

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 41/70

UNDERSØKELSE AV NORD-ROGALANDEFJORDENES
FORURENSNINGSTILSTAND

Delrapport nr. 3

Førdesfjorden

Saksbehandler: Ingeniør Erik Ravdal
Rapporten avsluttet : 25. november 1973

F O R O R D

Oppdragsgiver for denne undersøkelse er Regionplanrådet for Nord-Rogaland. Arbeidets omfang er avtalt i kontrakt av 22/12 1971 og definert i instituttets "Forslag til undersøkelse av Nord-Rogalandsfjordenes forurensningstilstand" av august 1971 og brev av 29/11 samme år fra fylkets utbyggingsavdeling.

Oppdraget omfatter Viksefjorden, Karmsundet, Førdesfjorden, Førlandsfjorden, Skjoldafjorden/Grindefjorden og Sandeidsfjorden/Vatsfjorden. På grunn av omfanget har det vært hensiktsmessig å behandle resultatene i seks delrapporter (se omslag), mens tallmaterialet er stilt sammen i et appendiks.

Oppdraget inkluderer også Vigdarvatnet i Hordaland. Denne del av undersøkelsen er rapportert for seg (NIVA 1973, O-145/70).

Ingeniør H. Måge ved den tekniske etat i Tysvær kommune takkes for verdifull hjelp med innsamling av supplerende hydrografisk materiale. I denne forbindelse er båt og mannskap stilt til rådighet av de enkelte kommuner.

Ved instituttet har ingeniør Erik Ravdal ledet feltarbeidet og hatt ansvaret for innsamling og bearbeidelse av data. Det biologiske feltarbeidet er utført av cand.real. Ivar Haugen. Cand.real. Jarle Molvær og cand.real. Tor Bokn har deltatt ved vurderingen av henholdsvis det hydrografiske og det biologiske materialet.

Blindern, 15. november 1973

Jon Knutzen

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
1. UNDERSØKELSESONRÅDET	5
2. MATERIALE	6
3. FYSISKE FORHOLD	6
4. KJEMISKE FORHOLD	10
5. BIOLOGISKE FORHOLD	11
6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	11

TABELLFORTEGNELSE

1. Karakteriserende data for Førdesfjorden med tilhørende nedbørfelt	5
2. Siktedyp. Førdesfjord	9

FIGURFORTEGNELSE

1. Målestasjoner
2. Dybde, areal og volum i Førdesfjorden

Vertikalt dybdesnitt - Førdesfjorden -
langsgående hovedsnitt:

3. Salinitet 5/7 1971
4. Tetthet 5/7 1971
5. Salinitet 17/11, 21/11 1971
6. Tetthet 17/11, 21/11 1971
7. Salinitet 10/12 1971
8. Tetthet 10/12 1971
9. Salinitet 28/2 1972
10. Tetthet 28/2 1972
11. Salinitet 18/2, 22/3 1972
12. Tetthet 18/3, 22/3 1972
13. Salinitet 29/4 1972
14. Tetthet 29/4 1972
15. Salinitet 29/5, 30/5 1972
16. Tetthet 29/5, 30/5 1972
17. Salinitet 15/7, 17/7 1972
18. Tetthet 15/7, 17/7 1972

19. Tetthetsprofiler, Førdesfjorden stasjon HG-1
20. Tetthetsprofiler, Førdesfjorden, stasjon JG-1

Vertikaldybdesnitt - Førdesfjorden -
langsgående hovedsnitt:

21. Oksygen 17/11 1971
22. Oksygen 29/2 1972
23. Oksygen 30/5 1972

24. Stasjon, B-5, 30/5 1972. Førdesfjord,
Storholmlmen N
25. Stasjon B-6, 30/5 1972, Førdesfjord,
Høieholmene Ø

1. UNDERSØKELSESONRÅDET

Utgangspunktet for beskrivelsen av dybdeforholdene er sjøkart nr. 17. Førdesfjorden ligger sydøst for Haugesund, delvis i Karmøy kommune og delvis i Tysvær kommune. Fjorden løper fra Førdesvågen og ut til nordspissen av Vestre Bokn, i alt ca. 20 km. Ved Flogholmene forgrener fjorden seg med et løp sydøstover, Bokneflæet. Austdjuget står i direkte forbindelse med den sydlige del av Karmsundet og har dyp på over 100 m. Bokneflæet er et mer innestengt basseng, men også her forekommer dyp på over 100 m. Innenfor forgreningen er fjordens topografi nokså uregelmessig, med dyp fra 50 til 70 m. Det finnes et grunnere område ved Fosnaholmen, med et minste dyp på 42 m. Etter dette kan ikke Førdesfjorden klassifiseres som noen typisk terskeljord. I Førdesvågen finnes dyp mellom 10 og 50 m. Det eksisterer en forbindelse mellom Førdesfjorden og Karmsundet, Røksund. Dette sundet er imidlertid smalt og grunt og er neppe noen nevneverdig faktor i utskiftningssystemet for Førdesfjorden.

Karakteriserende data for Førdesfjorden går frem av tabell 1.

Tabell 1. Karakteriserende data for Førdesfjorden med tilhørende nedbørfelt.

Lengde	ca.	20	km
Vannoverflate	"	21	km ²
Vannvolum	"	1 050	mill. m ³
Største dyp	"	176	m
Terskeldyp	"	42	m
Nedbørfelt (inkl. fjordens overfl.)	"	73	km ²
Midlere ferskvannstilførsel	"	3,4	m ³ /s
Midlere tidevannsvariasjon	"	30	cm
Tidevannsvolum	"	6,3	mill. m ³
Befolkning	"	1 400	
Hyttebebyggelse	"	130	

På begge sider av Førdesfjorden er bebyggelsen spredt. Innerst i Førdesvågen er den litt mer konsentrert. Totalt er bosettingen i

nedbørfeltet til fjorden ca. 1 400 personer. Dessuten finnes det en betongvarefabrikk, et sagbruk og en trevarefabrikk i området.

Målestasjonskart er vist i figur 1.

Dyp, areal og volum er fremstilt grafisk i figur 2.

2. MATERIALE

Beskrivelsen av de fysiske og kjemiske forhold baserer seg på observasjoner fra en befarung i juni 1970 og fem hovedtokt i juli og november 1971, februar, april (ekstratokt) og juni 1972. Følgende parametre er benyttet: temperatur, salinitet (saltholdighet), siktedyp, oksygen, pH, tørrstoff, gløderest, total fosfor, ortofosfat, total nitrogen og nitrat. Supplerende hydrografiske undersøkelser er utført av lokale medarbeidere i desember 1971, mars, mai og juli 1972.

Registrering av fastsittende alger og fremtredende arter av gruntvannsfauna ned til nedre grense for algevegetasjonen er gjort ultimo mai 1972. Lokalitетene er avmerket på figur 1.

3. FYSISKE FORHOLD

De fysiske observasjonene omfatter temperatur, salinitet og siktedyp. I programmet er det tatt inn to stasjoner, stasjon HG-1 innerst i fjorden ved Storholmen og stasjon JG-1 på høyde med Røksund. Førdesfjord har en naturlig forbindelse med Karmsundet, og stasjon MG-1 ved Ternholmen i Karmsundet er tatt med som referansestasjon.

Beskrivelsen av de hydrografiske observasjonene gjengis i det følgende tokt for tokt.

En grafisk fremstilling av det hydrografiske materiale er gitt i form av lengdesnitt av fjorden, figurene 3 - 18. Tallmaterialet er gjengitt i sin helhet i appendiks.

Det første toktet ble gjennomført 5/7 1971. Figur 3 for salinitet og figur 4 for tetthet viser et sammenhengende og stabilt bilde av

Førdesfjord helt ut til ytre områder. Vannmassene på begge sider av terskelen ved Fosnaholmen hadde ved denne situasjonen nær samme salinitet og tetthet i alle dyp.

Under toktet 17/11 1971 var det meget kraftig vind fra nord, kulde og snøvær. Dette vanskeliggjorde målearbeidet og skapte antakelig også spesielle situasjoner i det hydrografiske bildet. Det lot seg ikke gjøre å få gjennomført arbeidet på de tre stasjonene på samme dag. Stasjon MG-1 er derfor tatt fire dager senere enn de andre og kan ikke sees i sammenheng med disse.

Verdier for salinitet og tetthet er fremstilt i figur 5 og figur 6.

Målingene viser at vannmassene i fjorden var meget homogene. Saliniteten for alle dyp lå mellom 33 og 34‰. Temperaturene lå mellom 9 og 10,5 °C. Årsaken må være at den nordlige vinden hadde drevet vannmassene i øvre lag ut av fjorden. Disse var så blitt erstattet av saltere og kaldere vann fra dypere lag. De lave tetthetene i området fra 15 m til 40 m på stasjon JG-1 kan ikke uten videre forklares.

Ved toktet 10/12 1971 har en ikke stasjon MG-1 i Karmsundet som referanse. Figurene for salinitet og tetthet, figur 7 og figur 8, viser situasjonen. Overflatesaliniteten ved stasjon HG-1 var noe høyere enn ved stasjon JG-1 ved Kroksund. Det hadde blåst bris fra nord, og dette hadde trolig resultert i øket transport av det brakke overflatevannet utover fjorden, kompensert med en motsatt rettet strøm av saltere vann i dypere lag. Under overflatelaget var forholdene relativt stabile.

Målingene ved toktet 28/2 1972 viser en stabil situasjon. En hadde tilnærmet samme salinitet og tetthet i overflaten utover fjorden. De øverste trede metere av vannmassen hadde gjennom-gående lavere salinitet og tetthet enn ved forrige tokt (se figur 9 og figur 10). Dette indikerer at det har vært en vannutskiftning.

Av praktiske grunner er stasjon MG-1 tatt 4 døgn senere enn de andre stasjonene ved toktet 18/3 1972. Resultatene er tegnet opp på figur 11 og figur 12, men en kan ikke se dem som samtidige med resultatene for

stasjon HG-1 og stasjon JG-1. Vannmassene i Førdesfjorden var stabile, men de øverste vannmassene hadde fremdeles nedsatt salinitet i forhold til de første tokt. Resultatene fra stasjon MG-1 22. mars, viser en meget kald vannmasse under ca. 15 m. Det er rimelig å anta at forholdene på stasjon MG-1 hadde endret seg siden 18. mars.

Fra toktet foreligger det observasjoner fra stasjon HG-1 og stasjon JG-1. Stasjon MG-1 ble først tatt 4. mars. Resultatene av salinitet og tetthet er fremstilt i figurene 13 og 14. De viser en ustabil situasjon for vannmassene. Saliniteten var høyere i overflaten innerst i fjorden, $32,2 \text{ ‰}$, enn lengre ute, $31,1 \text{ ‰}$. Disse forholdene kan ikke uten videre forklares, men viser at det var god bevegelse i vannmassene.

Ved toktet 29/5 - 30/5 1972 ble observasjonene fra stasjon MG-1 tatt dagen før de andre, men de relativt rolige værforholdene gir grunn til å anta at de kan betraktes i sammenheng. En ser av figur 15 og figur 16 for henholdsvis salinitet og tetthet at endringene var små utover fjorden. Dette tyder på god forbindelse mellom de enkelte deler av området.

For toktet 15/7 1972 er det en tidsforskjell på to dager mellom observasjonene fra selve fjorden og fra stasjon MG-1 i Karmsundet.

Resultatene er fremstilt i figur 17 og figur 18.

Resultatene for stasjon JG-1 og stasjon MG-1 bør ikke ses i sammenheng

For øvrig ser situasjonen relativt stabil ut. Det er en viss helning på isolinjene innover fjorden, og dette tyder på bevegelser i vannmassene.

Siktedypsverdiene for alle toktene er gjengitt nedenfor i tabell 2.

Tabell 2. Siktdyp. Førdesfjord.

Stasjon Dato	MG-1	JG-1	HG-1
5/7 1971	11,5	10,0	9,5
17/11 1971		12,0	13,0
10/12 1971		17,0	18,0
28/2 1972	11,0	9,0	7,5
18/3 1972	9,5	12,0	14,0
29/4 1972		12,0	15,0
30/5 1972		10,0	9,5
15/7 1972		17,0	22,0

Av siktedypsverdiene ser man at det er små variasjoner fra stasjon til stasjon. Dette tyder igjen på en fjord med homogene vannmasser. Forskjellene i siktedyp fra årstid til årstid skyldes naturlige fluktuasjoner. De laveste verdier er funnet 28/2 1972. Dette kan skyldes våroppblomstringen av planteplankton, som oftest når et maksimum på den tiden, og en øket ferskvannstilrenning (jfr. salinitetsverdiene). Økningen i siktedyp, som er funnet senhøstes og om vinteren, er et vanlig fenomen. Årsaken er som oftest en nedsatt ferskvannstilrenning og en meget redusert planktonproduksjon. De høye verdiene som er funnet i juli 1972, indikerer ekstremt klart vann. Således inneholdt vannet minimale partikkelmengder (seston). Situasjonen er bemerkelsesverdig, men kan ikke forklares ut fra det øvrige observasjonsmaterialet.

Beskrivelsen av de fysiske forhold ved observasjonstoktene i Førdesfjorden synes å vise at vannmassene i hele fjorden står i god forbindelse med de utenforliggende kystvannmasser. Terskelen som fjorden har ved Fosnaholmen ser ikke ut til å hindre utskiftningen av bunnvannet innenfor. Det er store vannmasser som står til disposisjon i det sørlige Karmsundet, og så dype og vide som munningene av fjorden er ved både Austdjuvet og Bokneflæet, hindres ikke vanntransporten gjennom disse. Det er grunn til å tro at tidevannet og vindkrefter har den avgjørende innflytelse på vanntransporten. Tidevannet dempes ikke

nevneverdig innover den åpne fjorden, så en kan regne med en tidevannsvariasjon på ca. 30 cm som gir et tidevannsvolum på 6,3 mill. m³. De dominerende vindretninger gjennom året er i nord-syd retning. Fjordens orientering i samme retning tyder på at vinden er en viktig faktor for vannutvekslingen. Overflateverdiene for salinitet og tetthet viser stort sett høye verdier. Dette kan tyde på en relativt sparsom ferskvannstilrenning til indre fjord, og at ferskvannet blir hurtig oppblandet og ført ut.

I figur 19 er det fremstilt tetthetsprofiler for stasjon HG-1 innerst i fjorden. Her ser en at lagdelingen varierte gjennom året. Høst-, vinter og vårsituasjonene ga liten lagdeling i den undersøkte periode. Sommersituasjonen derimot viste tendenser til lagdeling. De var ikke så utpregede som i noen av de andre fjordene i undersøkelsesområdet på grunn av den relativt høye tettheten i overflatelaget. For stasjon JG-1 vises tetthetsprofiler i figur 20.

4. KJEMISKE FORHOLD

Det er gjennomført fire tokt, hvor prøvetaking for hydrokjemiske analyser er utført. Tallmaterialet er gjengitt i appendiks. Etter at det ble klart at innholdet av partikulært materiale var minimalt, ble det senere bare analysert på tørrstoff og gløderest i prøvene fra 1 m dyp.

Figurene 21-23 viser oksygenforholdene i Førdesfjorden ved tre forskjellige årstider. Oksygenkonsentrasjonene var normale og tilfredsstillende i alle dyp ved alle toktene og tyder på god vannutskiftning. Det vil nesten alltid kunne observeres en økning av både fosfor og nitrogen med dypet i resipienter der vannet har en tendens til å stagnere. Konsentrasjoner av nitrogen og fosfor kan da bli en indikator på utskiftning av slikt stagnerende vann. Verdiene for fosfor og nitrogen tyder på liten akkumulering i bunnlagene og bekrefter dermed god vannutskiftning i fjorden. Konsentrasjonene av næringssaltene viste vanlige verdier for norske kystfarvann, med unntak av en ekstremverdi, total nitrogen (JG-1, 5/7 1971). Denne beror sannsynligvis på en analysefeil.

5. BIOLOGISKE FORHOLD

Det er her utført biologiske undersøkelser på to lokaliteter (se figur 1). På den indre stasjonen, B-5, på nordsiden av Storholmen innerst i fjorden, var det fjell og storsteinet bunn ned til ca. 1,5 m, deretter løst dytt. Det fremgår av figur 24 at det var en normal algesonasjon ned til bløtbunnens begynnelse, med *Chorda filum* (vanlig martaum) *Laminaria saccharina* (sukkertare) og *Desmarestia aculeata* (stivt kjerringhår) som de nederste arter i det sammenhengende algesamfunn. På dypere vann fantes algene mest som løsrevne bestander, men det fantes spredte eksemplarer ned til 20 m *Laminaria hyperborea* og dessuten flekkvis forekomst av den skorpedannende rødalgen *Lithothamnion tenormandi* (slett rugl). Av dyr ble det observert en del eremittkreps, *Echinus acutus* (sjøgiggsvin) og tunikater.

Den andre lokaliteten, st. B-6, ligger omtrent midtfjords på østsiden av den største av Høieholmene. Nærmest land var det forholdsvis sterkt skrånende fjellgrunn, siden (fra ca. 9 m) noe mindre bratt med skjellsand og store steiner. På figur 25 er det tegnet en profil over algesonasjonen på st. B-6. Algevegetasjonen i fjæra var relativt sparsom, med spredte eksemplarer av *Ascophyllum nodosum* (grisetang) øverst, og for øvrig en del av de vanlige artene *Cladophora rupestris* (grønndusk), *Corallina officinalis*, *Ectocarpus* sp. o.a. Under 2 m var det store bestander av brunalgen *Dictyosiphon foeniculaceus*, mens det for øvrig bare var spredte forekomster av bl.a. *Codium* (pollpryd) ned til 9 m. På større dyp (13-18 m) fantes fåtallige eksemplarer av sukkertare, sammen med enkelte rødalger *Cruoria*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Phycodrys* og brunalgen *Desmarestia aculeata* (stivt kjerringhår). Av stortare ble det funnet noen få på 20 m dyp, mens isolerte eksemplarer av rødalger dannet nedre grense for algevekst på 23 m. Av dette fremgår at lysforholdene i gjennomsnitt må være gode, og at de små algeforekomster på dypere vann kan tilskrives bunnforholdene.

6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I De hydrografiske undersøkelser har vist at det er god utskiftning av vannmassene i Førdesfjorden. Det er liten utpreget lagdeling, og tidevannet blir ikke dempet inne i fjorden.

II Hverken for vannkvalitetens eller gruntvannssamfunnenes vedkommende er det påvist forurensningsvirkninger. Således synes de fastsittende algesamfunn å være normale for det aktuelle området.

III De registrerte konsentrasjonene av plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen har i Førdesfjorden stort sett ligget innenfor upåvirket kystvanns normale variasjonsområde. I flere tilfeller er det i overflatelaget observert konsentrasjoner som vil virke begrensende på veksten av planktonalger.

IV På grunn av den gode vannutvekslingen, vil fjorden kunne egne seg som resipient for moderate utslipp.

LJA

5.12.1973

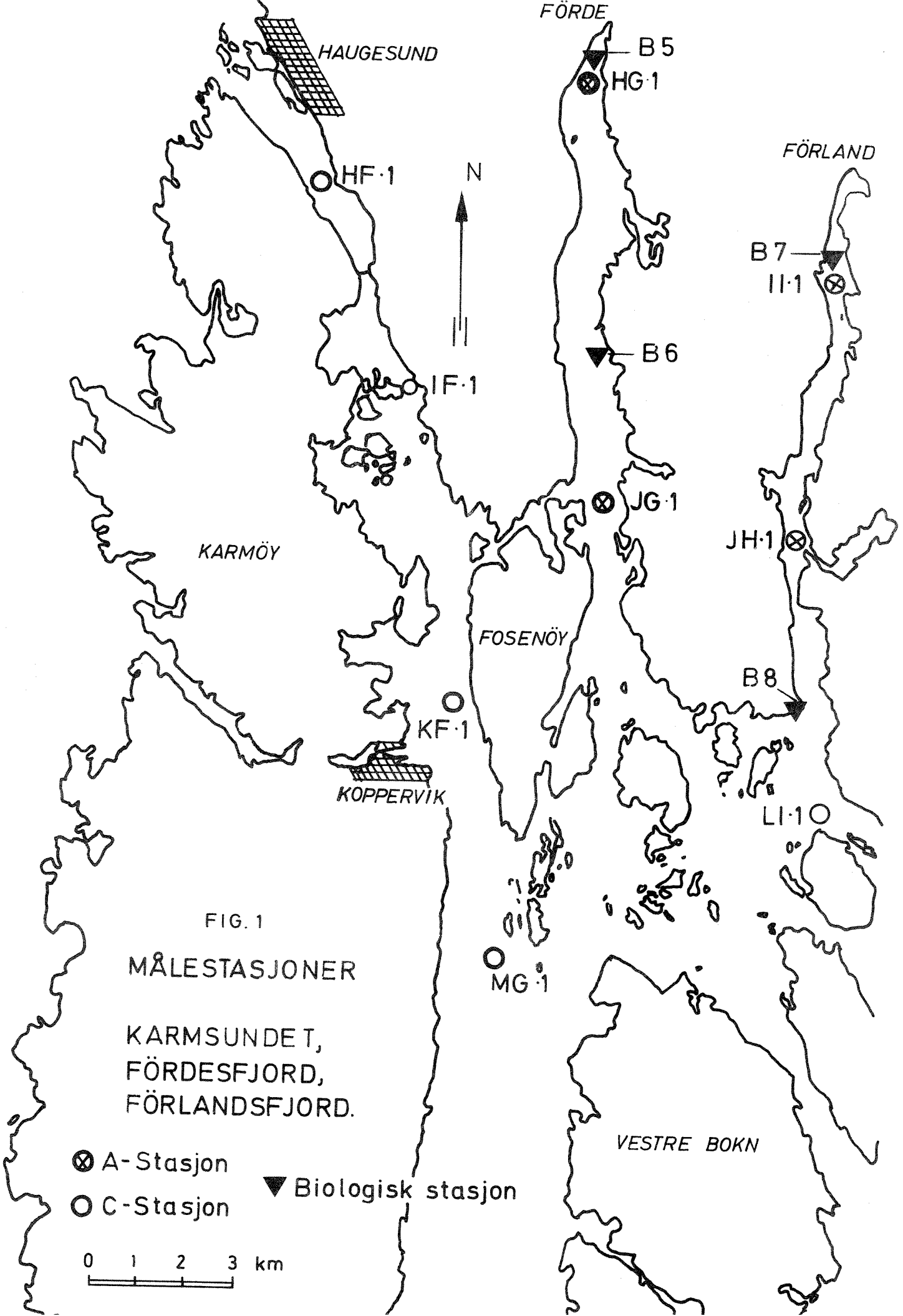


Fig. 2

Dybde, areal og volum i Fördesfjorden

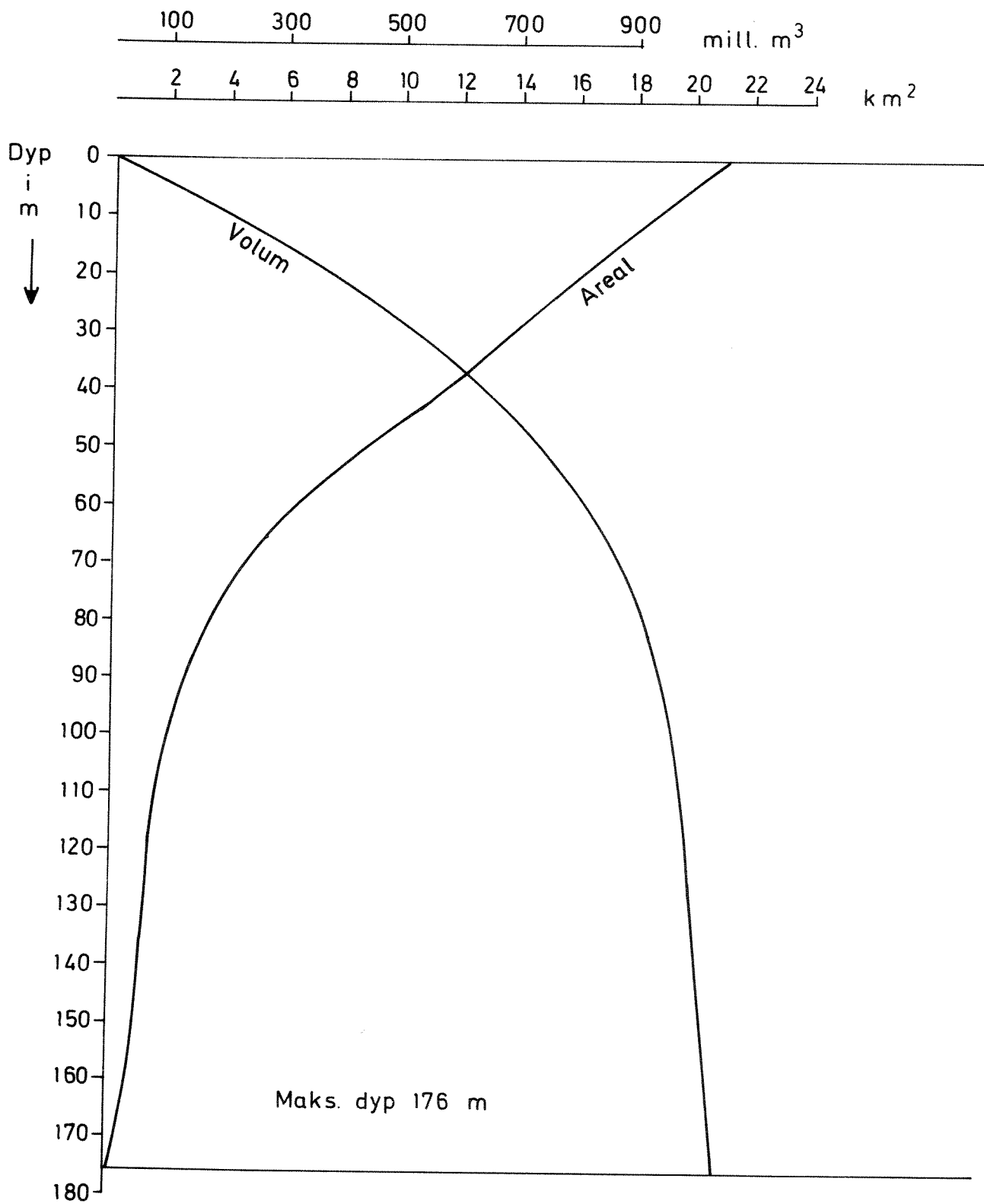


Fig. 3 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 5.7.1971

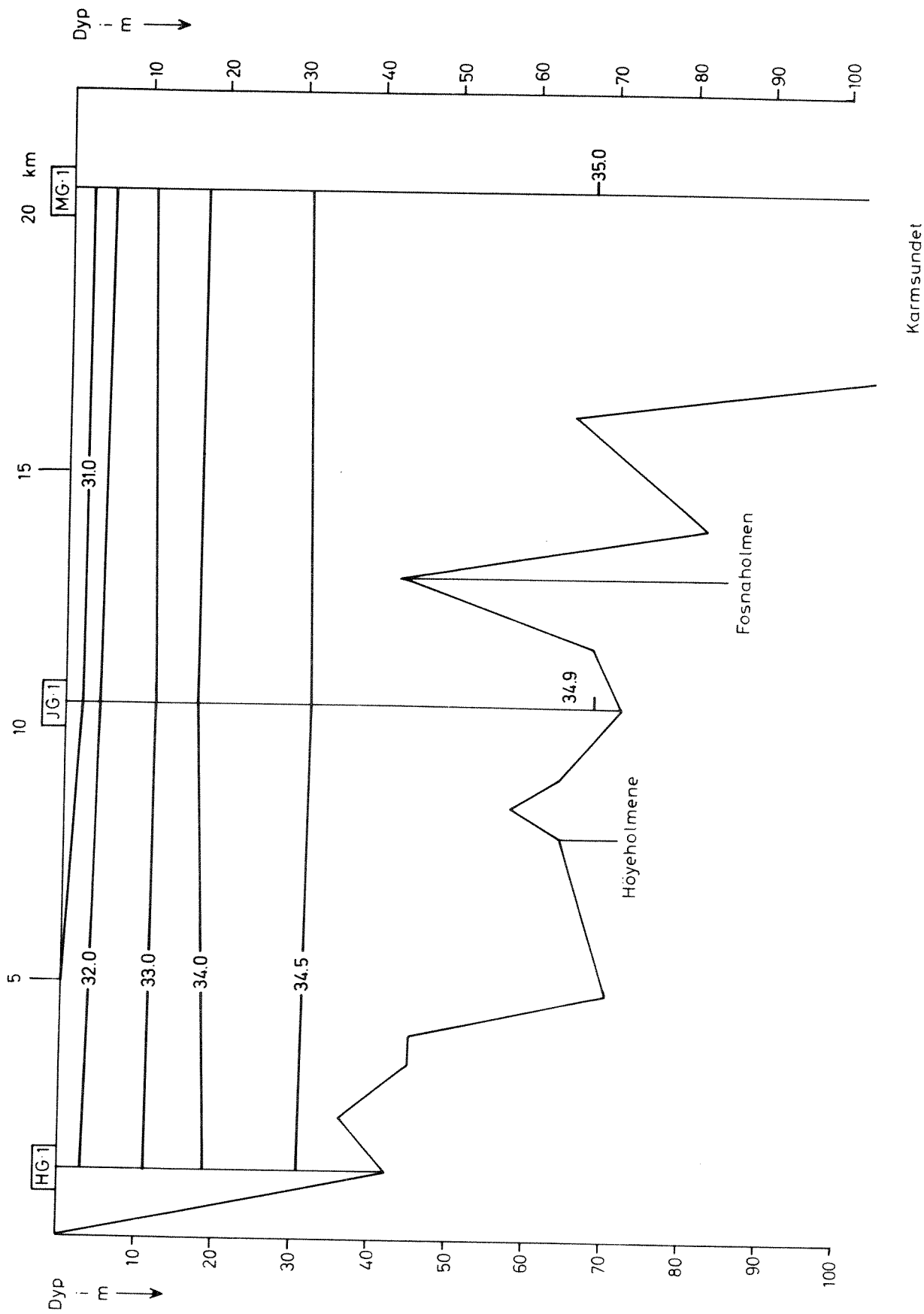


Fig. 5 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 17.11, 21.11. 1971

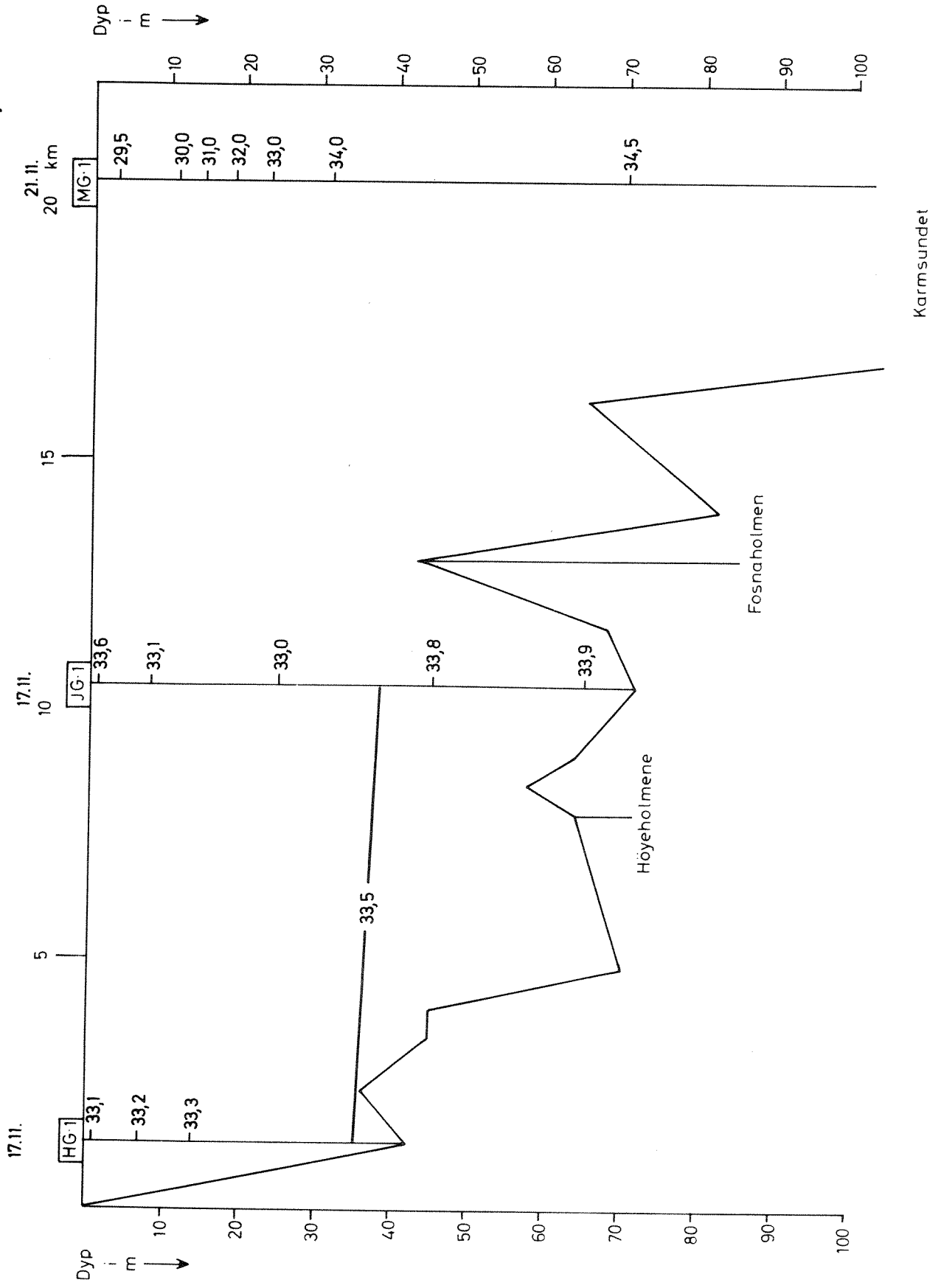


Fig. 6 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt: Tetthet 17.11, 21.11. 1971

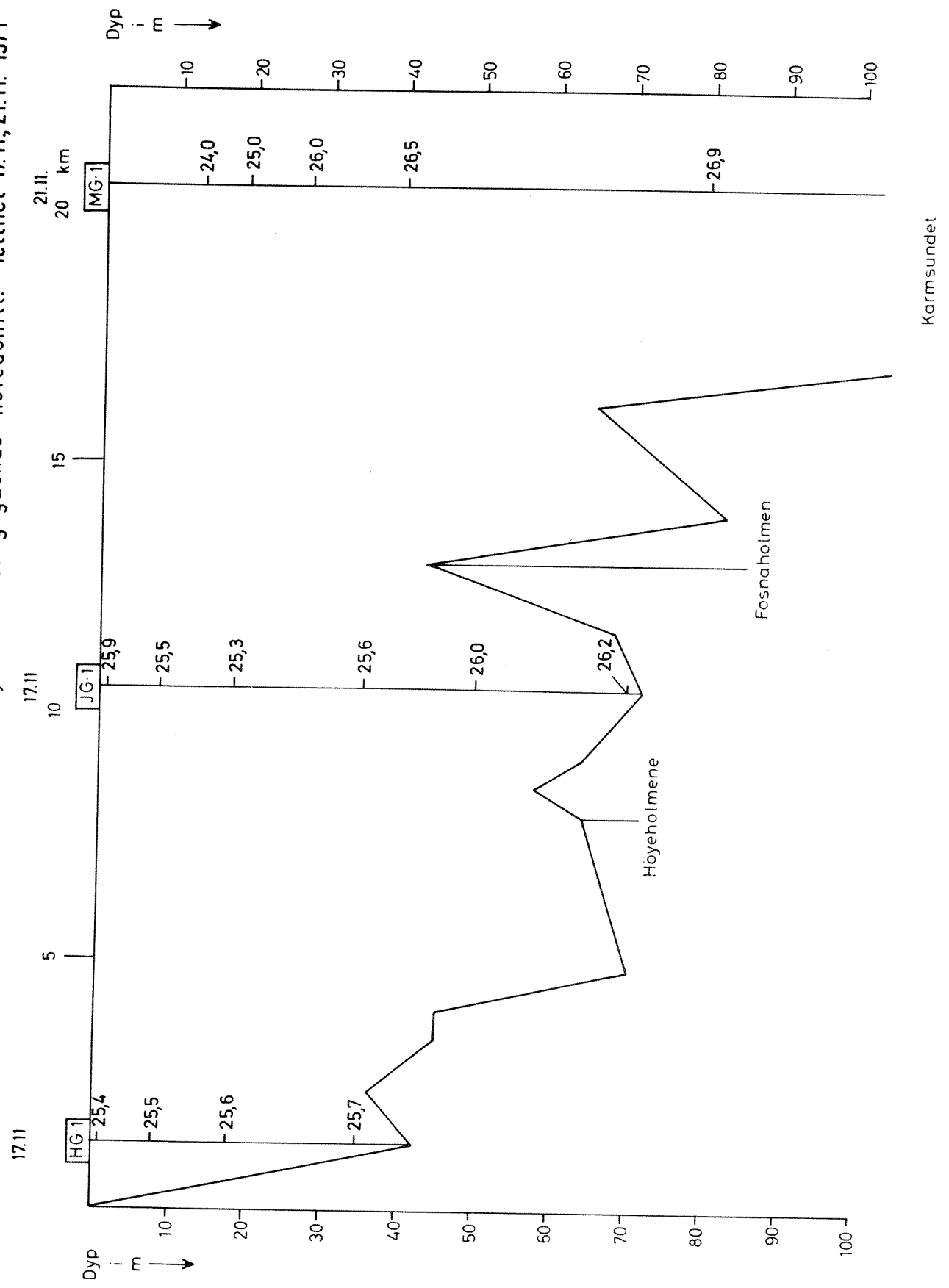


Fig. 7 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 10.12.1971

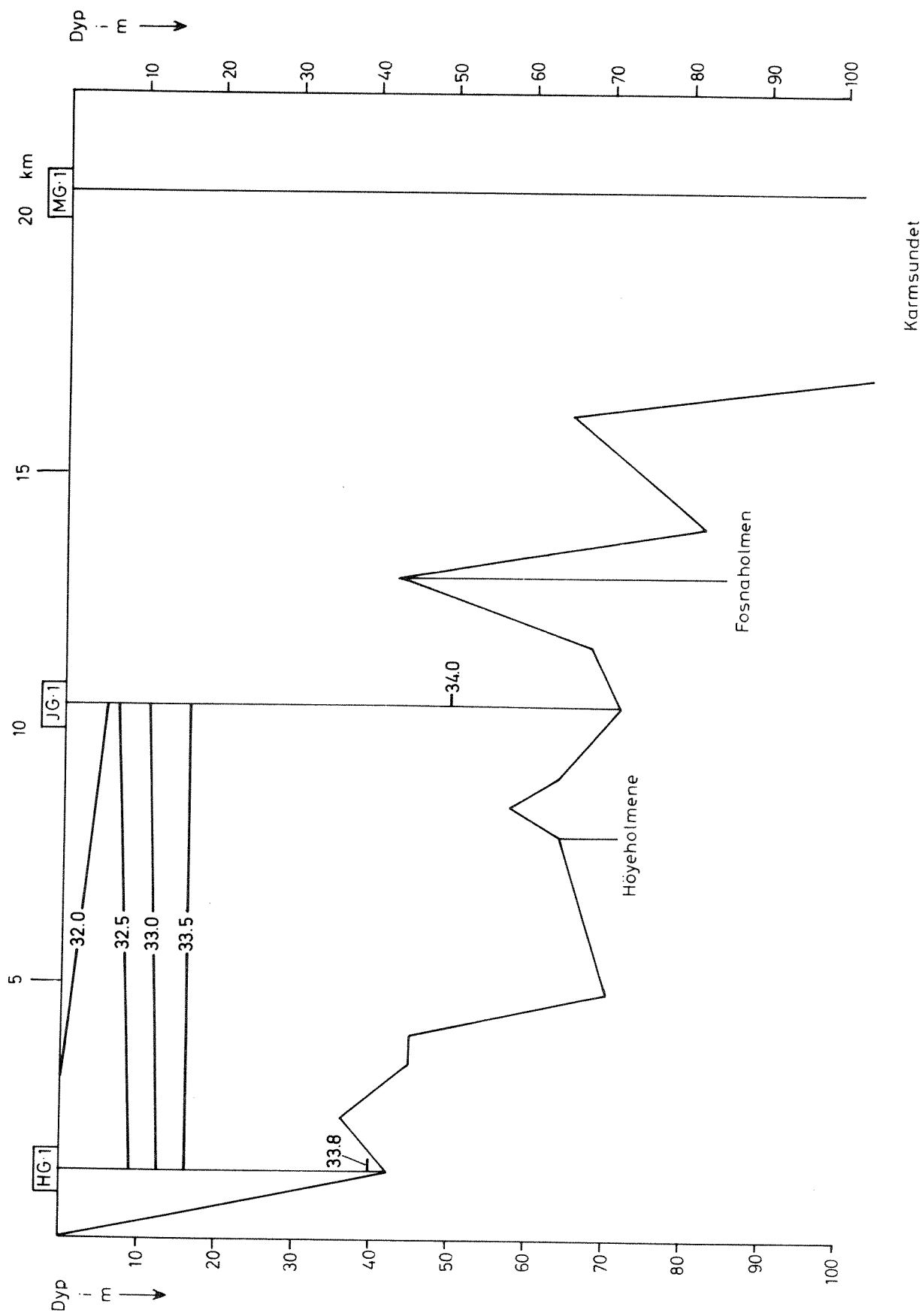


Fig. 8 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 10.12. 1971

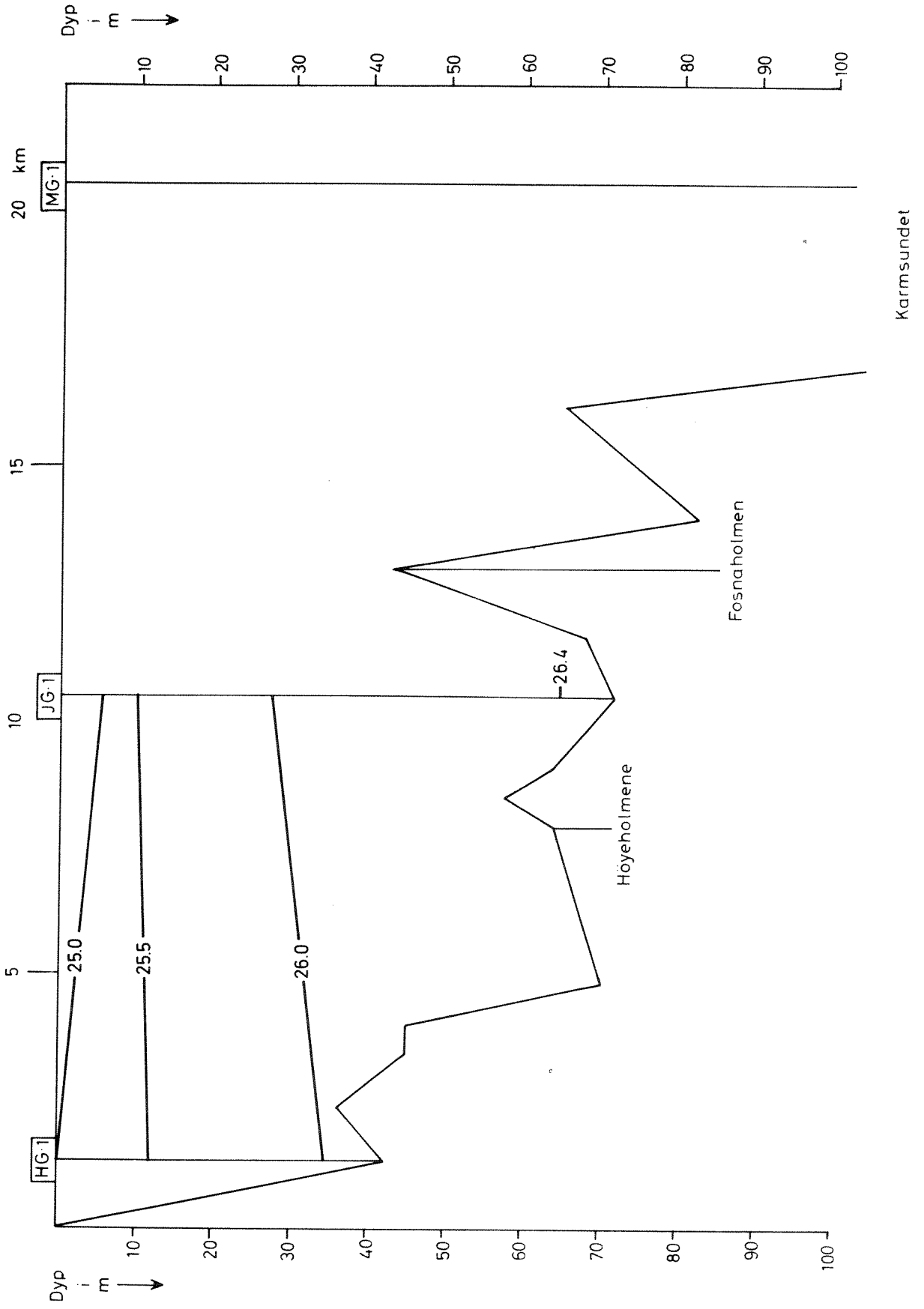


Fig. 9 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 28.2. 1972

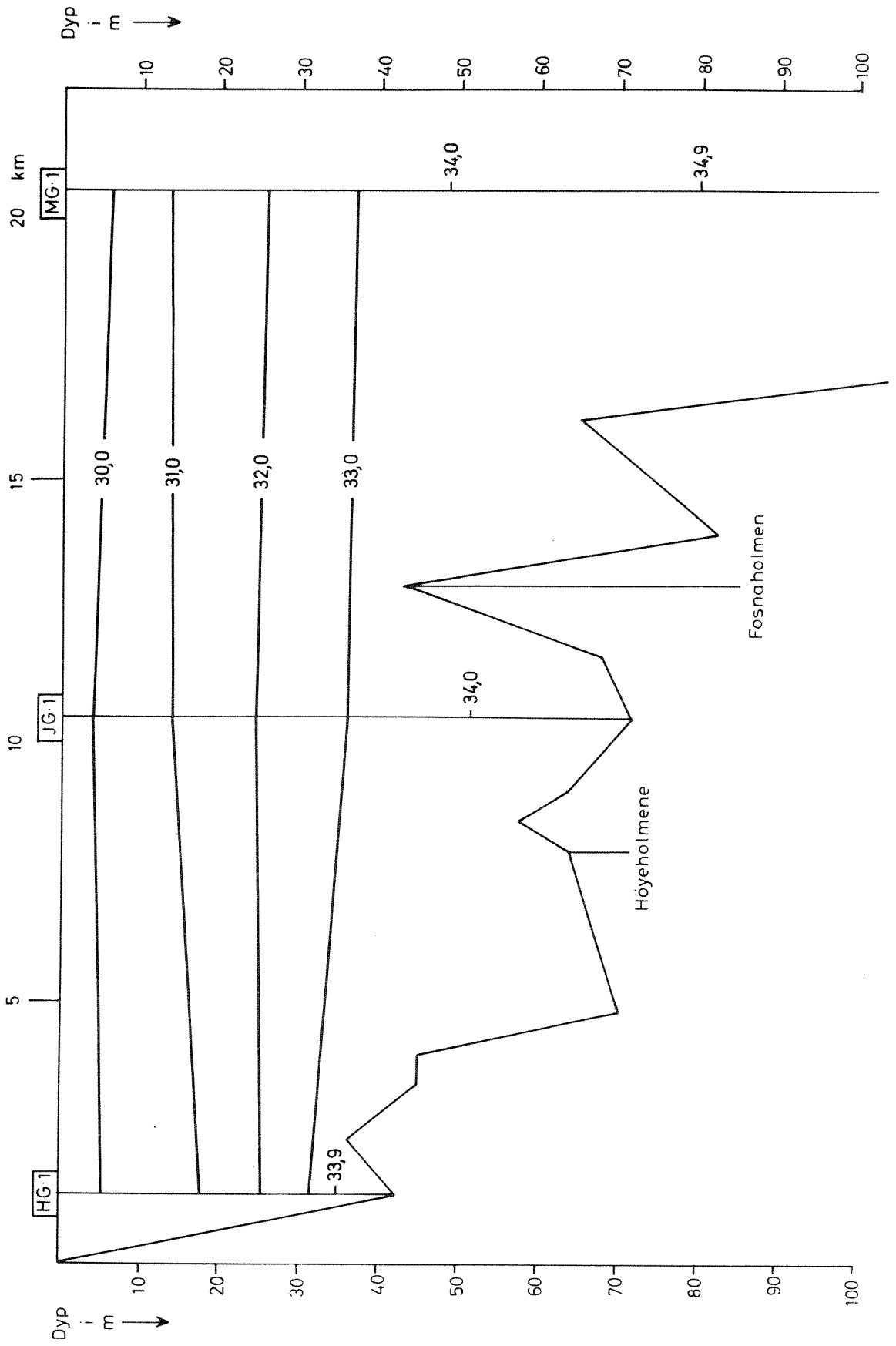


Fig. 10 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 28.2. 1972

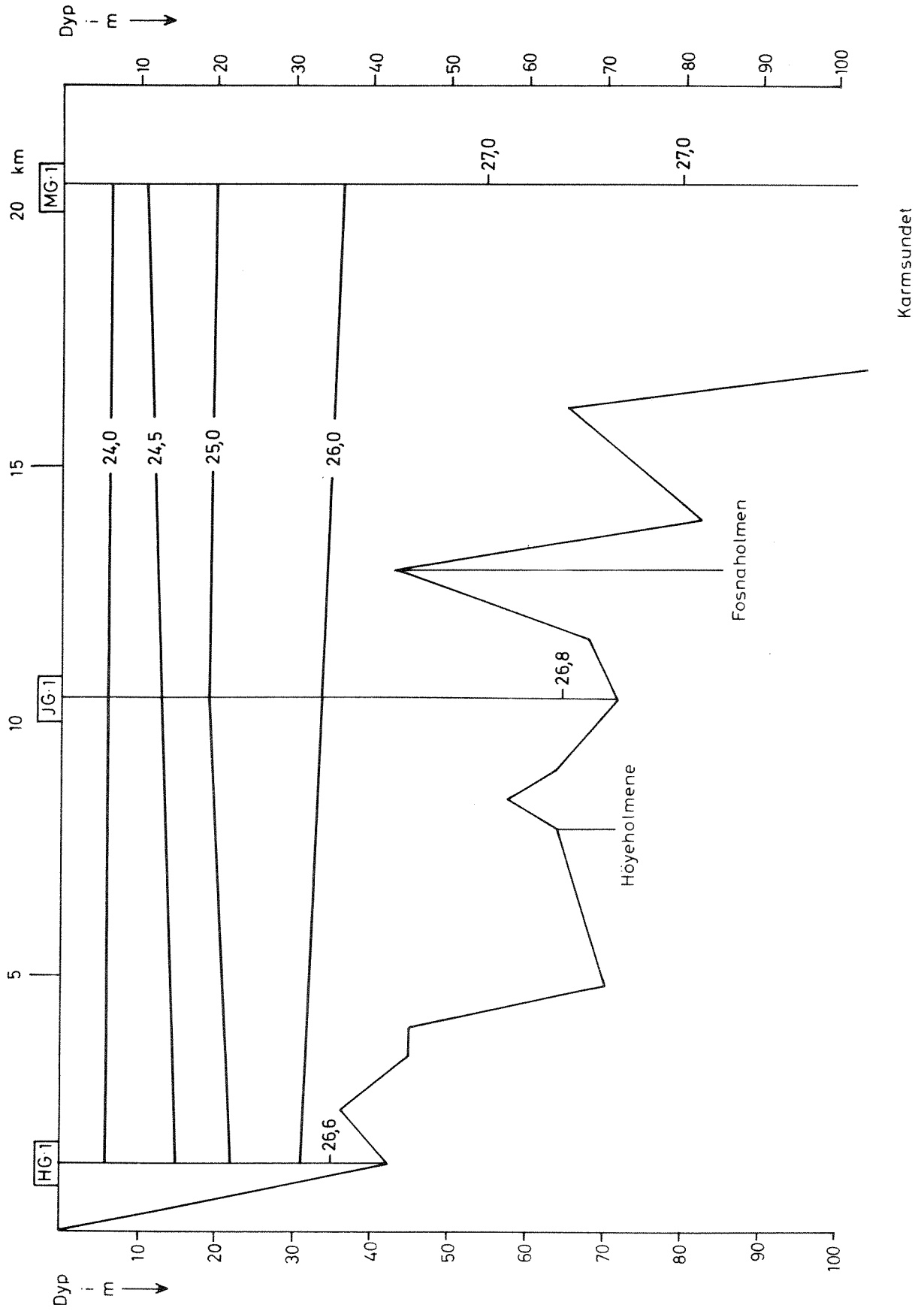


Fig. 11 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 18.3., 22.3.1972

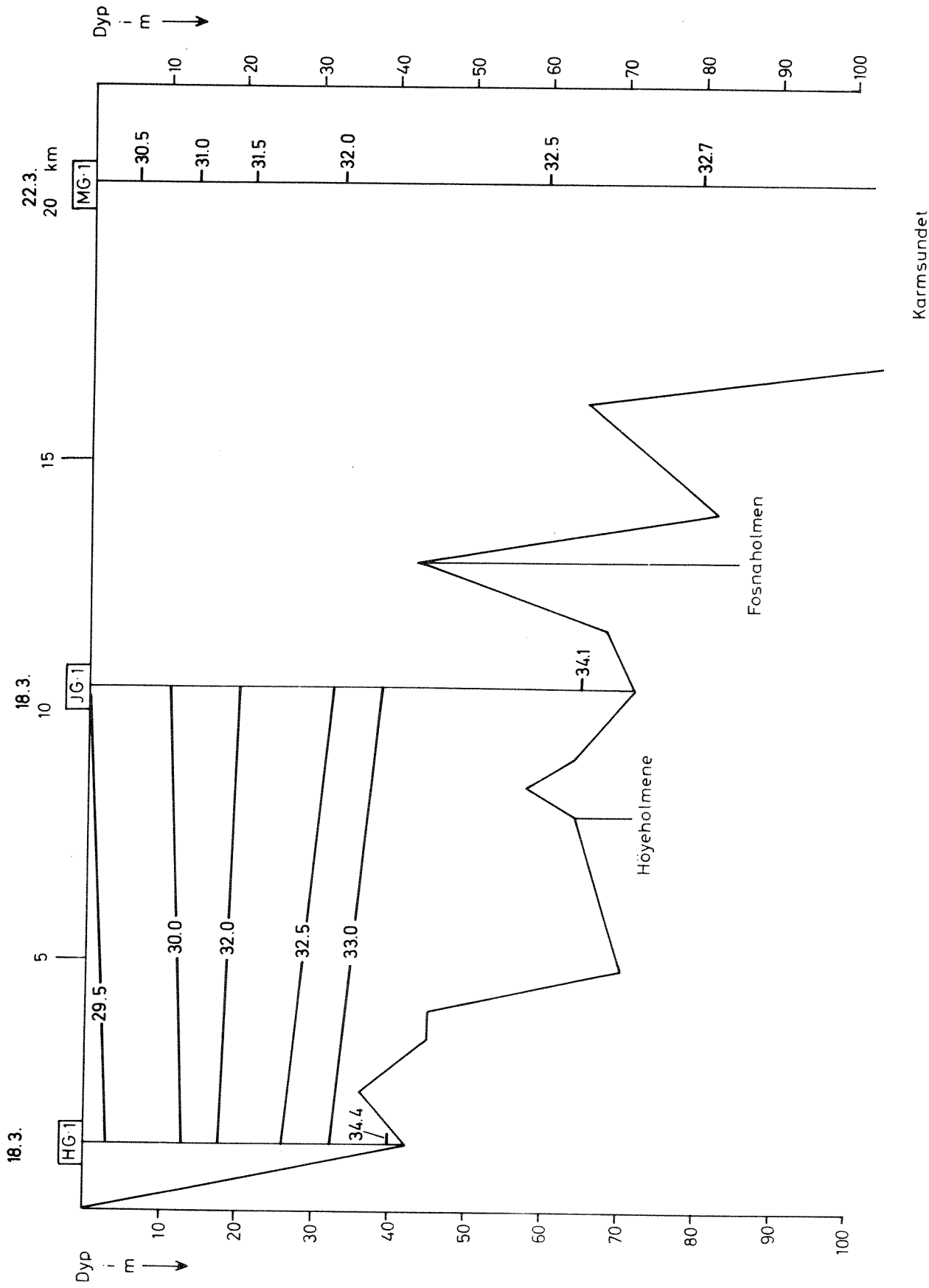


Fig. 12 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 18.3., 22.3. 1972

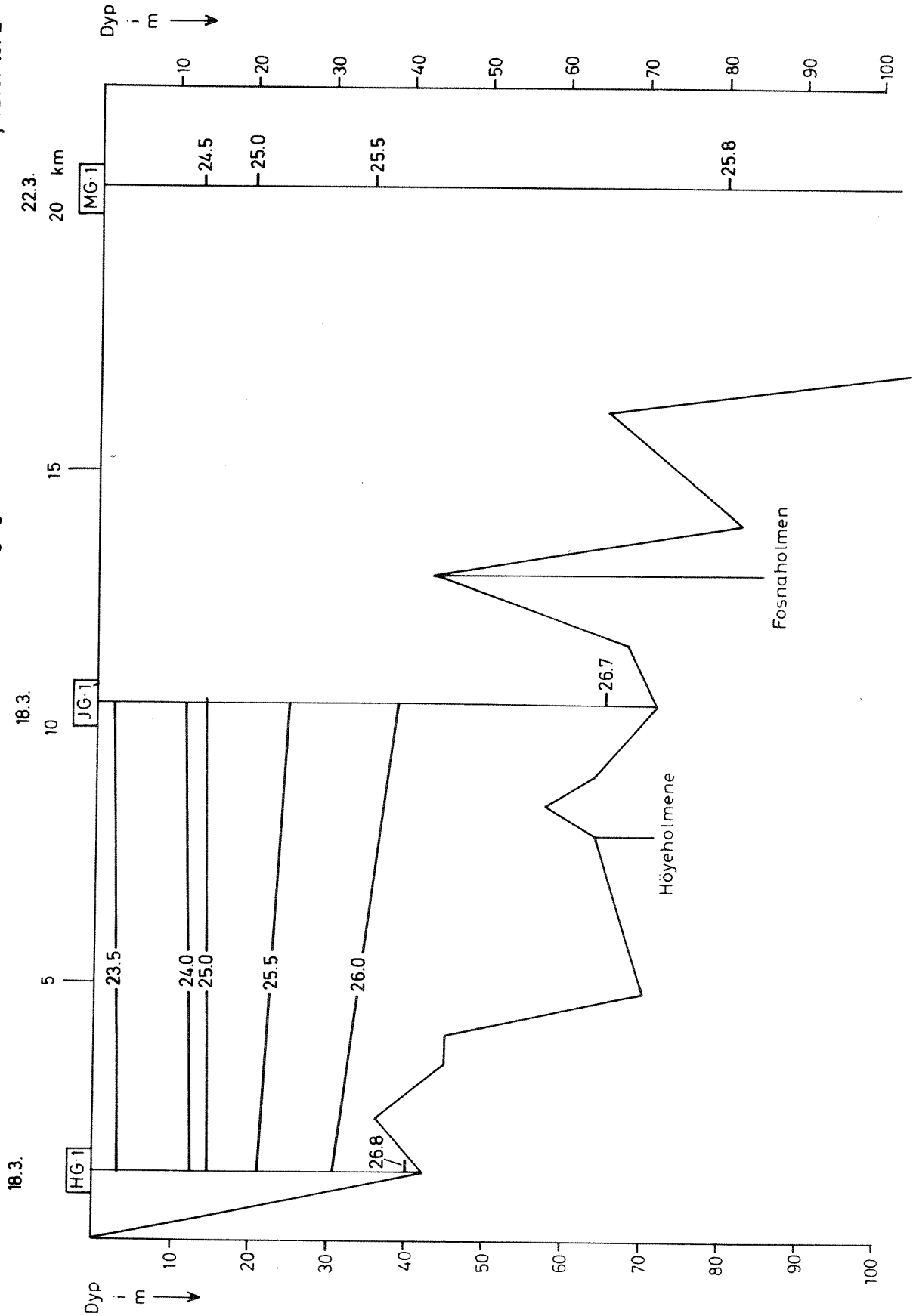


Fig. 13 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 29.4. 1972

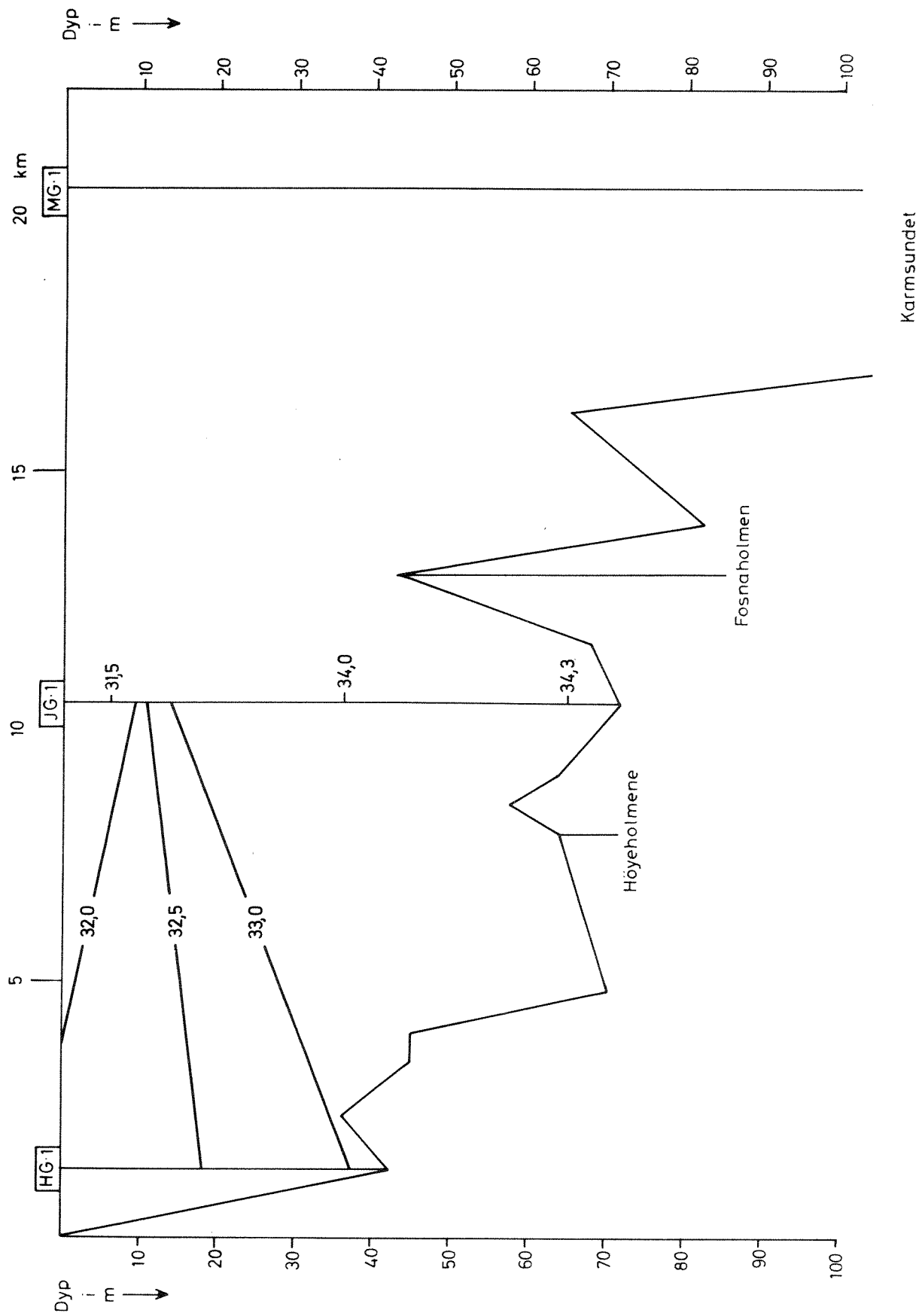


Fig. 14 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 29.4. 1972

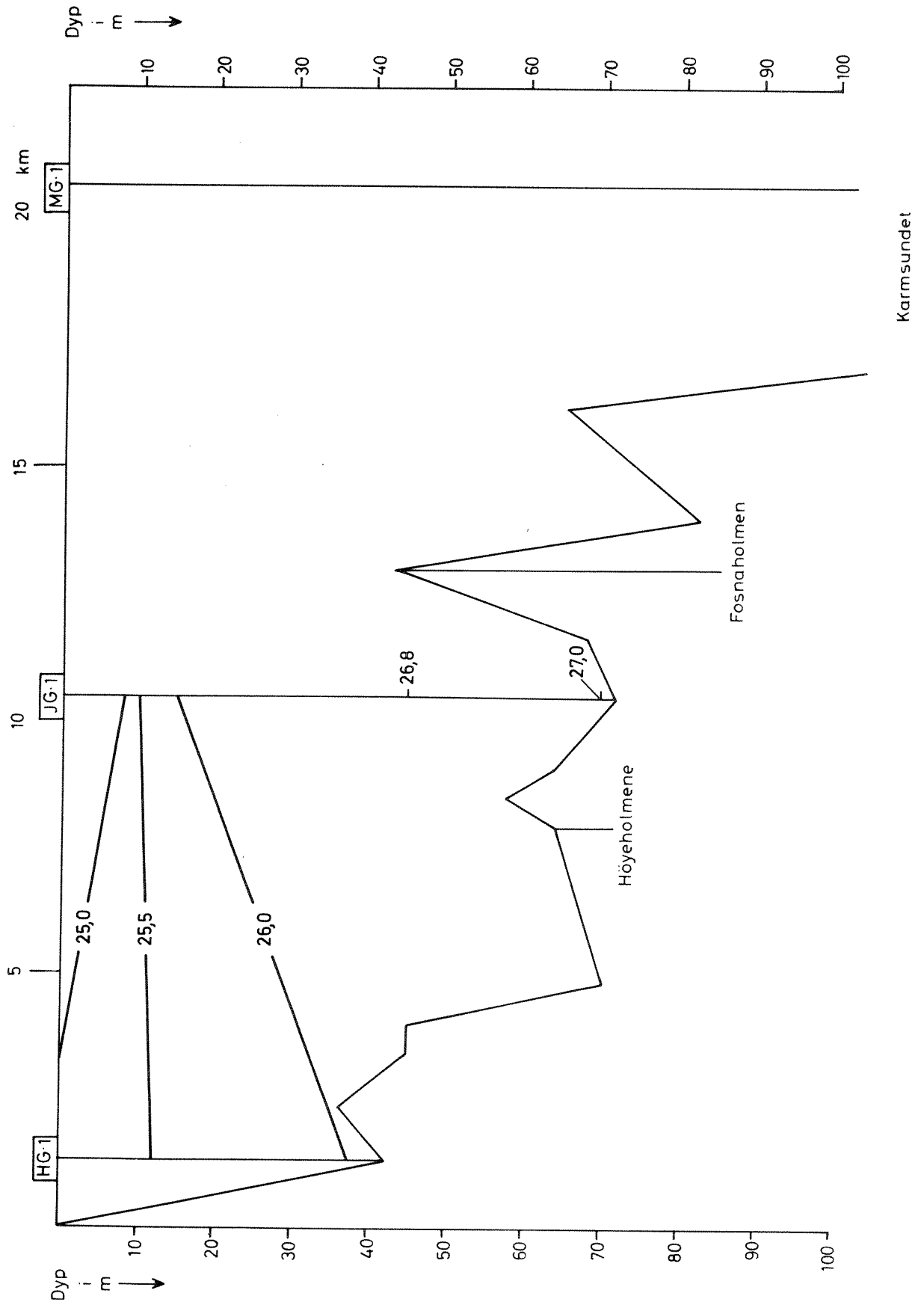


Fig. 15 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 29.5., 30.5. 1972

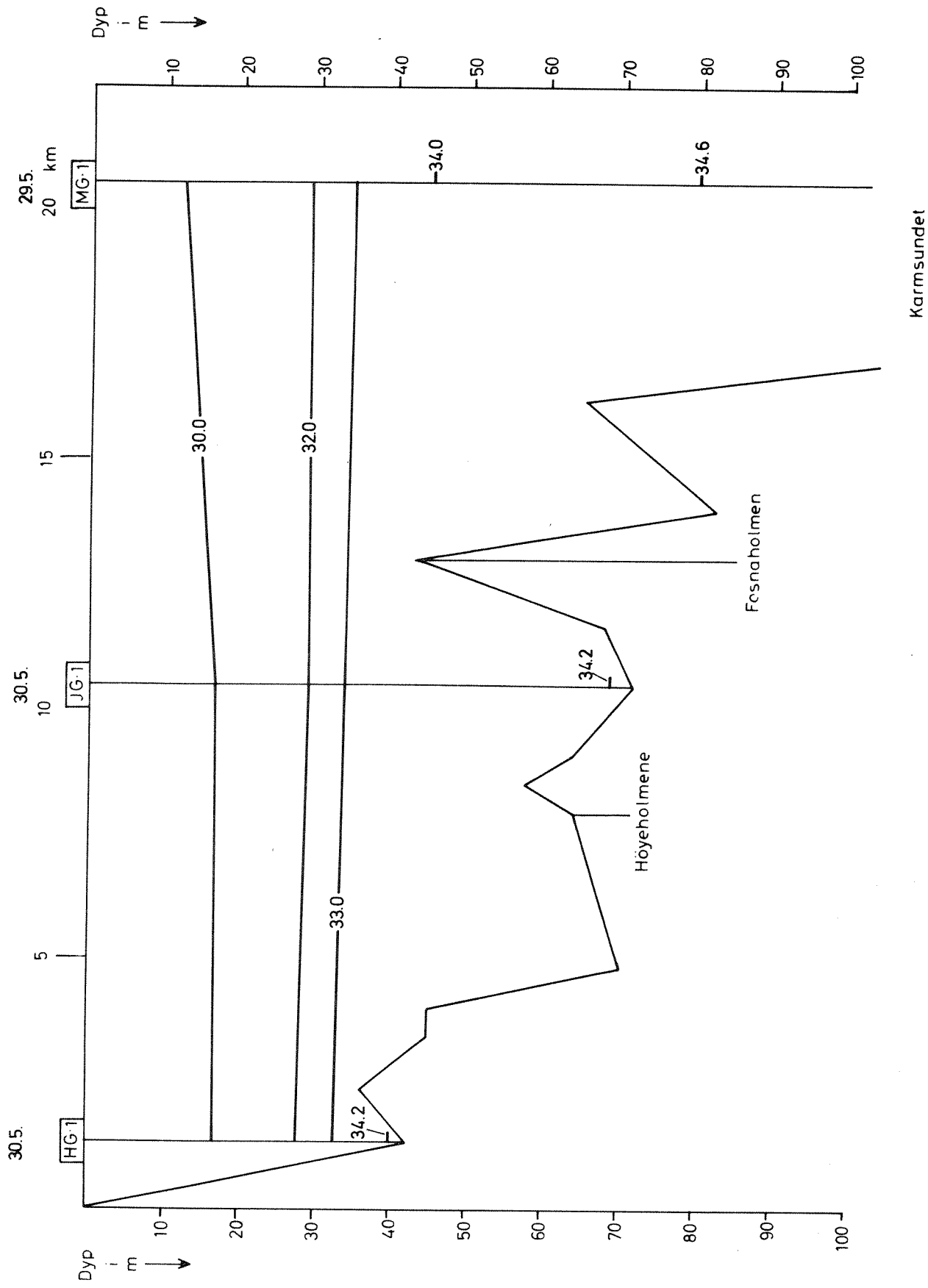
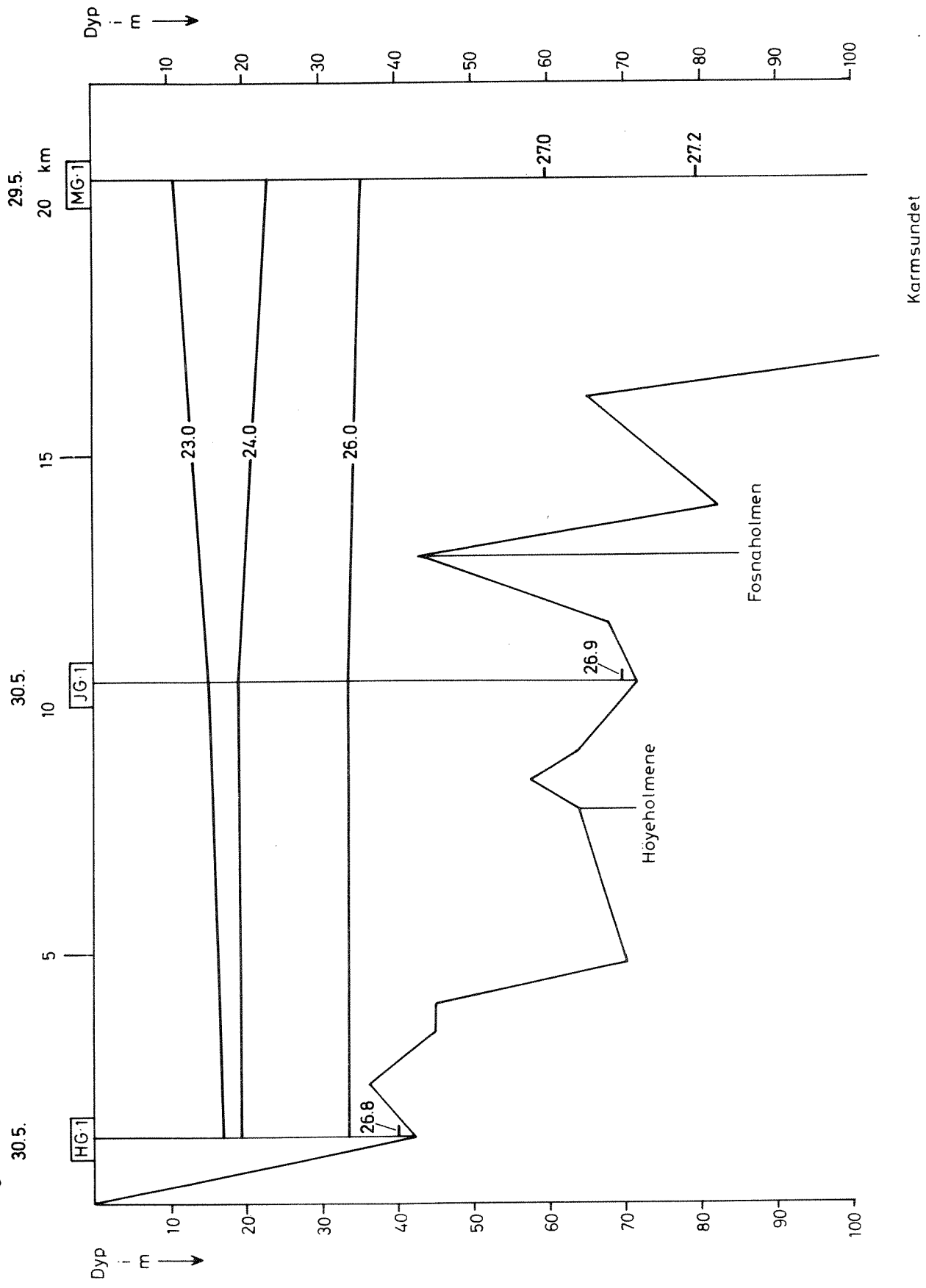


Fig. 16 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 29.5., 30.5. 1972



Karmsundet

Fig. 17 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 15.7., 17.7. 1972

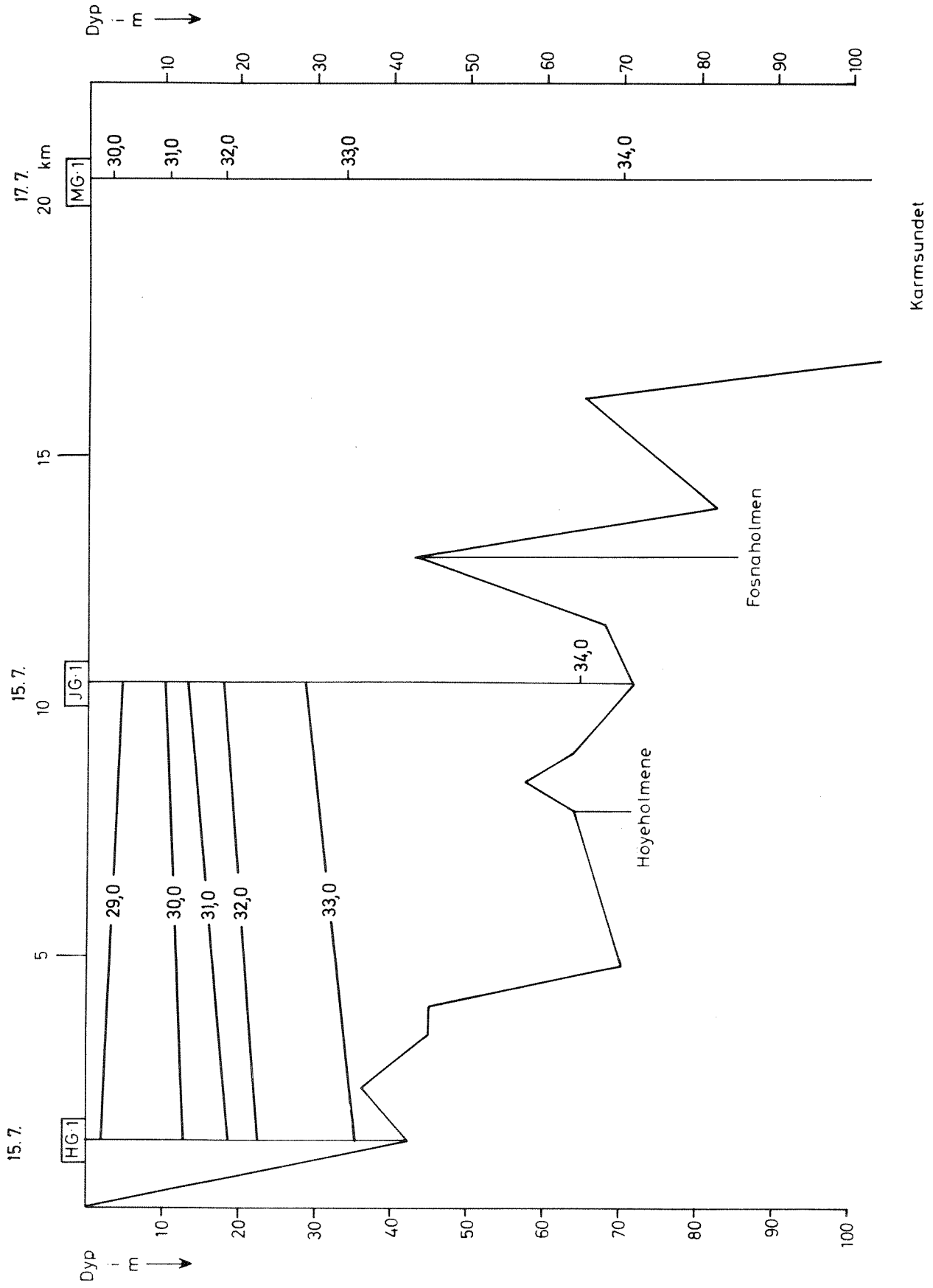
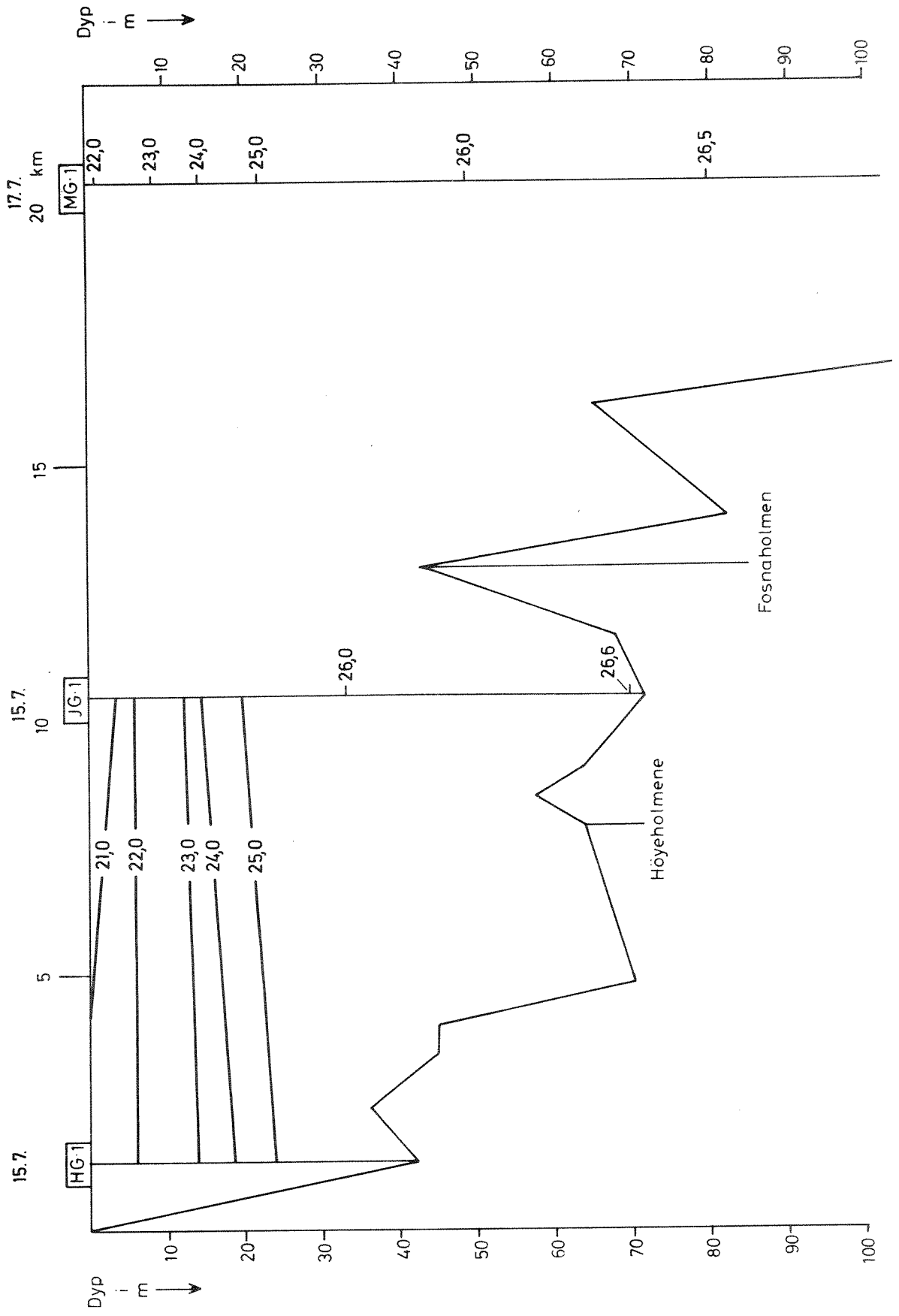


Fig. 18 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 15.7., 17.7. 1972



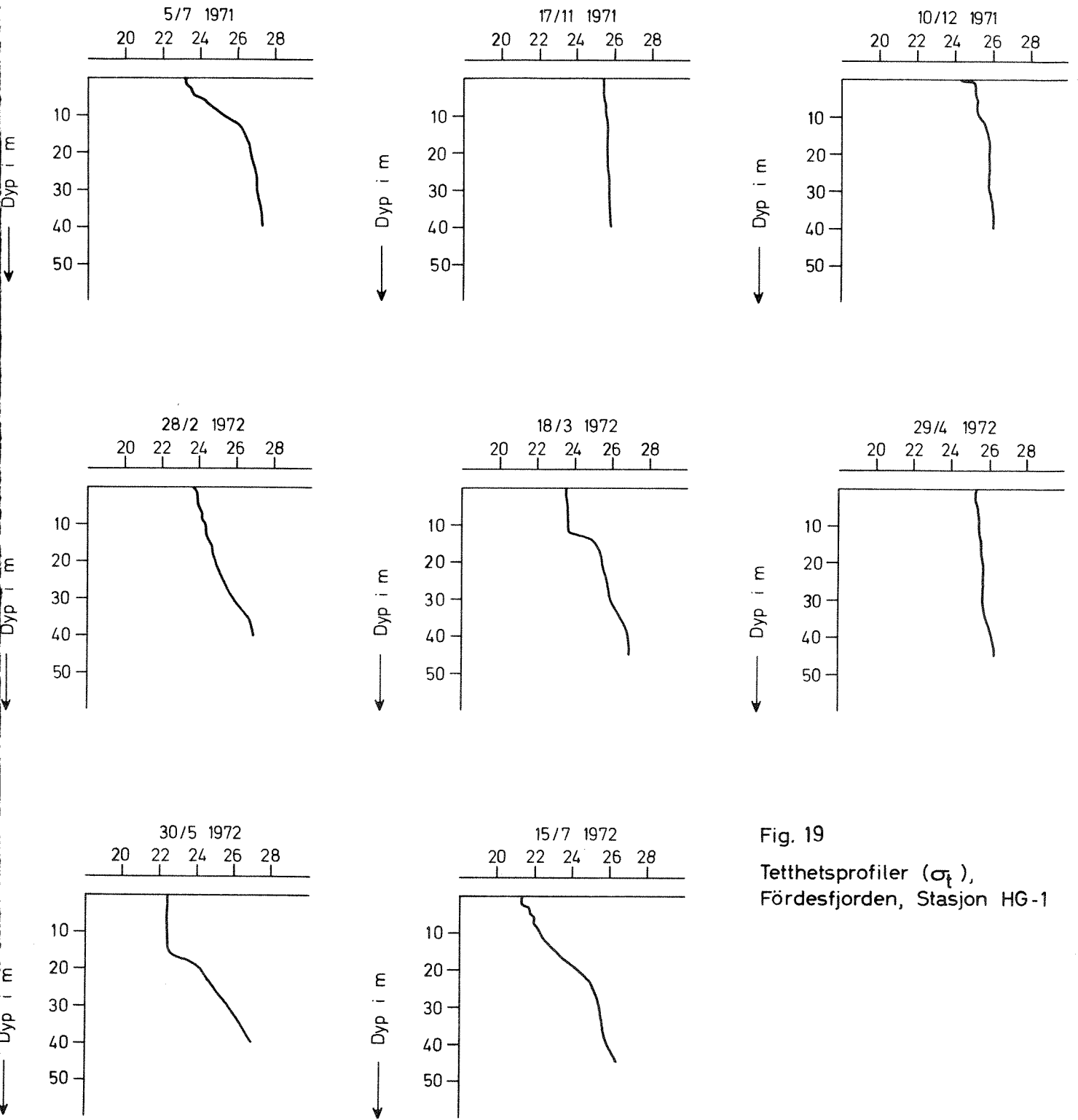


Fig. 19
 Tetthetsprofiler (σ_t),
 Fördesfjorden, Stasjon HG-1

Fig. 20 Tetthetsprofiler (σ_t) Fördesfjorden Stasjon JG-1

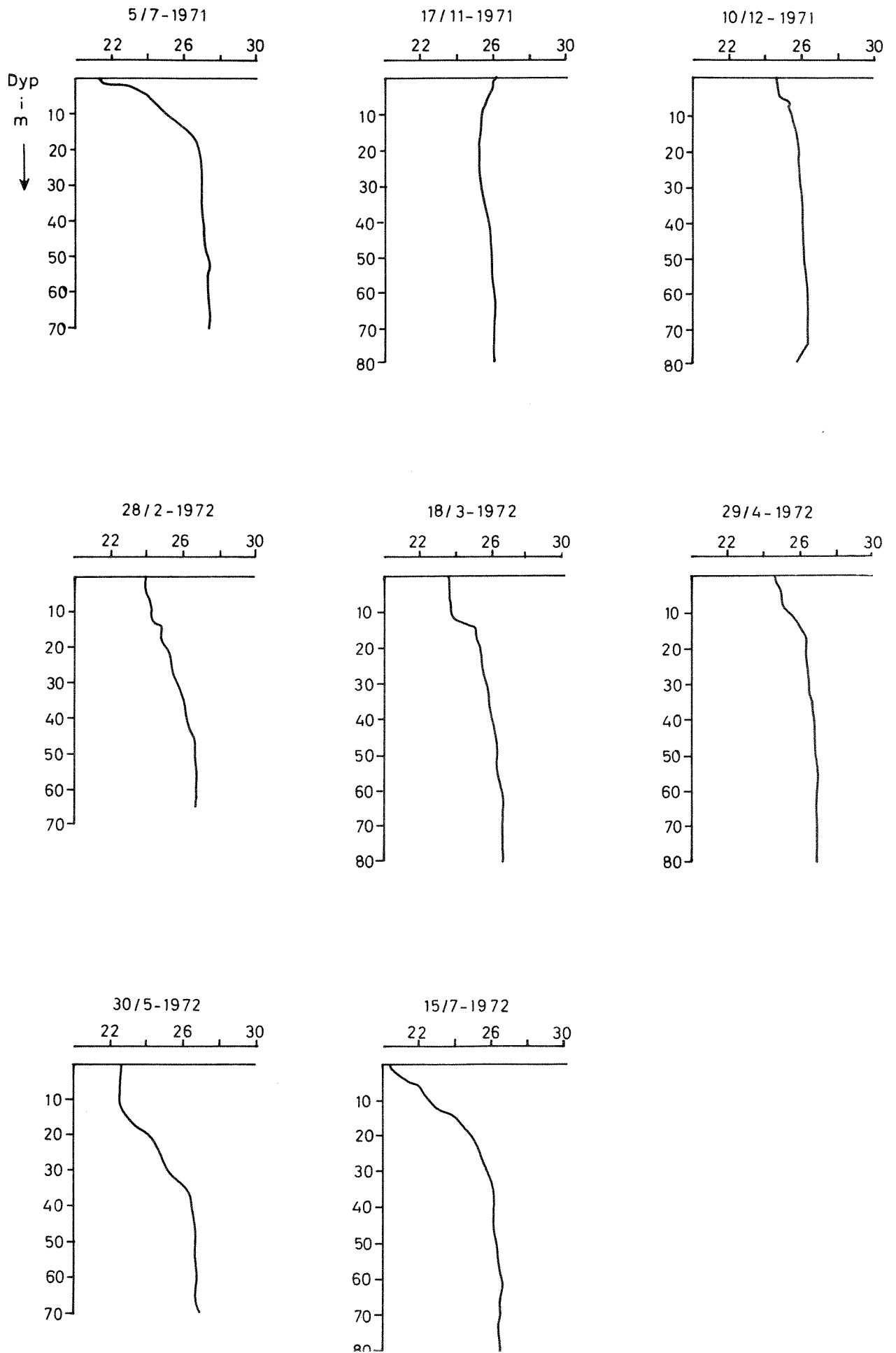


Fig. 21 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 17.11.1971

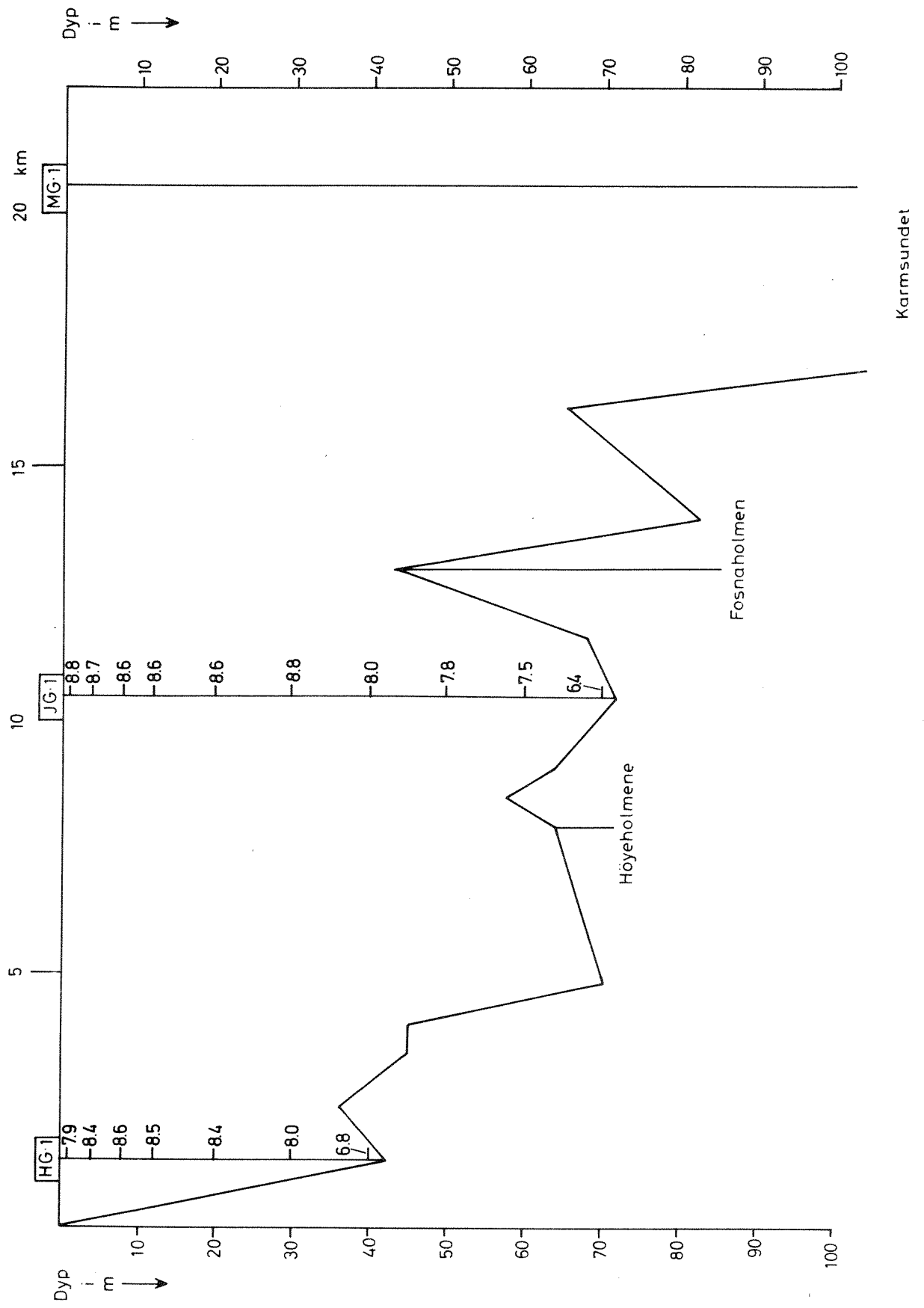


Fig. 22 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 28.2.1972

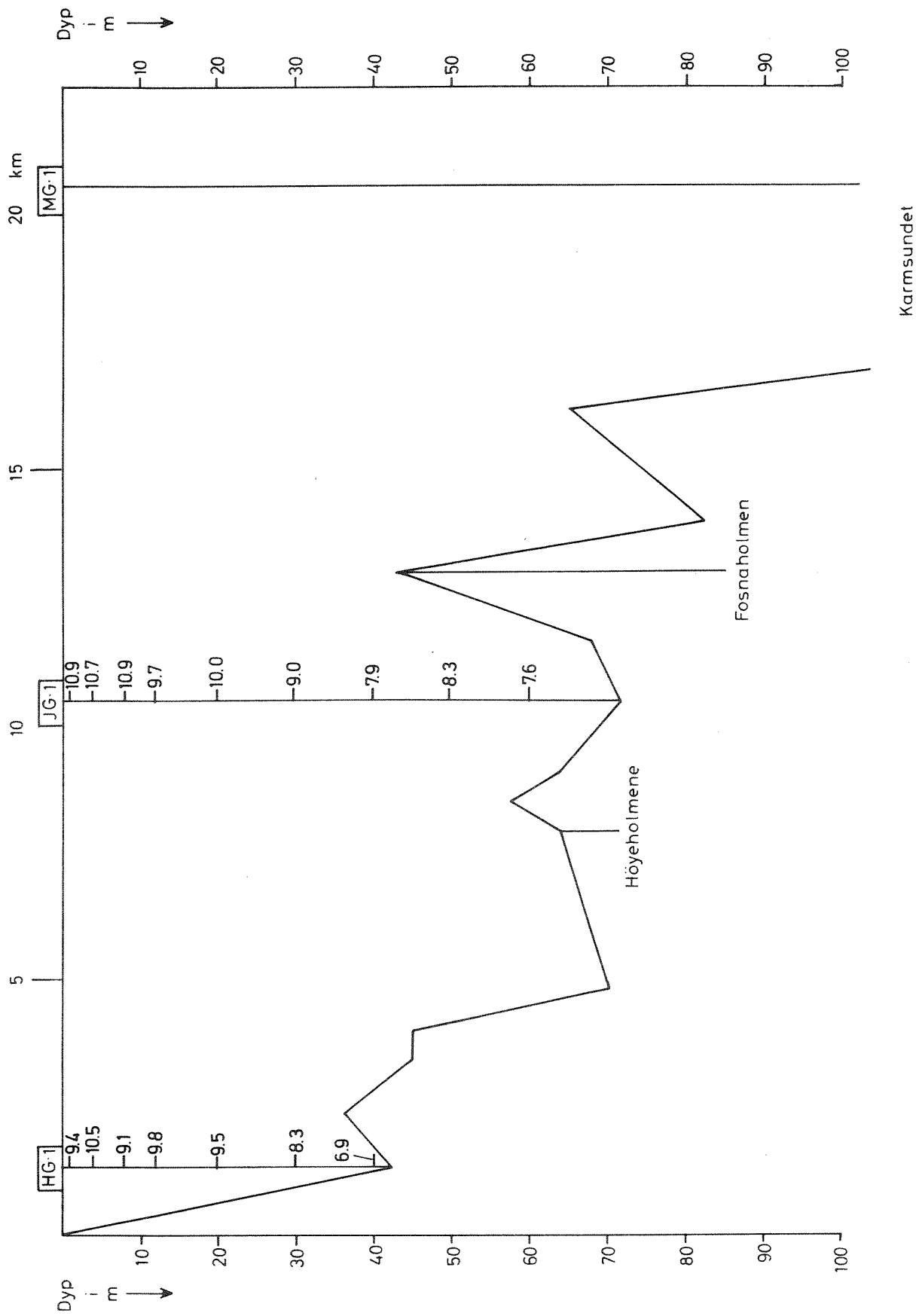


Fig. 23 Vertikalt dybdesnitt - Fördesfjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 30.5.1972

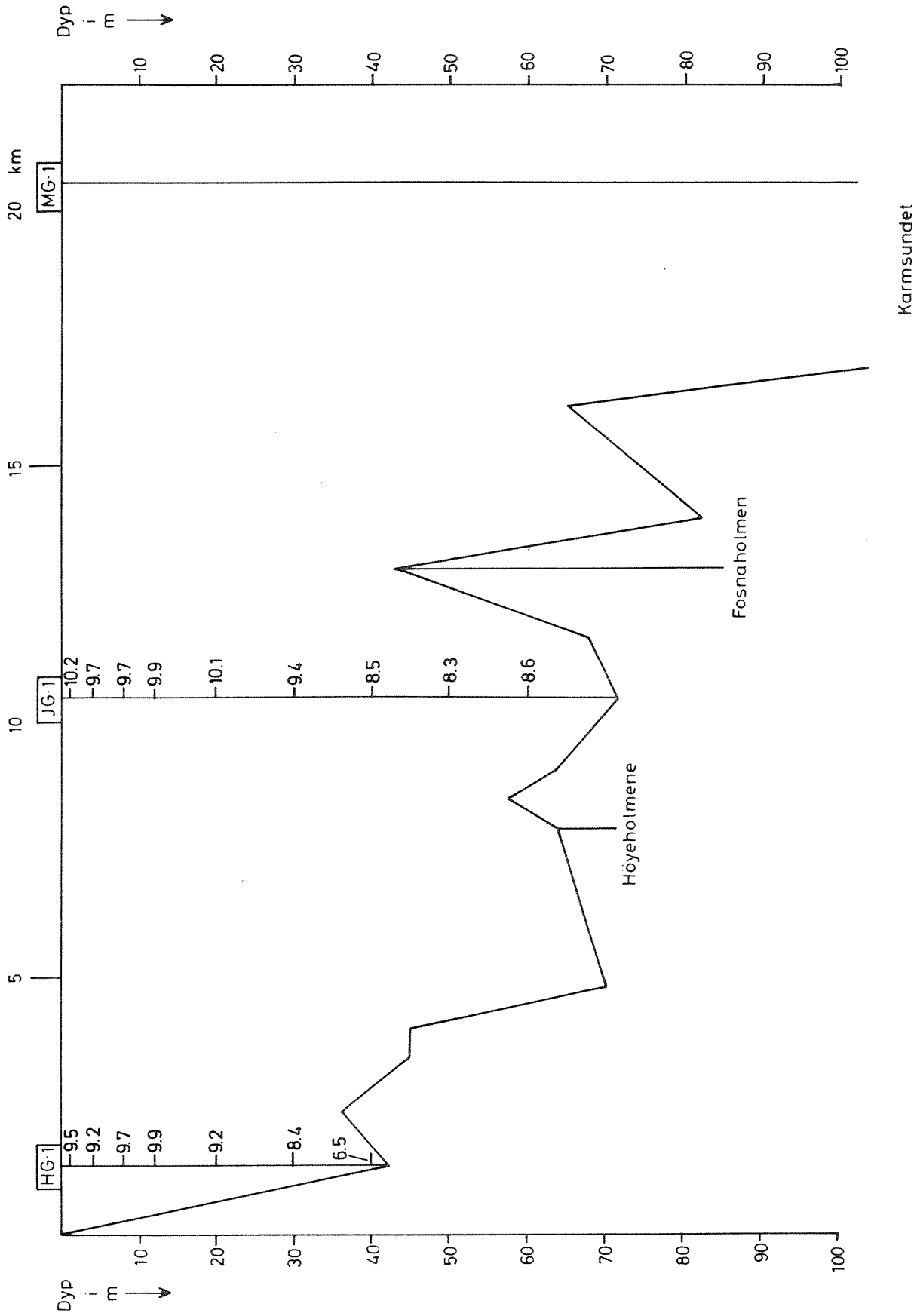


Fig. 25
 Stasjon B 6
 30.5.1972
 Førdesfjord, Høieholmene Ø.

Art	Bunntype	Dyp (m)	Fjell			Bratt fjell					Skjellsand				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12..16..	20..
RØDALGER															
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> (tetrasporofytt)															
<i>Callophyllis laciniata</i>										x					
<i>Corallina officinalis</i>															
<i>Cruoria pellita</i>															
<i>Cystoclonium purpureum</i>															
<i>Delesseria sanguinea</i>															
<i>Dumontia incrassata</i>															
<i>Odonthalia dentata</i>													x		
<i>Phycodryis rubens</i>															
<i>Phyllophora crispa</i>															
<i>P. membranifolia</i>															
BRUNALGER															
<i>Ascophyllum nodosum</i>															
<i>Chorda filum</i>															
<i>Desmarestia aculeata</i>															
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>															
<i>Ectocarpus</i> sp.															
<i>Fucus serratus</i>															
<i>Laminaria hyperborea</i>															
<i>L. saccharina</i>															
<i>Petalonia fascia</i>															
<i>Scytosiphon lomentaria</i>															
<i>Sphacelaria plumosa</i>															
GRØNNALGER															
<i>Acrosiphonia</i> sp.															
<i>Cladophora rupestris</i>															
<i>Codium fragile</i>															
DYR															
<i>Balanus balanoides</i>															
<i>Echinus esculentus</i>															
<i>Modiola modiolus</i>															