

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

O - 41/70

UNDERSØKELSE AV NORD-ROGALANDSFJORDENES  
FORURENSNINGSTILSTAND

Delrapport 5

Grindefjorden/Skjoldafjorden

Saksbehandler: Ingeniør Erik Ravdal

Rapporten avsluttet: 5. november 1973

## FORORD

Foreliggende rapport er en av seks delrapporter over et arbeid utført for Regionplanrådet for Nord-Rogaland (Se omslaget). Formålet har vært å beskrive fjordenes egenskaper med hensyn til vannutskifting og forurensningstilstand, og på dette grunnlag gi en karakteristikk av resipientkapasiteten. En kort redegjørelse for generelle forhold (undersøkelsesområdet, varighet, materiale og metoder) er tatt med i delrapport 1. Tallmaterialet er samlet i et felles appendiks.

En takk rettes til ingeniør H. Måge, Tysvær kommune, som har ledet innsamlingen av supplerende hydrografisk materiale. Denne takk går også til de øvrige lokale medarbeidere i de enkelte kommuner.

Ved instituttet har ingeniør Erik Ravdal ledet toktarbeidet og hatt ansvaret for innsamling og bearbeidelse av data. Dykkerundersøkelsene av den fastsittende algevegetasjonen 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 biologiske materiale. Planteplanktonet er analysert av cand.mag. Bjørn Jan Langemyr, Institutt for marinbiologi og limnologi ved Oslo Universitet.

Blindern, 5. november 1973

Jon Knutzen

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. UNDERSØKELSESONRÅDET	6
2. MATERIALE	7
3. FYSISKE FORHOLD	8
4. KJEMISKE FORHOLD	12
5. VURDERING AV VANNUTSKIFTING	15
6. BIOLOGISKE FORHOLD	16
6.1 Gruntvannssamfunnene	16
6.2 Planteplankton	20
7. TILFØRSLER OG RESIPIENTVURDERING	24
8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	29
9. REFERANSER	30

## TABELLFORTEGNELSE

1. Karakteriserende data for Grindefjorden/Skjoldafjorden med tilhørende nedbørfelt	7
2. Siktedyp i m i Boknafjorden og Grindefjorden/Skjoldafjorden 1971/72	12
3. Planteplankton registrert på st. OK-1, Boknafjorden	21
4.       "                   "       "       "       EJ-1, Skjoldafjorden	22
5.       "                   "       "       "       GI-1, Grindefjorden	23
6. Årlig tilførsel av organisk stoff, fosfor og nitrogen i nedbørfeltet til Grindefjorden/Skjoldafjorden innenfor Skjoldastraumen	26

FIGURFORTEGNELSE

1. Målestasjoner Grindefjord/Skjoldafjord
2. Dybde, areal og volum i Grindefjorden/Skjoldafjorden innenfor terskel  
Vertikalt dybdesnitt - Grindefjorden/Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt.
3. Salinitet 30.6., 1.7.1970
4. Tetthet 30.6., 1.7.1970
5. Salinitet 6.7., 7.7.1971
6. Tetthet 6.7., 7.7.1971
7. Salinitet 18.11., 19.11.1971
8. Tetthet 18.11., 19.11.1971
9. Salinitet 12.12.1971
10. Tetthet 12.12.1971
11. Salinitet 29.2.1972
12. Tetthet 29.2.1972
13. Salinitet 25.3.1972
14. Tetthet 25.3.1972
15. Salinitet 8.4.1972
16. Tetthet 8.4.1972
17. Salinitet 10.5.1972
18. Tetthet 10.5.1972
19. Salinitet 8.6., 10.6., 11.6.1972
20. Tetthet 8.6., 10.6., 11.6.1972
21. Salinitet 15.7.1972
22. Tetthet 15.7.1972
23. Tetthetsprofiler ( $\sigma_t$ ), Skjoldafjorden, Stasjon EJ-1  
Vertikalt dybdesnitt - Grindefjorden/Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt
24. Oksygen 6.7.-7.7.1971
25. " 18.11.-19.11.1971
26. " 29.2.1972
27. " 8.4.1972
28. " 8.6.-10.6.1972
29. Tetthetsprofil ( $\sigma_t$ ) og oksygenprofil (mg O<sub>2</sub>/l) i Skjoldafjorden  
Stasjon EJ-1 10/5-1932 Etter Kaare Münster Ström (1936)

30. Skjoldafjorden Stasjon EJ-1 10/6-1972. Tetthet ( $\sigma_t$ ), oksygen, siktedyp, nitrat, total nitrogen, ortofosfat, total fosfor
31. Boknfjorden Stasjon OK 1 8/6-1972 Tetthet ( $\sigma_t$ ), oksygen, siktedyp, nitrat, total nitrogen, ortofosfat, total fosfor

Gruntvannsorganismer:

32. Stasjon B 9. 6.6.1972. Grindefjorden, inne i Grindevågen
33. " B.10. 6.6.1972. Grindefjorden, Lille Grindøy SV.
34. " B 11. 6.6.1972. Skjoldafjorden, Nesøy Ø.
35. " B 12. 6.6.1972. Skjoldafjorden, Skutlebergøy
36. " B 13. 11.6.1972. Skjoldafjorden, ytre del. Spissøy V.

## 1. UNDERSØKELSESONRÅDET

Skjoldafjorden og Grindefjorden utgjør et sammenhengende fjordsystem og danner en fjordarm på nordsiden av Boknafjorden (ref. sjøkart nr. 205). Konturen av fjordområdet med stasjonsplassering fremgår av fig. 1.

Innerst, ved Grinde, har fjorden et største dyp på 42 m. Terskelen på 12 - 18 m dyp ved Grindøyene avgrensner denne indre delen av Grindefjorden mot det hovedbassenget som har dyp ned til 94 m. Ryggen ved Nesøy (55 m) danner skillet mot Skjoldafjorden. Maksimaldypet på 109 m ligger nordøst for Nesøy. Herfra og utover blir fjorden jevnt grunnere og smalere inntil den 30-40 m lange terskelen på 1,5-2 m dyp ved Skjoldastraumen. Her er det et slusearrangement med maksimaldyp på ca. 3 m, men slusen er stengt mesteparten av døgnet. Fjorden, som fremdeles er smal og deler seg i to løp ved Borgøy, blir deretter dypere, bortsett fra en rygg på 25-30 m nord for Spissøy, og når ved munningen et dyp på over 200 m. Avstanden langs dypålen fra Grinde og hit ut er ca. 40 km. Som referansestasjon for vannmassene i Boknafjorden er valgt en stasjon ca. 8 km syd for fjordmunningen.

Data vedrørende morfometriske, hydrologiske og andre forhold i Grindefjorden/Skjoldafjorden og det omliggende nedbørfelt er gjengitt i tabell 1. Sammenhengen mellom dyp, areal og volum innenfor terskelen fremgår av fig. 2. Opplysningene i tabellen er gitt av kommunene Tysvær og Vindafjord (1971) eller hentet fra sjøkart nr. 205 (1:100 000). Informasjoner fra dette kartet er også grunnlaget for de foretatte beregninger, sammen med antatte avrenningstall hentet fra "Hydrologiske undersøkelser i Norge" (NVE 1958).

Tabell 1. Karakteriserende data for Grindefjorden/Skjoldafjorden med tilhørende nedbørfelt.

Lengde (tilnærmet langs de dypeste partier)	ca.	40 km
Overflate, total	"	51 km <sup>2</sup>
Overflate innenfor terskel	"	26 km <sup>2</sup>
Største dyp	"	224 m
Største dyp innenfor terskel	"	109 m
Terskeldyp (ved Skjoldastraumen)	"	1,5-2 m
Volum innenfor terskel	"	1040 mill. m <sup>3</sup>
Midlere tidevannsvariasjon innenfor terskel	"	5 cm
Midlere tidevannsvolum innenfor terskel	"	1,3 mill. m <sup>3</sup>
Nedbørfelt innenfor terskel (inkl. fjord- overflate)	"	162 km <sup>2</sup>
Nedbørfelt utenfor terskel (inkl. fjord- overflate)	"	145 km <sup>2</sup>
Midlere ferskvannstilførsel innenfor terskel	"	8,6 m <sup>3</sup> /s
Befolkning (i nedbørfelt innenfor terskel)	"	2250
Dyrket mark (i nedbørfelt innenfor terskel)	"	17 km <sup>2</sup>
Skog og myr (i nedbørfelt innenfor terskel)	"	18 km <sup>2</sup>
Storfeenheter <sup>1)</sup> (i nedbørfelt innenfor terskel)"		4550
Hyttebebyggelse (i nedbørfelt innenfor terskel) "		300

1) 1 storfeenhet = 1 hest, 10 sauer, 5 griser, 100 fjærkre.  
Pelsdyr er ikke medregnet.

Av industriell og annen virksomhet i nedbørfeltet til indre del av fjorden kan nevnes en plastbåtfabrikk, et billakkeringsverksted, et par bensinstasjoner og et svineoppdretteri (årsproduksjon ca. 500 stk. i 1971).

## 2. MATERIALE

Beskrivelsen av de fysiske og kjemiske forhold baserer seg på observasjoner fra en befaring i juni 1970 og fem hovedtokt i juli og november 1971 og februar, april (ekstratokt) og juni 1972. Følgende parametre er benyttet: temperatur, salinitet (saltinnhold),

siktedyp, oksygen, tørrstoff, gløderest, totalfosfor, ortofosfat, totalnitrogen og nitrat. (Dette gjelder A-stasjonene på fig. 1, mens det på C-stasjonene bare er gjort observasjoner av de tre førstnevnte egenskaper. I tillegg er det tatt en A-stasjon i Boknafjorden.) Supplerende hydrografiske undersøkelser er utført av lokale medarbeidere i desember 1971 og mars, mai og juli 1972. Orienterende undersøkelser av planteplankton er gjort ved telling av prøver samlet på de hydrografiske stasjonene EJ-1 og GI-1 i juli og november 1971 og april og juni 1972. Registrering av fastsittende algevekst og fremtredende arter av gruntvannsfaunaen ned til nedre grense for algevegetasjon er gjennomført i juni 1972. Lokalitene er avmerket på fig. 1.

### 3. FYSISKE FORHOLD

I det følgende er det gitt en fremstilling av situasjonen på de enkelte tokt, mens vannutskiftingsforholdene er oppsummert i et eget avsnitt.

Ved befaringen i juni 1970 måtte observasjonene av praktiske grunner deles på to dager. Rolige værforhold gjør at observasjonene for praktiske formål kan betraktes som samtidige. Salinitets- og tetthetsfordelingen fremgår av fig. 3 og 4. Nordavind i perioden før observasjonene har sannsynligvis medført en forsterket utadgående strøm; hvilket har resultert i opptrekk av tyngre vann nedenfra. (Isolinjene (linjer trukket gjennom samme verdi) for salinitet og tetthet stiger innover i fjorden, spesielt utenfor Skjoldastraumen.)

Vannmassene innenfor terskelen var i alle dyp vesentlig mer ferskvannssoppblandet enn utenfor. Saliniteten i dyplagene i indre basseng lå på 27 o/oo, mens det utenfor i samme dyp var over 34 o/oo. Dette illustrerer tydelig hvordan terskelen ved Skjoldastraumen hindrer vannutveksling mellom bassengene.

Fig. 5 og 6 fra toktet 6. - 7. juli viser stabile forhold i vannmassene utenfor terskelen. Innenfor terskelen var tetthetsforholdene også relativt stabile, bortsett fra noen uregelmessigheter under 20 m. Salinitets- og tetthetsverdiene var igjen mye lavere i samme



nivå innenfor terskelen enn utenfor. I terskelnivå hadde man på utsiden ca. 27 o/oo salinitet, mens saltholdigheten rett innenfor lå på ca. 21 o/oo. Dette betyr at tidevannet som transporteres inn over terskelen har vært tyngre enn indre bassengs overflatevann, og vil dermed innlagres under overflatesjiktet på ca. 5 - 10 m dyp.

Sterk kulde og vind fra nord preget toktdagene 18-19/11-1971. Det falt også betydelig nedbør i form av sludd og sne. Indre del av fjorden var islagt, slik at stasjonene GJ-1 og GI-1 måtte utelates. En ser av isolinjene for salinitet og tetthet, fig. 7 og 8, at den relativt kraftige vinden fra nord har bevirket at saltere vann har steget opp ved stasjon GK-2. Overflatesaliniteten var her 23,4 o/oo, men allerede i ca. 2 m dyp var den omkring 30 o/oo. På stasjon FK-2 rett innenfor terskelen er overflatesaliniteten 16,8 o/oo og på 2 m dyp bare ca. 17 o/oo. Dette tyder på en meget dårlig forbindelse mellom vannmassene innenfor og utenfor terskelen. Helningen av isolinjene for  $\sigma_t = 20,0$  og  $\sigma_t = 20,5$  (Stasjon FK-2 og stasjon EJ-1) tyder på at noe av det tyngre vannet utenfor var i ferd med å bli ført inn over terskelen (som kompensasjon for den økte overflatestrømmen vinden hadde skapt) og synke ned under overflatelaget.

12/12-1971 var det meget lave saliniteter i overflaten innenfor terskelen, 10-13 o/oo (fig. 9 og 10). Dette skyldes sannsynligvis en større ferskvannstilrenning enn vanlig. Ved denne anledning var det med andre ord et særlig høyt sprang i salinitet og tetthet ved terskelen. Det ses videre av fig. 9 at brakkevannet innenfra preget overflatelaget på stasjon GK-2 og HK-1 i noe større grad enn tidligere, med salinitetsverdier i overflaten på ca. 18,5 o/oo. At overflatesaltholdigheten på stasjon KK-1 i forhold lå så høyt som 29,6 o/oo, tyder på at det brakke overflatevannet relativt hurtig blir innblandet av vannmassene i ytre fjord. Dypvannet innenfor terskelen var blitt noe tyngre. Dette skyldes antakelig den innstrømming som ble observert 19/11-1971. Saliniteten nedover i dypet på stasjonene GK-2 og HK-1 hadde samme verdi som ved stasjon KK-1, noe som tyder på god forbindelse mellom disse vannmassene.

29/2-1972 var fjorden islagt fra rett innenfor terskelen. Det ble derfor opprettet en hjelpestasjon, stasjon GK-1, på ca. 9 m dyp ved

iskanten. Observasjonsresultatene er vist i fig. 11 og 12, og det fremgår av disse at situasjonen i overflatesjiktet var omtrent som tidligere. I ytre fjord og helt ute på stasjon OK-1 i Boknafjorden var det relativt lave saliniteter nedover til 30-40 m. Det tyder på at vann av relativt lav saltholdighet har trengt inn i fjorden i 10-40 m dyp. Denne vannmassen kunne spores helt inn til stasjon HK-1. Regnes dens nedre grense for 33 ‰-isolinjen, ses av figur 11 at denne ligger ca. 10 m dypere utenfor terskelen ved Borgøy enn innenfor. Dette indikerer at terskelen tross sitt relativt store dyp virker hindrende for forbindelsen med dypvannsmassene utenfor.

I Boknafjorden og Skjoldafjorden utenfor Skjoldastrauen fantes det 25/3-1972 fremdeles spor av den lavsaline vannmassen som ble observert ved toktet 29/2 (fig. 13 og 14). Innenfor terskelen ser det ikke ut til å ha skjedd vesentlige forandringer siden desember 1971, bortsett fra at overflatelaget hadde noe høyere salinitet.

På ekstratoktet 8/4-1972 ble det tatt et redusert antall stasjoner (fig. 15 og 16). På stasjon HK-1 utenfor terskelen hadde saliniteten i de øverste 5 m sunket noe, ned til ca. 20 ‰ i overflaten. Denne overflateeffekt skyldes større avrenning og virkning av brakere vann innenfra. Under ca. 10 m hadde saliniteten øket med jevnt over ca. 0,5 ‰. Innenfor terskelen var situasjonen stort sett uforandret med unntak av at overflaten hadde en noe lavere salinitet enn ved siste tokt.

10/5-1972 dominertes ytre fjordområde av vannmasser med relativt lav salinitet (fig. 17-18). Dette kan bl.a. tyde på at det hele ettervinteren og våren har ligget kystvann (salinitet mindre enn 35 ‰) og fylt opp dypene minst så langt ned som salinitetsobservasjonene går (80 m). Innenfor terskelen var situasjonsbildet nesten uforandret. Nivåene for de enkelte isolinjene for salinitet og tetthet varierte noe, men fantes stort sett i de samme områder som tidligere.

På grunn av værforholdene o.a. måtte observasjonene på neste tokt strekkes over perioden 8-11/6. Det er derfor litt betenkelig at observasjonene fra stasjon OK-1 er knyttet sammen med de øvrige, men de faller likevel noenlunde rimelig sammen med resultatene fra stasjon KK-1. Resultatene viste (fig. 19 og 20) at det var kommet inn saltere vann i ytre fjord innenfor Borgøy. På figurene ser en at dypvannet i dette bassenget hadde en salinitet på 34 o/oo og høyere. Innenfor terskelen ved Skjoldastraumen var det også skjedd en forandring. Isolinjen for 27 o/oo lå høyere enn tidligere, og det er også målt en salinitet på 28 o/oo og høyere fra 30 m dyp. Tettheten i dypvannet var økt (fra  $\sigma_t = 21,2$  til  $\sigma_t = 22,6$ ) og helningen av isolinjen for  $\sigma_t = 22,0$  indikerer bevegelse i dypvannet; det er derfor sannsynlig at en innstrømming over terskelen var i ferd med å finne sted. (Det innstrømmende vann synker ned, fortren-ger og blandes med det gamle dypvannet.)

Verdiene for salinitet og tetthet fra 15/7-1972 (fig. 21 og 22) viste stabile forhold i vannmassene innenfor terskelen. Isolinjene for salinitet ga et bilde som stort sett var representativt for gjennomsnittssituasjonen i indre fjord. Tettheten av dypvannet hadde avtatt igjen, noe som skyldes temperaturøkning og vertikal transport av salt mot overflatelaget. Utenfor terskelen var det relativt lave verdier for saliniteten i overflatelaget.

Siktedypregistreringene fra hele perioden er stilt sammen i tabell 2. Den vesentlige forskjellen ses å være mellom områdene innenfor og utenfor Skjoldastraumen. På de fire indre stasjonene er variasjonsbredden 4,5 - 9 m og middelet vel 6 m, mens de tilsvarende størrelser på de fire ytre stasjonene er 6 - 22 m og vel 10 m. De høyeste siktedypverdiene er funnet senhøstes og om vinteren, hvilket vel kan ha sammenheng med små planktonbestander. At det imidlertid ikke er noen enkel sammenheng mellom planktontetthet og siktedyp, ses tydelig ved å jevnføre siktedypene med planktontallene i tabellene 3-5. Sannsynligvis er påvirkningen med partikler og humus i avrenningsvannet den vesentlige årsak både til forskjellen mellom indre og ytre område (utenfor Skjoldastraumen) og til de øvrige variasjoner. Vannet i de indre deler var regelmessig gulbrunt til forskjell fra det grønne overflatevannet utenfor terskelen.

Tabell 2. Siktedyp i m i Boknafjorden og Grindefjorden/Skjoldafjorden  
1971/72.

Stasjon Dato	OK-1	KK-1	HK-1	GK-2	FK-2	EJ-1	GJ-1	GI-1
6-7/7-1971	8,2	9,5	7,0	6,8	5,5	5,0	6,6	6,4
18-19/11-1971	13,5	11,0	10,5	13,0	5,0	5,0	-	-
12/12-1971		22,0	21,0	10,0	-	-	7,5	8,0
29/2-1972	10,0	11,5	10,0	7,5	-	-	-	-
25/3-1972		9,0	12,0	11,0	6,0	6,0	6,0	6,0
8/4-1972		-	6,0	-	-	5,0	-	5,0
10/5-1972		11,0	11,0	10,0	9,0	7,0	7,5	6,5
8-11/6-1972	11,5	9,0	8,0	7,5	7,0	5,5	6,0	6,5
15/7-1972		12,0	9,0	7,0	4,5	4,5	6,0	7,0

#### 4. KJEMISKE FORHOLD

De registrerte oksygenverdiene er gjengitt i figurene 24-28. Man ser at det i hele undersøkelsesperioden har vært anaerobe forhold, med utvikling av hydrogensulfid og andre forråtnelsesgasser i de dypere lag av fjordbassengene innenfor Skjoldastraumen. Tydelig reduksjon i oksygenspenningen er gjennomgående funnet allerede fra mindre enn 10 meters dyp eller mindre. For indre fjord i sin helhet opptrådte oksygenverdier lavere enn 2 mg/l før 20 m og hydrogensulfid under 25-35 m. I Grindevågen var det spor av oksygen ned til 30 m i juli 1971, mens det både i april og juni 1972 var råttent fra 15-20 m.

Tilsvarende forhold er observert i dette fjordsystemet tidligere. Ved målinger i mai 1932 fant Strøm (1936) anoksiske vannmasser i Skjoldafjorden fra ca. 50 m (fig. 29), mens Strand (1956, upubl. hovedfagsarbeid) i 1953/54 påviste utvikling av hydrogensulfid fra 25-30 m i Grindefjorden og fra 30-40 m ved Skjoldavik i Skjoldafjorden. Vedrørende Strøms observasjoner må det tilføyes at så lave verdier som ca. 1,2 og 0,7 mg O/l ble registrert alt i nivåene

20 og 30 m. For å illustrere forskjellen mellom Grindefjorden og resten av området innenfor terskelen, kan nevnes at Strands månedlige observasjoner fra 1953 gir gjennomsnittelige oksygenmetningsprosenten på ca. 5 og ca. 30 på henholdsvis 20 og 15 m i Grindefjorden, mens det på de samme dyp i Skjoldafjorden var metningsprosenten på omkring 15 og 45.

Ved sammenlikning av resultatene fra 1932, 1953 og 1971/72 fremtrer ingen klar tendens. Selv om det ved Strøms studier i indre Skjoldafjord ikke ble registrert hydrogensulfid før på 50 m, var metningsprosentene ikke mer enn 10-15 ved 20 m. Dette er omtrent i overensstemmelse både med gjennomsnittsverdiene fra Strands registreringer og enkeltverdier fra 1971. Sannsynligvis er dessuten Strøms observasjoner gjort etter en innstrømming. På den annen side er det ved alle de senere målinger funnet råttent vann fra i hvert fall 40 m, ofte fra 30 m. Sistnevnte forhold må tillegges en viss vekt fordi symptomene på forringede oksygenforhold først må vise seg i de dypere lag. Mellom tilstanden fra 1953/54 og 1971/72 kan det ikke påvises noen vesentlig forskjell. Resultatene fra stasjon EJ-1 8/4 og 10/6-1972 for Skjoldafjorden viser imidlertid hydrogensulfid fra ca. 25 m i hovedbassenget, mens Strand stort sett kunne påvise spor av oksygen i 30-meters nivået.

Mellom Skjoldastraumen og Borgøy er det ved instituttets undersøkelser konstatert et markert oksygenforbruk under terskeldypet (se fig. 25, 26 og 28). Laveste registrerte verdi var på 4,7 m O/l i november 1971. Fra denne del av fjorden finnes ikke referanse-data.

Overflatesjiktets innhold av plantenæringsstoffer har vært moderat eller lavt på alle stasjoner. Særlig gjelder dette i overflatelaget innenfor Skjoldastraumen. Verdiene for ortofosfat (dvs. den tilstandsformen av fosfor som er umiddelbart tilgjengelig for planter) lå her jevnlig ned mot eller under påviselighetsgrensen ved rutineanalysemetodikk ( $< 2 \mu\text{g P/l}$ ), til og med i vannprøven fra november 1971. Dette kan ha sammenheng med den permanente lagdelingen i området (fig. 23). Sjiktningen medfører både at tilførselen av

ortofosfat fra dyplagene blir redusert og at planktonbestandene (som tar opp ortofosfat) ikke uttynnes i samme grad som det ellers ofte er tilfelle ved at omrøring fører algene ned i lysfattige dyp hvor de ikke kan vokse. Heller ikke totalfosforverdiene var særlig høye i overflatevannmassene innenfor Skjoldastraumen.

I fjorden utenfor Skjoldastraumen ble det likeledes observert lave ortofosfatkonsentrasjoner, men det ble registrert noe høyere verdier i november 1971. Forekomsten av partikkelbundet fosfor var til dels noe høyere enn i indre fjords overflatesjikt, men forskjellen var ikke stabil. På stasjonen i Boknafjorden var det noe høyere ortofosfatverdier i april 1972, men ellers noenlunde liknende forhold som i ytre Skjoldafjord.

På dypere vann (under 15-20 m) var fosforforekomstene høyere. Verdiene for ytre Skjoldafjord (st. HK-1) og st. OK-1 i Boknafjorden lå ofte omkring 20-30  $\mu\text{g P/l}$ , det meste som ortofosfat. Innenfor terskelen var det meget høye verdier i dypvannet på grunn av frigjørelsen av ortofosfat fra sedimentene under anaerobe forhold.

Nitrogenanalysene viste vanlig forekommende verdier for totalnitrogen på samtlige lokaliteter. Konsentrasjonen varierte stort sett mellom 200 og 300  $\mu\text{g N/l}$ . Overflatelagenes innhold av nitrat var lavt. Sommerobservasjonene viste verdier under 10  $\mu\text{g N/l}$  i overflatevannet i såvel indre og ytre Skjoldafjord som i Boknafjorden. Dette viser at også nitrogen kan representere en begrensende faktor for algevekst i området.

Figurene 30-31 anskueliggjør forskjellen mellom vannkvaliteten innenfor Skjoldastraumen og i Boknafjorden ved å vise vertikalvariasjonen i fysiske og kjemiske egenskaper i juni 1972.

Vannets innhold av partikulært materiale (suspendert tørrstoff og gløderest) var lavt og gir ikke grunnlag for særskilte kommentarer.

## 5. VURDERING AV VANNUTSKIFTING

Ved de grunne tersklene og trange løpene hindres forbindelsen mellom ytre og indre vannmasser i vesentlig grad. Den store utvidelse av fjorden innenfor terskelen ved Skjoldastraumen og de dypene som fjorden her har, ned til 109 m, gjør at det er store vannmasser som nesten avstenges fra kystvannet. Utvekslingen over terskelen er så liten og så langsom at den sjelden ser ut til å forandre vannmassene under 10-12 m dyp innenfor terskelen. Det er overflatevann som vanligvis strømmer over terskelen, begge veier. Strømmen er stri, men mengdene av nytt vann som kommer inn er så små at de raskt blandes inn uten å ha særlig effekt på dypvannet.

Det er stor tetthetsforskjell mellom vannmassenen utenfor og innenfor terskelen. Vann som strømmer inn over terskelen ser vanligvis ut til å være så tungt at det legger seg inn på omkring 10 m dyp. En har ikke kunnet påvise et hel dypvannsutskifting. Den 18/11-1971 og 10/6-1972 ble noe av dypvannet skiftet ut, men mengden av det innstrømmende vann var for liten til noen hel fortrengeelse. Resultatet er blitt en blanding av gammelt og nytt vann. Således har ingen av innstrømmingsepisodene hatt registrerbar effekt på oksygen-spenningen og utbredelsen av råttent vann. Ved tettere observasjoner hadde virkningen muligens latt seg påvise. Betrakter en indre fjord for seg, eksisterer det en forholdsvis god forbindelse mellom de enkelte bassenger. Likevel kan det i Grindevågen periodevis opptre  $H_2S$ -holdig vann høyere opp enn i resten av indre fjord.

Det er ikke foretatt observasjoner av tidevannet i Skjoldafjorden/Grindefjorden, men lokale kilder angir differansen mellom høyvann og lavvann til 5-10 cm. Dette er en kraftig demping av en tidevannsforskjell på ca. 30 cm i Boknafjorden. Tidevannvolumet en får ved å regne med 5 cm tidevannsforskjell er  $1,3 \text{ mill m}^3$  innenfor terskelen. Nettoutvekslingen vil ikke være så stor, men det er vanskelig å beregne hvor mye som virkelig er nytt vann av det som kommer inn med stigende tidevann. Sammen med den estuarine sirkulasjon og vindpåvirkning skaper tidevannsstrømmen netto vanntransport over terskelen.

Fjordsystemet utenfor terskelen ved Skjoldastraumen kan naturlig deles opp i to deler: Den ytterste, fra Boknafjorden og inn til Borgøy, og den indre fra Borgøy til Skjoldastraumen. Fjorden løper trangt på begge sider av Borgøy, og det er terskler i begge løp. Ifølge sjøkartet er den dypeste terskelen i det vestre løpet ved Narravik, der dypet er 29 m. Våre observasjoner tyder på relativt god forbindelse mellom vannmassene fra området mellom Borgøy og Skjoldastraumen og kystvannmassene i Boknafjorden. Det er imidlertid registrert at terskelen ved Narravik til en viss grad hindrer vannutskiftingen i bassenget innenfor. Dette har særlig latt seg konstatere på basis av oksygenobservasjonene, som har vist et tydelig forbruk av oksygen under terskelnivået.

En fremstilling av lagdelingen av vannmassene i indre basseng gjennom året viser også hvor stabile forholdene har vært i undersøkelsesperioden (se fig. 23 med tetthetsprofiler). Det fremgår at sprangsjiktet (overgangslaget) hele tiden har ligget i nivået 4-12 m, for det meste over 10 m. Dypvannet (under 20-25 m) har vært nærmest homogent på de enkelte observasjonsdatoer og av praktisk talt samme tetthet gjennom hele året, m.a.o. uten vesentlig fornyelse.

## 6. BIOLOGISKE FORHOLD

Kvantitative planteplanktonprøver er innsamlet fra 1 meters dyp på de hydrografiske stasjonene i Boknafjorden (OK-1), ytre Skjoldafjorden (EJ-1) og Grindevågen (GI-1). Også stasjonsplasseringen for registrering av algevegetasjon og gruntvannsfauna fremgår av fig. 1.

### 6.1 Gruntvannssamfunnene

Observasjonsresultatene fra de fem lokalitetene er stilt sammen i fig. 32-36, der organismenes vertikallutbredelse er inntegnet.

Stasjon B9 ligger på vestsiden av Grindevågen, hvor det er rullesteinstrand. I vannlinjen vokste *Enteromorpha* spp. (tarmgrønnske),



*Fucus vesiculosus* (blåretang) med *Ectocarpus* sp. som epifytt (fig. 32). Ned mot 0,5 m forekom noe *Ceramium rubrum* (vanlig rekeklo).

Fra ca. 0,5 m går rullesteinstranden over i bløtbunn, som gir gode vekstmuligheter for frøplanten *Zostera marina* (ålegress). Imidlertid var *Chorda tomentosa* (håret martaum) den dominerende planten ned til 1,5 m.

Fra 1,5 m var *Z. marina* vanlig. Dessuten var det mye blågrønnalger i form av matter på bunnen. *Z. marina* og *Dictyosiphon foeniculaceus* fantes ned til 3 m. Under dette dyp var det ingen eller meget redusert vegetasjon.

Under 3 m og ned til 6 m ble det registrert noen sjøpiggsvin, litt slangestjerner og små eksemplarer av vanlig sjøstjerne. Enkelte slangestjerner ble også funnet ned til ca. 9 m. Fra dette dypet var bunnen fastere enn bunnforholdene høyere oppe. Sikten var dårlig (ca. 2 m). På ca. 10 m ble det funnet betydelige mengder av børsteormer.

De registrerte samfunnene kan tyde på en viss organisk belastning, noe som medfører større partikkelmengde i vannet og dårligere lysforhold. Sammen med ugunstige bunnforhold er dette muligens årsak til at kun få arter av høyere alger er registrert under 2 m dyp.

Stasjon B10 (fig. 33) er beliggende på vestsiden av lille Grindøy. Strandsonen består av sandbunn som skråner svakt utover. I strandkanten vokste et bredt belte av *Fucus vesiculosus* (blåretang) med epifyttene *Ectocarpus* sp. og *Cladophora* sp. I samme område vokste litt *Enteromorpha* sp. (tarmgrønse) og *Chordaria flagelliformis* (strandtagl) med *Dictyosiphon foeniculaceus* som epifytt.

Fra 0,5 m fantes store mengder av fine *Mytilus edulis* (blåskjell). I blåskjellkolonien vokste noe *Dumontia incrassata*. *Mytilus* forekom mer spredt ned mot 1 m dyp, hvor *Fucus serratus* (sagtang) vokste sammen med *Chorda filum* (vanlig martaum) og noe *Ceramium rubrum* (vanlig rekeklo). Det var hovedsakelig bløtbunn på 1 m dyp, og det ble registrert noe *Zostera marina* (ålegress). *C. filum* vokste i

tette assosiasjoner på ca. 1 m. Noe dypere ble *Z. marina* vanligere, samtidig som *F. serratus* forsvant.

Et tynt lag av *Sphacelaria* sp. ble funnet på bunnen på ca. 1,5 m dyp, hvor også *Z. marina* var assosiasjonsdannende. Dette bilde preget bunnforholdene ned til 3-4 m dyp. Fra 4 til 5 m ble det funnet *Phyllophora membranifolia*, noe *Furcellaria fastigiata* (gaffeltang) og noe *Chondrus crispus* (krusflik). Sistnevnte alge hadde et atypisk, nærmest trådformet utseende.

På 5 m vokste sekkedyret *Ciona intestinalis*, sjø- og slangestjerner. Sikten var dårlig. Ned til 9 m dyp var bunnen bløt, og det var få arter. Imidlertid ble det funnet matter av *Phyllophora crispa* og store mengder av *P. membranifolia*.

Av det ovenstående fremgår at denne lokaliteten skiller seg ut fra stasjon B9 ved en rikere vegetasjon. Algevegetasjonens nedre dybdegrense fantes dog på relativt grunt vann. Sannsynligvis kan dette best ses i sammenheng med bunnforholdene.

Stasjon B11 (fig. 34) er en rullesteinstrand på østsiden av Nesøy i Skjoldafjorden. Øverst vokste *Fucus vesiculosus* (blåretang), dernest dannet *Fucus serratus* (sagtang) en kraftig assosiasjon fra 0,3 til 2 m. Som epifytter fantes en del *Cladophora sericea* og litt *Ectocarpus/Pilayella*. *Mytilus edulis* (blåskjell) var vanlig i den øverste meter. Innimellom vokste spredte tuster av *Enteromorpha* sp. (tarmgrønske), *Dumontia incrassata* og litt *Ceramium rubrum* (vanlig rekeklo).

Fra ca. 1 m gikk rullesteinen over til sand og grus. Her vokste *Zostera marina* (ålegress) sammen med *Chorda filum* (vanlig martaum) i små bestander. På bunnen var det mye *Cladophora sericea*. Fra 2,5 m og ned til ca. 3,5 m var *Zostera marina* vanlig, mens *Chorda filum* vokste mer spredt.

På ca. 4 m var *Phyllophora membranifolia* vanlig. Arten ble funnet ned til 12 m dyp, hvor den vokste i tette bestander på fjell. Den var helt dekket av slam, og omtrent enerådende alge i dette dypet.

I ca. 5 m dyp ble sikten dårlig, og bunnen var dekket av en løs masse av døde alger. En del *Cladophora* sp. og litt *Furcellaria fastigiata* (gaffeltang) ble registrert, sammen med tunikaten *Ciona intestinalis*.

Fra ca. 7,5 m var bunnen noe fastere, men fremdeles dekket av mye detritus og stort sett samme vegetasjon som på 5 m. På ca. 9 m dyp begynte *Phyllophora membranifolia* å dominere sammen med *Furcellaria fastigiata*. Fra 10 til 12 m ble det funnet en del slangestjerner, litt eremittkreps og mye kuskjell nedgravd i bunnen, som besto av sand og løse algematter av de to sistnevnte rødalger. Det ble også registrert litt *Echinus acutus* (sjøpiggsvin) på ca. 10 m dyp.

Stasjonen kan sies å representere et normalt samfunn inne i en fjord på Vestlandet.

Stasjon B12 (fig. 35) ligger på vestsiden av Skutlebergøy, like nord for Borgøy midt i Skjoldafjorden. I den øvre meter besto bunnen av store steiner, deretter skjellsand ned til ca. 3 m.

I vannlinjen vokste noe *Ascophyllum nodosum* (grisetang) sammen med *Fucus vesiculosus* (blæretang). Sistnevnte vokste ned til ca. 0,3 m, mens *Fucus serratus* (sagtang) dannet en kraftig bestand mellom 0,5 og 1,5 m.

På skjellsand dominerte *Chorda filum* (vanlig martaum) og små *Laminaria saccharina* (sukkertare).

Fra ca. 3 m gikk skjellsanden over i fjellbunn. Ned mot 3 m dyp ble også *Furcellaria fastigiata* (gaffeltang) svært vanlig. Dessuten ble det registrert *Ceramium rubrum* (vanlig rekeklo) og *Cystoclonium purpureum*.

Fra ca. 3 m og nedover til 28 m dyp består bunnen av loddrette fjellvegger avløst av hyller. På et slikt underlag er det til dels vanskelige vekstvilkår for benthosalger. Den registrerte vegetasjon ble hovedsakelig funnet på fjellhyllene. Fra 9 m og nedover var sikten dårlig, med sparsomme algemengder. *Laminaria*

*saccharina* og *Phyllophora membranifolia* ble observert ned til ca. 15 m dyp, og *Delesseria sanguinea* (fagerving) ned til ca. 18 m dyp. Denne nedre grense tyder på gode lysforhold og ellers gunstige vekstbetingelser.

Stasjon B13 (fig. 36) ligger ytterst i Skjoldafjorden, på vestsiden av Spissøy. Bunnforholdene ned til 20 m veksler mellom fjell og større steiner til skjellsand. Det ble registrert et relativt artsrikt algesamfunn, med vel 30 forskjellige arter i de øverste 3 m. De vanlige tangartene, *Fucus vesiculosus* (blåretang) og *Fucus serratus* (sagtang) dannet kraftige assosiasjoner i fjærebeltet, og en tett undervegetasjon dekket fjellbunnen. Fra ca. 0,5 m dyp vokste tarearter av slekten *Laminaria*. Både *L. digitata* (finger-tare), *L. saccharina* (sukkertare) og *L. hyperborea* (stortare) ble registrert med til dels kraftige assosiasjoner.

På grunn av de varierende bunnforholdene var det iøynefallende kvalitative og kvantitative forskjeller hva angår vegetasjonens utforming på ulike dyp. Sett under ett gir samfunnenes sammensetning inntrykk av normalt gode vekstforhold.

Sammenfattende kan det om de tre ytre stasjonene sies at det er registrert samfunn med en artssammensetning som er vanlig i Vestlandsfjorder uten markert påvirkning av ferskvann eller forurensningstilførsler. De artsfattigere samfunnene og grunnere nedergrensene for algevekst på lokalitetene i indre Grindefjord skyldes formodentlig ugunstigere betingelser med hensyn til lys og bunnforhold (bløtbunn allerede på grunt vann). Redusert lystilgang har muligens mest sammenheng med ferskvannstilrenningen (farge og partikkelinnhold), men kan også delvis være forårsaket av lokalt høy produksjon av planteplankton. Undersøkelseresultatene gir ikke grunnlag for å vurdere den relative betydning av disse faktorer.

## 6.2 Planteplankton

Analyseresultatene er fremstilt i tabellene 3,4 og 5. Samfunnene av frittlevende organismer vil være underkastet til dels hurtige forandringer over kort tid grunnet innflytelse av forhold som vind-

Tabell 3. Plantep plankton registrert på st. OK-1, Boknafjorden.

1 m dyp. Antall celler pr. l.

DATO:	5.7.1971	18.11.1971	29.2.1972	8.6.1972
TOTALT ANTALL CELLER:	1 353 740	47 700	1 947 060	179 300
HAPTOPHYCEAE				
<i>Anthosphaera robusta</i>	22 500			2 700
<i>Coccolithus huxleyi</i>	1 100 000	4 500		70 260
spp		2 700	1 800	
BACILLARIOPHYCEAE				
<i>Cerataulina pelagica</i>	35 000			
<i>Chaetoceros affinis</i>	18 000		5 660	
<i>constrictus</i>			8 780	
<i>septentrionalis</i>			12 840	27 980
<i>socialis</i>	10 000			
<i>Corethron criophilum</i>		7 200		
<i>Leptocylindrus danicus</i>	27 020	5 400		
<i>Navicula</i> sp			1 940	
<i>Nitzschia closterium</i>	15 000			13 520
<i>longissima</i>			1 880	
<i>Porosira glacialis</i>			6 600	
<i>Skeletonema costatum</i>	2 700		1 813 200	5 400
<i>Tabellaria flocculosa</i>				5 400
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	10 800		3 780	
<i>Thalassiosira nordenskiöldi</i>			8 500	
Div. pennate diatomeer	2 700	5 400	11 320	2 700
Div. sentriske diatomeer		4 500	28 300	
EUGLENOPHYCEAE				
<i>Eutreptiella</i> spp			6 600	2 700
CHLOROPHYCEAE				
<i>Carteria</i> sp			2 840	
CRYPTOPHYCEAE				
<i>Leucocryptos marina</i>	15 000	3 600	3 780	2 700
DINOPHYCEAE				
<i>Gymnodinium elongatum</i>			940	
spp				5 400
<i>Scrippsiella faeroense</i>	18 000			
CHRYSOPHYCEAE				
<i>Dinobryon</i> sp	13 520			
<i>Kephyrion</i> sp	8 100	14 400	28 300	13 520
FLAGELLATER indet.	5 400			27 020

Tabell 4. Planteplankton registrert på st. EJ-1, Skjoldafjorden.

1 m dyp. Antall celler pr. l.

DATO:	7.7.1971	19.11.1971	10.6.1972
TOTALT ANTALL CELLER:	107 600	168 720	1 141 120
HAPTOPHYCEAE			
<i>Anthospaera robusta</i>		5 400	27 020
<i>Coccolithus huxleyi</i>	5 400		135 140
spp			27 020
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Cerataulina pelagica</i>	13 000	2 000	
<i>Chaetoceros danicus</i>		5 000	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		101 000	
<i>Nitzschia</i> sp	2 700		
<i>Skeletonema costatum</i>	55 000	3 000	
Div. pennate diatomeer		21 620	
CRYPTOPHYCEAE			
<i>Leucocryptos marina</i>		2 700	281 080
DINOPHYCEAE			
<i>Ceratium tripos</i>			2 000
<i>Dinophysis norvegica</i>			4 000
<i>Gymnodinium elongatum</i>	19 000		59 460
spp			27 020
<i>Gyrodinium</i> spp			16 220
<i>Gyrosigma</i> sp	2 500		
<i>Minuscula bipes</i>		1 000	
<i>Peridinium pallidum</i>		10 800	21 620
<i>Scrippsiella faeroense</i>		5 400	
CHRYSOPHYCEAE			
<i>Apedinella spinifera</i>			156 760
<i>Ebria triparita</i>		5 400	
<i>Kephyrion</i> sp		2 700	
FLAGELLATER indet.	10 000	2 700	383 780

Tabell 5. Planteplankton registrert på st. GI-1, Grindefjorden.  
1 m dyp. Antall celler pr. l.

DATO:	7.7.1971	8.4.1972	10.6.1972
TOTALT ANTALL CELLER:	1 040 420	3 350 500	404 980
HAPTOPHYCEAE			
<i>Coccolithus huxleyi</i>	51 340		21 620
BACILLARIOPHYCEAE			
<i>Cerataulina pelagica</i>	32 400		1 200
<i>Leptocylindrus danicus</i>	24 320		
<i>Licmophora</i> sp	2 700		
<i>Nitzschia closterium</i>			170 200
<i>Rhabdonema minutum</i>	5 400		
<i>Skeletonema costatum</i>	289 180	3 063 820	1 200
<i>Tabellaria flocculosa</i>		9 440	
Div. pennate diatomeer	27 020	1 880	2 700
Div. sentriske diatomeer	5 400	1 880	
EUGLENOPHYCEAE			
<i>Eutreptiella</i> spp	2 700		
CRYPTOPHYCEAE			
<i>Leucocryptos marina</i>	275 680		8 100
DINOPHYCEAE			
<i>Gymnodinium elongatum</i>	67 560		27 020
spp		15 000	8 100
<i>Gyrosigma</i> sp	24 320		
<i>Peridinium pallidum</i>	5 400		
spp		1 880	
<i>Scrippsiella faeroense</i>			2 700
CHRYSOPHYCEAE			
<i>Dinobryon</i>	27 020	233 960	16 200
<i>Distephanus speculum</i>	10 800		
<i>Kephyrion</i> sp	145 940		27 020
FLAGELLATER indet.	43 240	22 640	118 920

induserte og andre overflatestrømmer, omrøring i vannmassene, vannutskifting o.a. Enkeltprøver er derfor best egnet til å påvise eventuelle trekk som skyldes bestandige egenskaper ved resipienten, f.eks. markerte forurensningspåvirkninger eller stor ferskvannstilførsel. Prøvene er bearbeidet i orienterende øyemed, og resultatene viser intet unormalt ved de registrerte samfunn. De observerte arter er vanlig forekommende i vestnorske kystfarvann, og det samme gjelder de mengdene som er observert.

## 7. TILFØRSLER OG RESIPIENTVURDERING

Beregningen av tilførsler med nedbrytbart organisk materiale og plantenæringsstoffer fra ulike typer arealer og virksomhet berører et kompleks av problemer. De to hovedproblemene kan sies å være:

- 1) hvordan man skal kunne ta hensyn til den varierende grad av nedbrytbarhet hos forskjellige organiske forbindelser og
- 2) hvordan man skal få representative erfaringstall for diffuse påvirkninger, eksempelvis avrenning fra dyrket mark og tilsig fra søppelfyllplasser eller terrestriske resipienter for silosaft eller husholdningskloakkvann.

Denne del av miljøforskningen er i sin spede begynnelse, og beregningsresultatene må oppfattes som anslagsvise og bare brukbare til å få et skjønn på størrelsesordenen av bidragene fra de enkelte kilder. Konklusjoner kan man på grunnlag av et slikt materiale bare trekke når indikasjonene synes klare,

I nedenstående beregninger har det ikke vært mulig å ta hensyn til at silosaft og husholdningsavløp til dels går i grunnen før en del av komponentene når vassdrag eller sjøen. Det må understrekes at kvaliteten av avrenningsvann fra forskjellige arealkategorier vil bero på faktorer som: berggrunnens og løsavsetningenes karakter, lokalklima, vegetasjon, topografi og bruksmåter i jordbruket. Med disse forbehold er det benyttet en del erfaringstall for tilførsel av fosfor og nitrogen med avrenningsvann. Beregningsgrunnlaget er samlet fra et mindre antall undersøkelser (oppsummert i NIVA 1973, 0-58/70):



Avrenning fra uproduktive områder:	120 kg N og 3,2 kg P pr. km <sup>2</sup> i året
" " skog og myr:	200 " " " 6,4 " " " " " "
" " dyrket mark:	1200 " " " 20 " " " " " "

Som felles mål for nedbrytbart organisk stoff er benyttet 7-døgns biokjemisk oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>), dvs. forbruket av oksygen ved nedbrytningen av organisk materiale under standard laboratoriebetingelser i 7 døgn. Selv om det kan rettes flere innvendinger mot denne parameter, bl.a. at den tar utilstrekkelig hensyn til stoffenes ulike grad av nedbrytbarhet og resipientens egenskaper, er det for tiden det eneste mål for organisk stoff som man med en viss nøyaktighet kan regne seg til på grunnlag av kjennskapet til antall mennesker eller produksjonstall. For mennesker er det regnet med BOF<sub>7</sub> på 75 g O pr. person og døgn og tilsvarende er belastningen med fosfor og nitrogen satt til henholdsvis 3 g P og 12 g N pr. person og døgn.

Fra Vindafjord og Tysvær kommuner er det opplyst at årsproduksjonen av silofor i den delen av nedbørfeltet som sogner til fjorden innenfor terskelen, var på vel 11 000 tonn (1971), tilsvarende vel 13 000 tonn nedlagt masse. Vanligvis regner man med at press-saften utgjør omkring 20% av nedlagt masse: her ca. 2600 tonn. Innholdet av organisk stoff i silosaften kan i middel regnes til 50 000 mg O/l, målt som BOF<sub>7</sub>, mens innholdet av nitrogen og fosfor er satt til henholdsvis 0,2 og 0,05%. Siloutslipp finner sted over en kortere periode om sommeren, men for å få en basis for sammenlikning med de øvrige kilder, er det i den følgende beregning gjort en fordeling over året. Når det gjelder det øvrige beregningsgrunnlaget, fremgår dette av ovenstående avrenningstall og arealfordelingen gitt i tabell 1. For nitrogens vedkommende er det ved utregning av tilførsler fra uproduktive områder også regnet med fjordoverflaten, fordi en vesentlig del av nitrogeninnholdet i denne kategori avrenningsvann skriver seg fra nedbøren.

Tabell 6. Årlig tilførsel av organisk stoff, fosfor og nitrogen i nedbørfeltet til Grindefjorden/Skjoldafjorden innenfor Skjoldastraumen.

Kilde	BOF <sub>7</sub> , kg/år	Fosfor, kg/år	Nitrogen, kg/år
Befolkning	62.000	2.500	9.900
Siloeanlegg	130.000	1.300	5.200
Dyrket mark		350	20.400
Skog og myr		115	3.600
Uproduktive områder		300	15.200
Total	192.000	4.565	54.300

Av tabellen fremgår at den diffuse belastningen med organisk stoff fra nedbørfeltet ikke er beregnet. Dette skyldes at avrenningsvannets innhold av humusforbindelser, som representerer den vesentligste andel av denne belastning, er tyngre nedbrytbart og derfor vanskelig lar seg sammenlikne med de andre tilførslene. Hvis man imidlertid tar i betraktning at belastningene fra husholdninger og siloeanlegg er maksimaltall (idet de her er regnet som direkte utslipp i fjorden, mens det reelle forhold er at mye går i grunnen eller til mindre vassdrag og delvis nedbrytes der), må man anta at belastningen med organisk stoff fra befolkning og landbruk er underordnet i forhold til naturlig tilførsel og produksjonen i fjorden. (Dette gjelder fjorden som helhet og angår ikke mulige lokale forurensninger på grunn av kloakkvannsutslipp, sig fra gjødselkjellere o.l. For silosaft må det også understrekes at påvirkningen skjer over et kortere tidsrom enn ett år, slik at det under den ca. 1 måned lange sesongen om sommeren er risiko for betydelige lokale ulemper.)

Den moderate betydningen av sivilisatorisk påvirkning med organisk stoff kommer også frem ved sammenlikning av angitt oksygenbehov i tabellen med de mengder som tilføres med avrenningsvannet (ca. 2 mill. kg pr. år) eller med fjordens totale oksygeninnhold i de øvre 10 m (2-3 mill. kg oksygen).

Silosaftens og kloakkvannets forbindelser av fosfor og nitrogen vil oppføre seg noe forskjellig ved utslipp i grunnen. Mens fosforet i stor grad bindes til jordpartiklene, kan nitrogenet hurtig føres vekk med vann. Bl.a. på bakgrunn av senere tids erfaring med fosforinnholdet i vann fra jordbruksarealer, er det likevel berettiget å regne med at det vesentlige av plantenæringsstoffer som tilføres et nedbørfelt vil ende i vannforekomstene.

Av tabell 6 fremgår da at befolkningen må ansees som den betydeligste fosforkilde med over 50% av totalbelastningen. Særlig vil dette være tilfelle ved et utbygd kloakkeringsystem med utslipp i vassdrag eller fjord. Som nest viktigst følger silopress-saft (over 25%), mens avrenningen fra dyrkede og andre arealer utgjør et beskjedent tilskudd i forhold.

For nitrogens vedkommende er forholdet anderledes, idet bidraget med avrenning fra dyrket mark utgjør ca. 35% og sammen med naturlig avrenning omkring 70% av det totale. Det som følger med silosaft er under 10%. Det kan tilføyes at en alternativ beregningsmåte gir enda høyere tall for tilskuddet fra kultiverte områder.

Som det er nevnt tidligere, er ikke grunnlaget for de foretatt beregninger fullt tilfredsstillende. Selv om tallene bare representerer anslag, er likevel ikke usikkerhetene større enn at man kan regne med å ha fått et for praktiske formål brukbart uttrykk for de respektive kilders betydning.

Med den usikkerhet som ligger i tallene, er det bare anledning til å foreta grove sammenlikninger med belastningene i andre fjordområder. Resultatene av en slik jevnføring viser at i Grindefjorden/Skjoldafjorden er tilførslene pr. m<sup>2</sup> overflate meget beskjedne i forhold til forurensede fjorder på Østlandet (Oslofjorden, Frierfjorden), såvel med hensyn på næringssalter som organisk stoff. Selv om denne beregningsmåte ikke tar hensyn til vannets oppholdstid, synes det likevel klart at forholdene i Grindefjorden/Skjoldafjorden i hovedsaken er betinget av naturgrunnlaget, og da i første rekke den skarpe atskillelsen av overflaten fra dypvannet i kombinasjon med et stort vannvolum innenfor den grunne terskelen.

I samsvar med ovenstående er det ikke funnet noe trekk ved vannkvalitet eller organismeliv som kan karakteriseres som tydelige forurensningsvirkninger (Jfr. avsnittene 4 og 5). Det er imidlertid ikke usannsynlig at man ved mer detaljerte studier vil kunne påvise økt produktivitet lokalt, f.eks. i Grindevågen.

På grunn av den dårlige vannutskiftingen i lagene under 12-15 m, må fjorden betraktes som en ømfintlig resipient. Selv om dypvannet har vært oksygenfritt i historisk tid, vil det også være andre forhold enn konsentrasjonen av hydrogensulfid under 30-40 m som blir influert ved bruk av vannforekomsten som resipient for avløpsvann. Sammenlikninger med observasjoner fra 1932 (Strøm 1936) antyder muligheten av at det har skjedd en reduksjon i fjordens oksygenreserve. For 40 år siden ble det påvist (små) oksygenmengder i sjiktet 40-50 m, i motsetning til i begynnelsen av 1950-årene (Strand 1956, upublisert hovedfagsarbeid). Muligens kan denne utviklingen ha fortsatt i de to følgende 10-år, men dette er mer usikkert.

At stadig større vannmasser får redusert oksygeninnhold, har bl.a. den virkning at områdene med levelige vilkår for fisk innskrenkes. Tilfredsstillende oksygenkonsentrasjoner for fisk er i dag stort sett begrenset til de øvre 10-12 m, og området hvor denne organisme-gruppen kan leve strekker seg ikke lenger ned enn til ca. 15 m. Selv om det er en praktisk grense for hvor høyt opp de oksygenfattige vannmasser kan stige, må man på grunn av det permanente og markerte sprangsjiktet som ofte ligger over 10 m, anta at denne grensen ikke er nådd. Det bør i denne forbindelse også nevnes at risikoen for luktulemper øker jo høyere opp det  $H_2S$ -holdige vannet når. Dette har kanskje størst betydning for de mest utsatte delene, slik som Grindevågen.

Såfremt det inngår i målsettingen for fjorden å hindre en ytterligere forverring av oksygenforholdene, bør avløpsvann med innhold av organisk stoff eller næringssalter renses før utslipp. De foretatte belastningsberegninger sannsynliggjør at fjerning av næringssalter vil ha forholdsmessig større vernevirking enn reduksjon i avløpsvannets innhold av organisk stoff.

## 8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I De foretatte hydrofysiske undersøkelser har bekreftet de dårlige vannutskiftingsforholdene i Grindefjorden/Skjoldafjorden på grunn av terskelen ved Skjoldastraumen. Mindre innstrømninger er registrert ved to anledninger uten at det hadde noen vesentlig innflytelse på dypvannets egenskaper.
- II I hovedbassengene innenfor terskelen er det registrert råttent vann (uten fritt oksygen) under 25-35 m, i Grindevågen til dels fra 15-20 m. Sammenlikninger med tidligere observasjoner har antydnet at det i 20-års perioden etter 1930-35 kan ha foregått en langsom forverring av oksygenforholdene, muligens også i den følgende 20-års perioden.
- III Anslagsmessige beregninger av forurensningstilførsler har vist at fjorden innenfor Skjoldastraumen er relativt lavt belastet med organisk materiale og næringssalter (1971).
- IV Observasjonene av vannkjemi, planteplankton, fastsittende alger og dyr har vist normale forhold, med arter og samfunn som er vanlig forekommende i Vestlandsfjorder. Vannkvaliteten kan i hovedsaken antas å være betinget av naturgrunnet.
- V Om Grindefjorden og de indre deler av Skjoldafjorden skal vernes mot en forverring av oksygenforholdene og forringelse av overflatesjiktets vannkvalitet, bør økning i den nåværende belastning unngås og avløpsvann med innhold av nedbrytbart organisk materiale eller gjødselstoffer renses før utslipp.

9. REFERANSER

Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen 1958: Hydrologiske undersøkelser i Norge, Oslo. 236 s + figurer.

Norsk institutt for vannforskning 1973: O-58/70. Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Kartlegging og måling av avrenning og utslipp av forurensninger til fjorden. Stensilert konsept, 93 s. (saksbehandler Sten Ulrik Heines).

Strand, O. 1956: En hydrografisk undersøkelse av Skjoldafjorden. Upubl. hovedfagsarbeid. Oslo Universitet, stensilert, 116 s.

Strøm, K. M. 1936: Land-locked waters. Hydrography and bottom deposits in badly ventilated Norwegian fjords with remarks upon sedimentation under anaerobic conditions. Skr. utg. av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. I Mat.-Naturv. Kl. 1936 No. 7, Oslo, 85 s. + figurer.

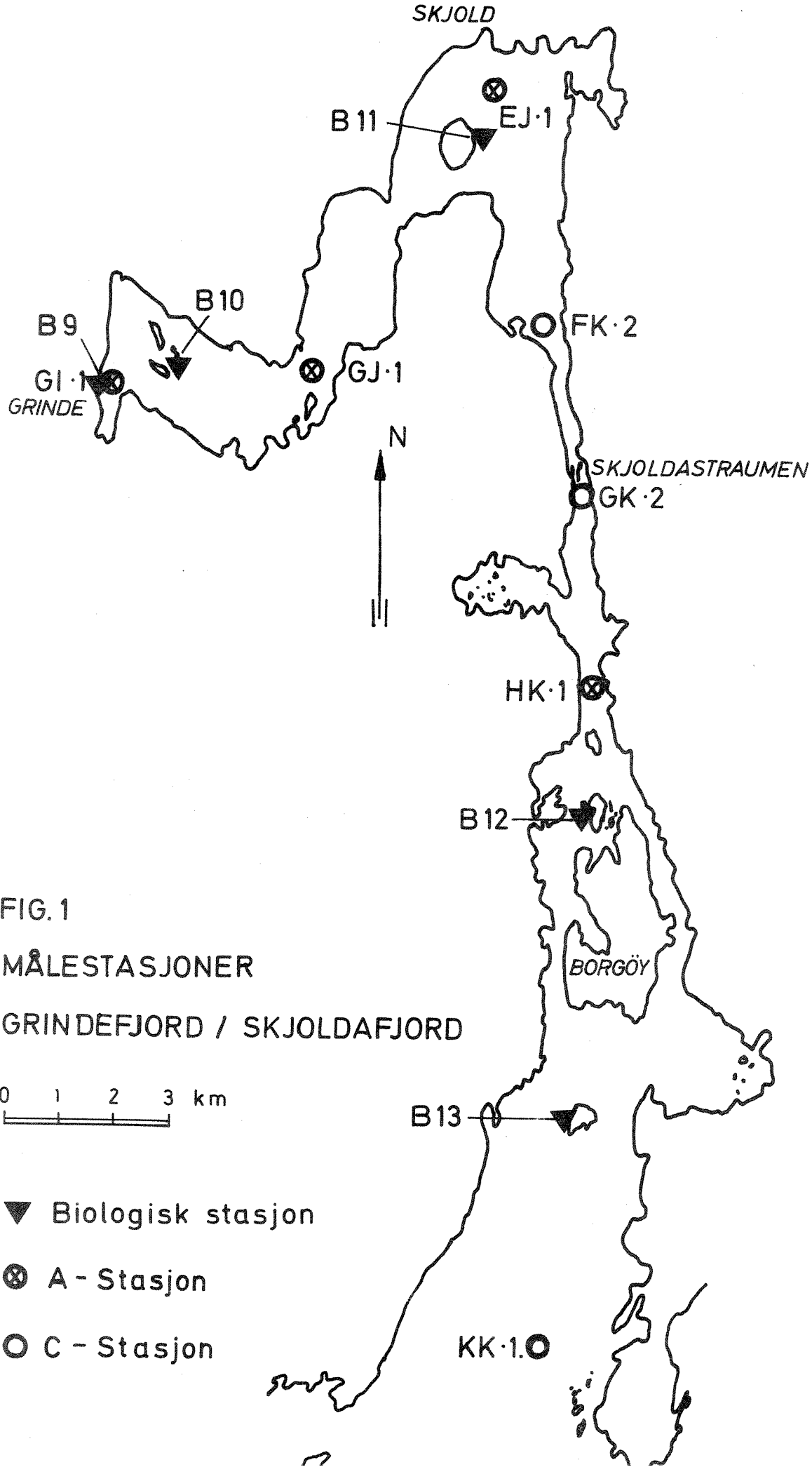


FIG. 1

MÅLESTASJONER

GRINDEFJORD / SKJOLDAFJORD

0 1 2 3 km

▼ Biologisk stasjon

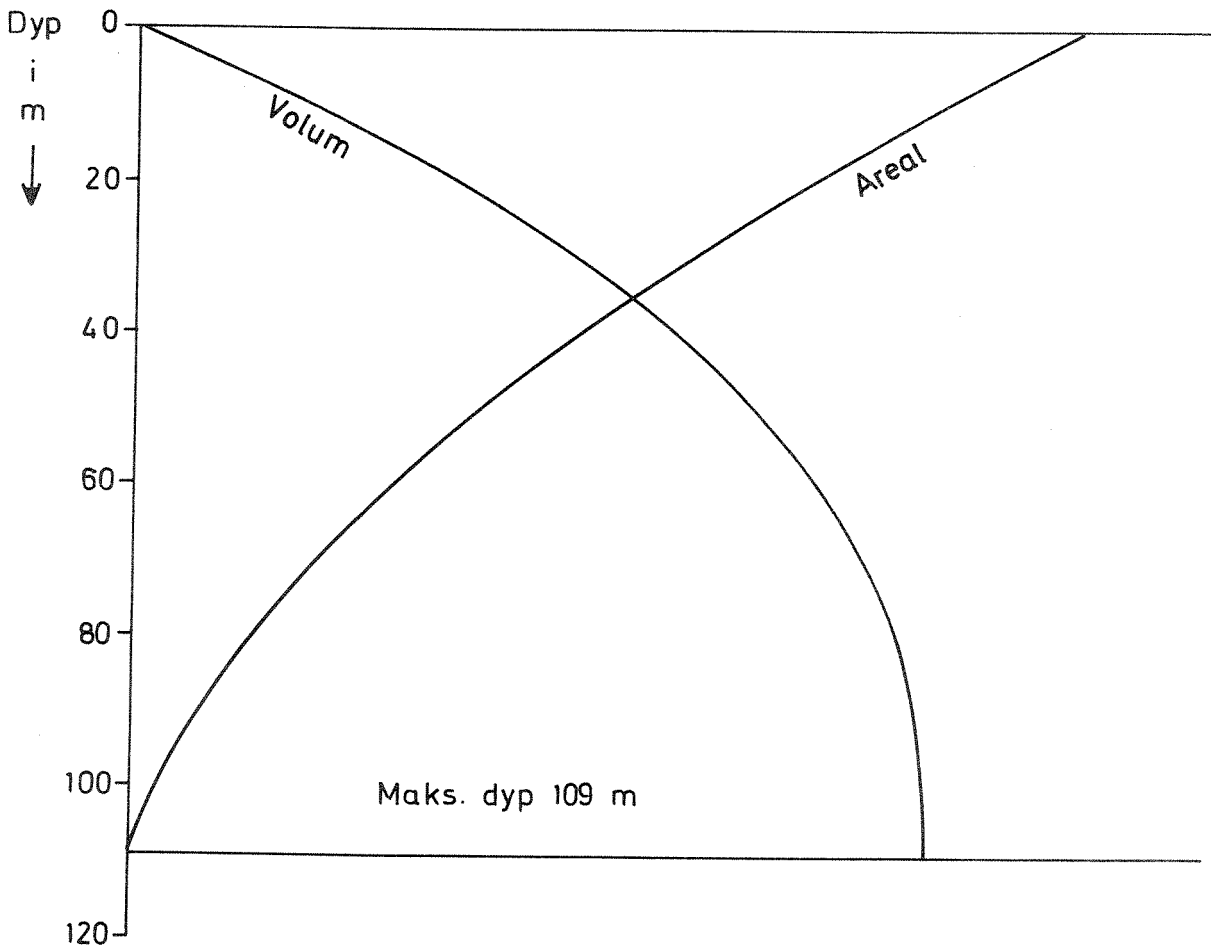
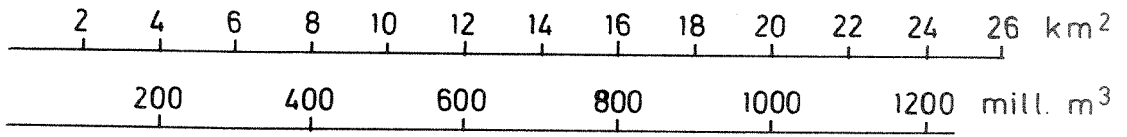
⊗ A - Stasjon

○ C - Stasjon

Fig. 2

Dybde, areal og volum i Skjolda - Grindefjorden

innenfor terskel





Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 30.6., 1.7. 1970

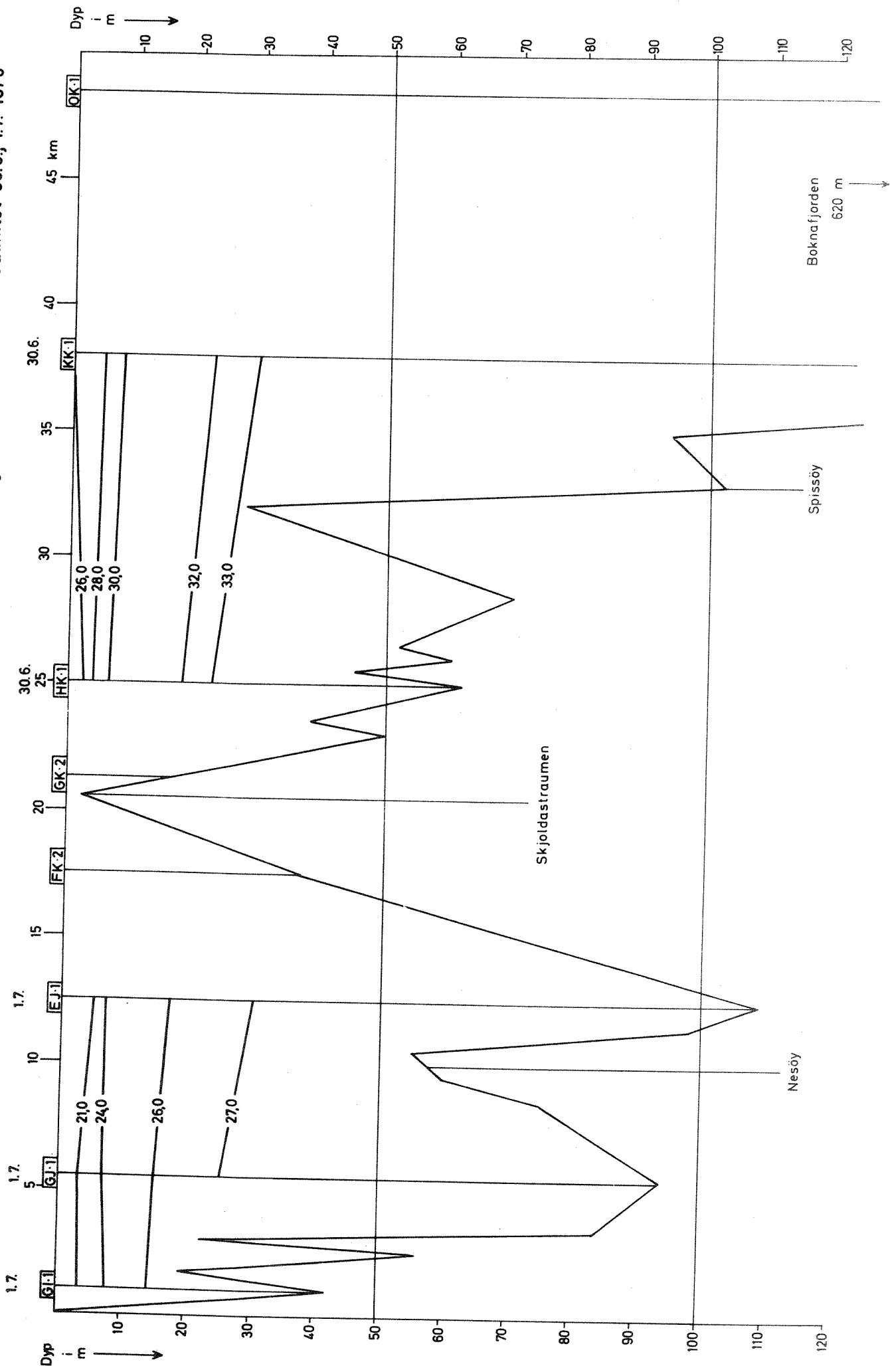


Fig.4

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetteth 30.6, 1.7. 1970

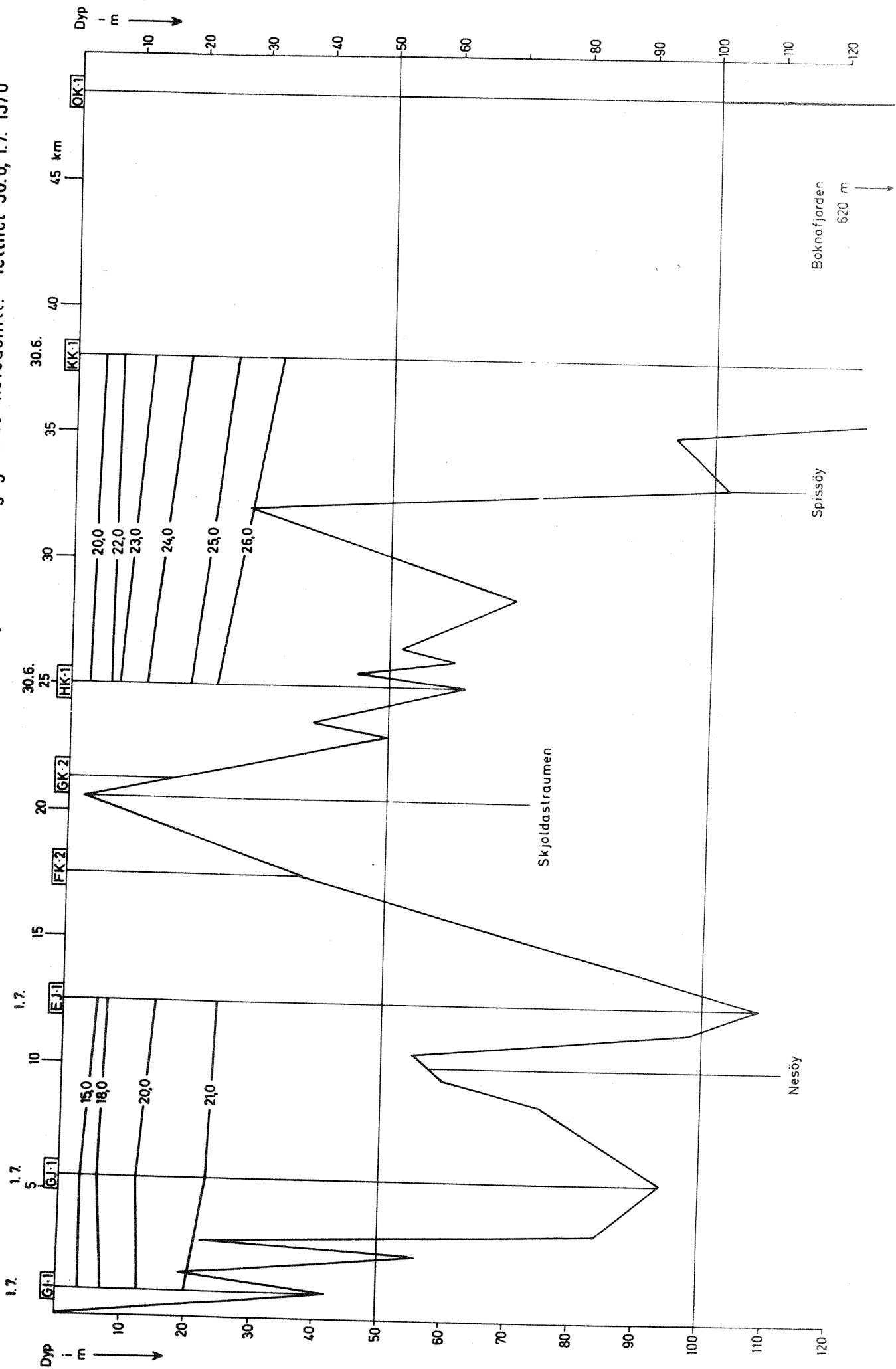


Fig.5

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 6.7., 7.7. 1971

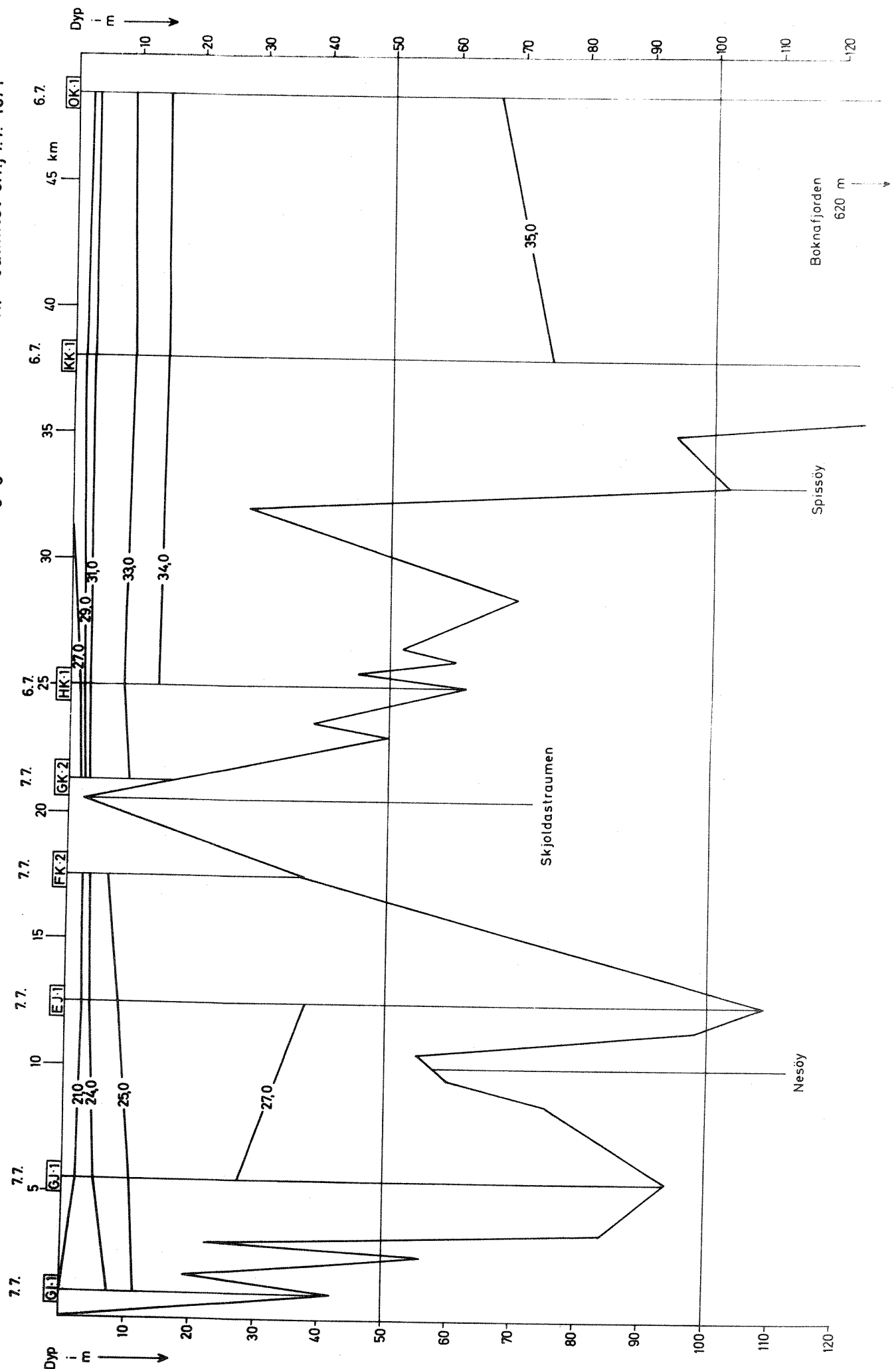


Fig.6

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 6.7., 7.7. 1971

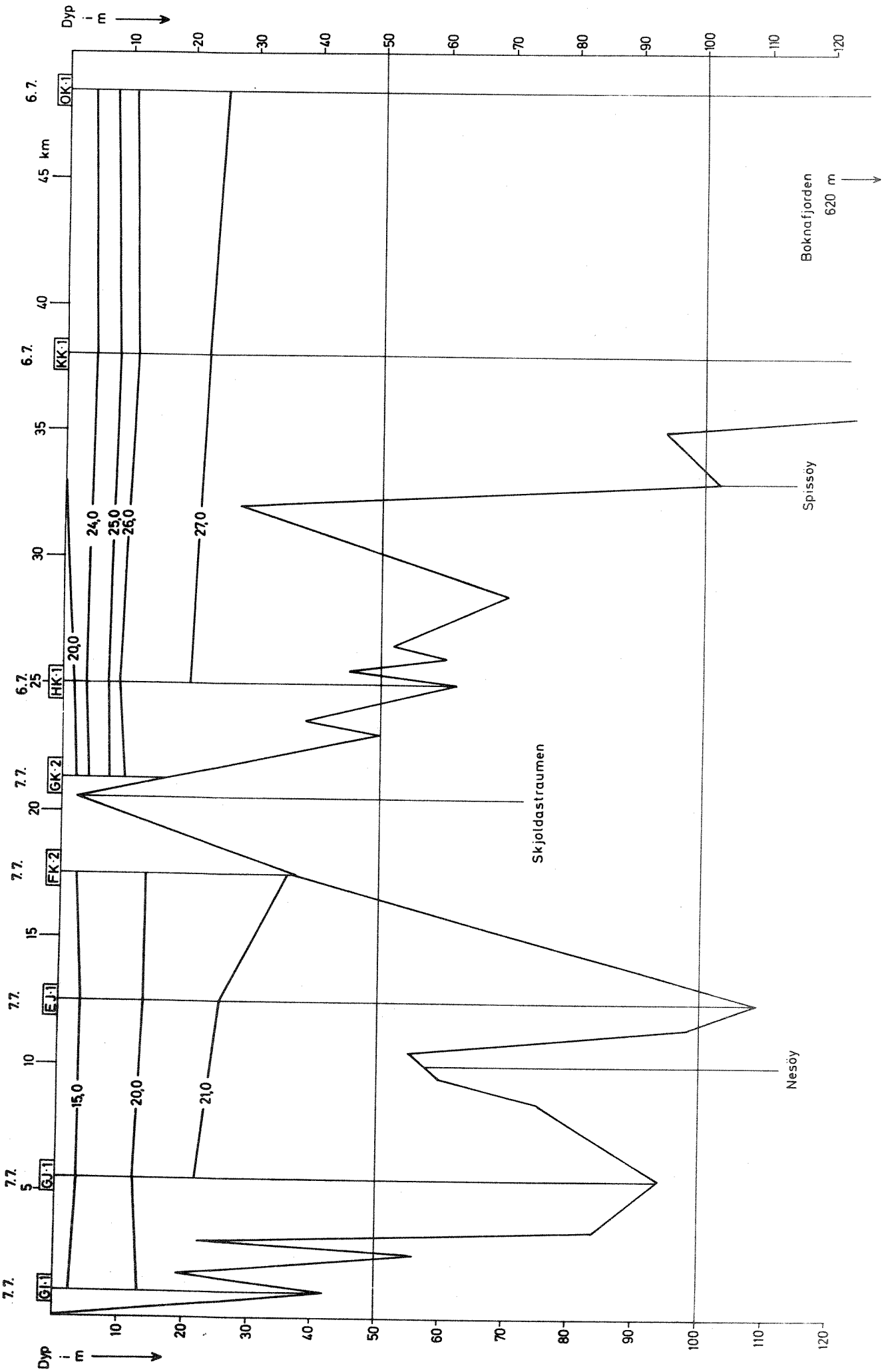


Fig.7 Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 18.11., 19.11. 1971

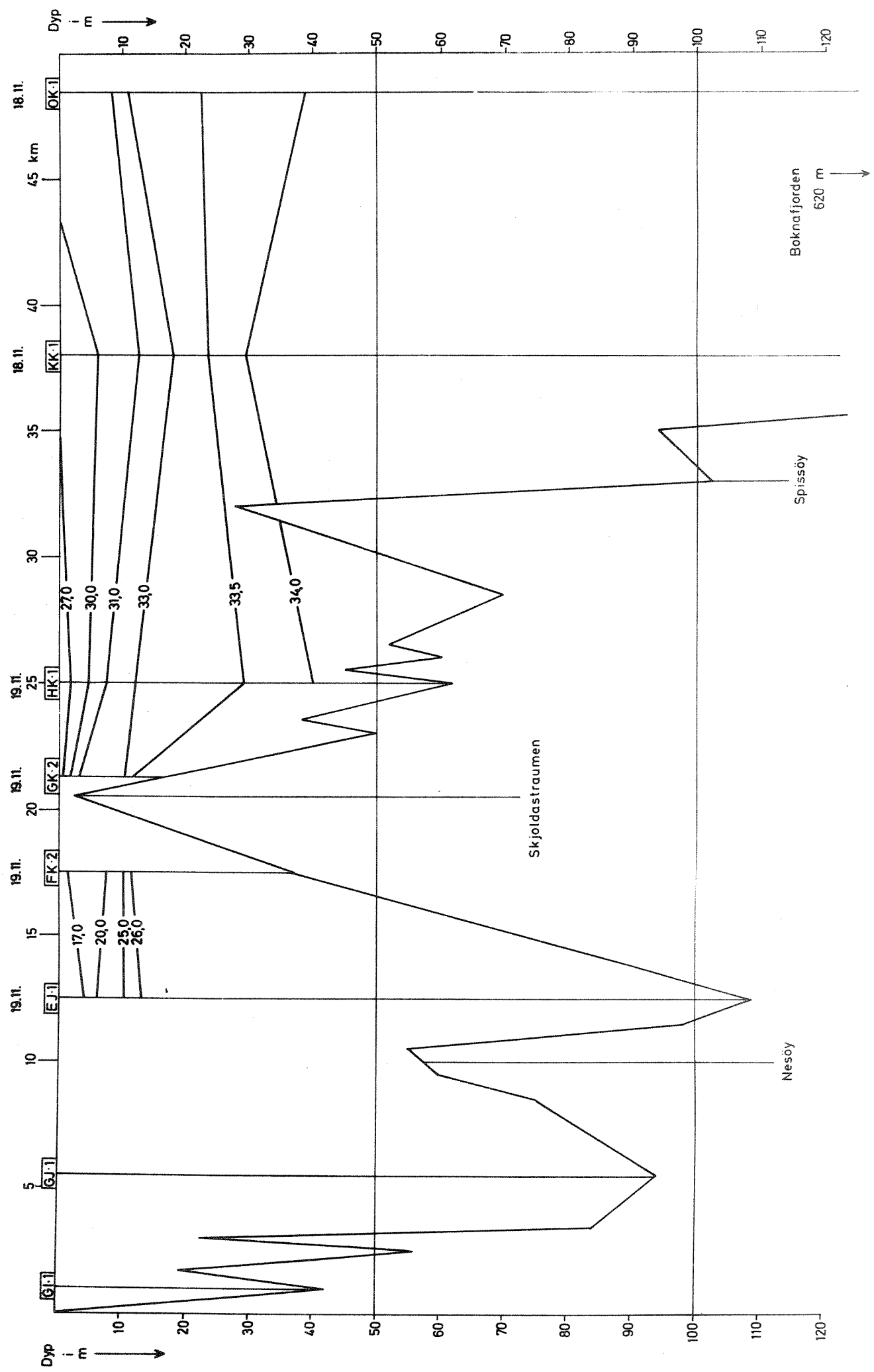


Fig. 8 Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 18.11., 19.11. 1971

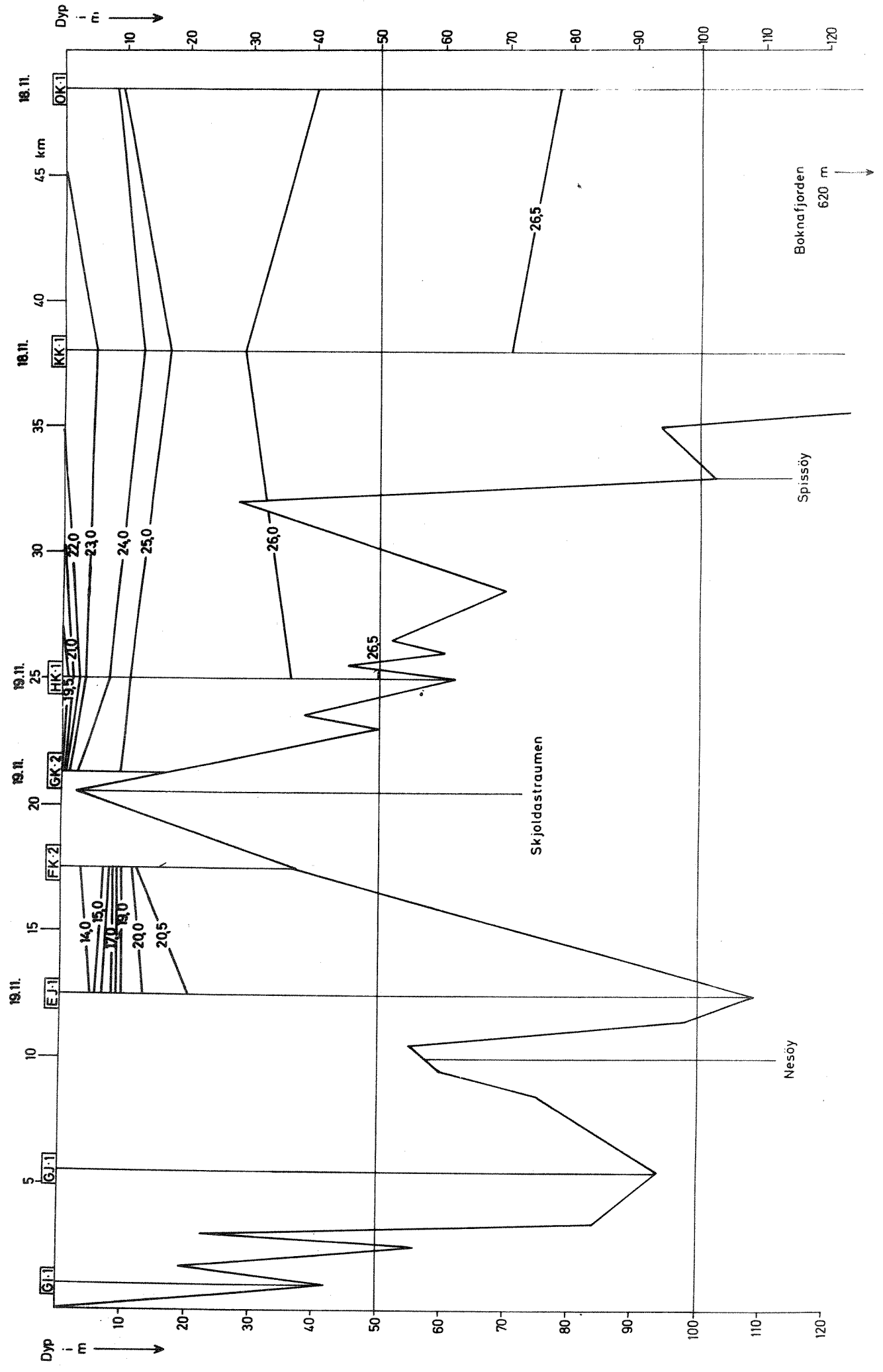


Fig.9 Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 12.12.1971

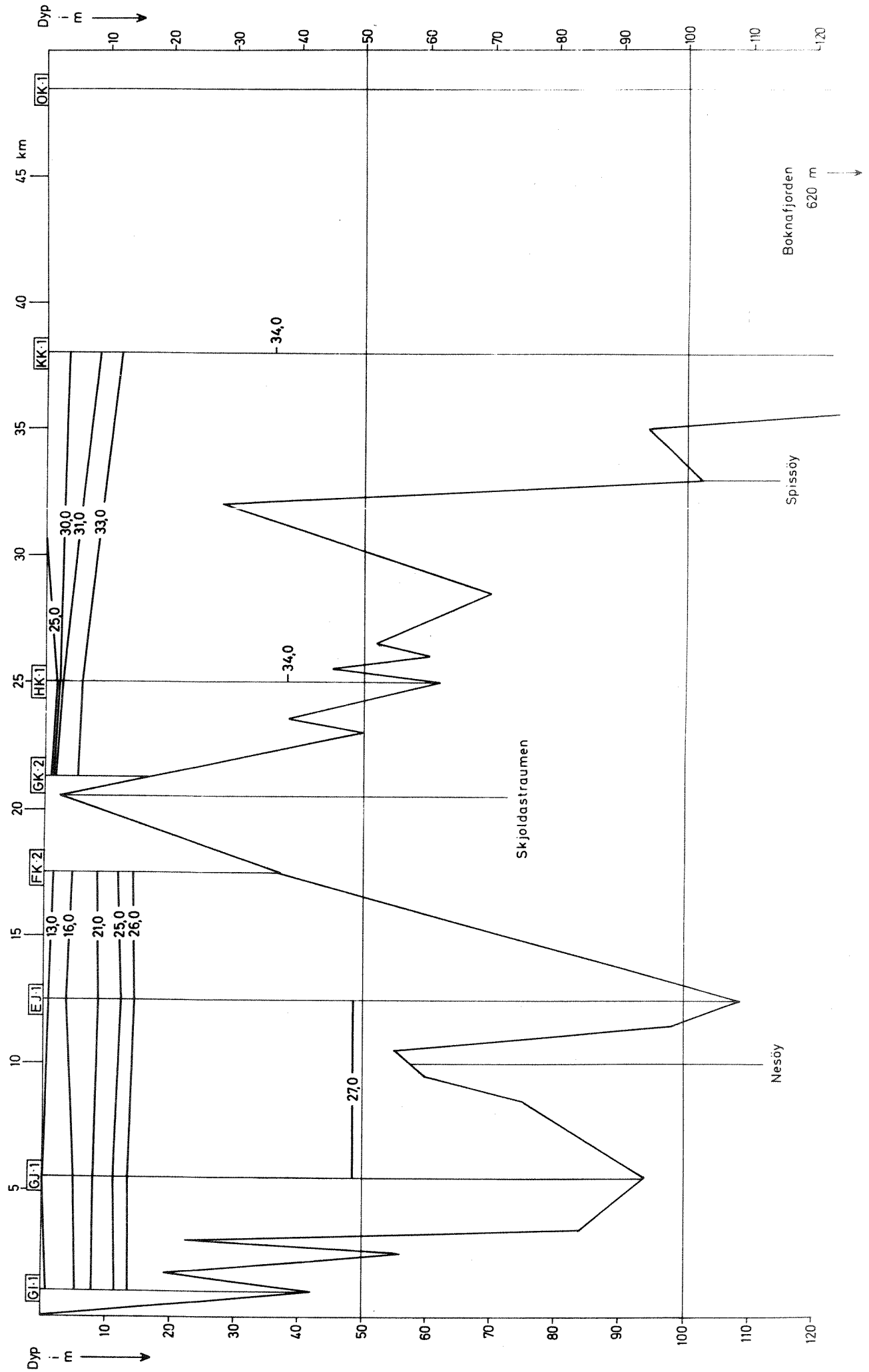


Fig. 10

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjolda fjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 12. 12. 1971

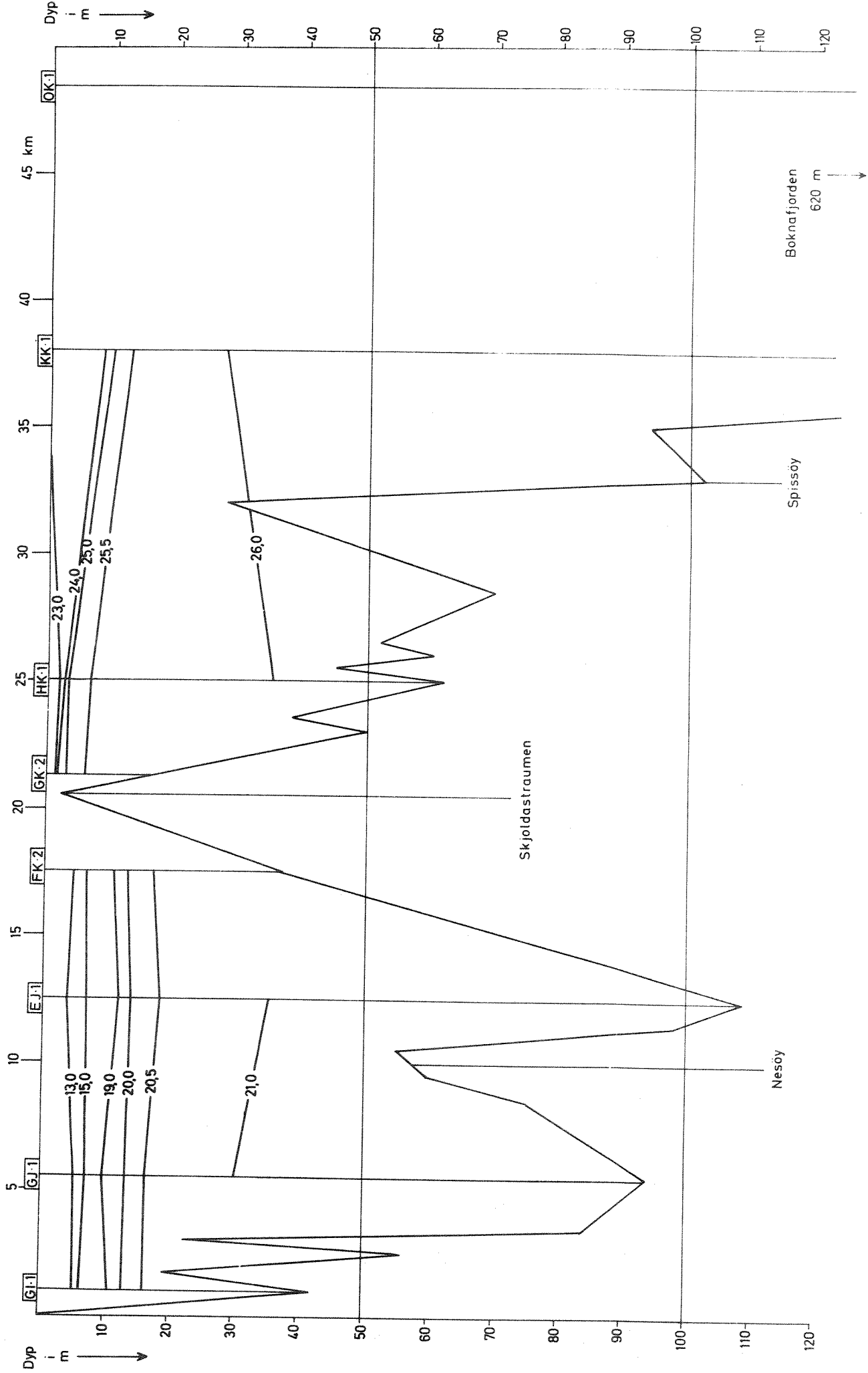




Fig.11

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 29.2.1972

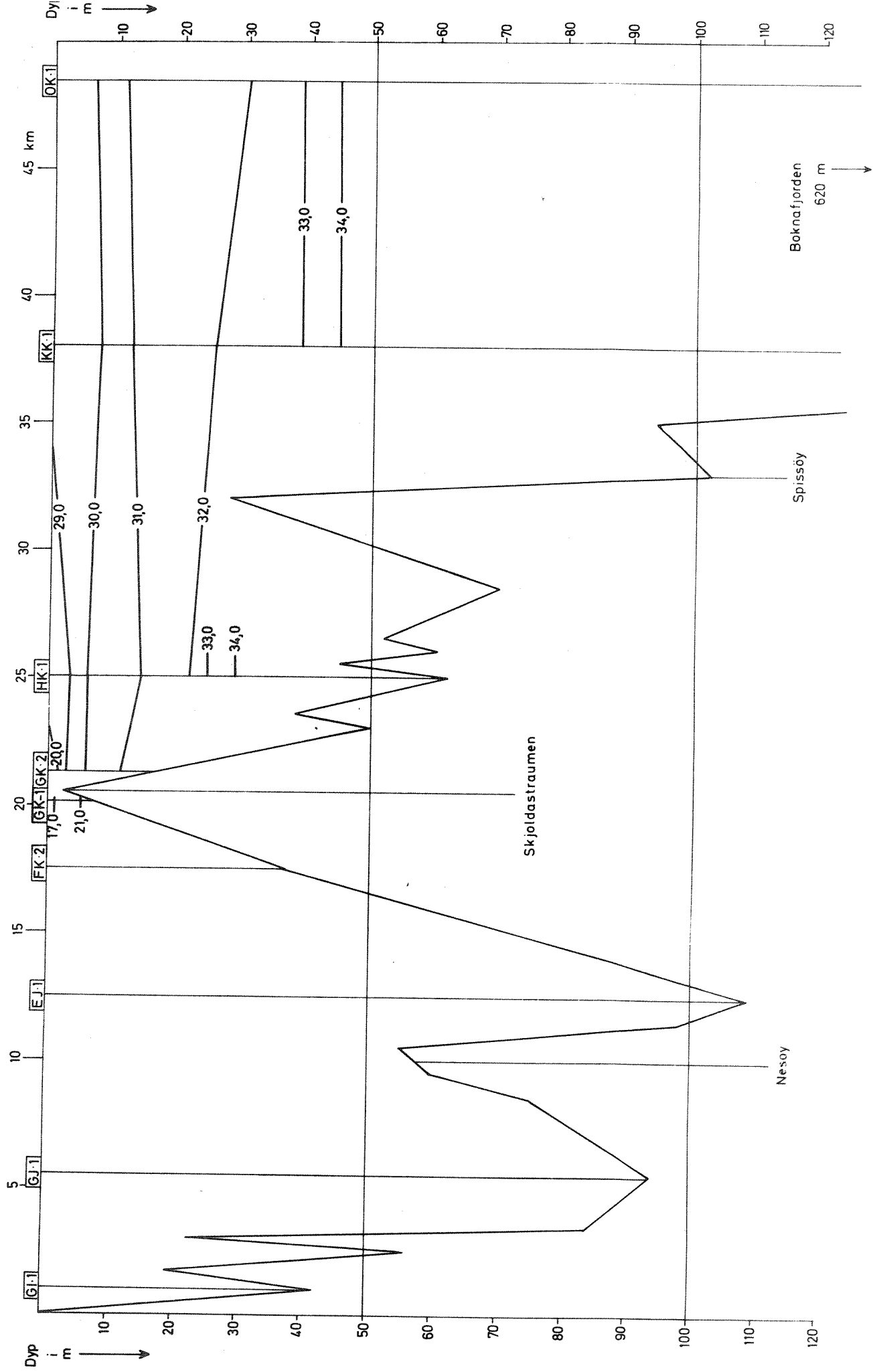


Fig. 12

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 29.2. 1972

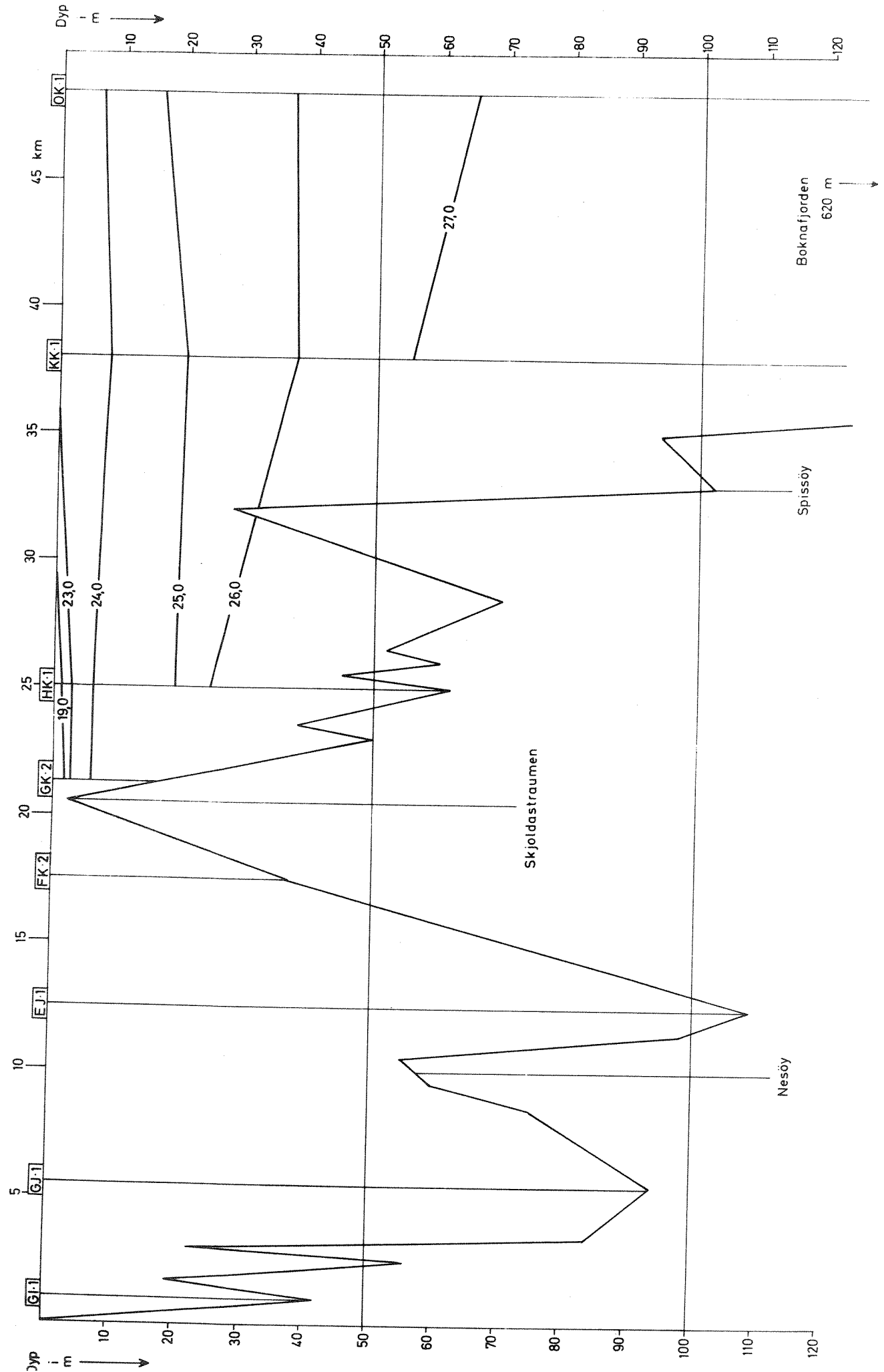


Fig.13

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 25.3.1972

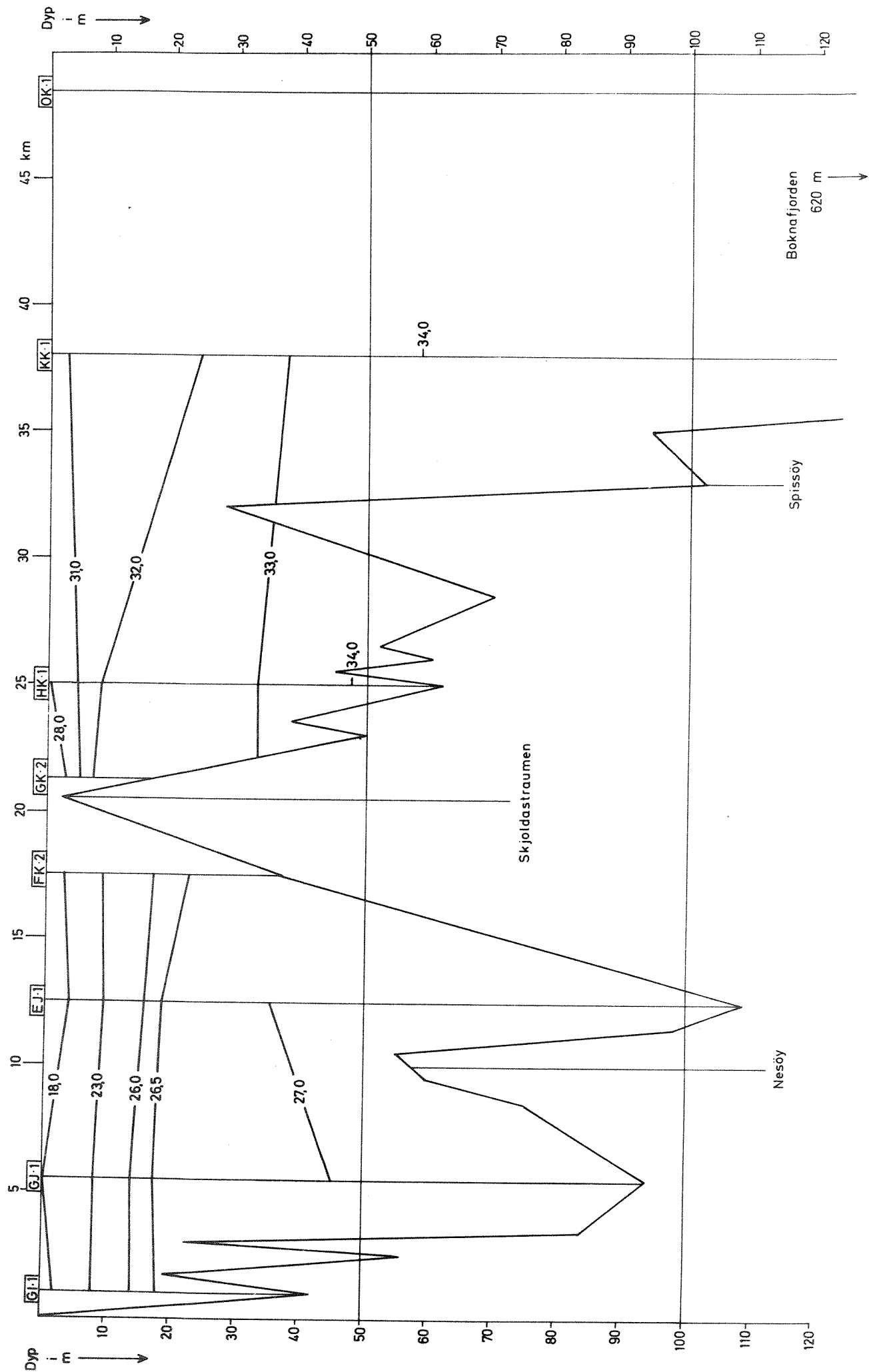


Fig. 14

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tettthet 25.3.1972

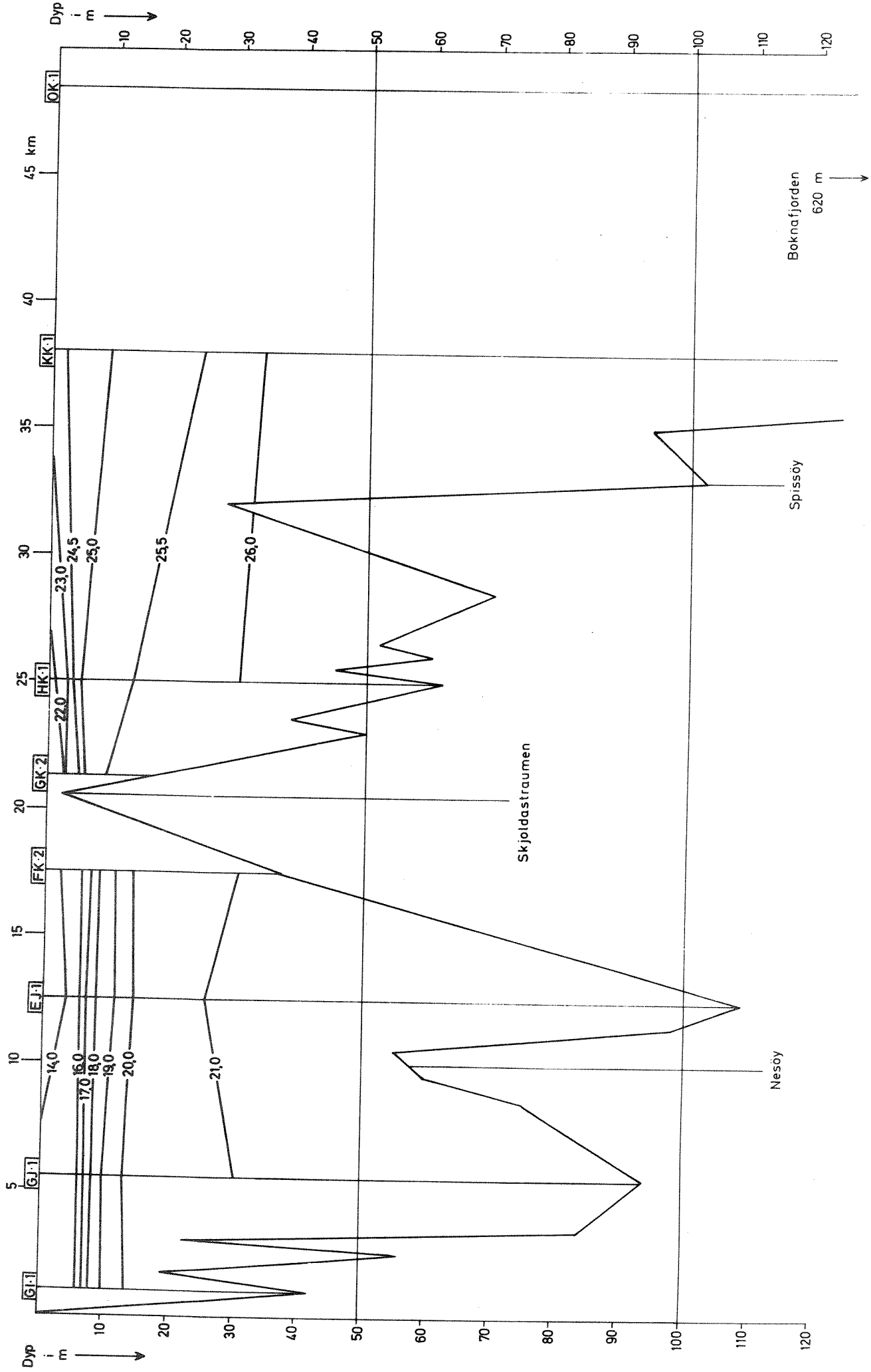


Fig.15 Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 8.4.1972

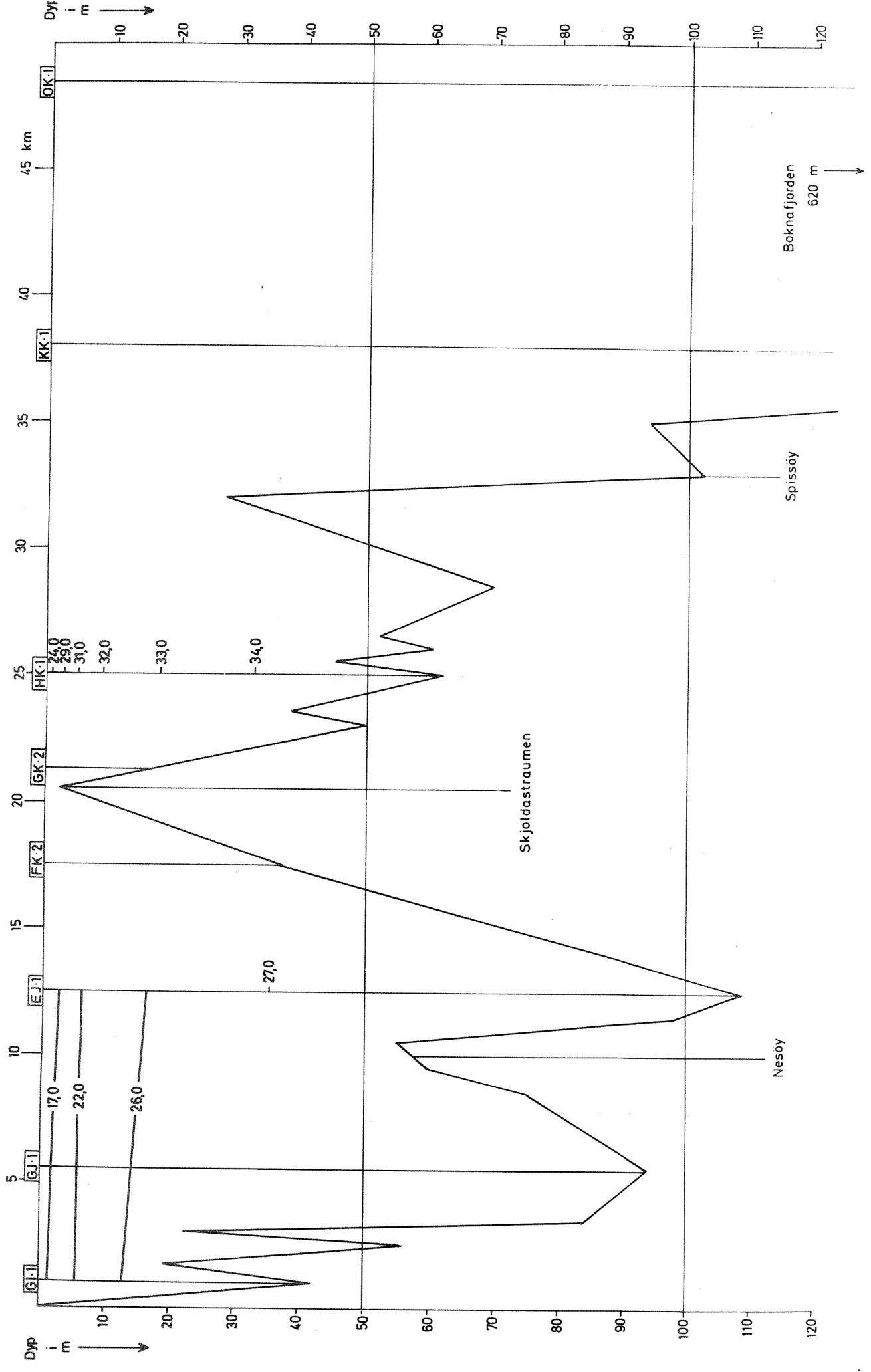


Fig.16

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjolda fjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 8.4.1972

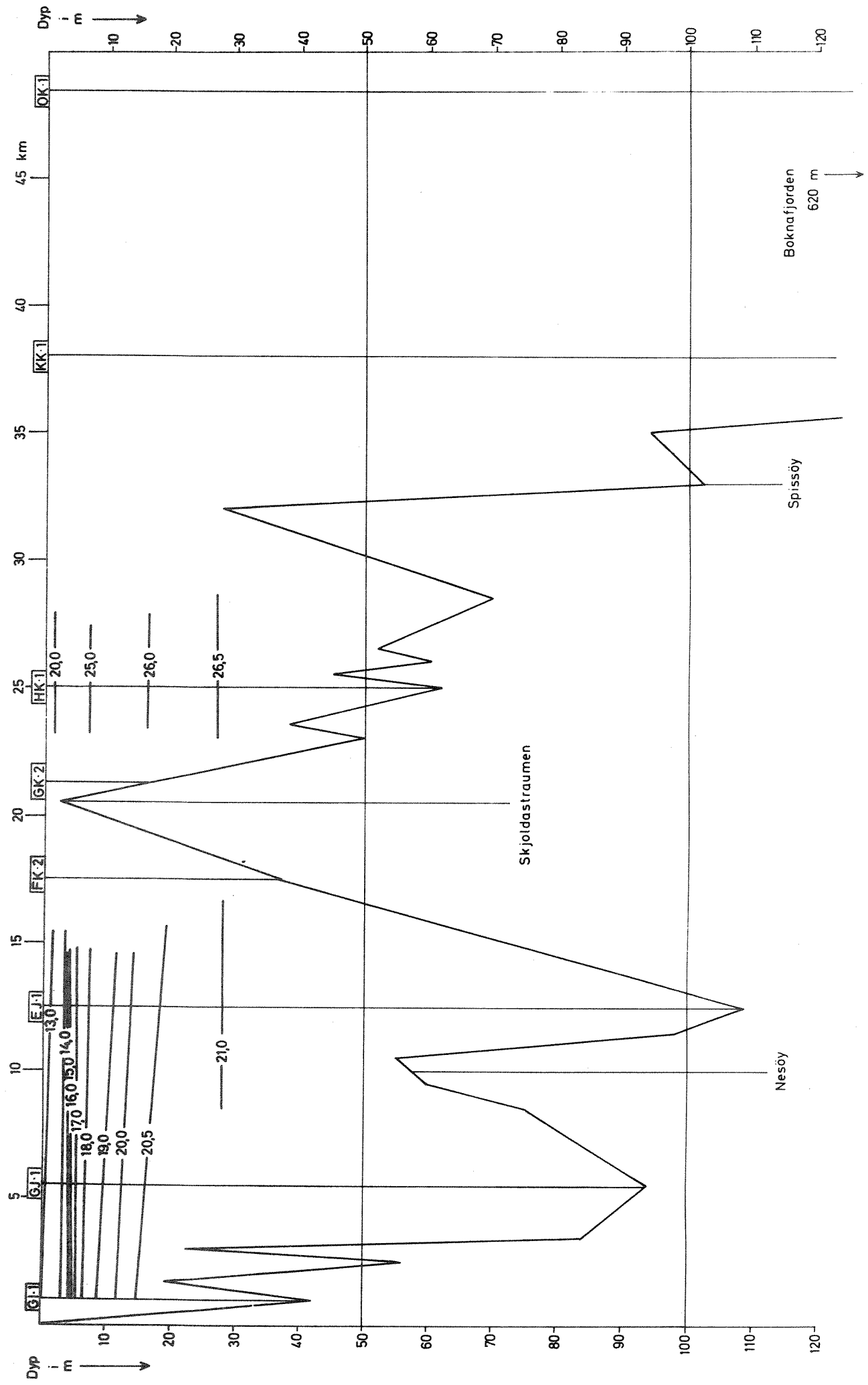


Fig. 17/ Vertikalt dybdesnitt - brinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 10.5.1972

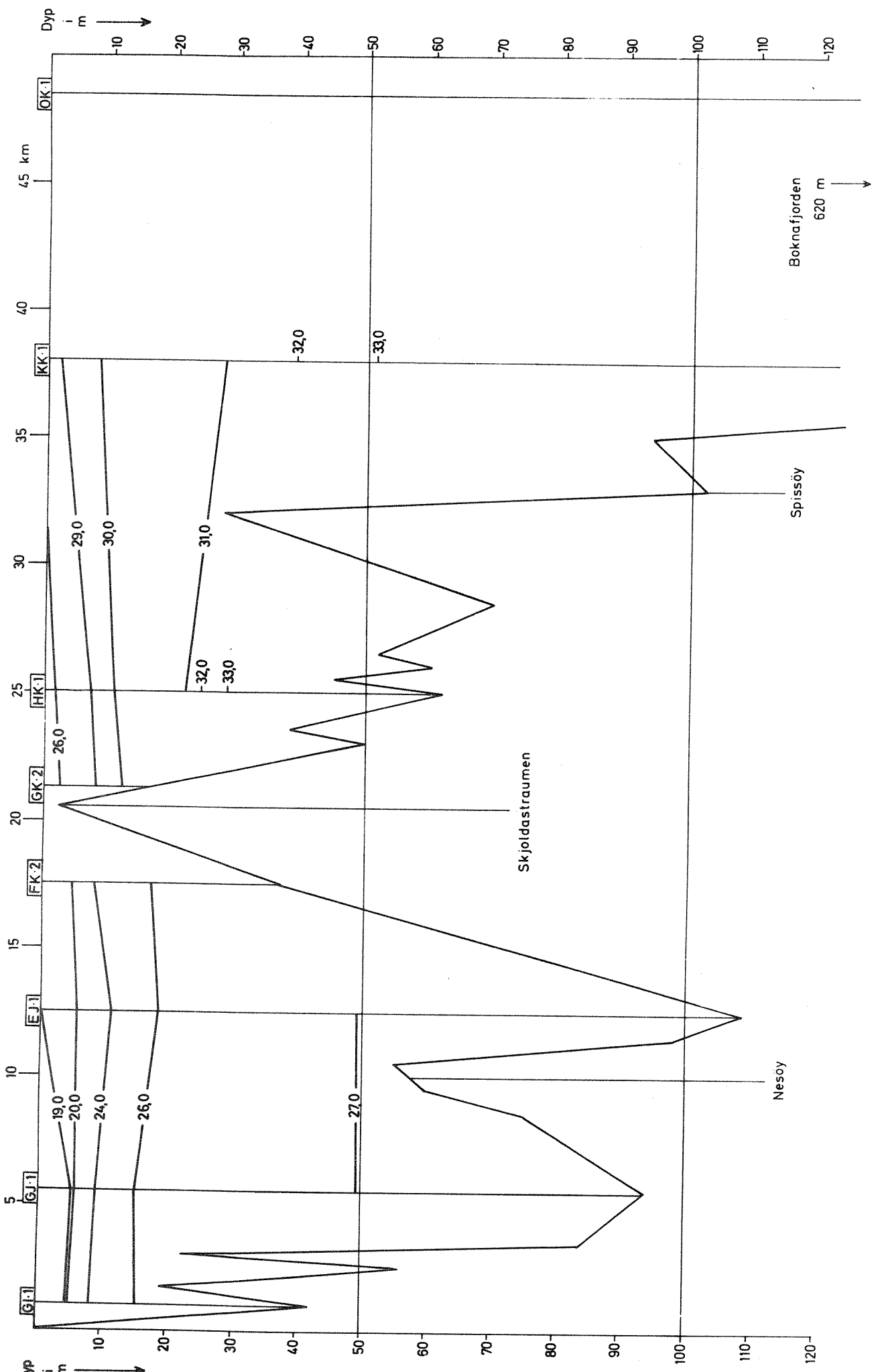


Fig.18

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 10.5.1972

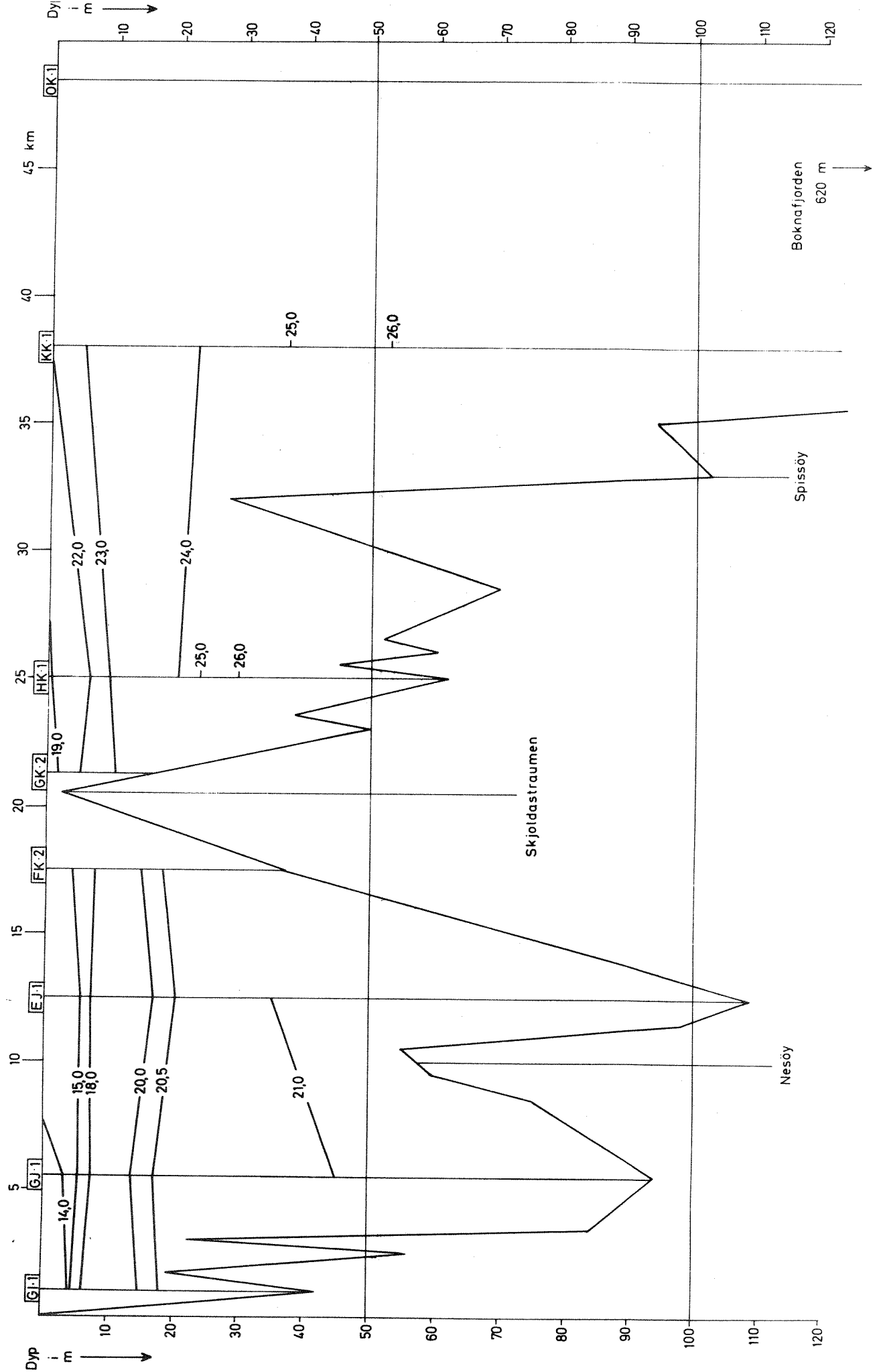




Fig.19 Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 8.6, 10.6, 11.6. 1972

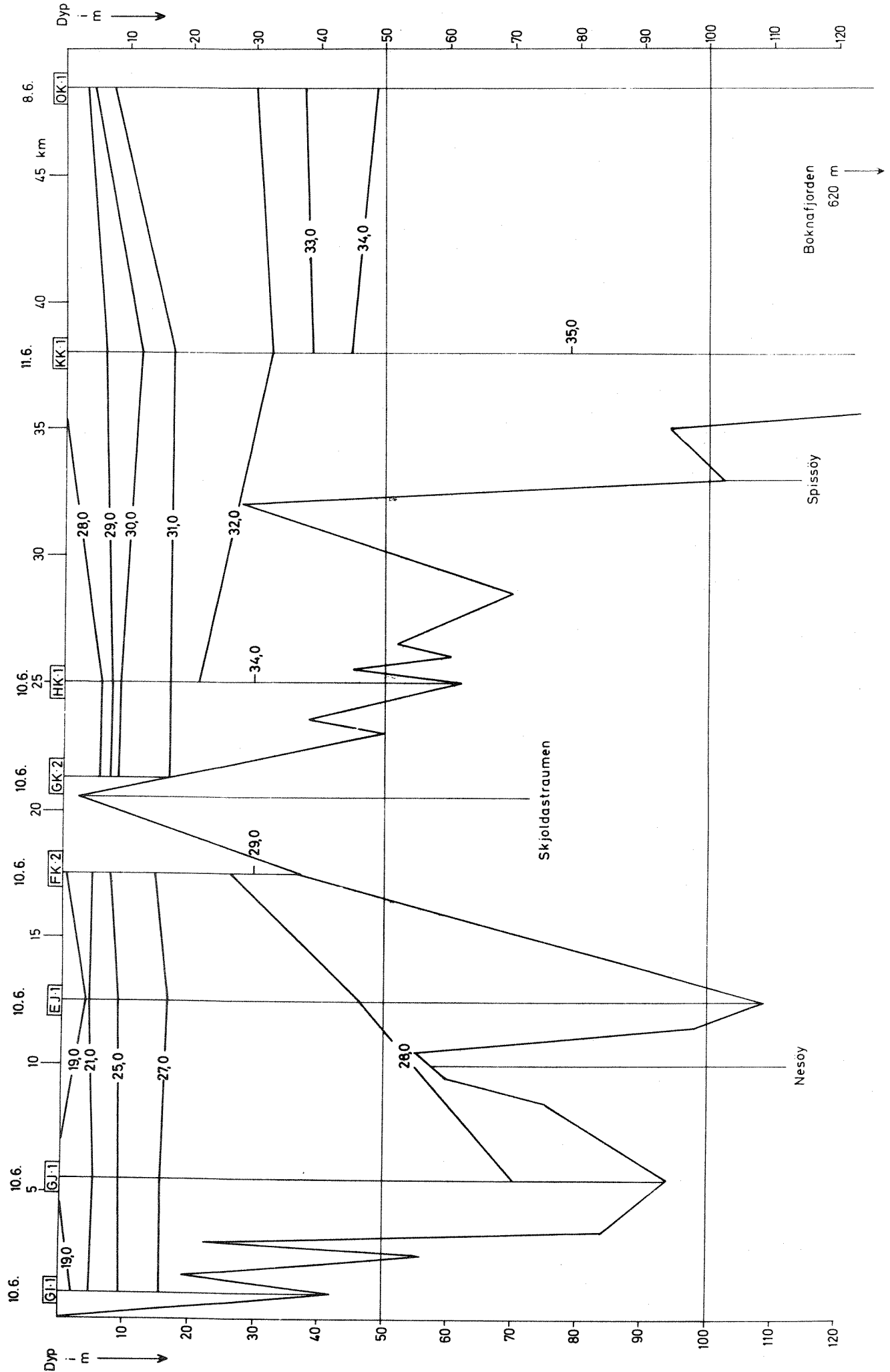


Fig.20

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 8.6, 10.6, 11.6 1972

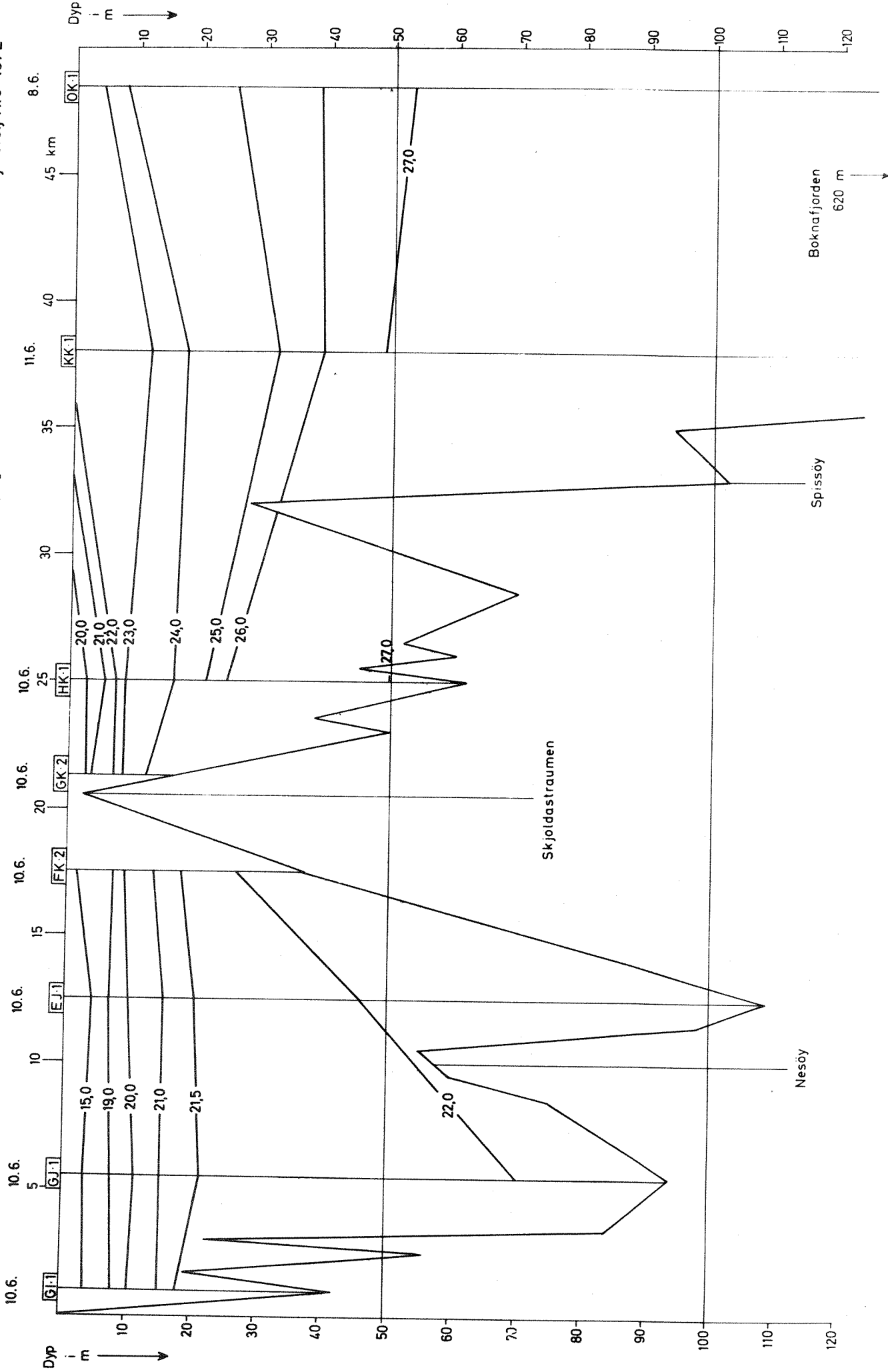
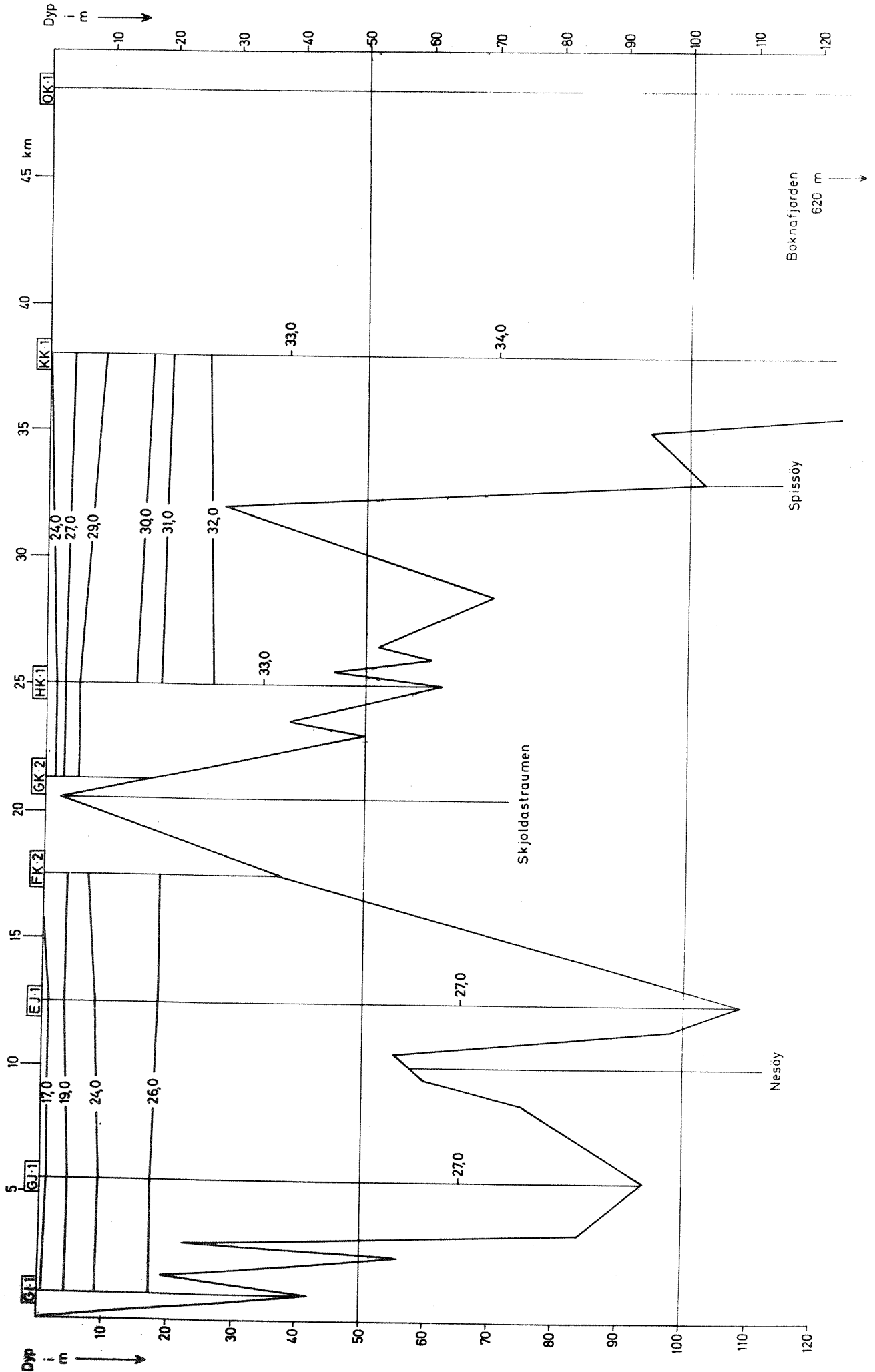
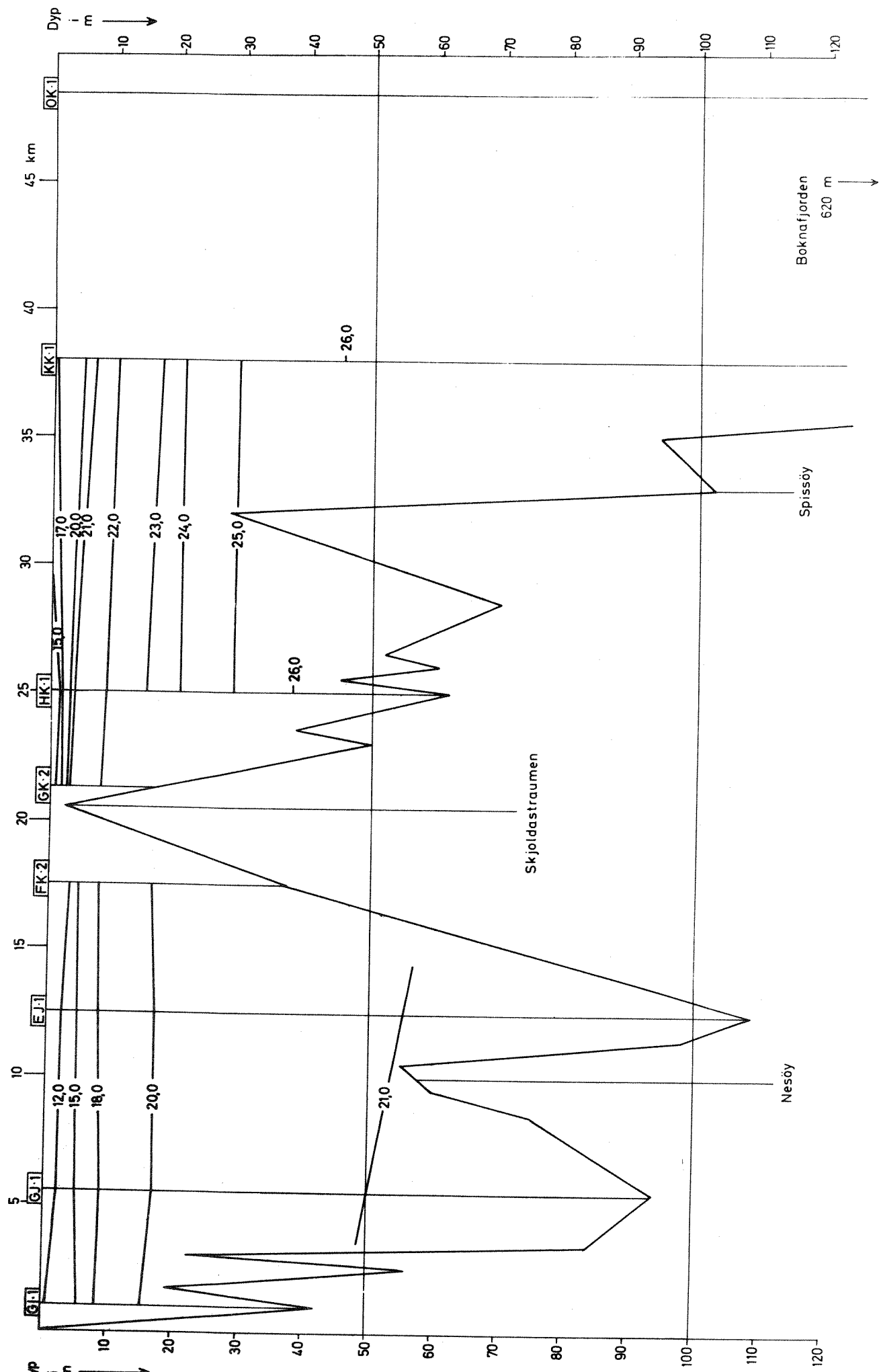


Fig. 21

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Salinitet 15. 7. 1972



Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldaafjorden - Langsgående hovedsnitt. Tetthet 15.7.1972



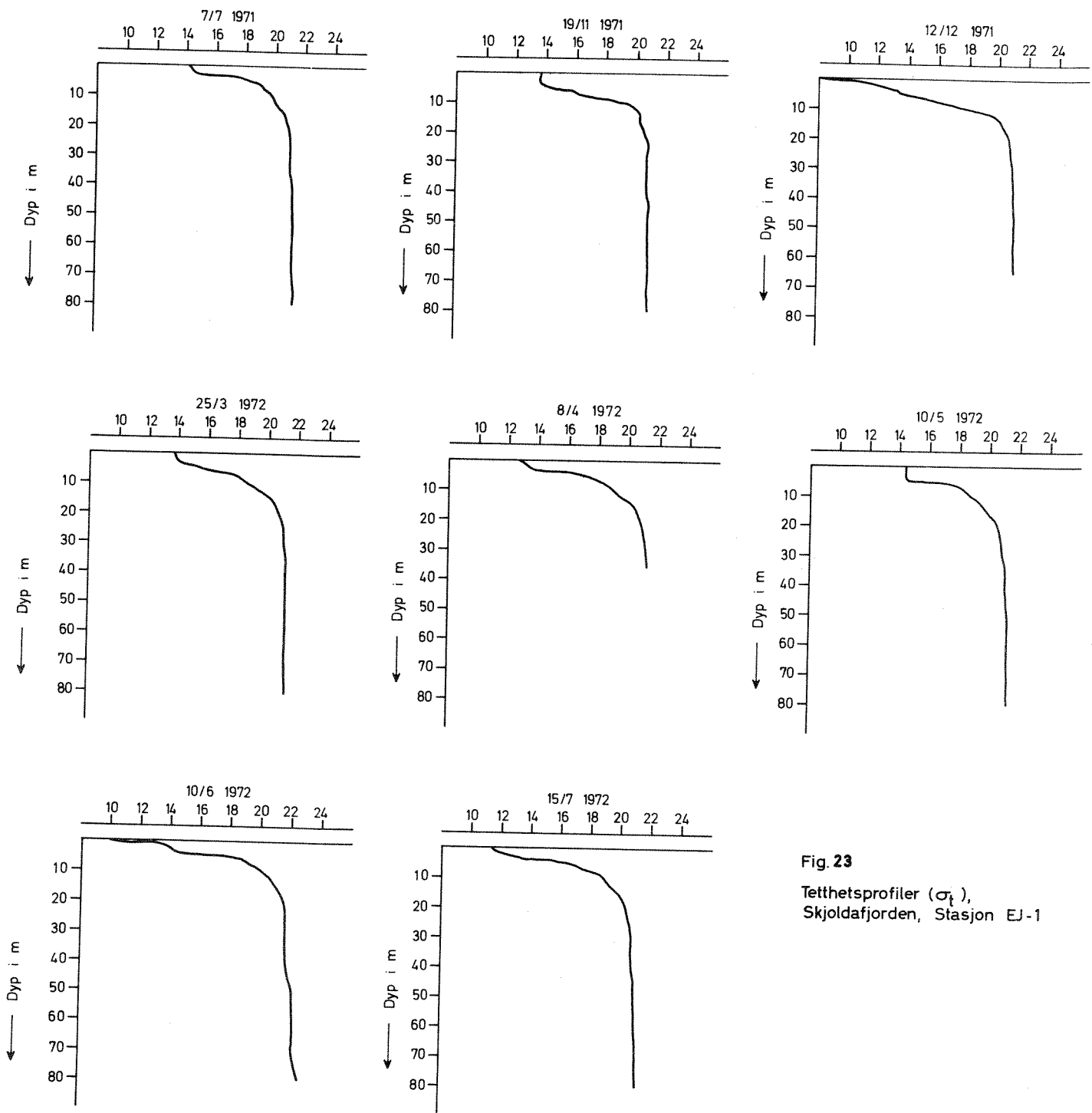


Fig. 23

Tetthetsprofiler ( $\sigma_t$ ),  
Skjoldafjorden, Stasjon EJ-1

Fig. 24

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 6.7.-7.7. 1971

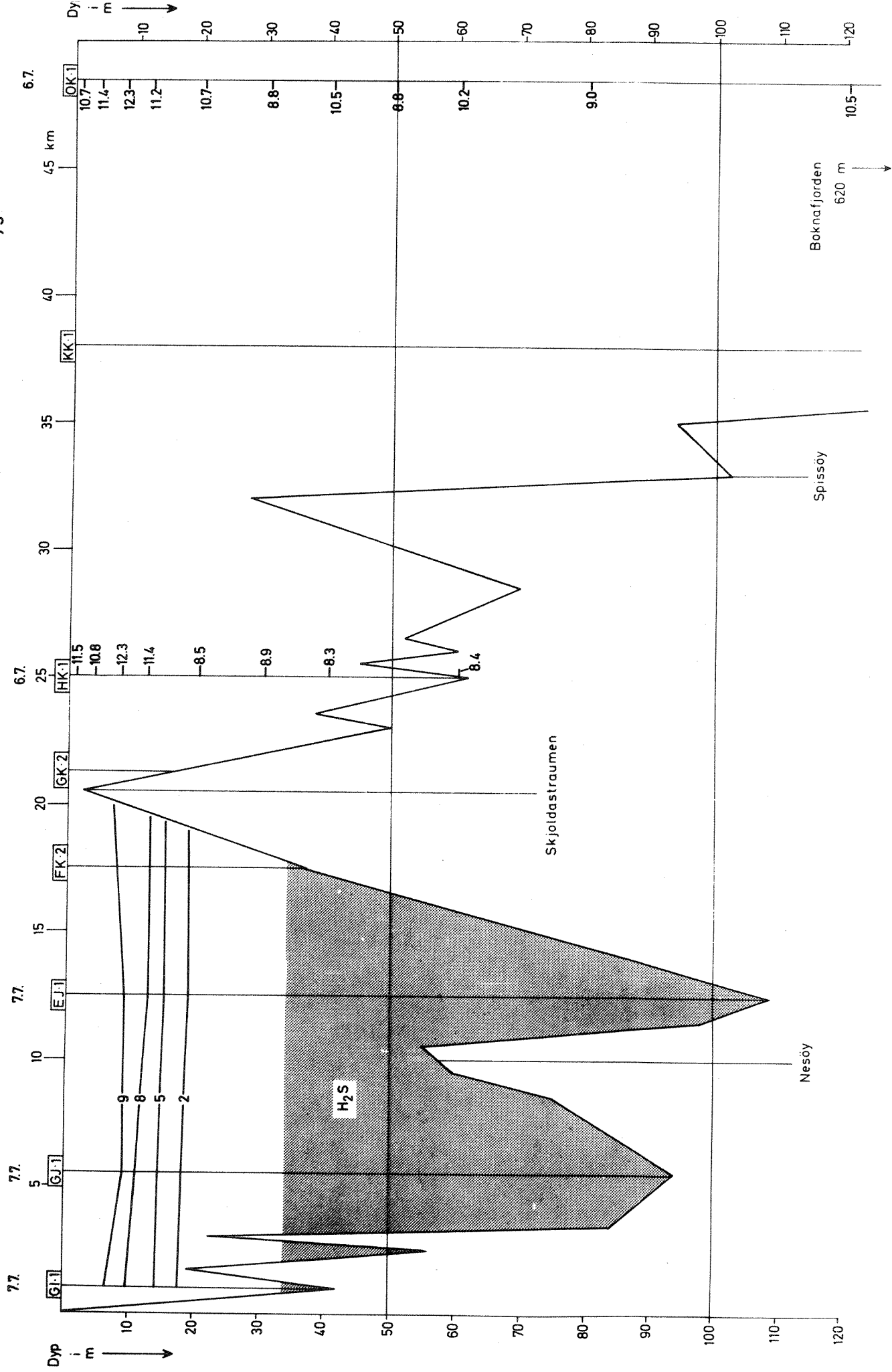


Fig. 25

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 18.11. - 19.11. 1971

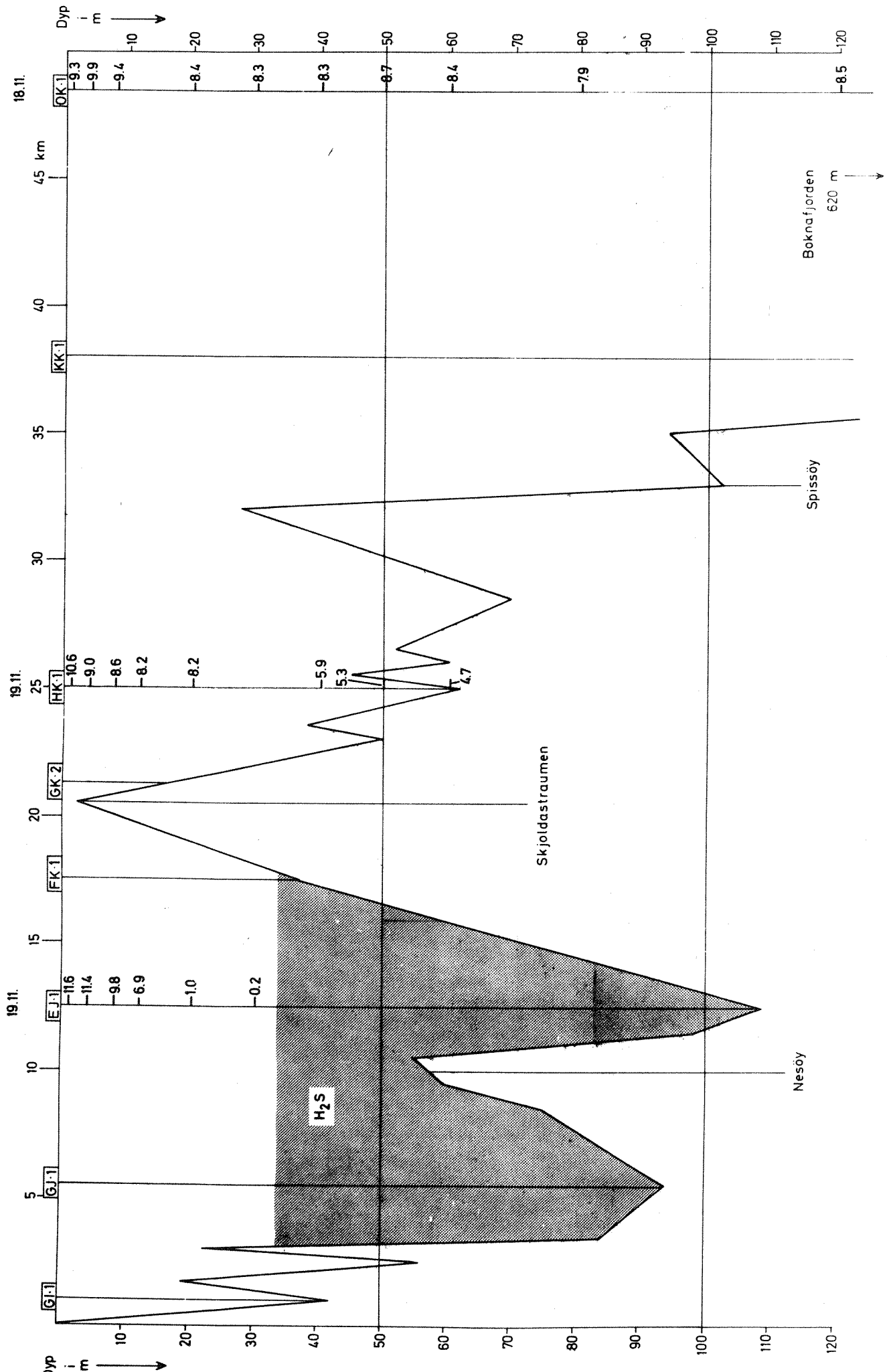


Fig. 26

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 29.2.1972

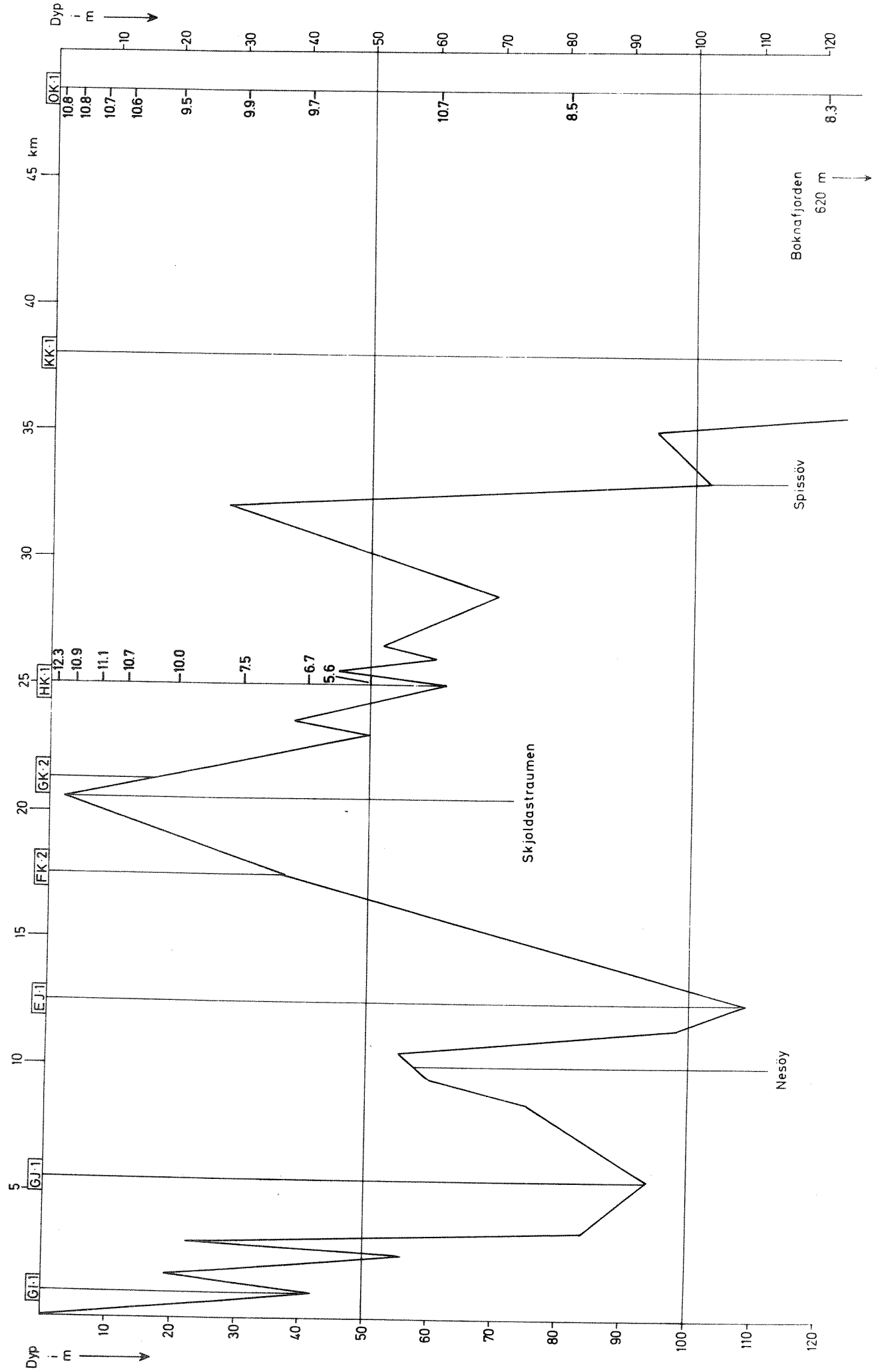




Fig. 27

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 8.4.1972

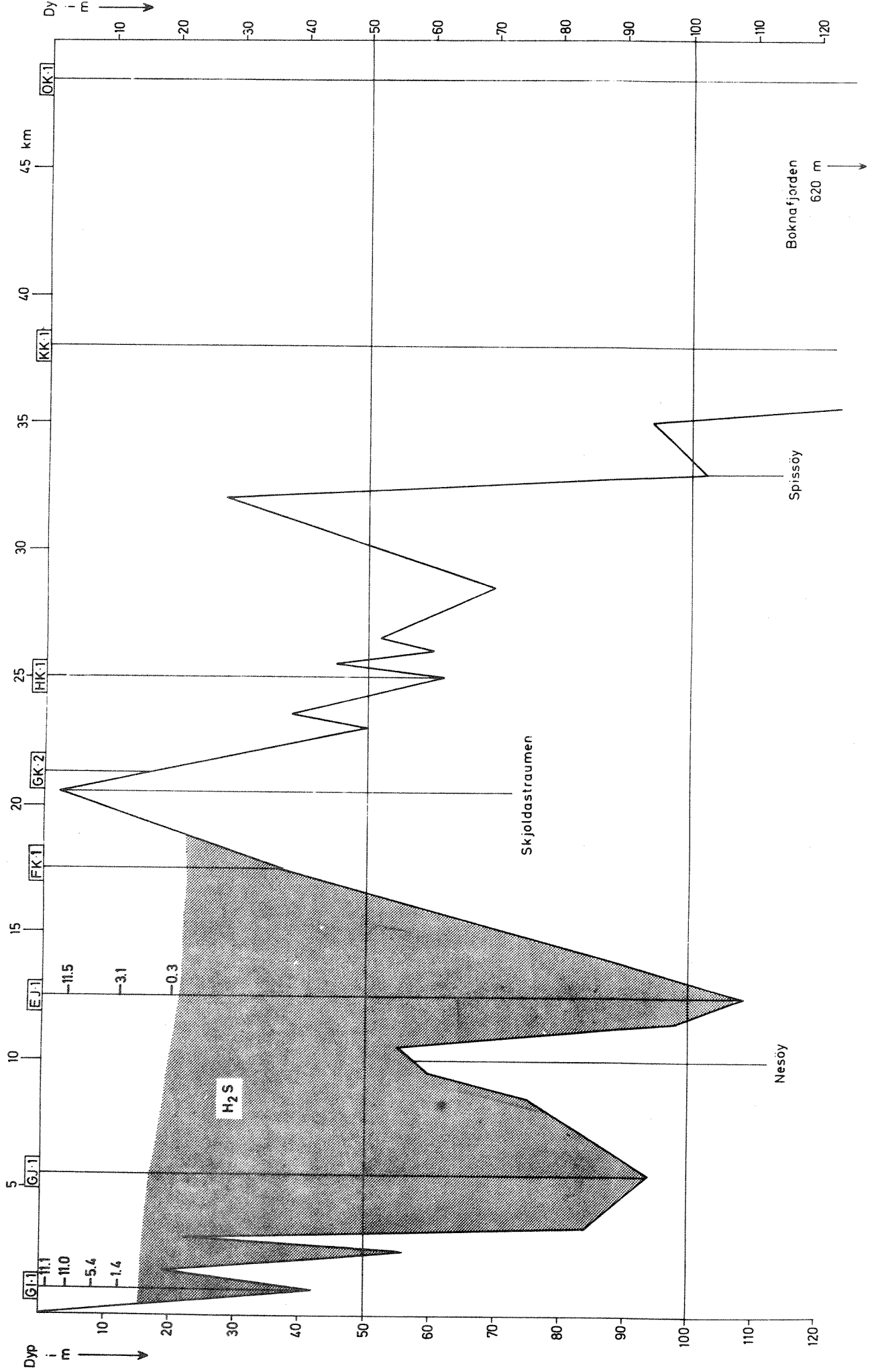


Fig. 28

Vertikalt dybdesnitt - Grinde - Skjoldafjorden - Langsgående hovedsnitt. Oksygen 8.6. - 10.6. 1972

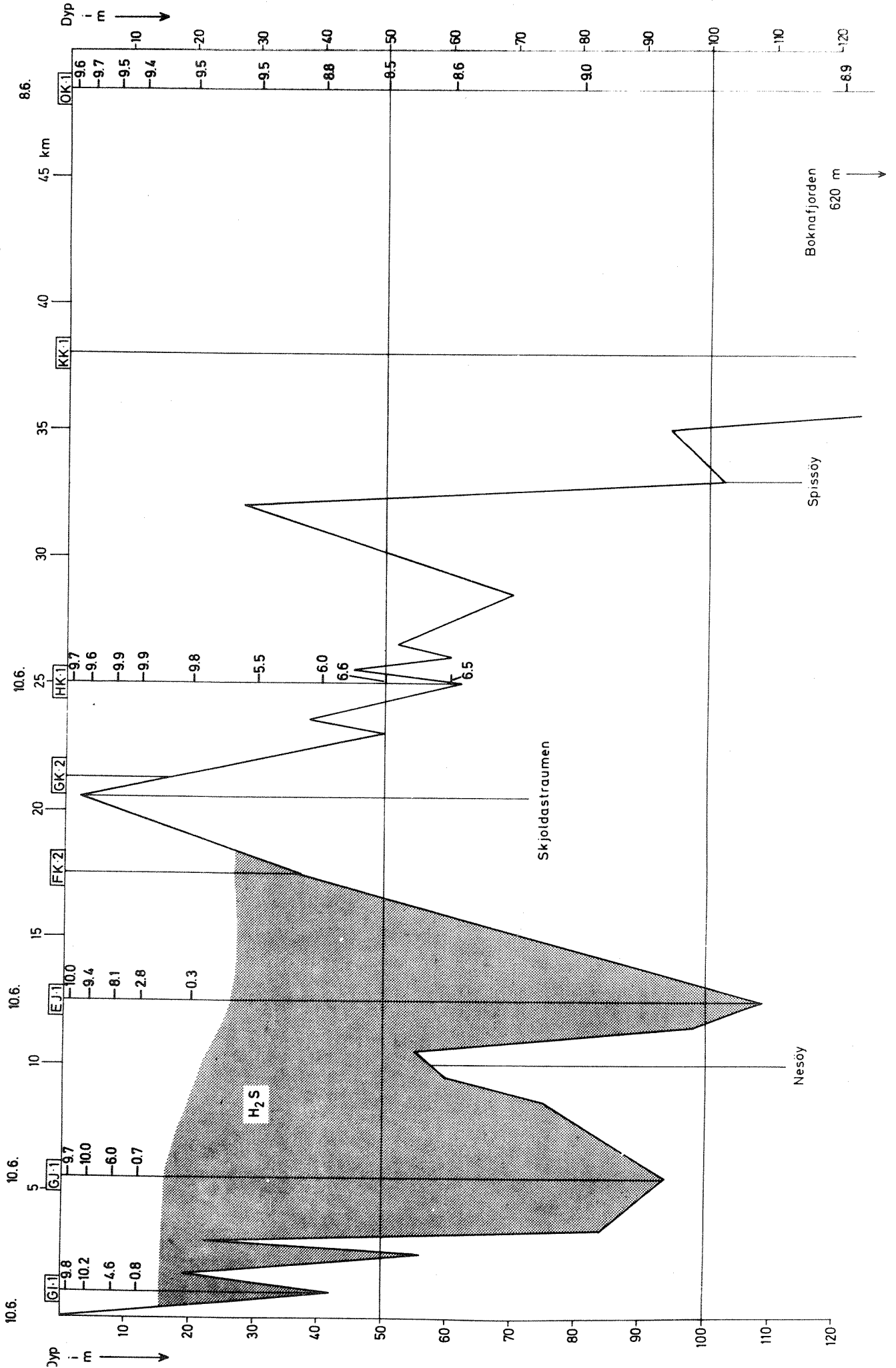


Fig. 29

Tetthetsprofil ( $\sigma_t$ ) og oksygenprofil ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) i Skjoldafjorden  
Stasjon EJ-1 10/5-1932 Etter Kaare Münster Ström (1936)

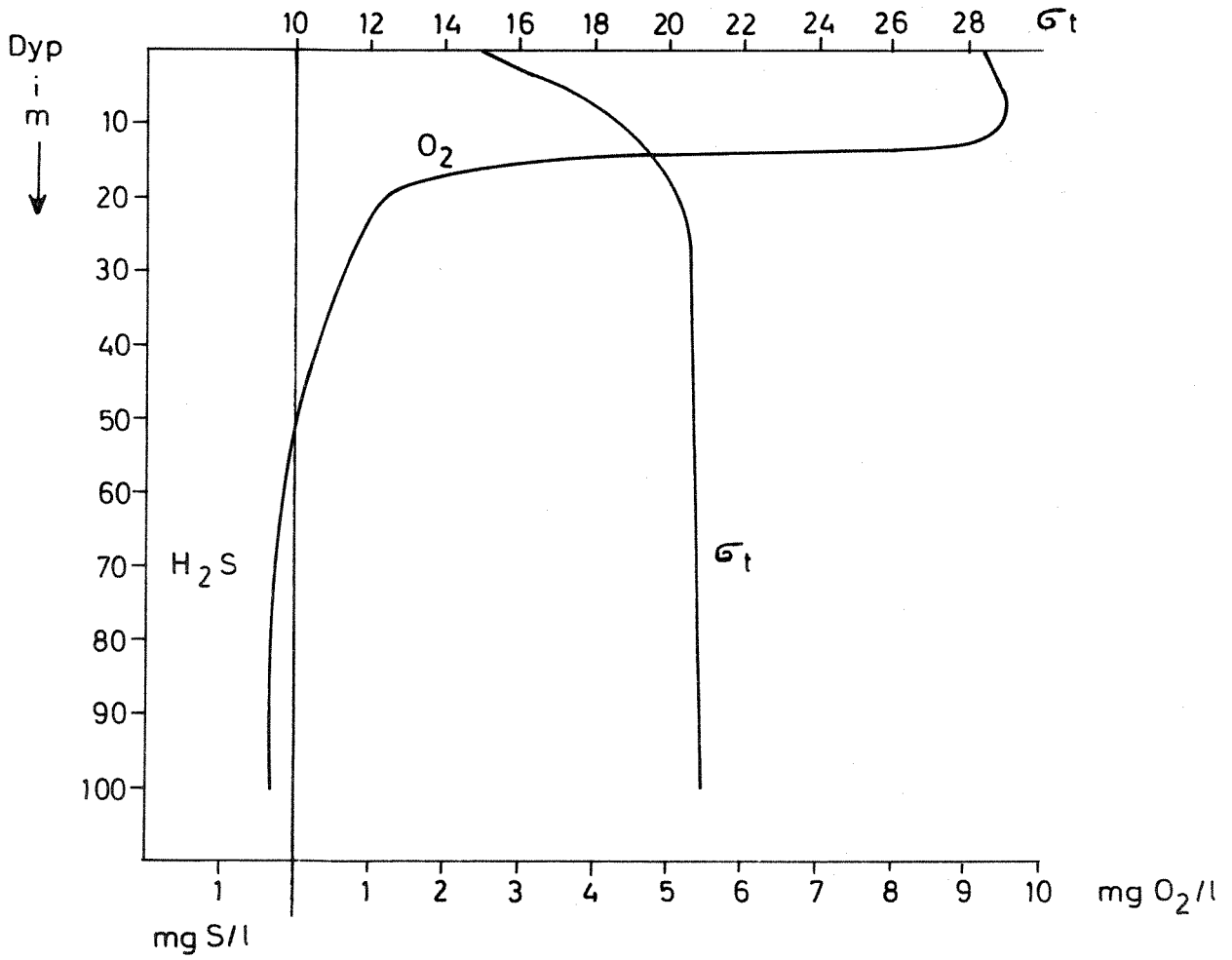


Fig. 30 Skjoldafjorden Stasjon EJ-1 10/6-1972

Tetthet ( $\sigma_t$ ), oksygen, siktedyp, nitrat, total nitrogen, ortofosfat, total fosfor

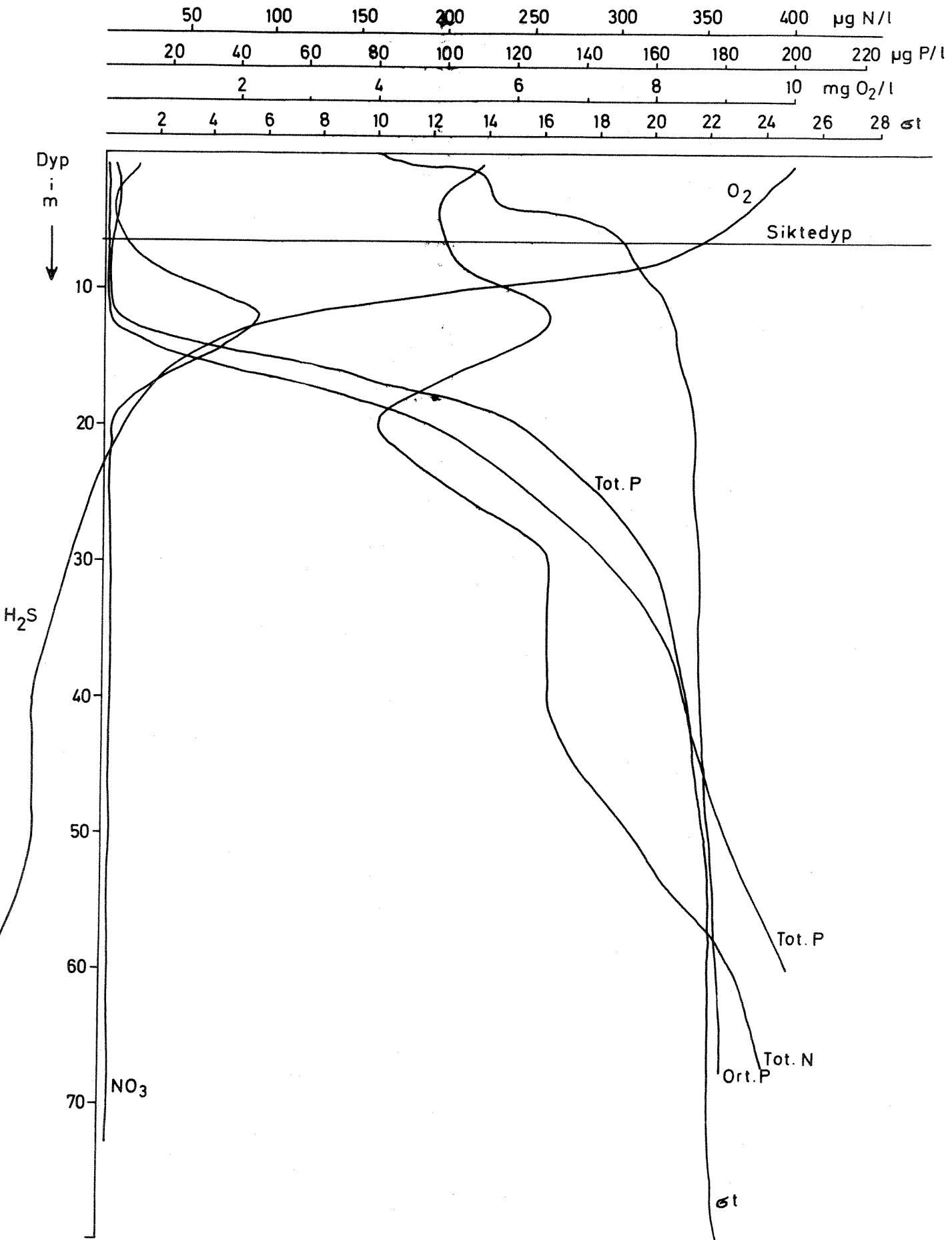


Fig.31 Boknfjorden Stasjon OK 1 8/6-1972 Tetthet ( $\sigma_t$ ),  
 oksygen, siktedyp, nitrat, total nitrogen, ortofosfat, total fosfor

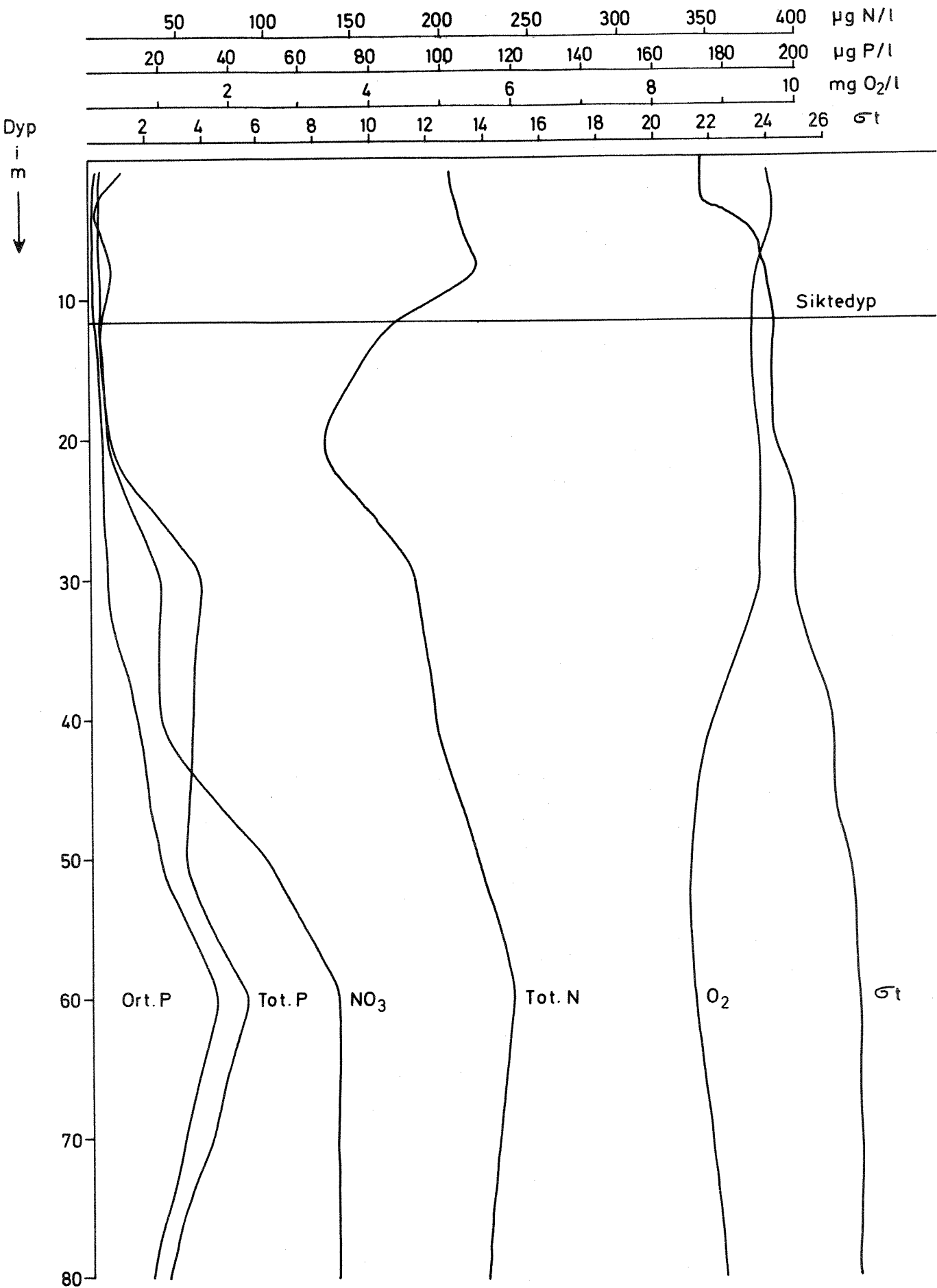


Fig. 32  
 Stasjon B 9  
 6.6.1972  
 Grindefjorden, inne i Grindevågen.

Art	Bunntype	Dyp (m)	Rulle- stein		Bløt bunn					
			0	1	2	3	.....	10	11	
<b>BLÅGRØNNALGER</b>										
<i>Anabaena variabilis</i>										
<i>Oscillatoria brevis</i>										
<i>O. cf. nigrovirides</i>										
<i>Spirulina subsalsa</i>										
<b>RØDALGER</b>										
<i>Ceramium rubrum</i>										
<i>Ceramium sp.</i>										
<b>DIATOMÉER</b>										
<i>Nitzschia sp.</i>										
<b>BRUNALGER</b>										
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>										
<i>Ectocarpus sp.</i>										
<i>Fucus vesiculosus</i>										
<b>GRØNNALGER</b>										
<i>Enteromorpha sp.</i>										
<b>FRØPLANTER</b>										
<i>Zostera marina</i>										
<b>DYR</b>										
<i>Asterias rubens</i>										
<i>Polychaeter</i>										
Sjøpiggsvin										
Slangestjerner										

Fig. 33  
 Stasjon B 10  
 6.6.1972  
 Grindefjorden, Lille Grindøy SV.

Art	Dyp (m)	Sand		Bløt bunn				Løs bunn	
		0	1	2	.....	8	9		
<b>RØDALGER</b>									
<i>Ceramium rubrum</i>			-----						
<i>Chondrus crispus</i>					-----				
<i>Dumontia incrassata</i>		-----							
<i>Furcellaria fastigiata</i>					-----				
<i>Phyllophora crispa</i>							-----		
<i>P. membranifolia</i>						-----		-----	
<b>BRUNALGER</b>									
<i>Chorda filum</i>			-----						
<i>Chordaria flagelliformis</i>									
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>		-----		-----					
<i>Ectocarpus sp.</i>									
<i>Fucus serratus</i>			-----						
<i>F. vesiculosus</i>									
<i>Sphacelaria sp.</i>			-----						
<b>GRØNNALGER</b>									
<i>Cladophora sp.</i>									
<i>Enteromorpha sp.</i>									
<b>FRØPLANTER</b>									
<i>Zostera marina</i>			-----	-----					
<b>DYR</b>									
<i>Mytilus edulis</i>		-----							
Slangestjerne							x		
Sjøstjerne							x		

Fig. 34  
 Stasjon B 11  
 6.6. 1972  
 Skjoldafjorden, Nesøy Ø.

