

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

De Bilt

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

W.R. 76-13

A.J. van Bennekom
S.B. Tijssen
K. van der Veen
M.P. Visser

Diep water langs de noordkust van
Zuid-Amerika

De Bilt, 1976

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 76-13 (00)

U.D.C.: 551.465.4 (3.6)

Summary.

Deep water along the northern coast of South America.

Results of CICAR-investigations off the northern Southamerican coast during autumn 1970 and spring 1971 are given, concerning the water below the 10°C-isotherm.

Topographies of the $\sigma_t=27.3$ and 27.4 surfaces indicate a motion of the Subantarctic Intermediate Water mass along the continental rise. This motion being far from regular gives an indication of meandering along the boundary of an ocean current.

The Upper and Middle Northatlantic Deepwater are clearly distinguishable by their characteristics, i.e. salinity and oxygen maxima.

It is possible for some of the deepest reaching stations to make a distinction in the bottom water between water of Arctic and of Antarctic origin. Extrapolation yields an antarctic bottom water contribution of about 40%, being in good agreement with literature.

Diep water langs de Noordkust van Zuid-Amerika.

A.J. van Bennekom,^{x)} S.B. Tijssen,^{x)}
K. van der Veen,^{xx)} en M.P. Visser^{xx)}.

Inleiding.

In het najaar van 1970 werden oceanografische waarnemingen verricht langs de noordkust van Zuid-Amerika door het Braziliaanse onderzoeksschip "Almirante Saldanha" (cruise 46) en het Nederlandse opnemingsvaartuig "Luymes" (cruise Cicar 16/17). Dit laatste schip heeft ook in het voorjaar van 1971 gewerkt in dit gebied (Cicar 22 en 23). De diepere stations waarop waarnemingen zijn verricht gedurende deze tochten zijn weergegeven in de figuren 1,2,3 en 4.

Onder "diepere stations" wordt dan in dit verband verstaan oceanografische waarnemingsstations waar waarnemingen zijn verricht aan de temperatuur van het water, de saliniteit en het zuurstofgehalte op dieptes beneden ca. 400 meter. Daar deze diepte-grens ongeveer overeenkomt met het 10°C vlak, is deze laatste temperatuur veelal als bovengrens genomen. We bevinden ons hier dan ook in de zgn. "cold water sphere". Wat zich hierboven afspeelt in de zgn. "warm water sphere", te weten de transport- en mengprocessen in de oppervlaktelaag en de verspreiding van het subtropisch tussenwater, beide sterk beïnvloed door de Guyana-stroom, is voor deze betreffende tochten elders meegedeeld. ^{xxx)}

Het onderzoek van de fysische en chemische omstandigheden geschiedde in een gezamenlijke onderneming van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (N.I.O.Z.) en het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (K.N.M.I.). Vooral nautischtechnische hulp werd verkregen van de Koninklijke Marine.

Temperatuur, saliniteit en zuurstofgehalte.

Het lijkt niet zinvol om alle gemeten grootheden van alle betreffende stations hier op te nemen. Om een indruk te geven van de gevonden overeen-

x) N.I.O.Z.
xx) K.N.M.I.
xxx) zie: K. van der Veen et al: Invloed van Amazone-rivierafvoer op de westelijke tropische Atlantische Oceaan.

en: S.B. Tijssen et al: Het voorkomen van het subtropisch tussenwater voor de noordkust van Zuid Amerika, herfst 1970 en lente 1971.

komsten en verschillen (zo men wil: de variabiliteit) zijn temperatuur (in situ), saliniteit en zuurstofgehalte grafisch weergegeven als functies van de diepte voor enige stations gedurende de verschillende tochten en op verschillende posities, verdeeld van Oost naar West.

	<u>West</u>	<u>Centrum</u>	<u>Oost</u>	<u>in "Almirante" gebied</u>
	in Caribische Zee	ongeveer voor Paramaribo	bij grens van Brazilië	voor de kust van Brazilië
najaar '70	-	1640	1618	4613
voorjaar '71	2376	2212	2249	-

(Zie fig. 5 t/m 10). Opvallend is hierbij het volgende:

A. Voor wat betreft de oppervlaktelagen:

- het zoutgehalte-maximum in de bovenste 100 meter wordt naar het westen toe meer uitgesproken;
- het veel hogere zuurstofgehalte tussen oppervlakte en 500 m diepte bij het meest oostelijke station.

B. Voor wat betreft de (hier besproken) diepere lagen:

- de Alimirante-waarnemingen tenderen op grote diepte naar een zuurstofgehalte dat (te) hoog lijkt vergeleken met de stations van de Cicar tochten;
- het minimum in het zuurstofgehalte bij Almirante station 13 bij 1900 m lijkt niet reëel te zijn, vindt althans geen steun bij vergelijking met de andere stations van die tocht.

De indeling in watermassa's waarmee men hier te maken krijgt is de volgende:

1. De laag van het subantarktisch tussenwater (Subantarctic Intermediate Water), gekarakteriseerd door het tussengelegen minimum in saliniteit, gelegen op dieptes tussen 700 en 850 meter;
2. De laag van het Noordatlantisch diepwater (North Atlantic Deep Water), gelegen op dieptes tussen 1500 en 2500 meter. Deze watersoort kan hier worden onderscheiden in het bovenste en middelste Noord Atlantisch diepwater (upper and middle North Atlantic Deep Water), resp. gekarakteriseerd door een maximum in de saliniteit en een maximum in het zuurstofgehalte;

3. De laag van het bodemwater, bestaande uit een mengsel van Noord-Atlantisch en Antarktisch bodemwater (resp. North Atlantic and Antarctic Bottom Water). In de Caribische Zee moet gerekend worden op het voorkomen van Caribisch bodem water met afwijkende eigenschappen.

Het voorkomen van het subantarktisch tussenwater, het diepwater en het bodemwater op onze stations is duidelijk in fig. 11. In deze figuur is de saliniteit in verband gebracht met de potentiële temperatuur θ . Deze laatste is verkregen door de in situ temperatuur te corrigeren volgens de tabellen in Sverdrup et al. (1946). Duidelijk is hieruit, en ook uit de voorgaande figuren, dat het eventueel voorkomende Caribisch bodemwater op station 2376 op dieptes groter dan ca. 1500 m minder koud is dan het bodemwater dat zich op overeenkomstige diepte in de Atlantische Oceaan bevindt. Deze mogen echter niet zonder meer met elkaar vergeleken worden, ook niet indien de potentiële temperaturen worden beschouwd, want bekend is dat het Venezuela bassin, waarin ons station 2376 ligt, zijn diepe water ontvangt langs een omweg via het Virgin Islands Bassin en niet via de doorgangen bij Grenada en Tobago (zie Wüst 1964).

Het subantarktisch tussenwater.

Wat betreft het subantarktisch tussenwater, blijkt in fig. 11 dat er nogal veel variatie voorkomt in de relatie tussen T (of θ) en S in de buurt van het zoutgehalteminimum. Deze variatie kan onmogelijk als resultaat van meeton nauwkeurigheden of "statistische ruis" worden gezien, daar hij in de tak met bodemwater niet blijkt voor te komen, die met dezelfde zorg en dezelfde instrumenten is bemonsterd.

Er zijn dus reële verschillen in de waarde van het zoutgehalte-minimum. Verderop zal worden aangetoond dat dit vermoedelijk moet worden verklaard uit een onderstroom van subantarktisch tussenwater die op dieptes van

ongeveer 700-850 m vanuit het zuidelijk halfrond (oorsprong: de subantarktische konvergentie op 48° - 52° S) in noordwestelijke richting langs de Zuidamerikaanse Noordkust gaat. Gedurende deze tocht neemt de saliniteitswaarde in het zoutgehalte-minimum geleidelijk toe, dank zij uitwisseling met de omgeving. Dit stemt overeen met de waarnemingen, indien men het zoutgehalte minimum van Almirante station 4613 (in 't Oosten) vergelijkt met Luymes station 2376 (in 't Westen).

Wüst (1935) geeft een tabel van de T,S-relatie van deze watersoort, waaruit is af te leiden hoeveel procent echt subantarktisch tussenwater er aanwezig is. Hiervan is tabel I een verkorte weergave

TABEL I (naar Wüst, 1935).

Het percentage subantarktisch water in het tussenwater, bij verscheidene waarden van temperatuur en zoutgehalte.

% subantarktisch water	t	S
100	2.20	33.80
80	3.10	34.03
60	3.96	34.27
40	4.88	34.49
20	5.83	34.71
10	6.25	34.83
< 1	6.60	34.95

De gevonden saliniteitsminima op de diverse stations zijn weergegeven in bijlage A. Hiervan uitgaande zou een analyse te maken zijn van de verspreiding van het subantarktische tussenwater volgens de kernlaagmethode.

Het is principieel echter beter om de isentropische analyse toe te passen in plaats van de kernlaagmethode. Deze laatste immers houdt er onvoldoende rekening mee dat de verspreiding van het water in eerste instantie geschiedt in vlakken van gelijke dichtheid. In fig. 11 is het verloop getekend van enige lijnen van konstante σ_t . Hierbij blijkt dat $\sigma_t = 27.30$ gemiddeld vrij goed de kern van subantarktisch tussenwater weergeeft.

De diepte van dit vlak waarvoor σ_t deze waarde heeft en het daarbij behorende zoutgehalte is voor alle betrokken stations eveneens weergegeven in bijlage A. Dit is ook gedaan voor $\sigma_t = 27.40$; het vlak $\sigma_t = 27.20$ lijkt niet geschikt, omdat de lijn die met deze dichtheid overeenkomt in fig. 11 onder een zeer geringe hoek wordt gesneden door de TS-krommen van de stations.

Daar hier het subantarktisch tussenwater zich blijkt te bevinden op een diepte van niet minder dan ca. 700 m, wordt verondersteld dat de diepte van de genoemde isentropische vlakken voldoende constant in de tijd zal zijn om de waarnemingen gedurende het najaar van 1970 als één geheel te beschouwen, evenals die van het voorjaar 1971.

Om die reden worden ze als diepte-kaartjes voorgesteld in de fig. 12, 13, 14 en 15. Hierbij zijn fig. 12 en 13 meer oostwaarts uitgestrekt en fig. 14 en 15 meer westwaarts, omdat gedurende de eerste periode de waarnemingen van de Almirante Saldanha voor de Braziliaanse kust ter beschikking zijn en deze ontbreken gedurende de tweede periode. In het voorjaar 1971 echter zijn iets meer waarnemingen verzameld ten westen van Trinidad, waarvan enigen nog zijn opgenomen in fig. 14 en 15.

De figuren zijn verrassend om de volgende redenen.

- a. Zelfs uit dit betrekkelijk geringe waarnemingsmateriaal blijkt een duidelijke ruimtelijke variabiliteit, een sterke meandering van de stroom tegen de grens van het continentale plateau.

- b. Gedurende beide periodes blijkt in ieder geval tussen 50 en 55°W het meanderverschijnsel zich uit te breiden tot minstens 300 km vanaf de Shelfrand. Het kan ook zijn dat hier wisselwerkingen optreden door in- of uitstroming, afsplitsing van wervels, of iets dergelijks. Of op andere plaatsen langs de kust het gedrag ook dermate "wild" is, daarover kan wegens het schaarse waarnemingsmateriaal niets worden geconcludeerd.
- c. Bijna overal is het patroon volgens $\sigma_t = 27.4$ in overeenstemming met dat volgens $\sigma_t = 27.3$, voorzover beide met voldoende zekerheid vastliggen. Een mogelijke uitzondering geeft in de Tobago-Grenada doorgang de oostwaartse stroom op 850 m diep, waarvan op 750 m niets blijkt.
- d. Nagegaan is of de variaties in de tijd van de σ_t -topografie misschien zo gering zijn dat alle waarnemingen, zowel van voorjaar als van najaar in één verband kunnen worden geplaatst. Men krijgt dan wel een indrukwekkend beeld van de plaatselijke variabiliteit, doch op sommige punten doet dit gekunsteld aan. Daarom wordt gekozen voor een aparte presentatie van de beide onderzoekperiodes.

Een en ander duidt op een stroom van subantarctisch tussenwater die naar het noordwesten loopt langs de rand van het continent. Zie bijv. de figuren van Montgomery (1938), hoewel die minder diep gaat (ca. 200~300 m, $\sigma_t = 27$) en vooral de figuren van Wüst (1935). Hiermee is in overeenstemming het feit dat van oost naar west gaande het zoutgehalte toeneemt. Een nader onderscheid hiervan is weergegeven in tabel II, deze is wegens de geringe dichtheid van meetpunten niet geheel beslissend. Men moet zich hierbij voorstellen dat het water in de kernlaag op zijn tocht van oost naar west langzamerhand in zoutgehalte toeneemt, tengevolge van turbulent transport uit zoutere lagen die er boven en eronder zijn gelegen. Het is zeker dat het water in kwestie van oost naar west gaande wel tot dezelfde watersoort behoort; er is althans geen onderscheidbaar verschil tussen zuurstofgehaltenes in deze laag.

Er boven ligt de laag, die zoals genoemd wel uit meerdere watersoorten bestaat, in de "warm water sphere".

Is het geschetste beeld op te vatten als een "normale" turbulente interactie tussen de stroom en zijn begrenzing? De indruk bestaat dat het rafelige beeld van fig. 12 en 13 kan samenhangen met een verhoogde verticale stabiliteit die in de betreffende dieptezône heerst, zie fig. 11 Parr (1936) heeft er reeds op gewezen dat een sterke stabiliteit kan leiden tot verminderde verticale uitwisseling en verhoogde horizontale uitwisseling in het gebied van grootte-orde waarin we hier werken (tientallen kilometers).

In bijlage B en in fig. 16 wordt echter duidelijk dat de veronderstelde verhoogde stabiliteit ter plaatse van de kern van het subantarctisch tussenwater in sommige gevallen niet erg groot is, of zelfs geheel niet aanwezig is. Wat hier gegeven wordt voor de stations die in fig. 11 als voorbeeld zijn gekozen, blijkt ook het geval te zijn voor de andere stations van deze tochten. Wüst (1935) noemt ook reeds dat de uitbreiding van het Antarctisch tussenwater gepaard gaat met uitbochtungen, pulsaties en zelfs terugstroming. In dit kader past het door ons gevonden patroon geheel. Recente Russische onderzoeken hebben aangetoond dat in dit gebied enige sterke stromen (kunnen) voorkomen, te weten de Guyana stroom en een tegenstroom, welke in tegengestelde richting bewegen en die beide tot zeer diep kunnen reiken (Kort et al, 1969, 1972). In dat geval lijkt een intense turbulente interactie zeer goed mogelijk, men zou hem zelfs verwachten.

TABEL II.

Gemiddelde minimum saliniteit ter plaatse van de as van subantarctisch tussenwater voor de Noordkust van Zuid Amerika in afhankelijkheid van geografische lengte, gebaseerd op de diepere stations.

	Najaar 1970	Voorjaar 1971
oost van 48°W	34.55	--
48°W	34.55	--
50	34.61	34.61
52	34.63	34.58
54	34.61	34.60
56	(34.62)	34.66
58	34.66	34.64
$60\frac{1}{2}$		
west van $60\frac{1}{2}^{\circ}\text{W}$	34.67	34.73

De Noord-Atlantische diep-watersoorten.

Het Noord-Atlantische dieptewater zoals dat hier gevonden wordt, bij het in het oog lopende zoutgehalte-maximum is volgens het overzicht van Wüst (1935) verwant met het Middellandse zeewater dat bij Gibraltar in de Atlantische Oceaan stroomt. Diepte en saliniteit van dit maximum zijn volledigheidshalve ook weergegeven in bijlage A.

Uit fig. 11 volgt dat deze watermassa in dit gebied gekenmerkt wordt door $S = 35$ o/oo, $\theta = 4$ à 5°C , hetgeen volgens de genoemde berekeningen van Wüst betekent dat in de kern van deze waterlaag nog ca. 22% water uit de Middellandse Zee aanwezig is. Een diepteligging van 1500 meter van de kernlaag en zoutgehalte van omstreeks 35 o/oo kloppen geheel met de resultaten van de Meteorexpeditie, terwijl volgens de rapporten van deze laatste een zuurstofgehalte tussen 5.0 en 5.5 ml/l zou mogen worden verwacht. Om dit laatste na te gaan is in fig. 17 het gemeten verband tussen zout- en zuur-

stofgehalte grafisch voorgesteld voor alle daarvoor in aanmerking komende stations van de Luymes CICAR-tochten, allemaal in het Atlantisch gebied gelegen.

Fig. 17 geeft wel duidelijk aan dat bij deze stations over het algemeen het maximum in het zoutgehalte niet samenvalt met dat in het zuurstofgehalte. Dit duidt er op dat behalve het duidelijk aanwezige bovenste Noord Atlantische diep water, gekenmerkt door de maximum saliniteit, er ook duidelijk middel Noord Atlantisch diep water aanwezig is, dat zich ver-raadt door het zuurstofmaximum. Deze laatste watersoort, die volgens Wüst (1935) hier verwacht mag worden op 2000-2500 m diepte, met een zuurstofgehalte $> 5,75$ ml/l en met een maximum saliniteit van 34.90-34.95 o/oo, temperatuur ca. 3.0°C , is afkomstig uit de Noordelijke Atlantische Oceaan, ten zuiden van Groenland (Wüst, 1964).

Een opmerking mag nog gemaakt worden over de zuurstof-waarnemingen aan boord van de "Almirante Saldanha" die niet erg goed vergelijkbaar blijken met onze waarden, zonder er echter geheel mee in tegenspraak zijn. Volgens de literatuur is dit voor zuurstofwaarnemingen geen ongewoon verschijnsel zeker indien ze van grote diepte komen. Het gaat hierom verschillen in de methode van monsterneming en/of analyse, die zich inderdaad karakteriseert in de diepere waarnemingen. We zullen ze hier verder laten rusten.

Het bodemwater.

Wat betreft het bodemwater klopt de θ, S -relatie van onze waarnemingen, zoals in het kort weergegeven in fig. 11, met wat Wüst geeft voor bodemdieptes 1800-4000 m.

In fig. 18 zijn volledigheidshalve de waarnemingen van potentiële temperatuur en zoutgehalte (θ, S) weergegeven voor de diepste waarnemingen waar $\theta < 4^{\circ}\text{C}$ werd bereikt. Zowel de gemiddelde kromme zoals Wüst die vond voor de Caribische en Atlantische waarnemingen is gegeven, als ook de kromme die het beste past bij onze waarnemingen.

Vergeleken met de (in fig. 18 eveneens weergegeven) samenstelling van het bodemwater als mengsel van Antarctisch en Noordatlantisch water (Wüst, 1933), zou volgen uit ons waarnemingsmateriaal voor de diepste drie series waarnemingen

St.	bodemdiepte (m)	diepte (m)	% Antarkt.bodemwater
1632	4757	3932	9
		4655	25
2249	4400	3955	10
2251	4720	4000	5
		4500	20
		4675	35

In hoeverre deze ruimtelijk bij elkaar aansluiten is weergegeven in fig. 19. Hieruit blijkt dat hier in ieder geval niet zonder meer de diepste waarneming van een station als maatgevend voor "het bodemwater" ter plaatse mag worden beschouwd, aangezien de samenstelling van "het bodemwater" sterk afhangt van de diepte. Een gegeneraliseerde functie hiervan gebaseerd op onze stations is gegeven in fig. 20. Inderdaad blijkt volgens de aangehaalde literatuur een percentage Antarktisch bodemwater van ca. 40% ter plaatse voor te komen, zodat onze waarneming in goede overeenstemming daarmee blijkt te zijn.

Wil men speciaal studie maken van de eigenschappen van het bodemwater, dan blijkt uit het bovenstaande dat het gebruik van een bodemwaterschepper die op een vaste (kleine) afstand van de bodem monstert, beslist nodig is.

Besluit.

Dank wordt gebracht aan allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit onderzoek, speciaal het personeel van de samenwerkende instituten en van de Koninklijke Marine, dat toentertijd op Hr.Ms. "Luymes" werkte. Ook is veel dank verschuldigd aan het Braziliaanse Diretoria de Hidrografia e Navegação, die ons de waarnemingen, verricht op de 46^e tocht van het NOc "Almirante Saldanha", welwillend ter beschikking heeft gesteld.

Literatuur.

- Wüst, G., 1964
Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean Basins, part one, spreading and mixing of the water types, New York and London.
- Montgomery, R.B., 1938
Circulation in upper layers of southern North Atlantic deduced with use of isentropic analysis. Papers in physical oceanography and meteorology 6, no. 2. (Contribution no. 190 from Woods Hole Oceanographic Institution).
- Parr, A.E. 1936
On the probable relationship between vertical stability and lateral mixing process. Journal du Conseil 11, 303-313.
- Wüst, G., 1935
Schichtung und Zirkulation des Atlantischen Ozeans, **Wiss. Ergeb. D. Atlan. Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff "Meteor" 1925-1927. Bd.6, Tl. 1. (2. Lief.)** Idem, **Bd.6, Tl. 1 (1. Lief.)**
- Wüst, G., 1933
- Sverdrupp, H.U.,
M.W. Johnson & R.H. Flemming,
1946
The oceans. New York.
- Kort, V.G., 1972
New data on the dynamic structure of the western boundary currents in the tropical Atlantic. ICES Rapp. Proc. Verb. 162, 276-279.
- Kort, V.G., Yu.A.Ivanov,
K.G. Chekotillo and
V.G. Neyman, 1969
New data on the westernmost boundary currents of the tropical Atlantic. Dokl. Akad. nauk. SSSR 188, 677-680.
- Mann, C.R., A.R. Coote and
D.M. Garner, 1973
The meridional distribution of Silicate in the western Atlantic Ocean. Deep-Sea Res. 20, 791-801.

Appendix A

a d = and deeper
o d = or deeper

Station	$\sigma_t=27.30$		$\sigma_t=27.40$		salinity minimum		salinity maximum	
	m	S o/oo	m	S o/oo	m	S o/oo	m	S o/oo
1615	680	34.58	830	34.62	691	34.580		
1616	710	.62	870	.64	838	.605	1923	34.97
1618	680	.62	830	.65	777	.596		
1620	720	.58	860	.64	779	.58		
1630	830	.61	960	.61	491-673	.61		
1632	665	.71	880	.67	856	.652	1730	34.988
1640	820	.60	910	.67	847	.591	1990	34.973
16100	760	.62	?		603-522 a/o d	≤ .62		
16101	875	.62	?		741	.62		
16103	-		-		971	.62		
16104	640	.64	-		525	.66		
16105	715	.67	850	.68	590	.629		
16106	600	.65	720	.68	833	.66		
16107	-		-		655	.642		
					642 o d	≤ .67		
16109	795	.69	870	.75	807	.69		
16110	665	.78(?)	750	.81(?)	615	.766		
2201	674	34.74	775	34.76	600	34.69		
2202	760	.66	815	.74	755	.663		
2203	690	.75	815	.75	800	.739		
2205	750	.63	820	.71	735	.605		
2206	-		-		540			
					o d	≤ .661		
2207	750	.60	870	.66	762	.599		
2210	-		-		490-600 o d	≤ .617		
2211	730	.63	-		778 o d	≤ .62		
2212	720	.59	880	.66	700	.572	1610	34.980
2213	730	.59	890	.64	797	.57		
2233	655	.58	800	.61	603	.57	2600	34.939
2234	605	.62	780	.60	708-805	.599	2270 a d	34.968
2247	720	.60	880	.64	740	.595		
2248	-		-		575?	.61		
2249	720	.58	895	.62	692	.57	2079 a d	34.963

Appendix A (cont'd)

	t=27.30		t=27.40		salinity minimum		salinity maximum	
Station	m	interpolated S o/oo	m	interpolated S o/oo	m	observed S o/oo	m	observed s o/oo
2250	700	34.64	860	34.68	710	34.637	1765	34.99
2251	735	.56	985	.60	782	.556	2000	34.970
2252	650	.56	910	.60	707	.528	2015	34.964
							a d	
2253	680	.61	-	-	620?	.590		
2261	735	.59	-	-	690	.582		
2262	775	.60	-	-	808	< .583		
					o d			
2263	710	.58	900	.64	757	.574	2650	34.952
2371	>630	-	-	-	630	≤34.639		
					o d			
2372	670	34.64	810	34.68	615	.635	2140	34.954
2373	690	.62	890	.63	875	.605		
2374	710	.68	920	.67	890	.661		
2375	600	.68	680	.68	820	.688		
2376	590	.77	685	.80	618	.746		
4611	>724	-	-	-	658-724	34.581		
					o d			
4612	735	34.55	870	34.61	705	.534		
4613	775	.54	833	.61	731	.480	1564	34.998
4614	700	.55	945	.57	873	.523	≥ 1784	34.937
4645	725	.58	880	.64	780	.564	1925	35.008
4646	796	.51	1100	.63	492	.489		
					approx.			

Appendix B

Station:	2376	1640	2212	1618	2249
depth:	$10^3 \times \sigma_t$	and	$10^5 \times \Delta\sigma_t / \Delta Z$		
300	27016	27066	27031	26940	26987
	125	44	58	138	120
400	27141	27110	27089	27078	27107
	97	42	99	89	62
500	27238	27152	27188	27167	27169
	70	18	57	72	55
600	27308	27170	27245	27239	27224
	114	62	29	74	62
700	27422	27232	27274	27313	27286
	113	52	102	58	57
800	27535	27284	27376	27371	27343
	81	113	82	71	51
1000	27697	27509	27539	27511	27444
	25	67	69	59	57
1200	27747	27682	27676	27629	27558

Figure captions.

- Fig. 1. Deep oceanographic stations west of 55°W by Hr.Ms. "Luymes" during cruises Cicar 16/17, October and November 1970.
Cicar 22, March 1971
Cicar 23, April 1971
- Fig. 2. Deep oceanographic stations east of 56°W by Hr.Ms. "Luymes" during cruise Cicar 16/17, October and November 1970.
- Fig. 3. Deep oceanographic stations east of 56°W by Hr.Ms. "Luymes" during cruise Cicar 22, March 1971.
- Fig. 4. Deep oceanographic stations by NOc "Almirante Saldanha" during cruise no. 46, September and October 1970.
- Fig. 5 - Temperature, salinity and oxygen content in dependence of depth for
Fig. 10 six selected oceanographic stations, spread over time and space that are considered.
- Fig. 11. Potential temperature θ ($< 10^{\circ}\text{C}$) and salinity S for selected stations.
- Fig. 12. Depth in metres of the surface $\sigma_t=27.3$ according to soundings by "Luymes" Cicar 16/17 and by "Almirante Saldanha" cruise 46, autumn 1970.
- Fig. 13. Depth in metres of the surface $\sigma_t=27.4$ according to soundings by "Luymes" Cicar 16/17 and by "Almirante Saldanha" cruise 46, autumn 1970.
- Fig. 14. Depth in metres of the surface $\sigma_t=27.3$ according to soundings by "Luymes" Cicar 22 and 23, spring 1971.
- Fig. 15. Depth in metres of the surface $\sigma_t=27.4$ according to soundings by "Luymes" Cicar 22 and 23, spring 1971.
- Fig. 16. Vertical stability $E = \Delta\sigma_t / \Delta z \times 10^5$ for selected stations during "Luymes" cruises Cicar 16/17, 22 and 23. Depth of the core of antarctic intermediate water is also indicated.
- Fig. 17. Oxygen content vs. salinity of deep oceanographic stations during "Luymes" cruises Cicar 16/17, 22 and 23.
- Fig. 18. Potential temperature θ ($< 5^{\circ}\text{C}$) and salinity S for the deep stations during "Luymes" cruises 16/17, 22 and 23.
- Fig. 19. Lines of equal amount of antarctic bottom water in the deepest parts of the "Luymes" Cicar cruises.
- Fig. 20. Content of antarctic bottom water (%) based on the observations of stations 1632, 2249 and 2251 of the "Luymes" Cicar cruises.

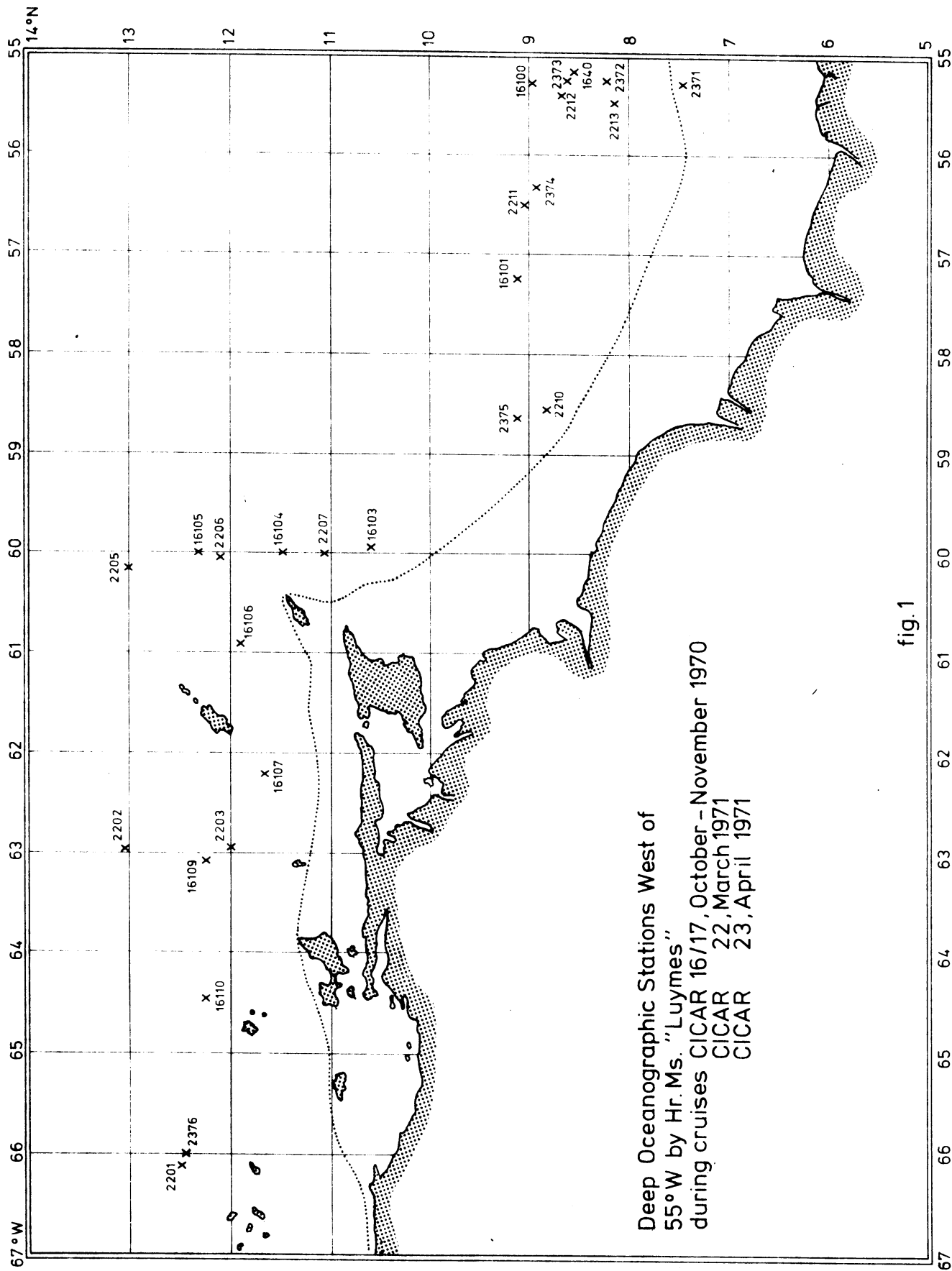


fig. 1

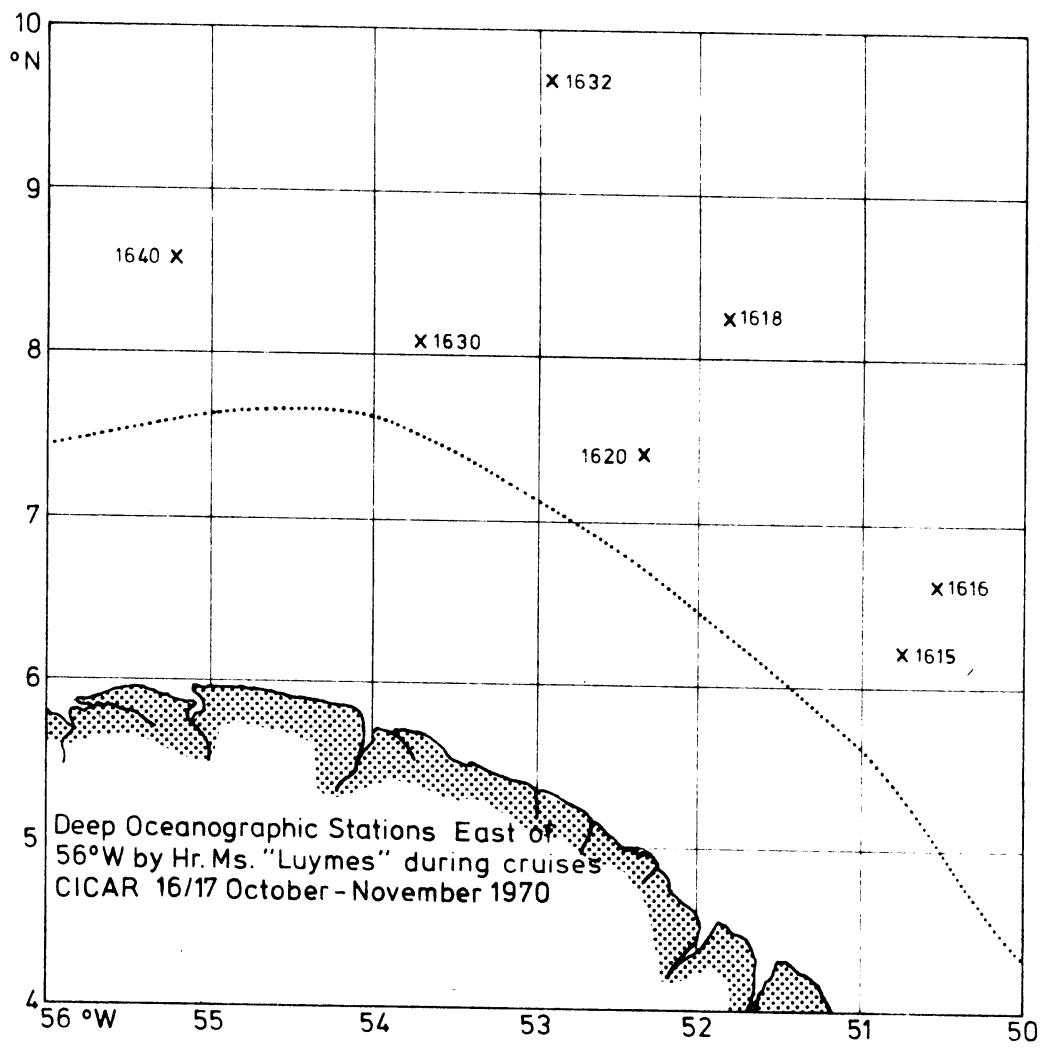


fig. 2

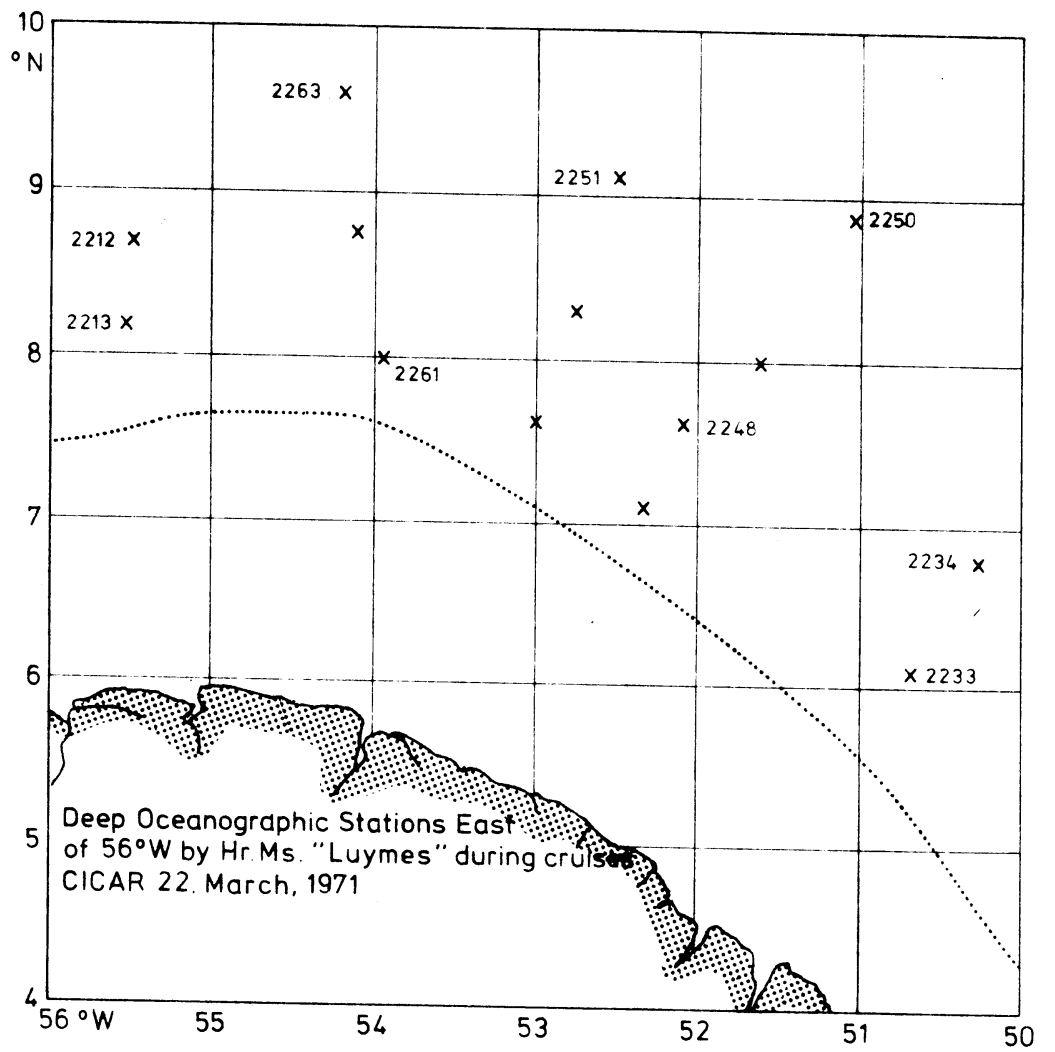


fig. 3

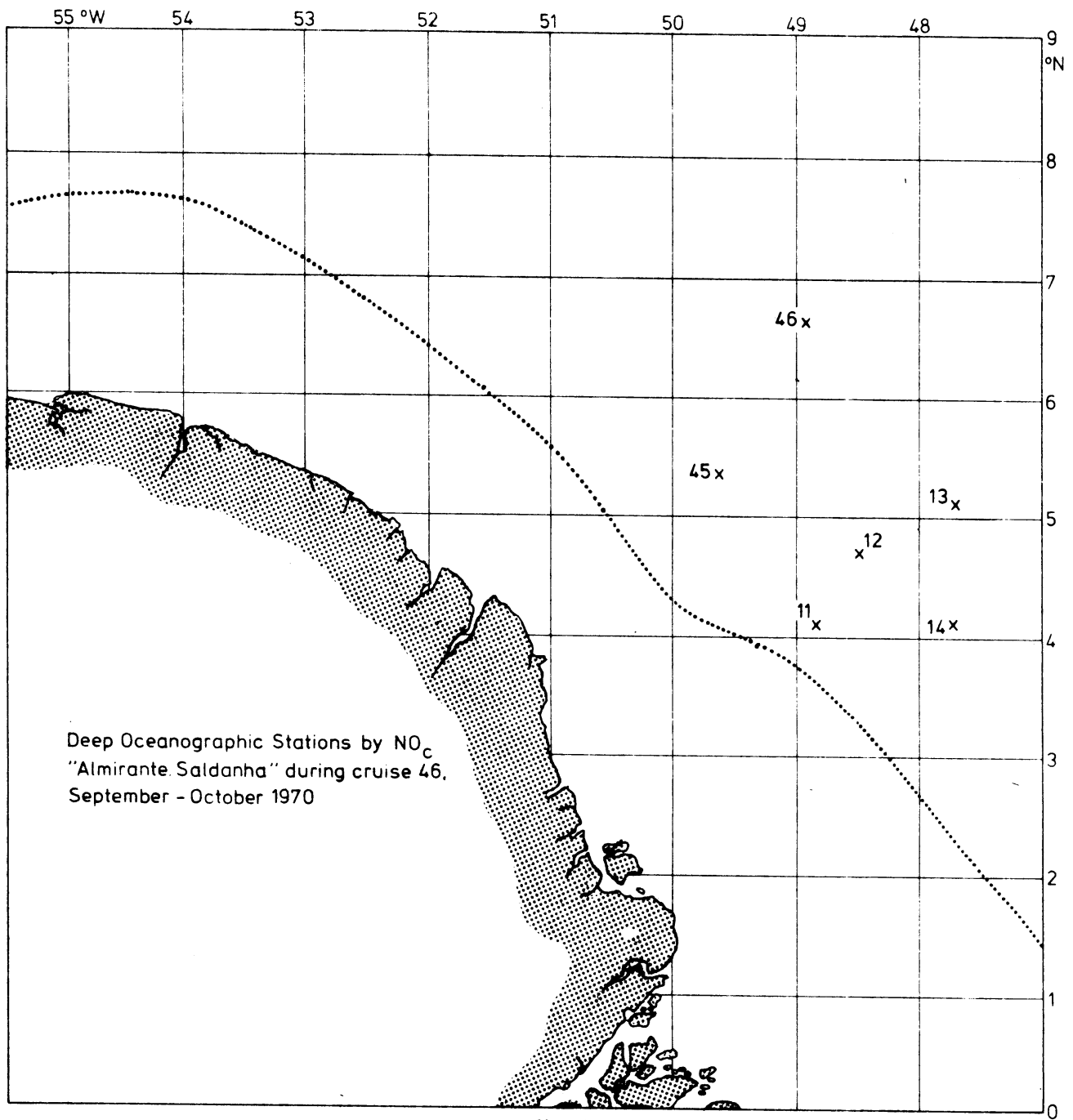


fig. 4

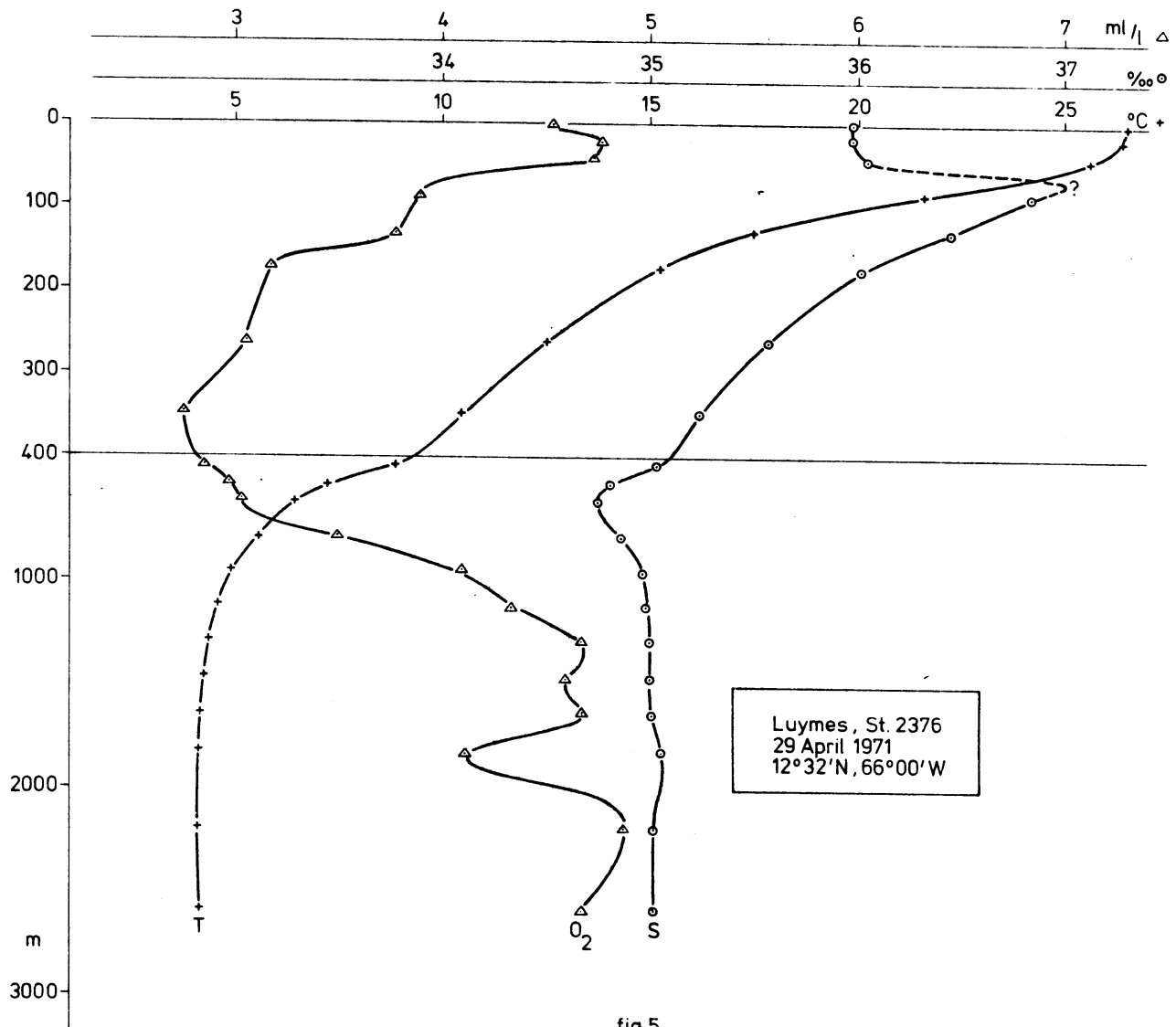


fig.5

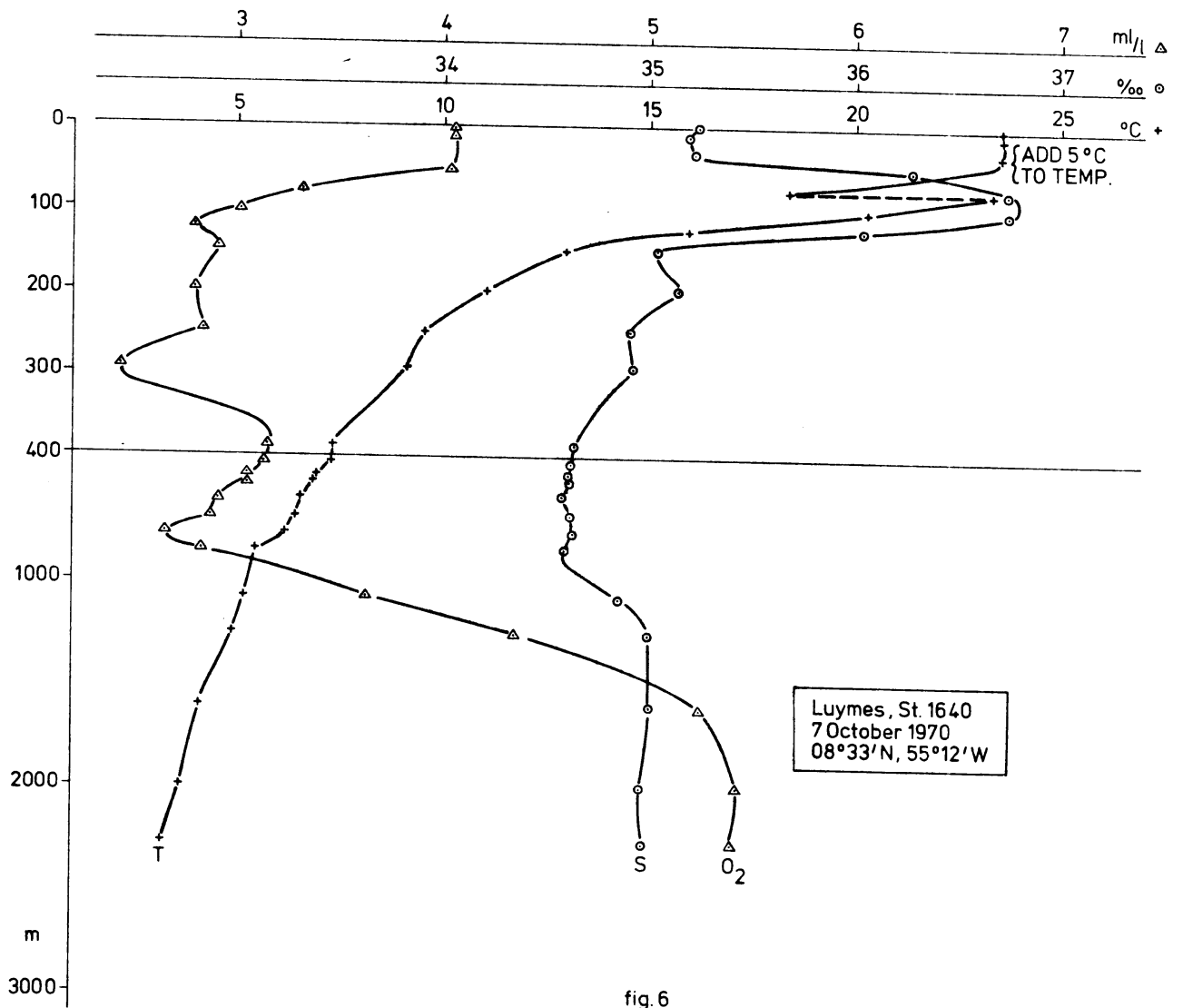
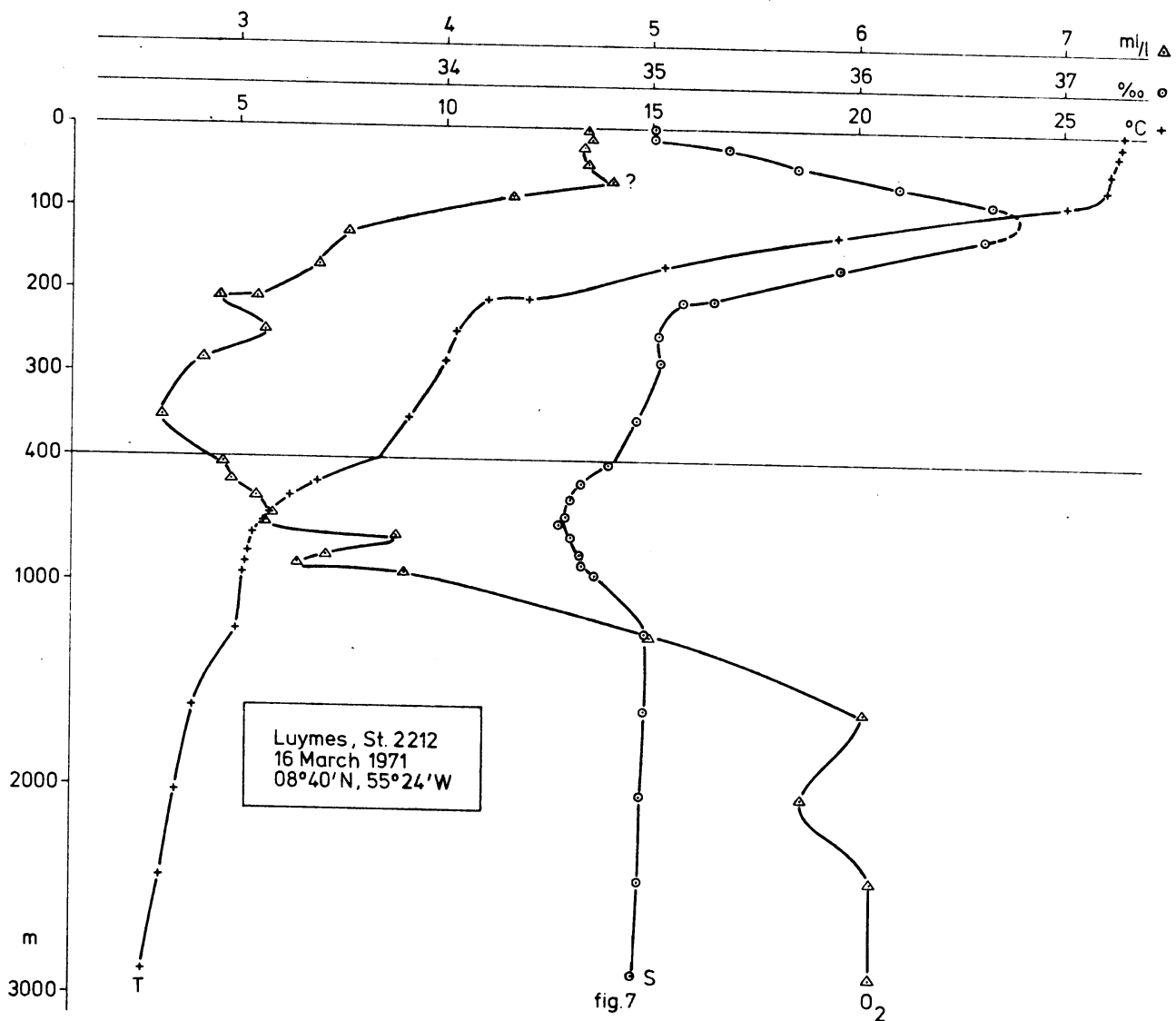


fig. 6



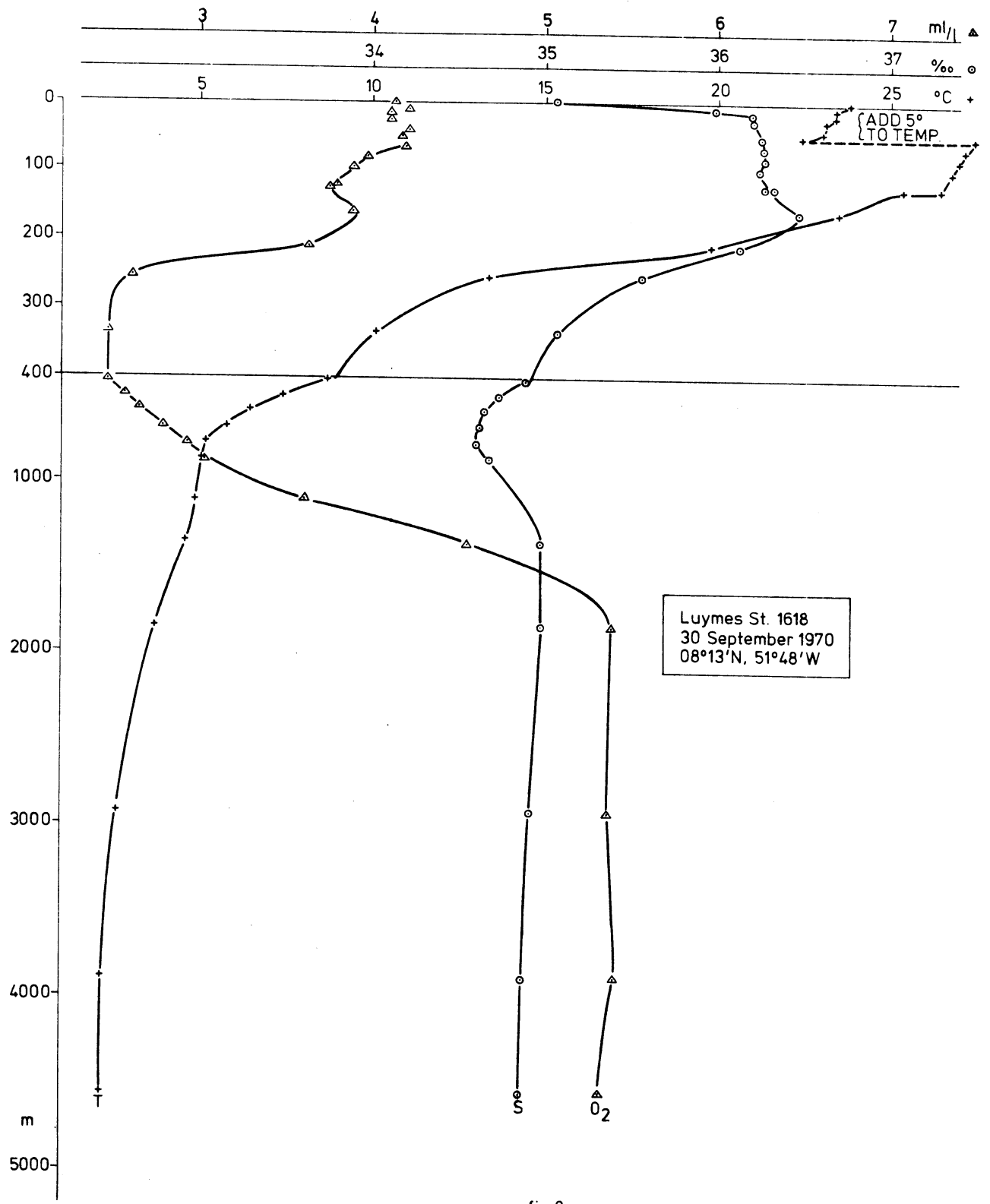


fig.8

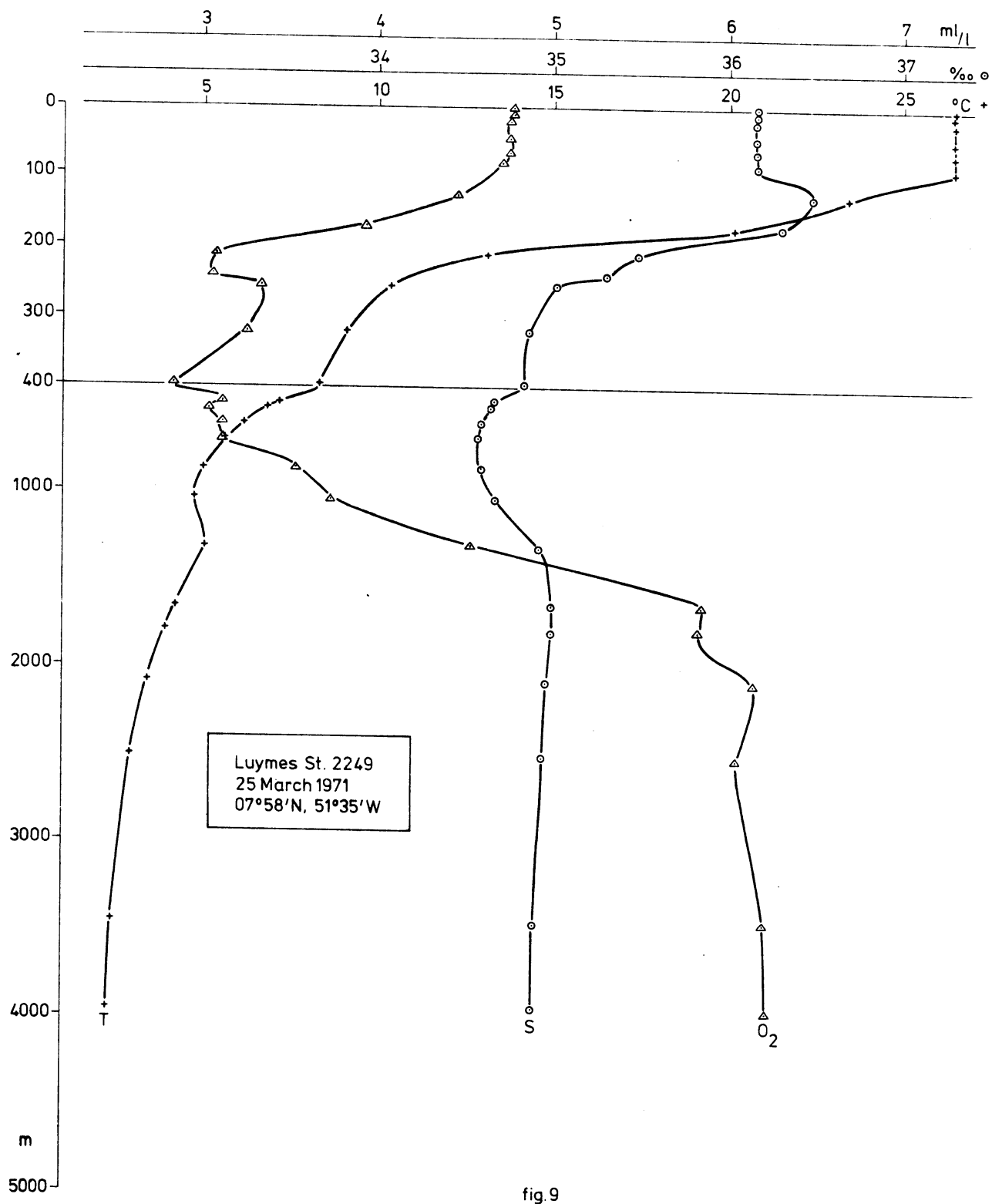
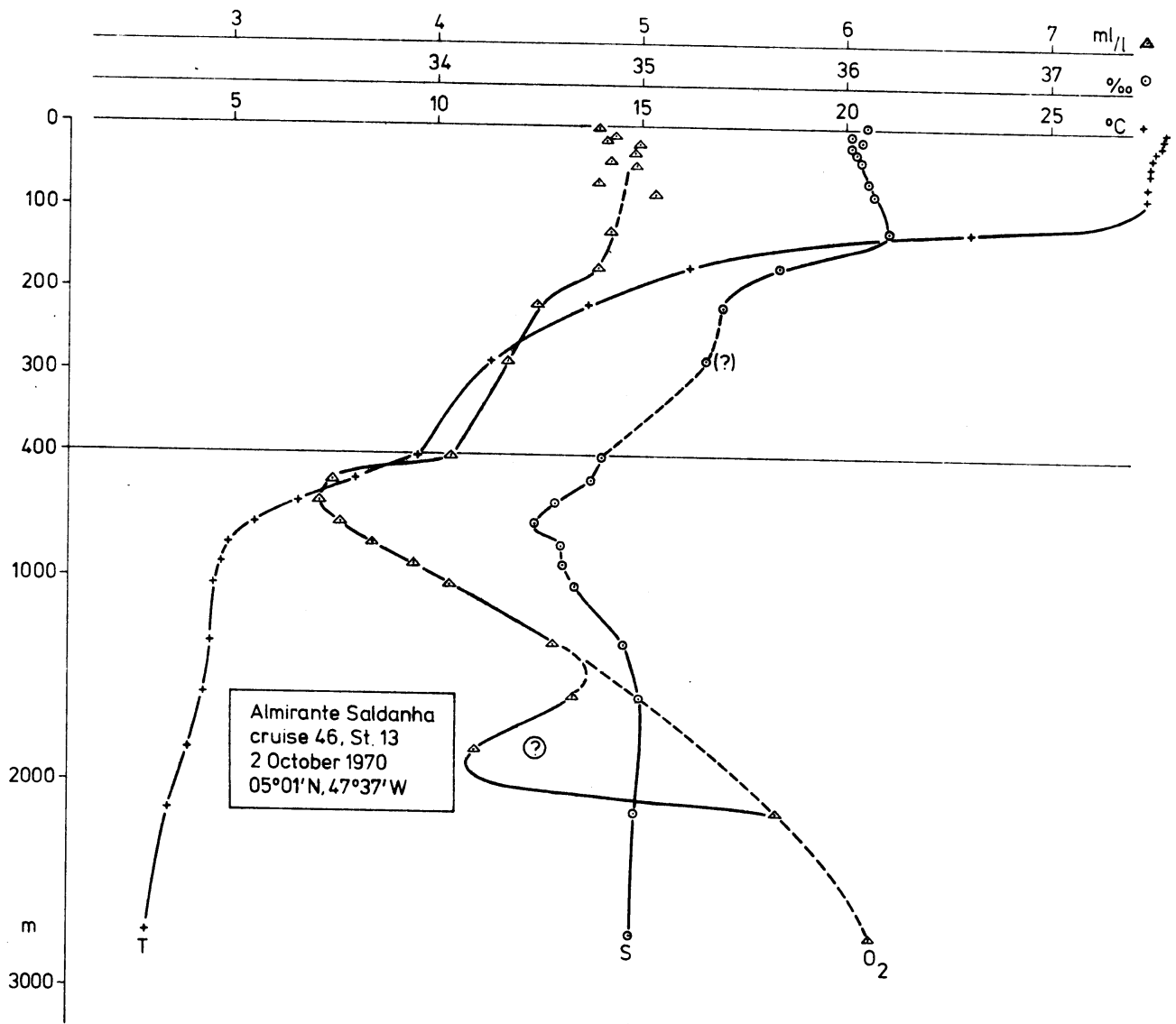


fig. 9



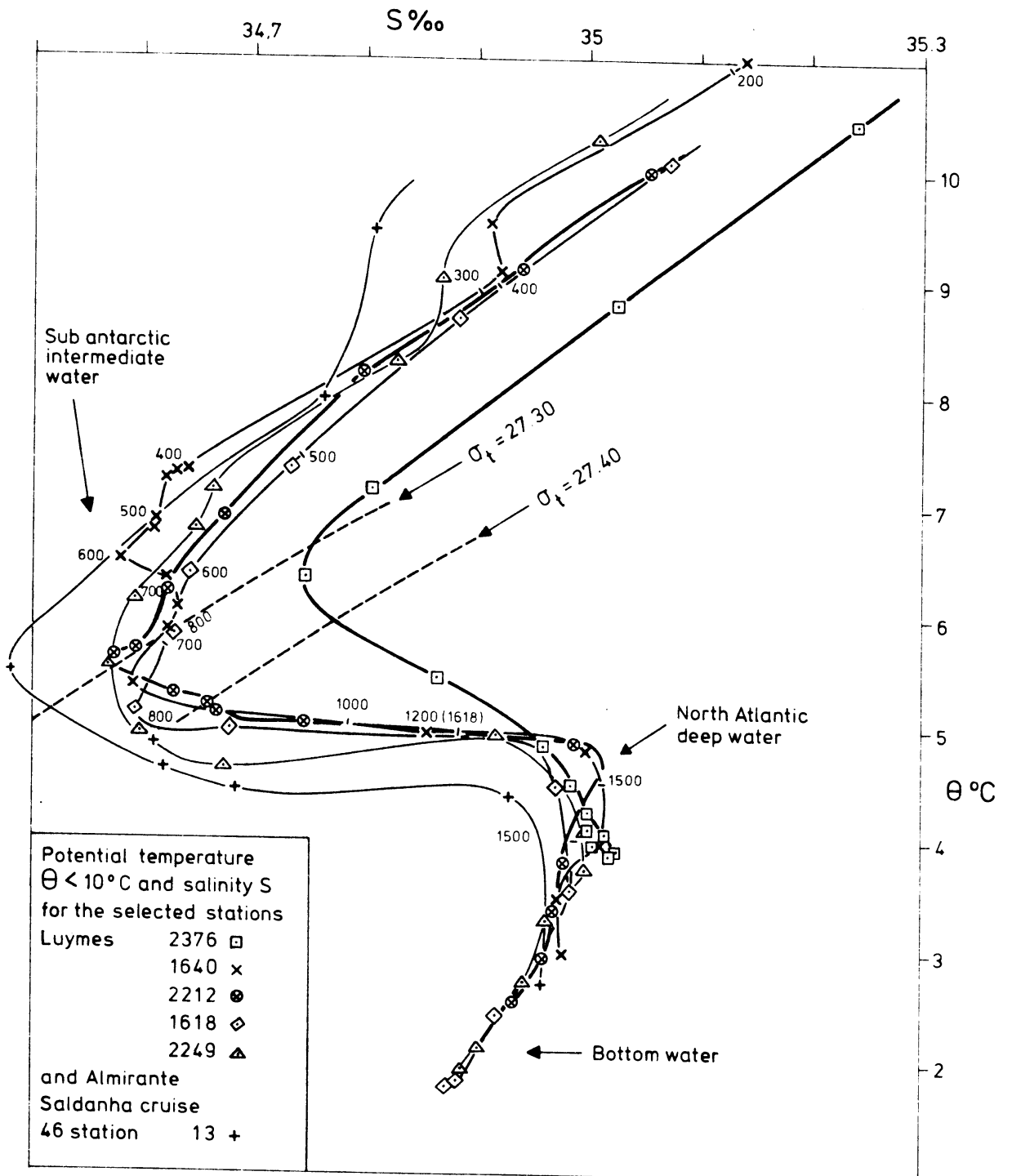
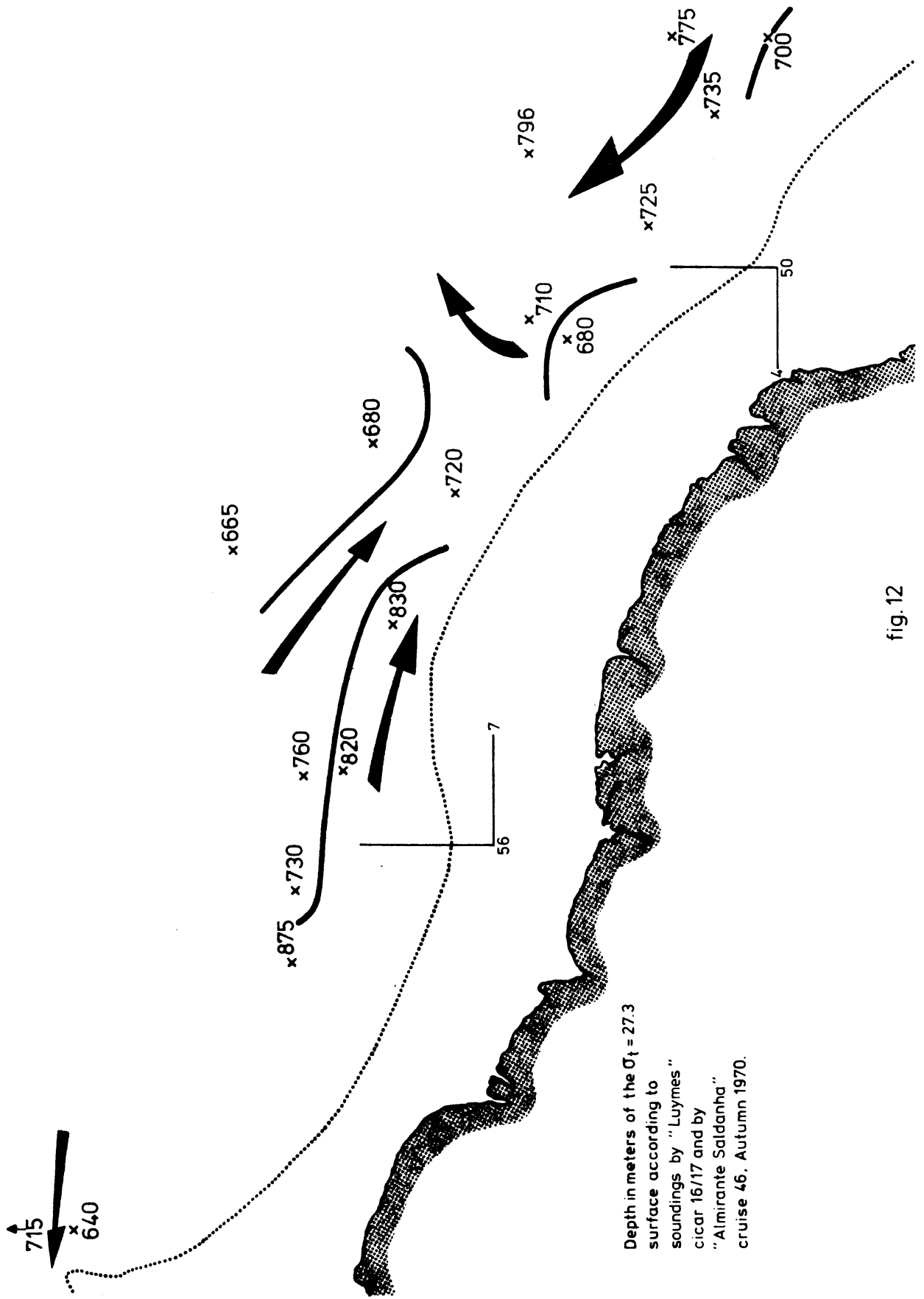


fig.11



Depth in meters of the $\sigma_t = 27.3$ surface according to soundings by "Luymes" cicar 16/17 and by "Almirante Saldanha" cruise 46. Autumn 1970.

fig. 12

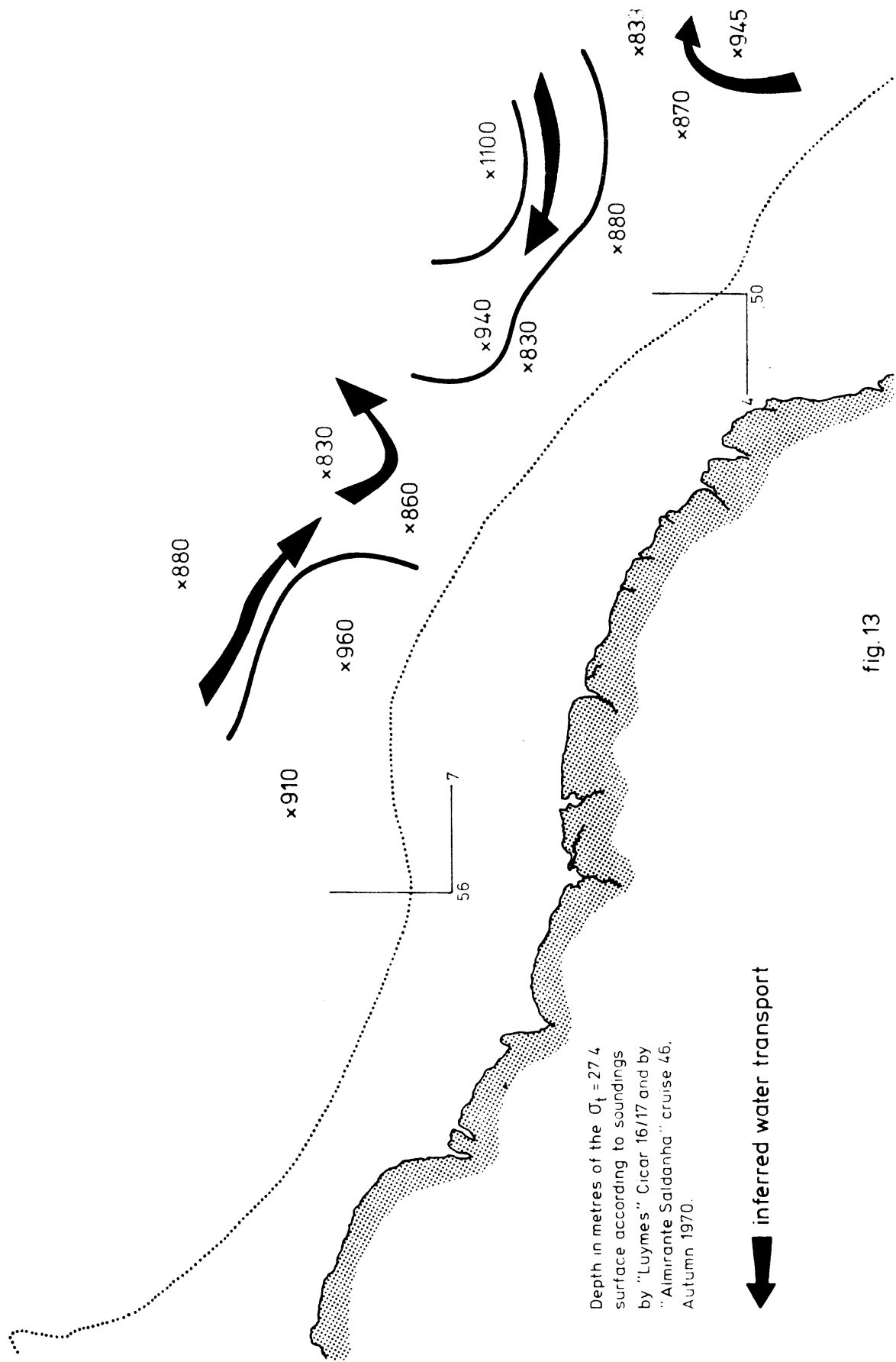
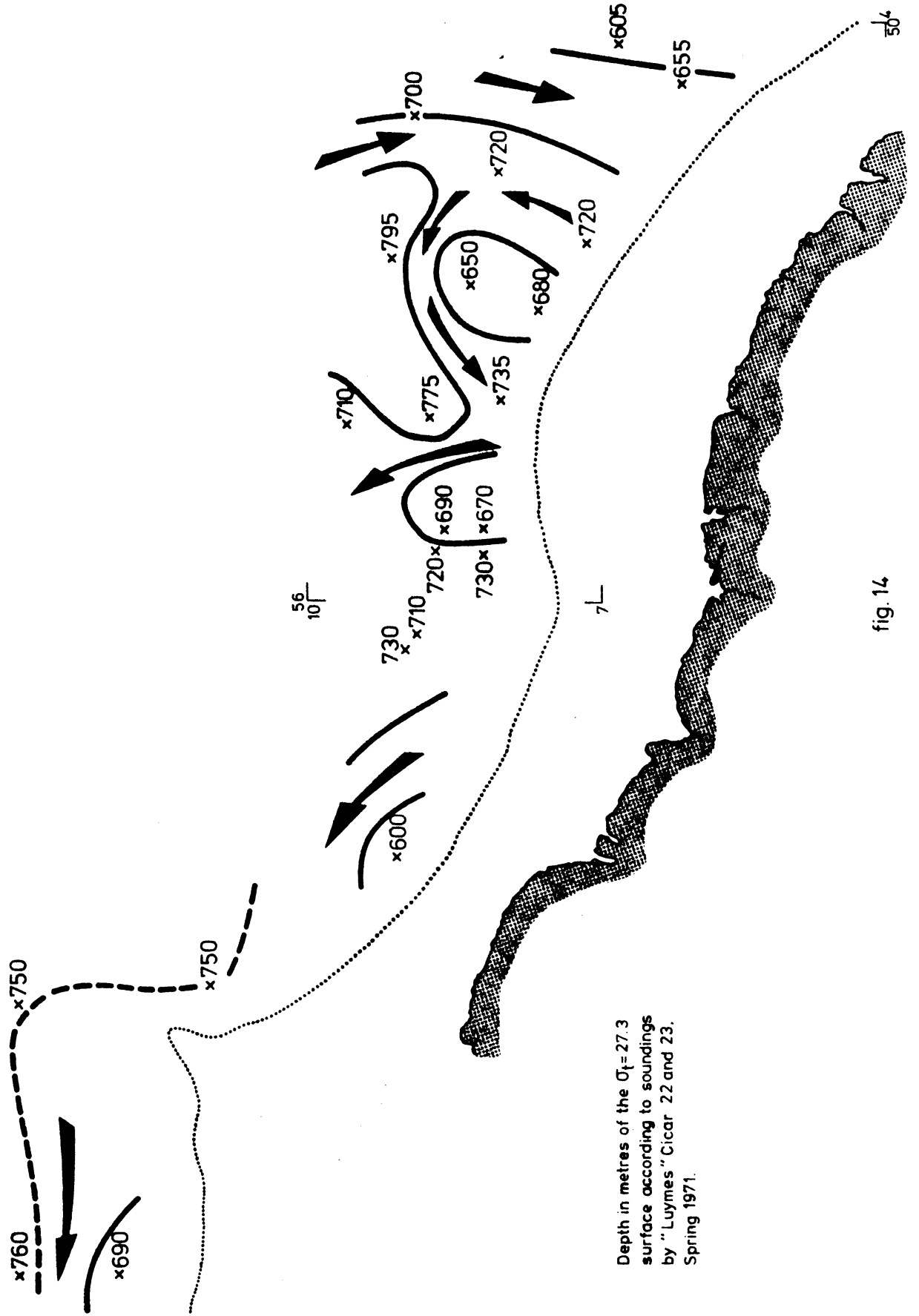
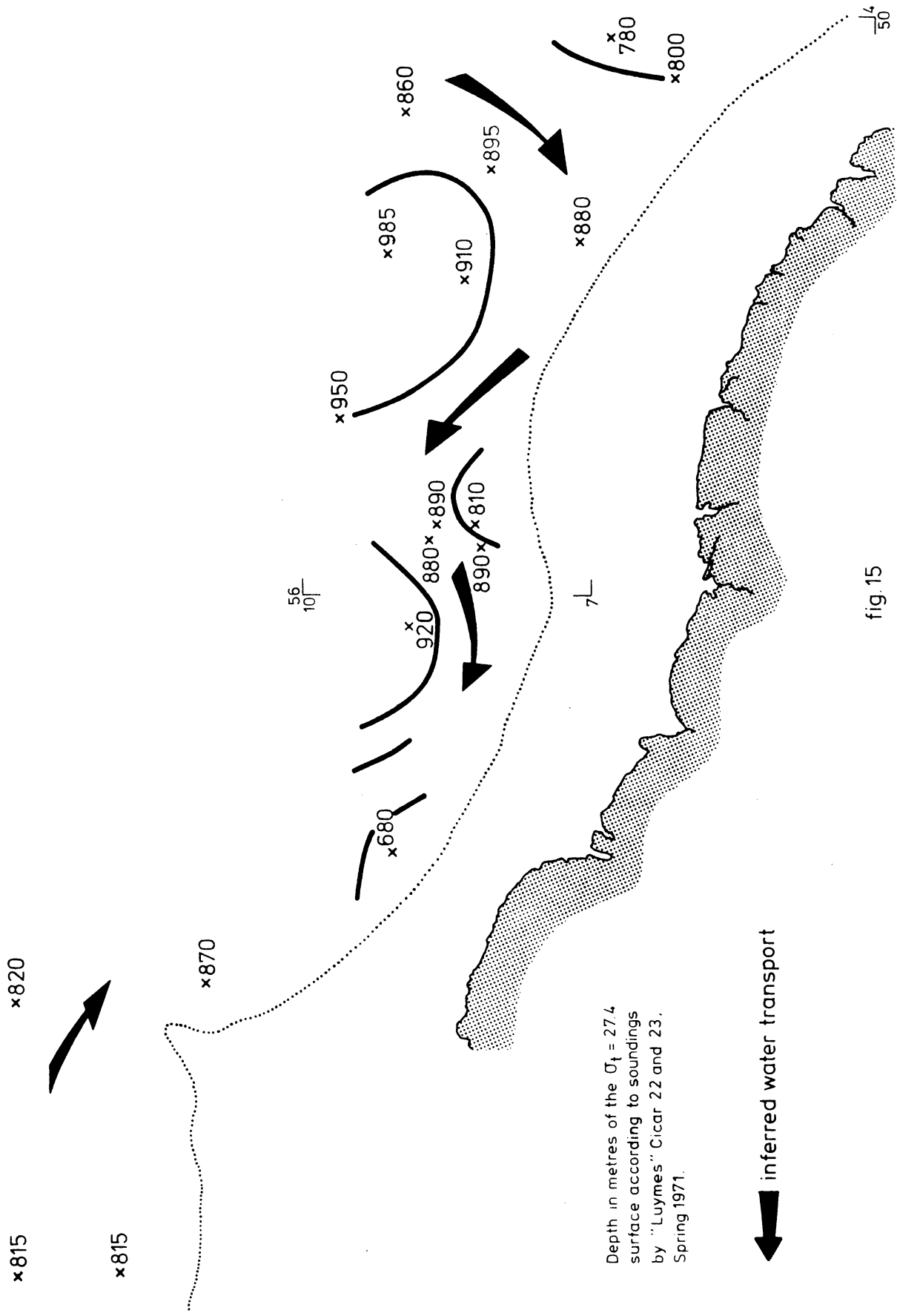


fig. 13



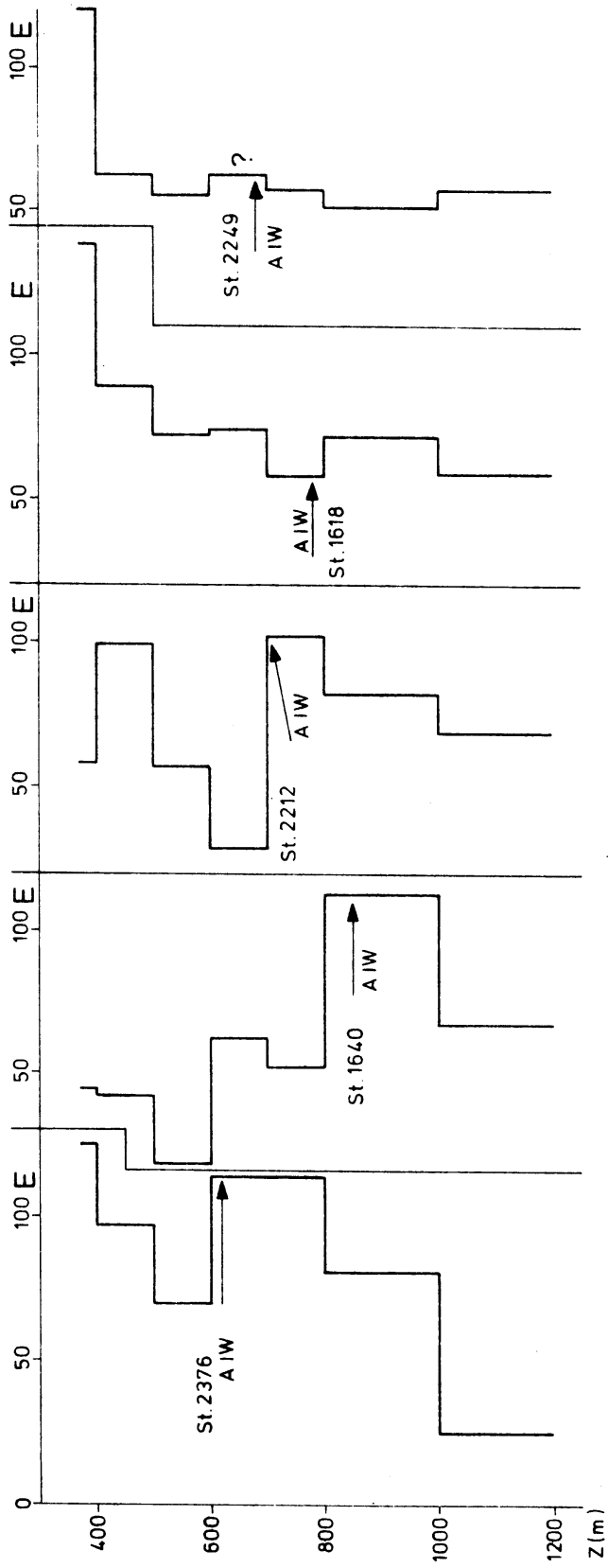
Depth in metres of the $\sigma_t = 27.3$ surface according to soundings by "Luymes" Cicar 22 and 23, Spring 1971.

fig. 14



Depth in metres of the $\sigma_t = 27.4$ surface according to soundings by "Luymes" Cicar 22 and 23, Spring 1971.

fig. 15



Vertical stability $E = \Delta\sigma_t / \Delta Z \times 10^5$ for selected stations during "Luymes" cruises Cicar 16/17, 22 and 23. Depth of the core of Antarctic intermediate water is also indicated.

fig. 16

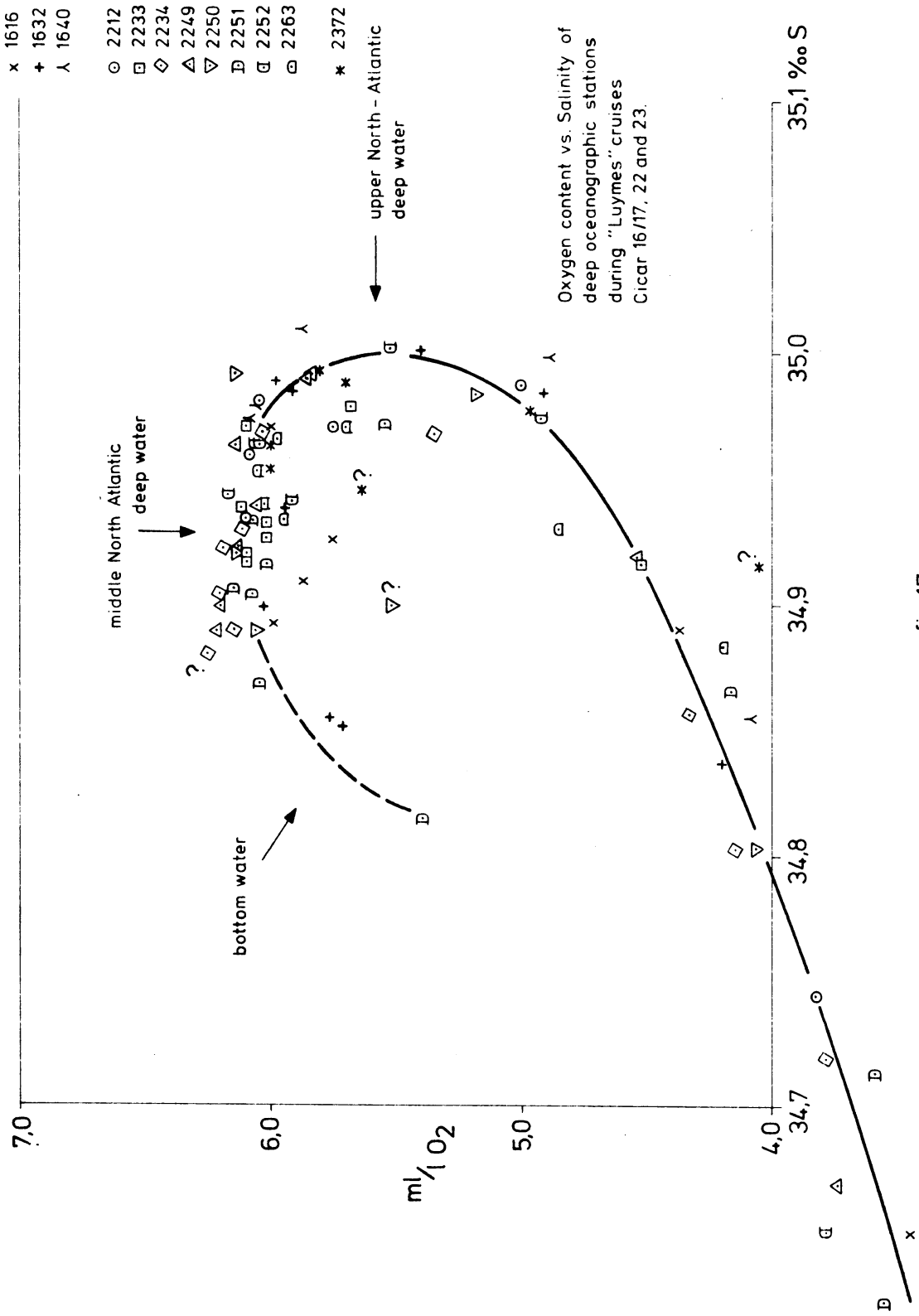


fig. 17

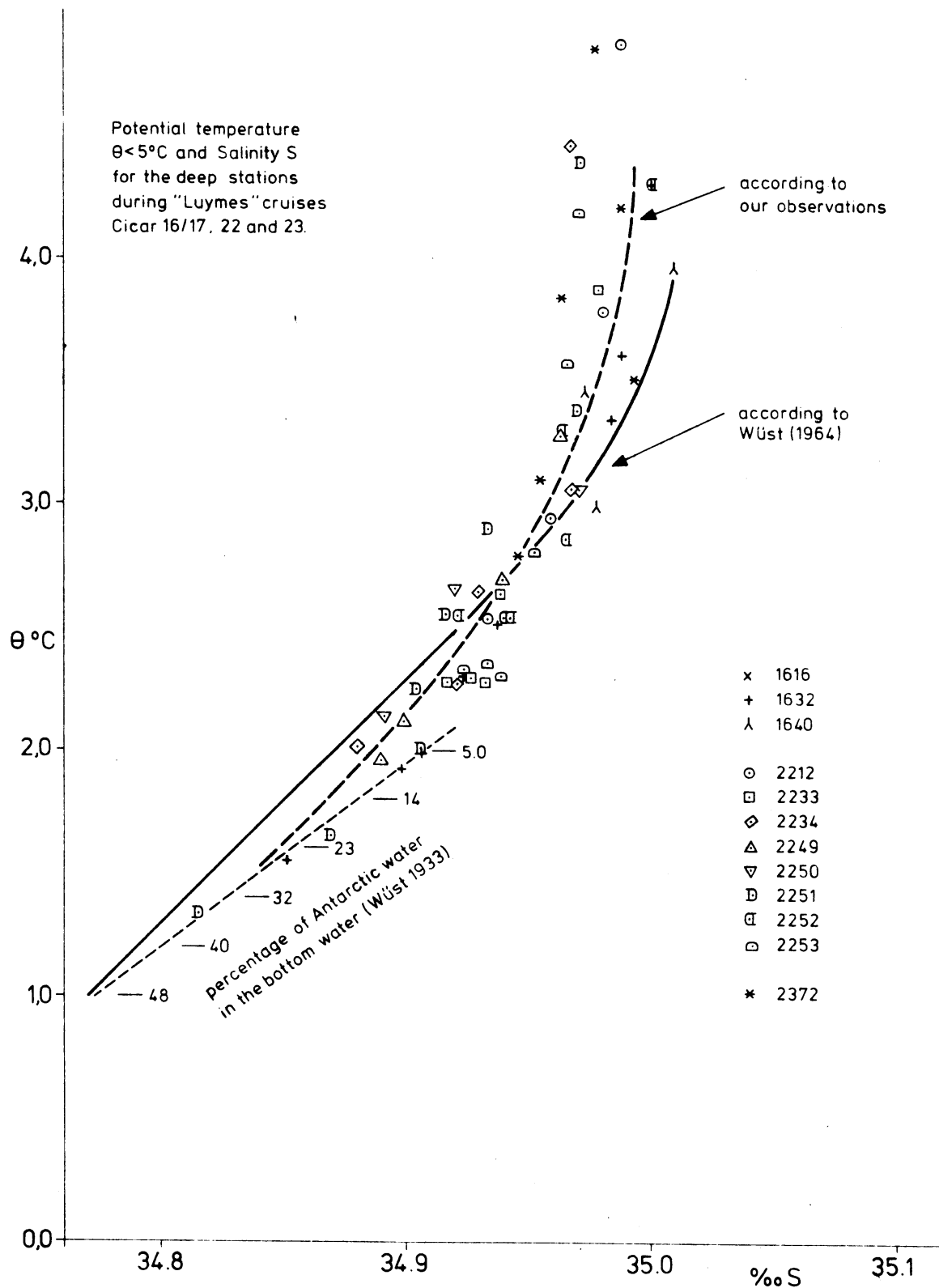


fig.18

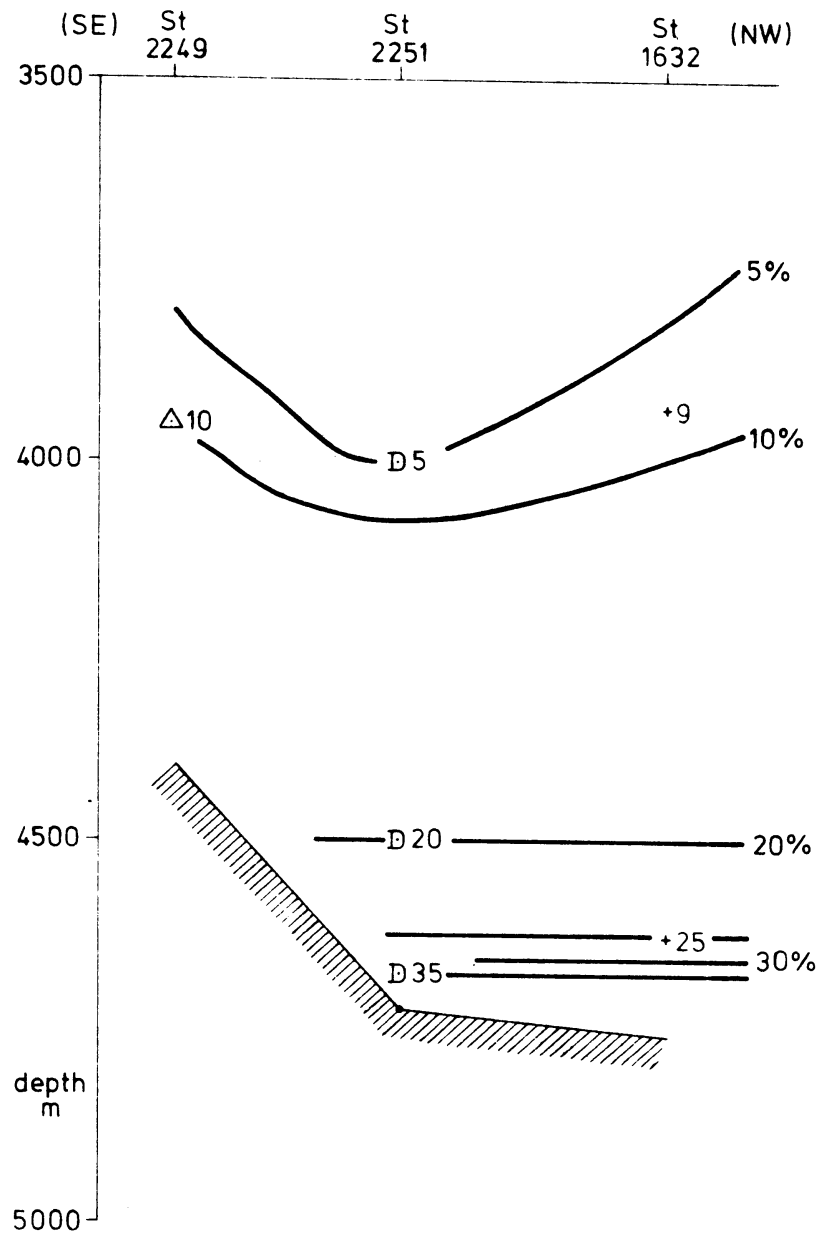


fig.19

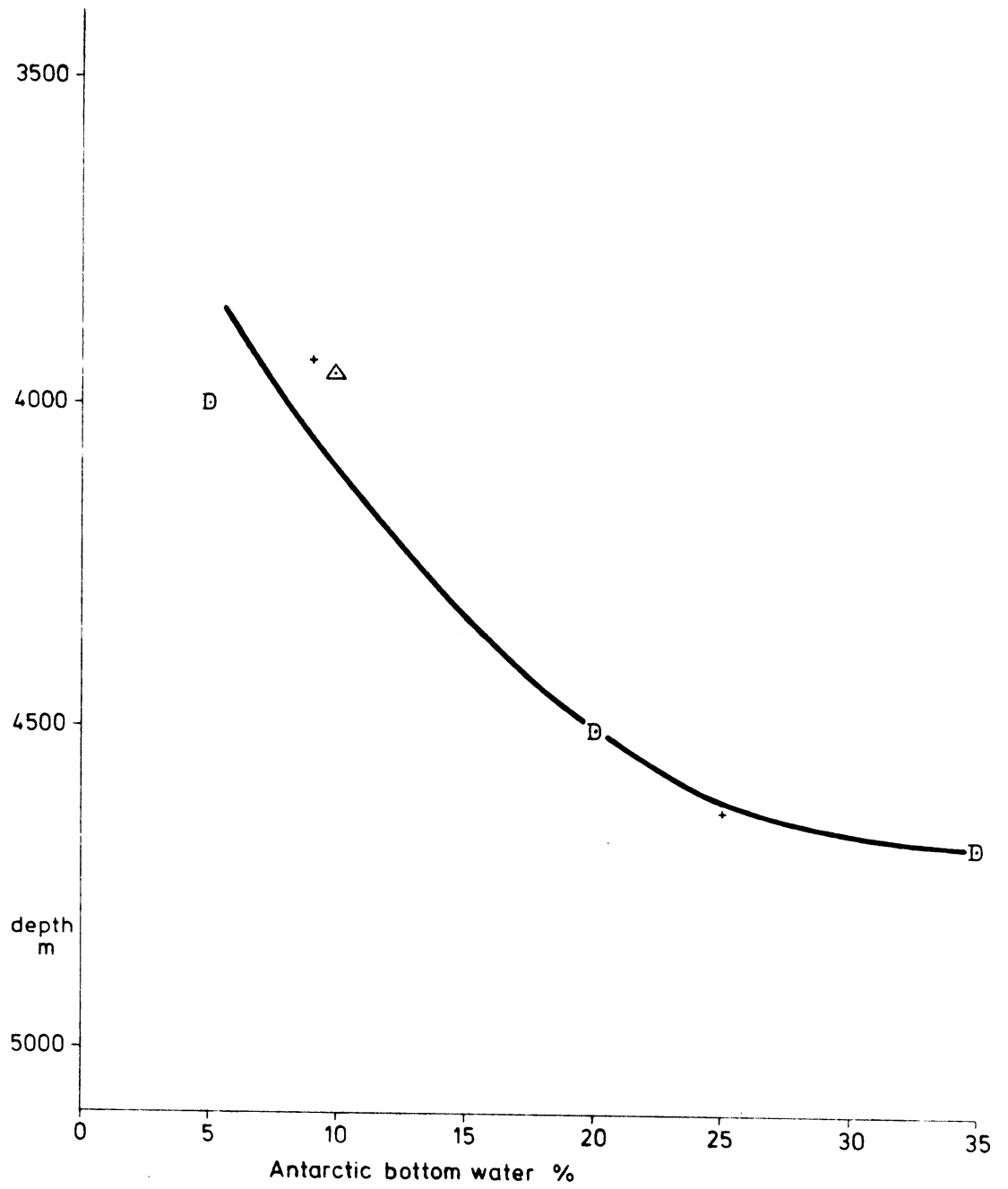


fig. 20



KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT

Aan de ontvangers van
de wetenschappelijke
rapporten (KNMI)
WR 1976-11, 12 en 13

To the receivers of
the scientific reports
(KNMI) WR 1976-11, 12 and 13

DE BILT, 30 augustus 1976
UTRECHTSEWEG 297
TELEFOON 030-766911

VERZONDEN:

UW KENMERK

UW BRIEF

ONS KENMERK 23027

BIJLAGEN

ONDERWERP Wetenschappelijke rapporten.

Subject: Scientific reports.

ERRATUM

In alle drie rapporten die wij U onlangs toezonden en die handelen over onderzoek verricht in het kader van het internationale project 'Cooperative Investigations of the Caribbean and Adjacent Regions (CICAR)', is de volgende mededeling ten onrechte weggefallen.

'Het in dit rapport beschreven onderzoek is mede mogelijk gemaakt door de financiële steun van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.)'.

Ik zal het op prijs stellen als U deze mededeling in de door U ontvangen exemplaren wilt toevoegen.

Namens de auteurs,

R. Dorrestein
Directeur Afdeling
Oceanografisch Onderzoek.

ERRATUM

In all of these three reports, dealing with the results of investigations carried out in the framework of the international project 'Cooperative Investigations of the Caribbean and Adjacent Regions (CICAR)', which reports we sent you recently, the following acknowledgement has been wrongly left out.

'The Netherlands Organization for the Advancement of Pure Research (Z.W.O.) gave financial support to the investigations described in this report'.

I would appreciate it if you could include this acknowledgement in the copies of the reports received by you.

For the authors,

R. Dorrestein
Director Division
Oceanographic Research.

VERZOEK ALLE CORRESPONDENTIE TE RICHTEN AAN DE HOOFDDIRECTEUR EN SLECHTS ÉÉN ONDERWERP PER BRIEF TE BEHANDELEN.
GELIEVE BIJ BEANTWOORDING VAN DE BRIEF DATUM EN NUMMER HIERVAN TE VERMELDEN.

TELEGRAMADRES: KNMI DE BILT; TELEX: 47098; GIRO REKENING: 4488