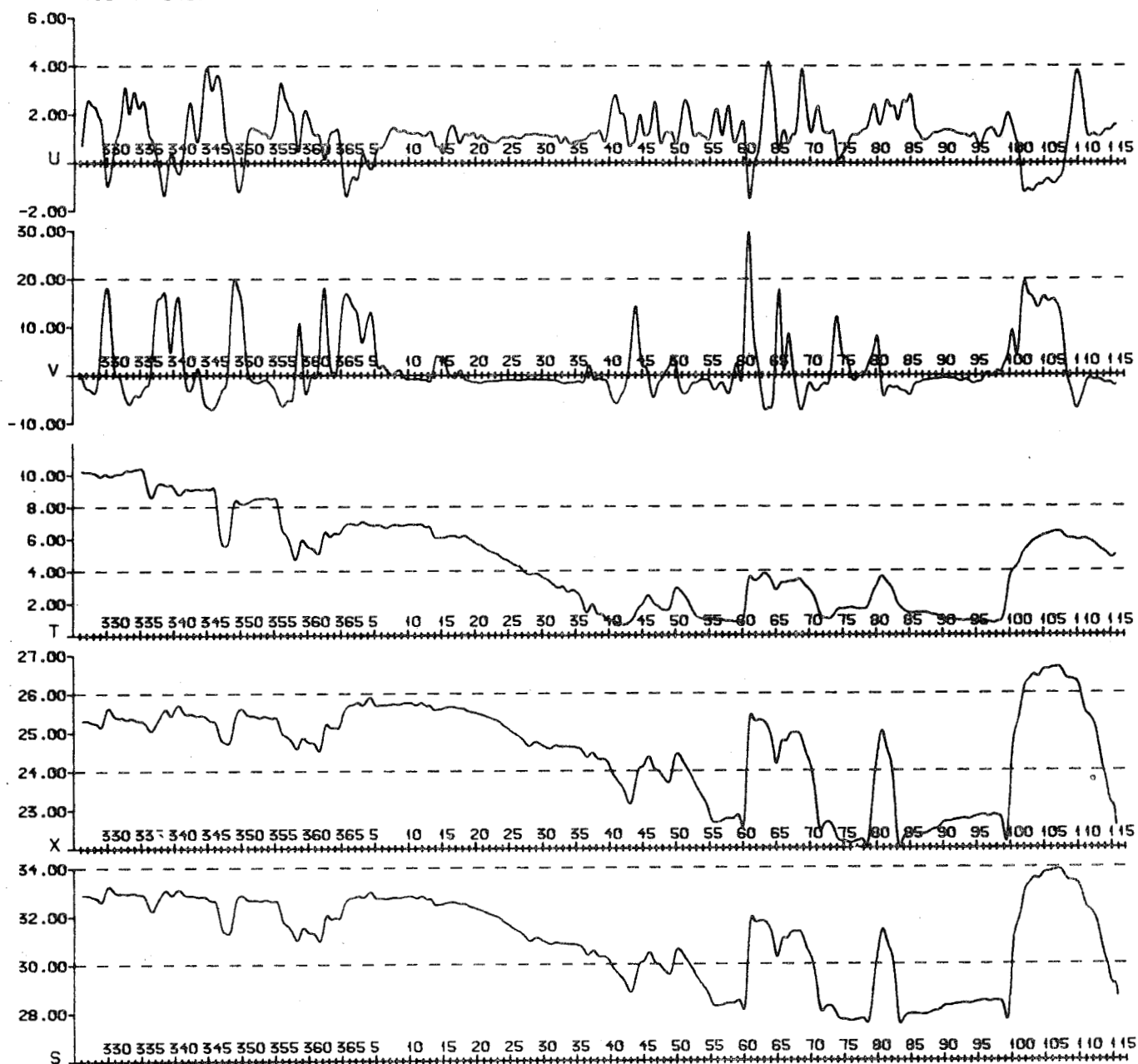


Fig. 10. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Furø (stasjon 2) i 15 m dyp for perioden 22/11-83 til 25/4-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 8.

TVEDESTRANDFSJORDEN, YTRE RIGG 1 (1/4-POWER POINT)

M= 7166 N= 3710 UVTXS

D= 60 T=831122- 844 Z= 21 PS=TV.STR.FJ.

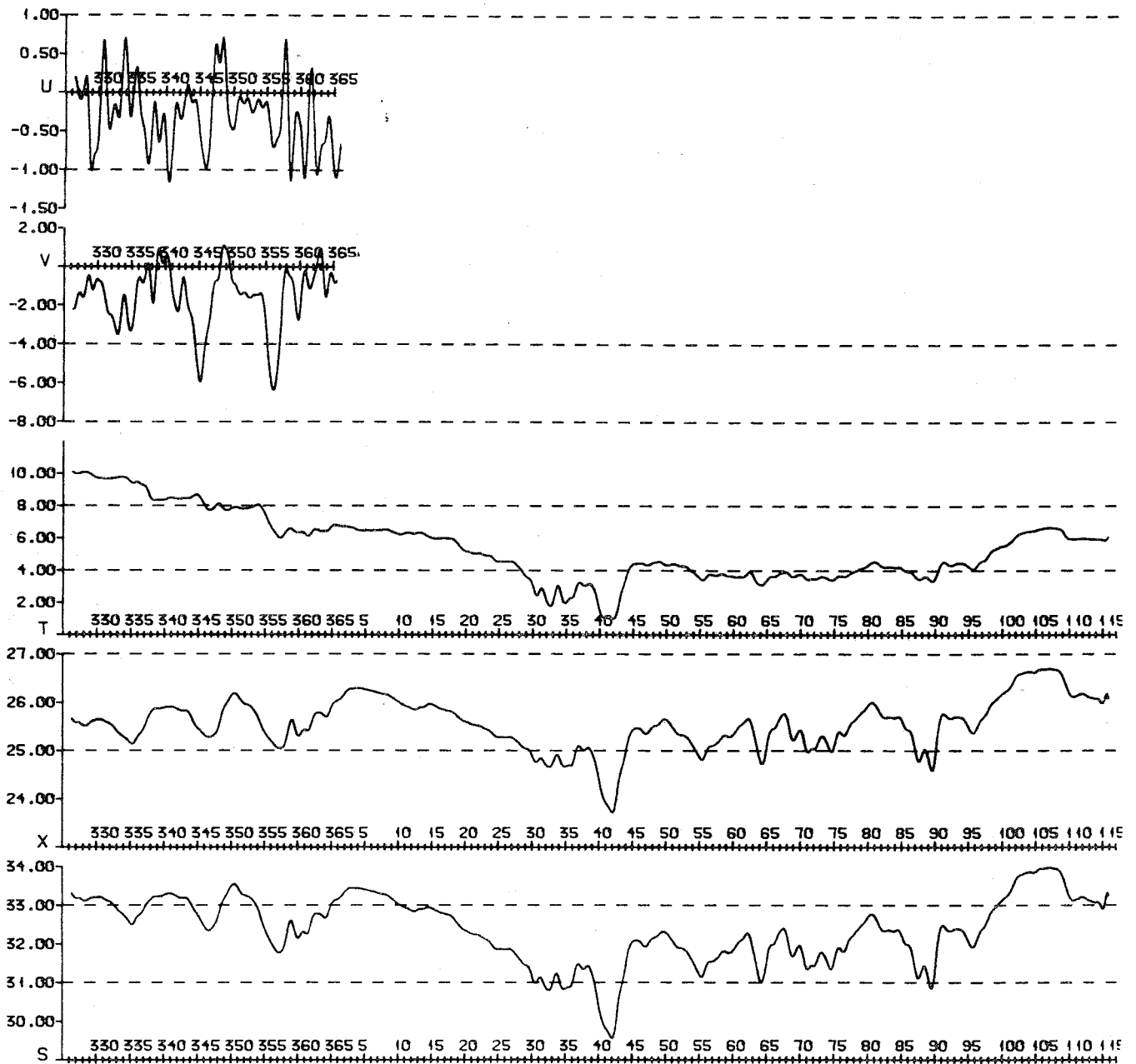


Fig. 12. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Bota (stasjon 5) i 21 m dyp for perioden 22/11-83 til 25/4-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 8.

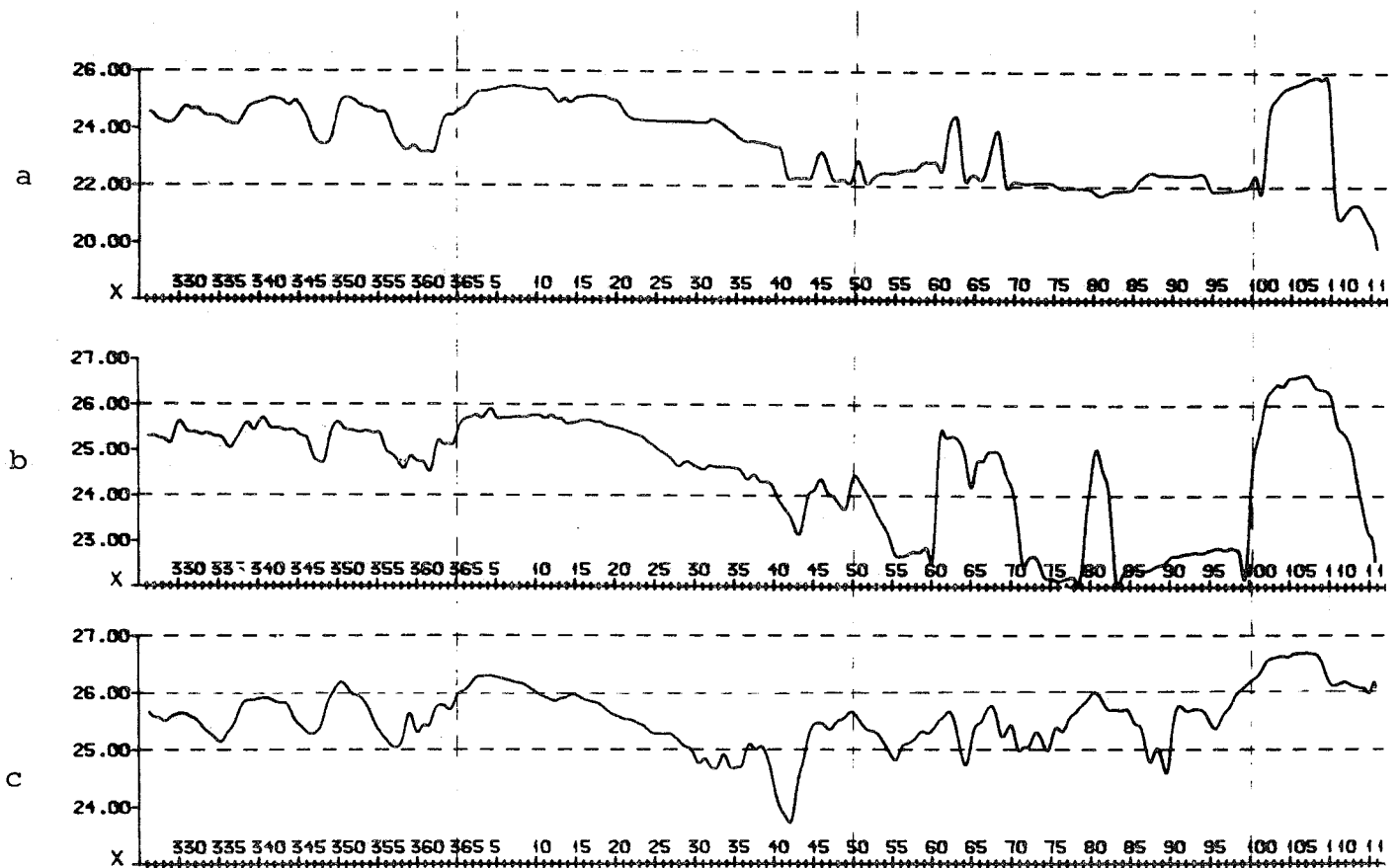


Fig. 14. Tidsserier for tetthet for perioden 22/11-83 til 25/4-84.

Symbolforklaring:

- a - Furø i 8 m dyp
- b - Furø i 15 m dyp
- c - Bota i 21 m dyp

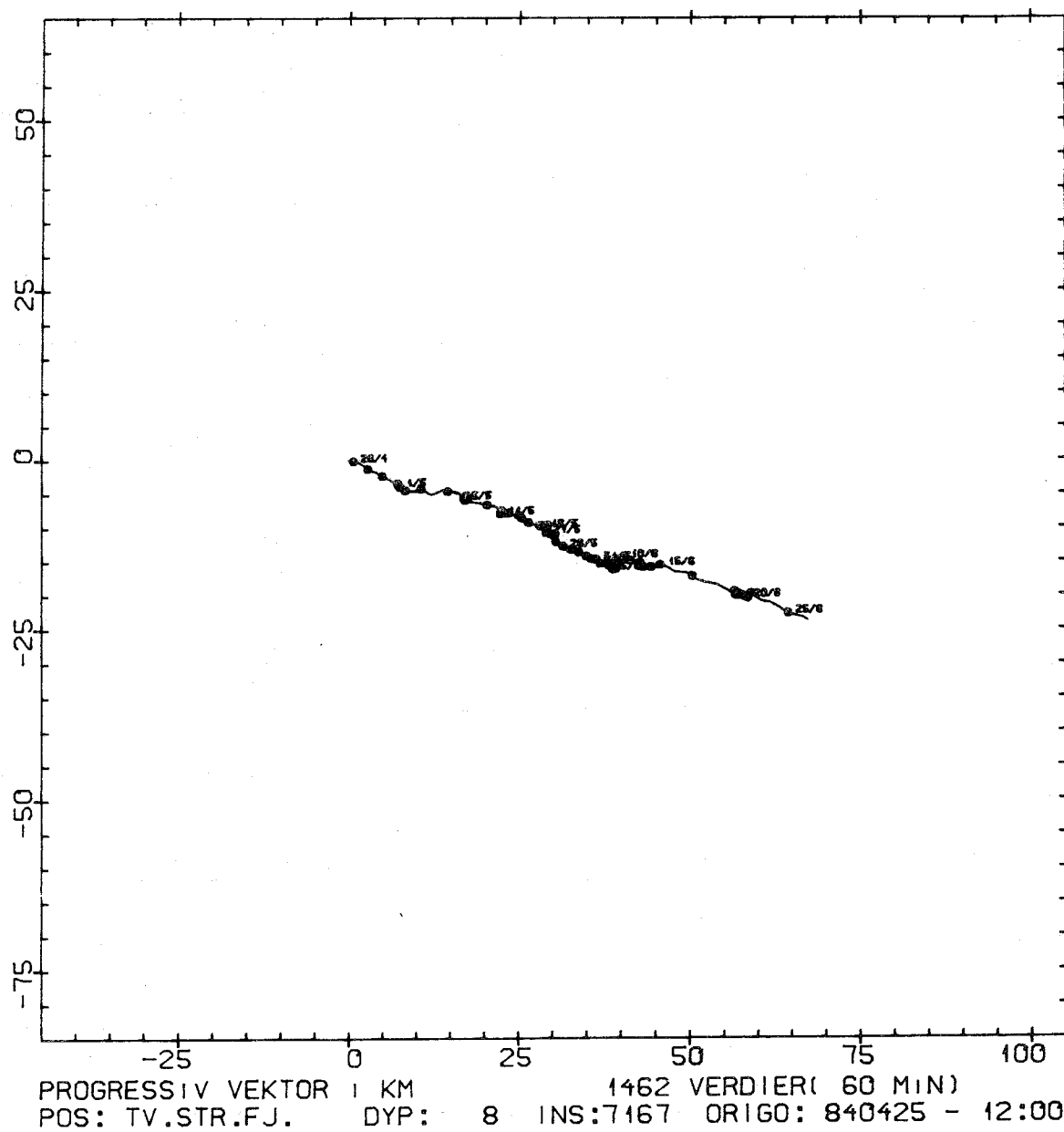


Fig. 16. Progressivt vektordiagram for strøm ved Furø (stasjon 2) i 8 dyp for perioden 26/4-84 til 26/6-84.

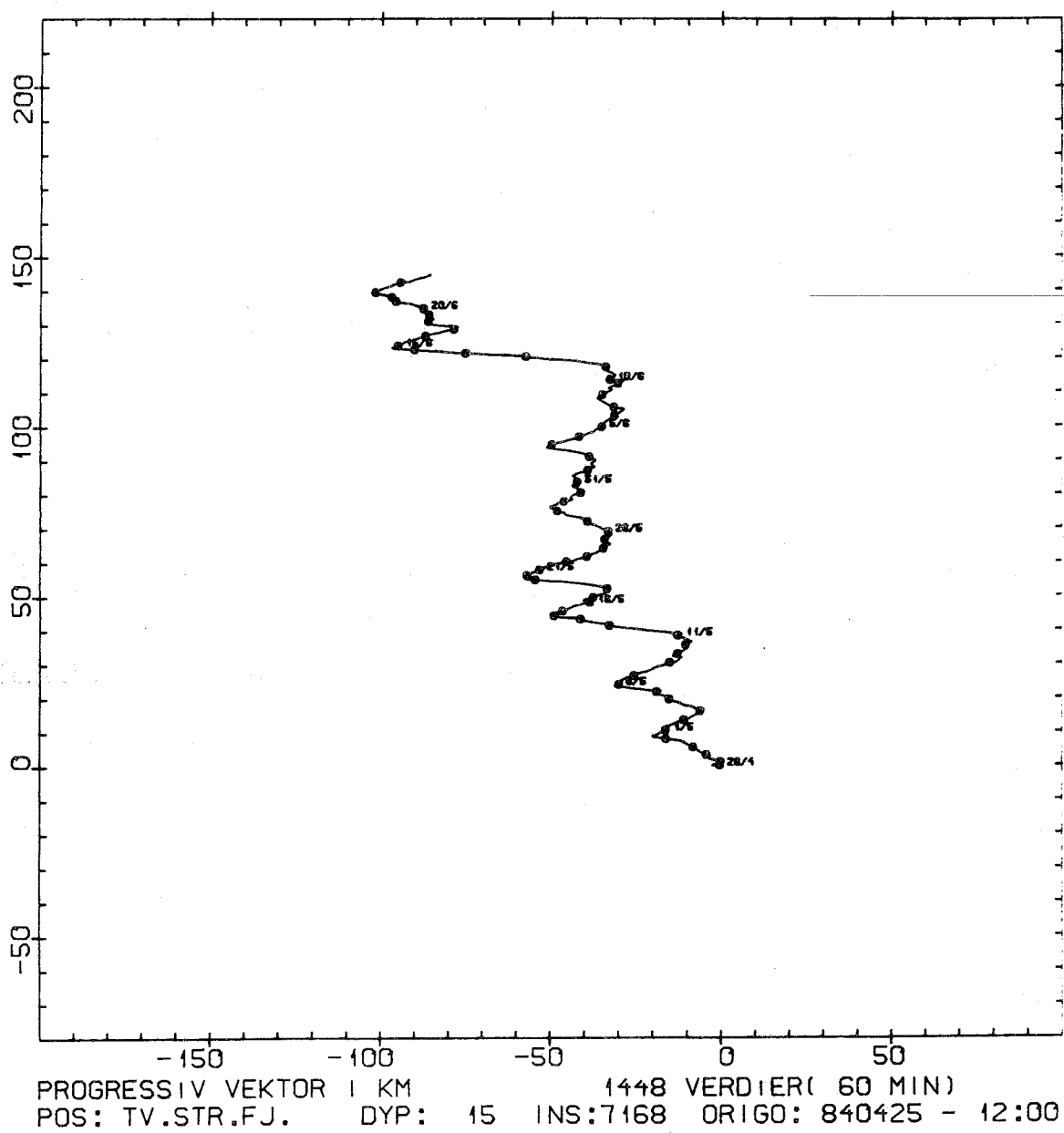


Fig. 18. Progressivt vektordiagram for strøm ved Furø (stasjon 2) i 15 m dyp for perioden 26/4-84 til 26/6-84.

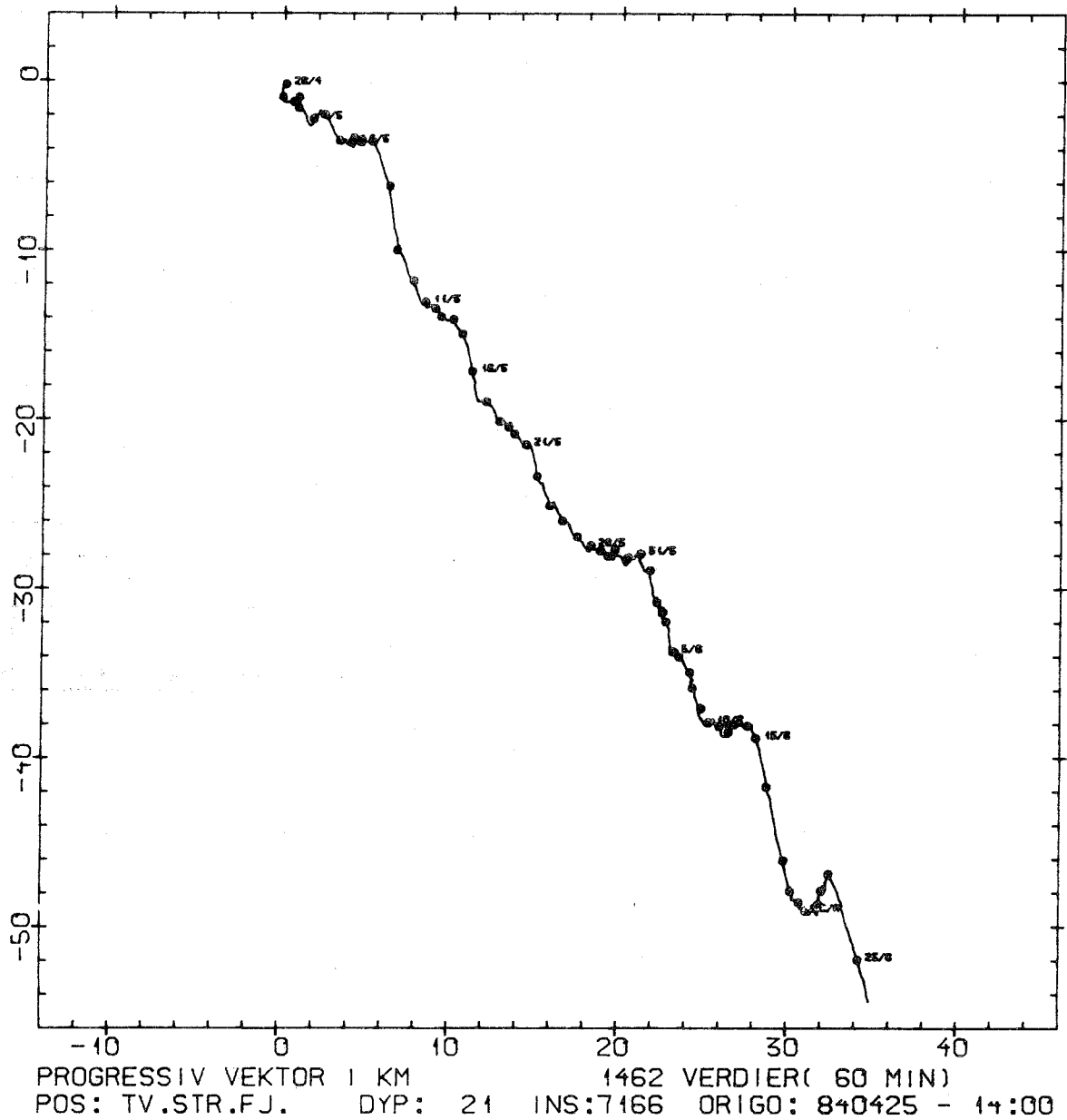


Fig. 20. Progressivt vektordiagram for strøm ved Bota (stasjon 5) i 21 m dyp for perioden 26/4-84 til 26/6-84.

TVEDESTRANDSFJORDEN, INDRE 1984 1/4-POWER POINT (31.5 HRS)

M= 7168 N= 1215 UVTXS

D= 60 T=84 626- 5 0 Z= 8 PS=TV.STR.FJ.

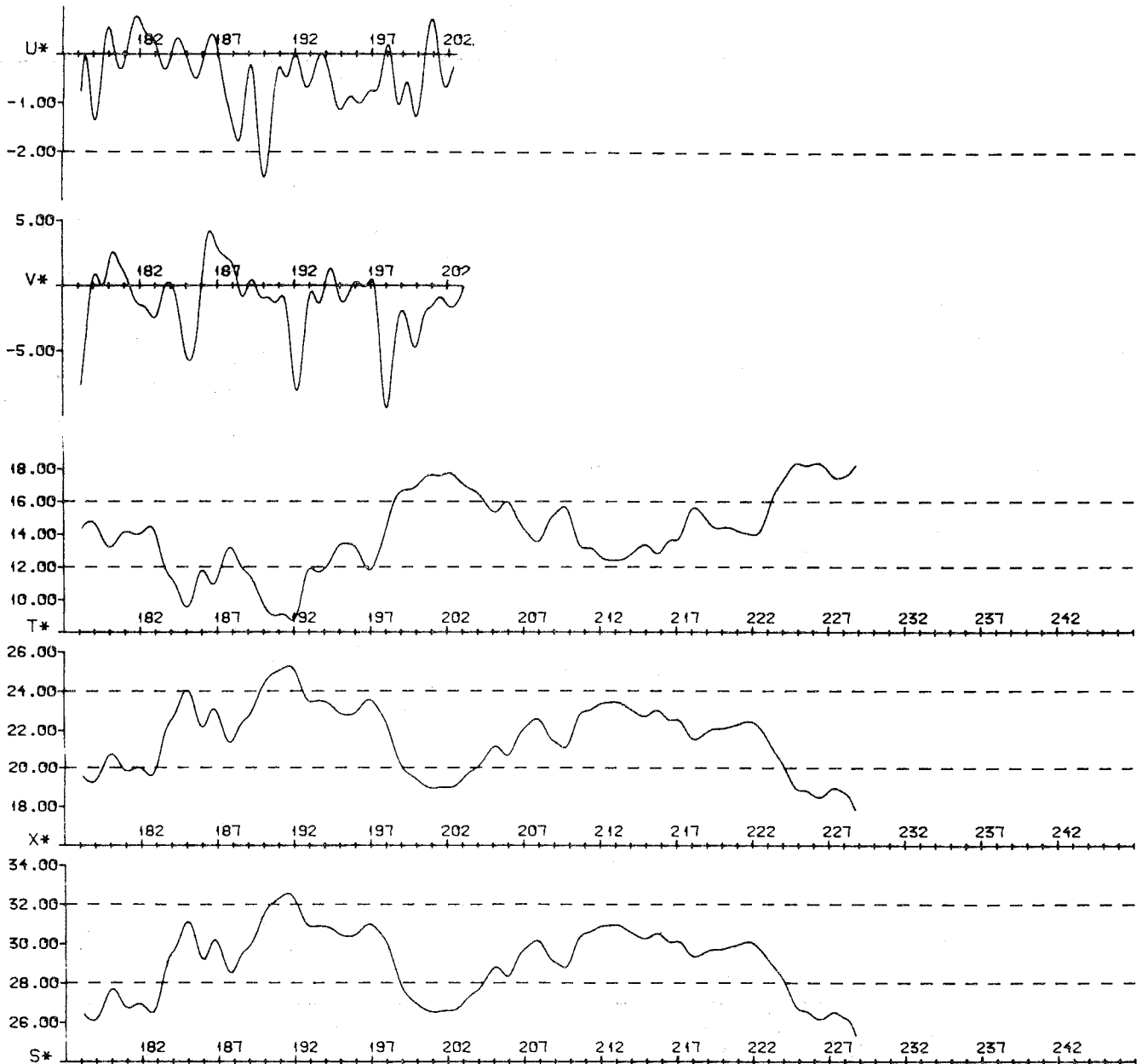


Fig. 22. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Furø (stasjon 2) i 8 m dyp for perioden 26/6-84 til 16/8-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 8.

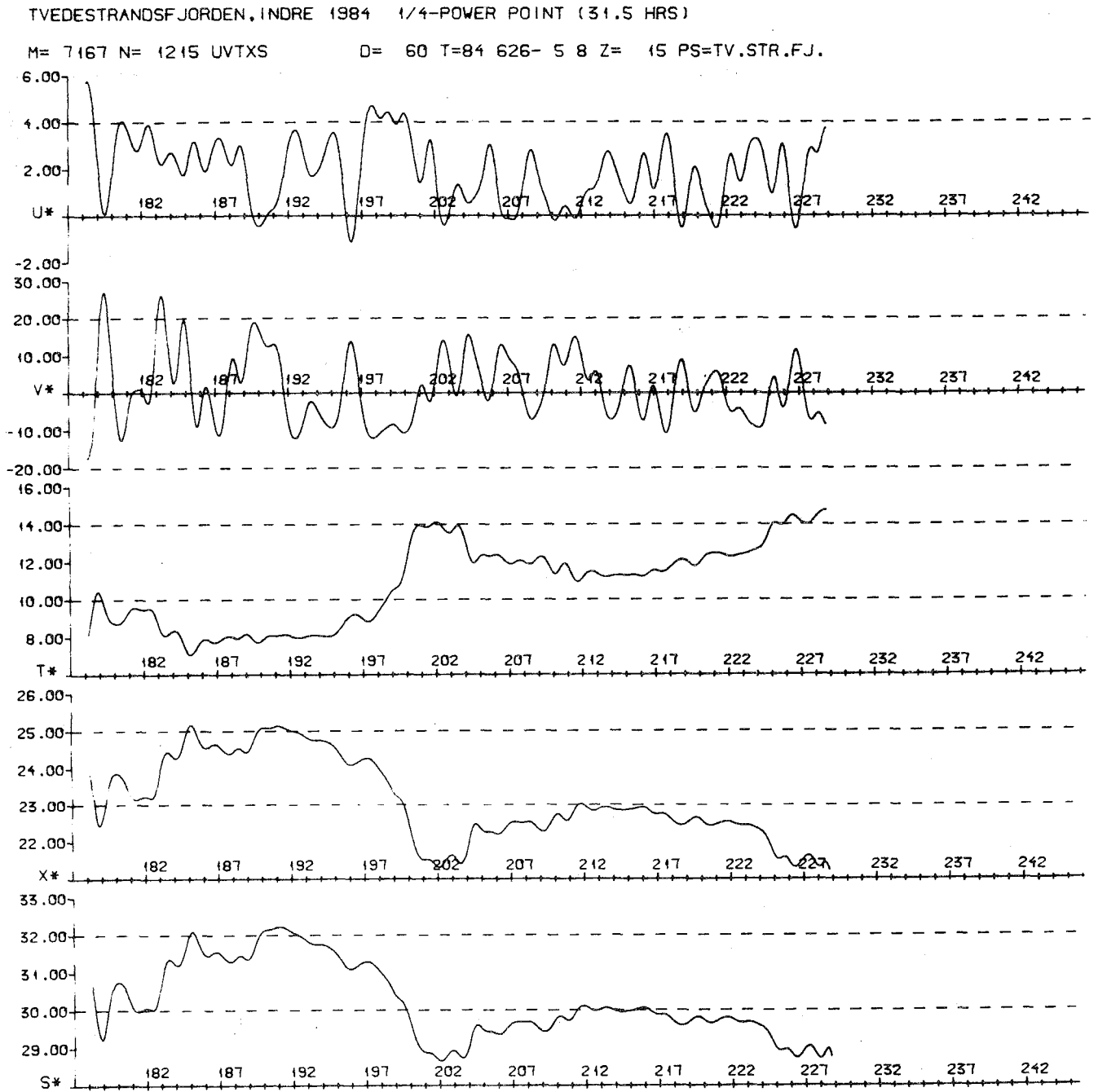


Fig. 24. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Furø (stasjon 2) i 15 m dyp for perioden 26/6-84 til 16/8-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 8.

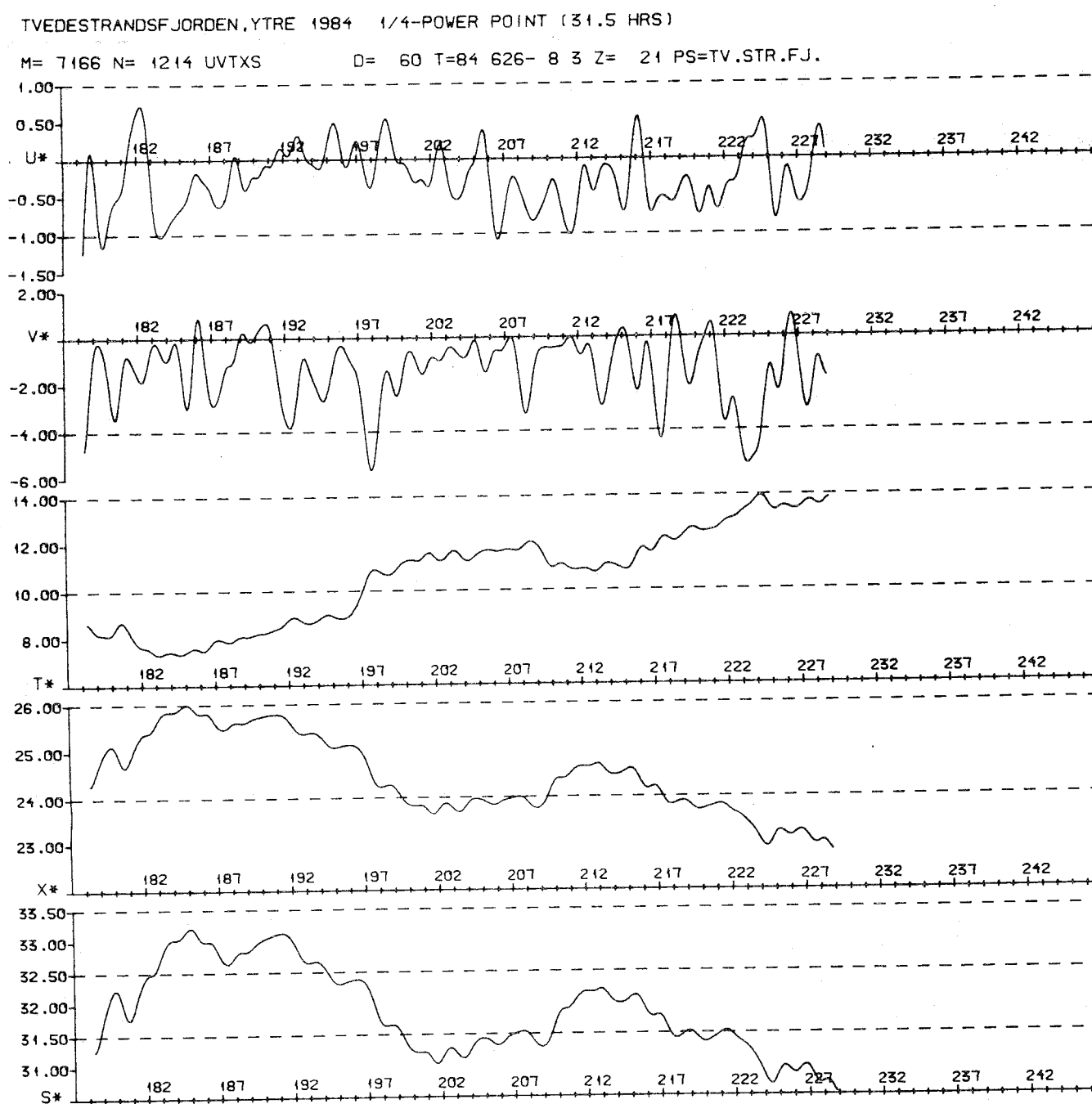


Fig. 26. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Bota i 21 m dyp for perioden 26/6-84 til 16/8-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 8.

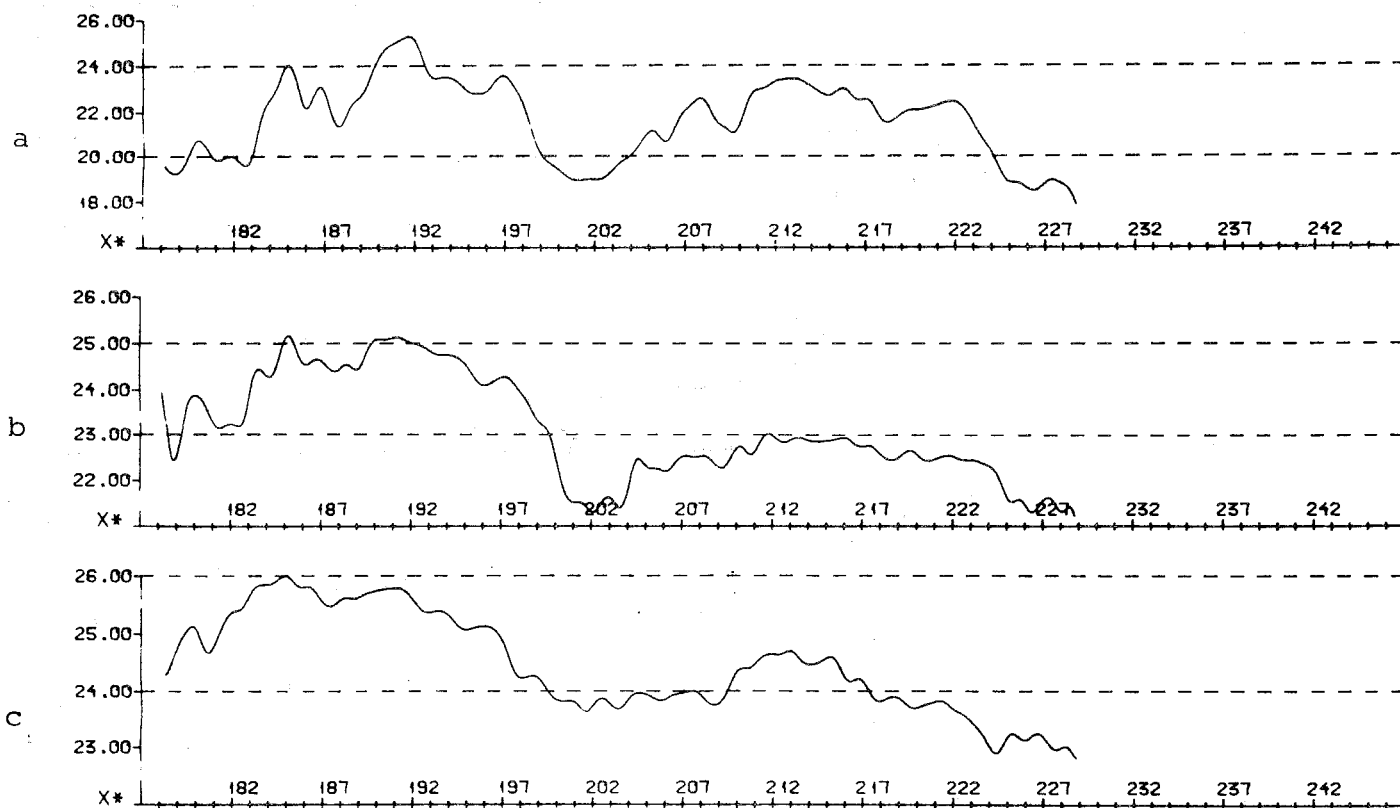


Fig. 28. Tidsserier for tetthet for perioden 26/6-84 til 16/8-84.

Symbolforklaring:

a - Furø i 8 m dyp

b - Furø i 15 m dyp

c - Bota i 21 m dyp

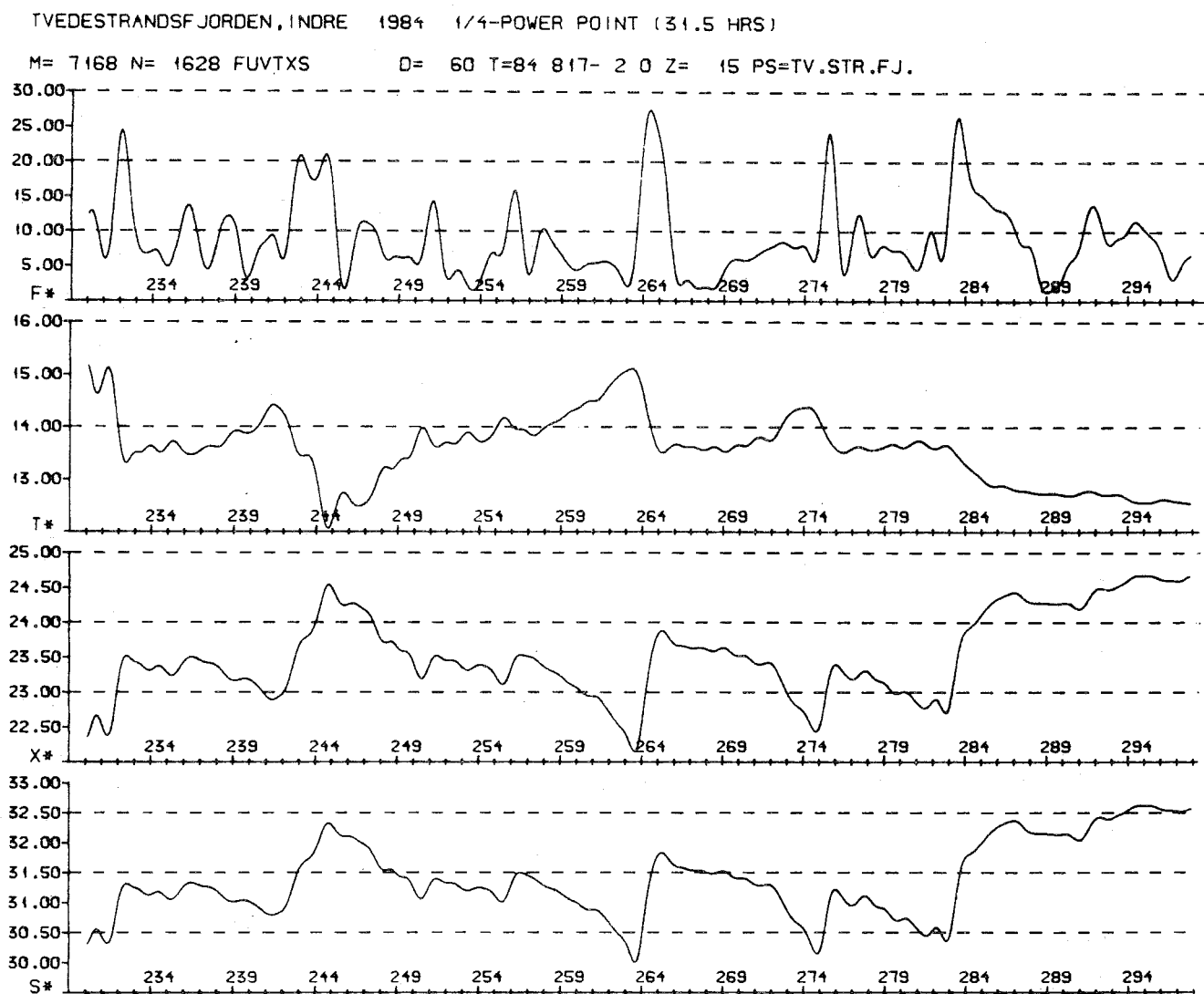


Fig. 30. Tidsserier for strøm, temperatur, tetthet og saltholdighet ved Furø (stasjon 2) i 15 m dyp for perioden 16/8-84 til 29/10-84.

Symbolforklaring: Se Fig. 29.

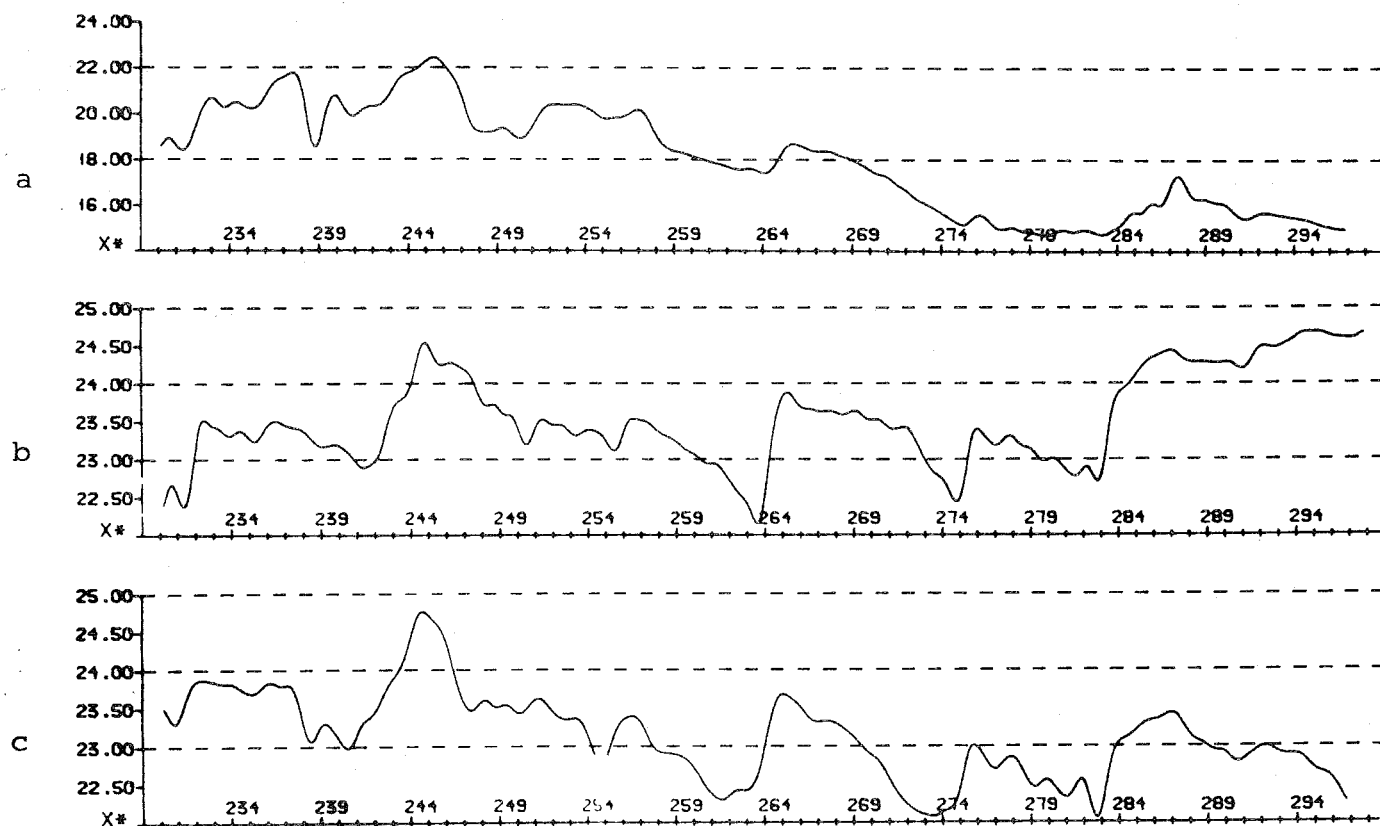


Fig. 32. Tidsserier for tetthet for perioden 16/8-84 til 29/10-84.

Symbolforklaring:

a - Furø i 8 m dyp

b - Furø i 15 m dyp

c - Bota i 21 m dyp

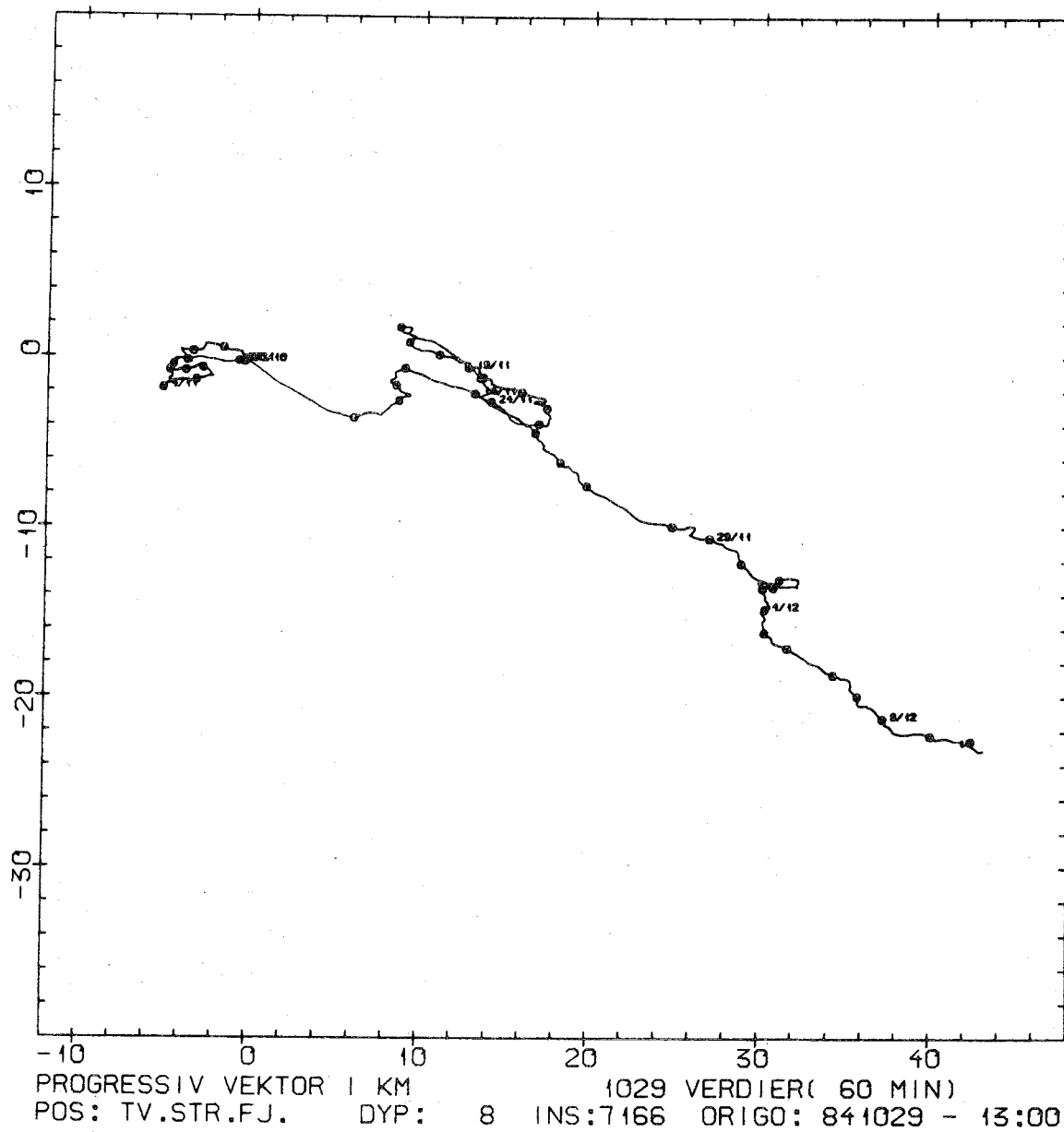


Fig. 34. Progressivt vektordiagram for strøm ved Furø (stasjon 2) i 8 m dyp for perioden 29/10-84 til 10/12-84.

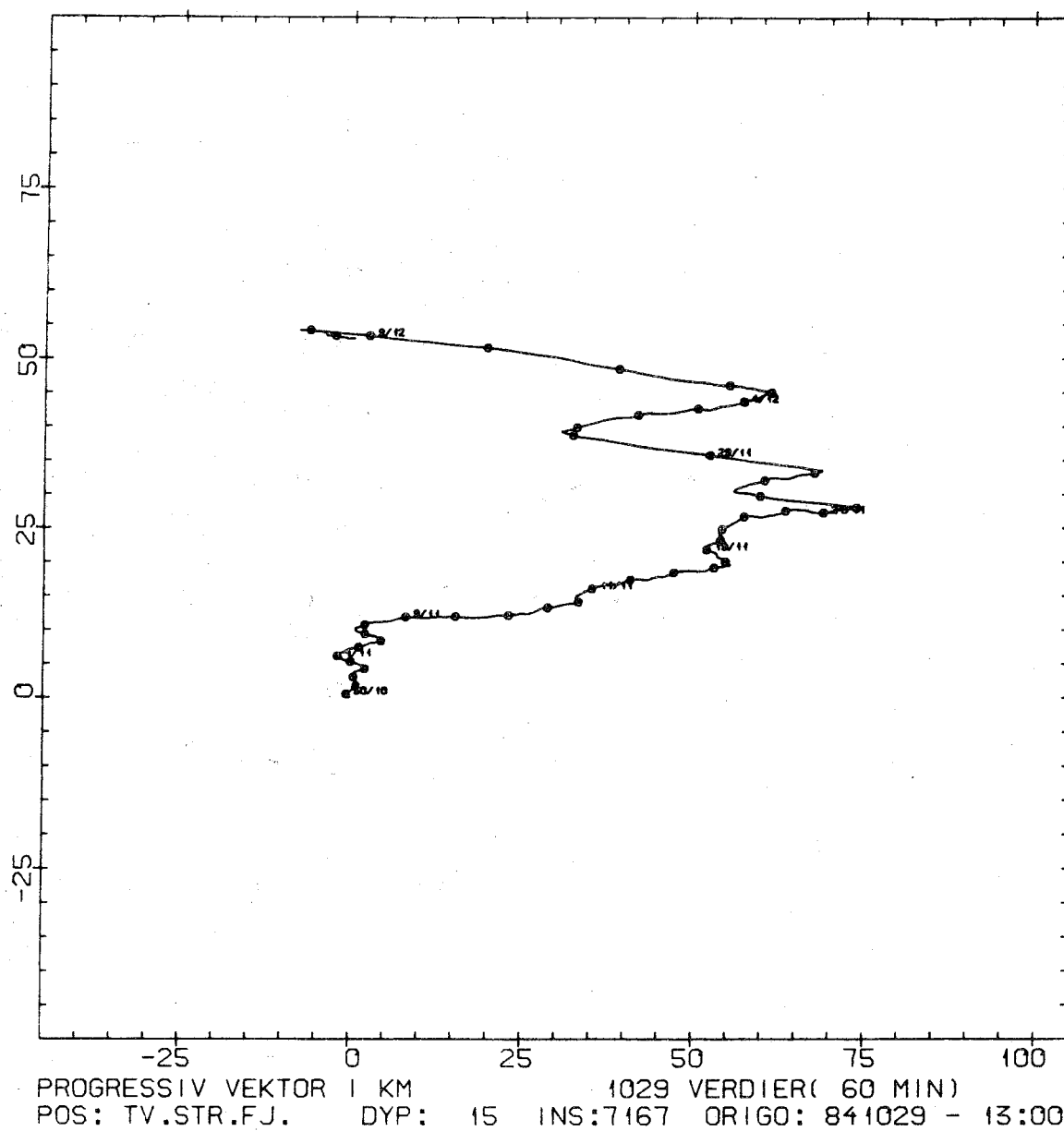


Fig. 36. Progressivt vektordiagram for strøm ved Furø (stasjon 2) i 15 m dyp for perioden 29/10-84 til 10/12-84.