

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0 - 202/70

NYEGAARD & CO A/S

EN VURDERING AV RAMSLANDSVÅGEN SOM RESIPIENT FOR
NY FABRIKK FOR PRODUKSJON AV RØNTGENKONTRASTMIDLET ISOPAQUE

Saksbehandlere: Siv.ing. Paul Liseth Ph.D.

Assistent Brith Hambo

Rapporten avsluttet desember 1971

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	3
2. GENERELL BESKRIVELSE AV RAMSDALSVÅGEN	3
3. FELTMÅLINGER	8
4. MÅLE- OG ANALYSERESULTATER, TOKT 14. juli 1971	9
5. MÅLE- OG ANALYSERESULTATER, TOKT 27. november 1971	14
6. AVLØPSVANNETS FORTYNNING OG TRANSPORT ETTER UTSLIPP	15
7. AVLØPSVANNET	21
8. KONKLUSJON	22

TABELL- OG FIGURFORTEGNELSE

Tabell 1	Karakteristiske data for Ramsdalsvågen (innenfor Høylandsholmene)	5
Figur 1	Ramsdalsvågen indre del. Arealer og volumer	4
" 2	Midlere månedlig nedbør ved Lindesnes (Nedbøren i Norge, 1931-1960)	6
" 3	Sjøkart nr. 3. Målestokk 1:50.000. (Stasjonsoversikt)	7
" 4	Saltholdighet i ‰ 14/7-71	10
" 5	Temperatur i °C 14/7-71	11
" 6	Tetthet 14/7-71	12
" 7	Oksygen i mg O ₂ /l 14/7-71	13
" 8	Saltholdighet i ‰ 27/11-71	16
" 9	Temperatur i °C 27/11-71	17
" 10	Tetthet 27/11-71	18
" 11	Oksygen i mg O ₂ /l 27/11-71	19

1. INNLEDNING

I forbindelse med planlegging av ny fabrikk for produksjon av røntgenkontrastmidlet ISOPAQUE ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) av Nyegaard & Co. A/S anmodet om å foreta en enkel resipientundersøkelse i Ramsdalsvågen ved Lindesnes.

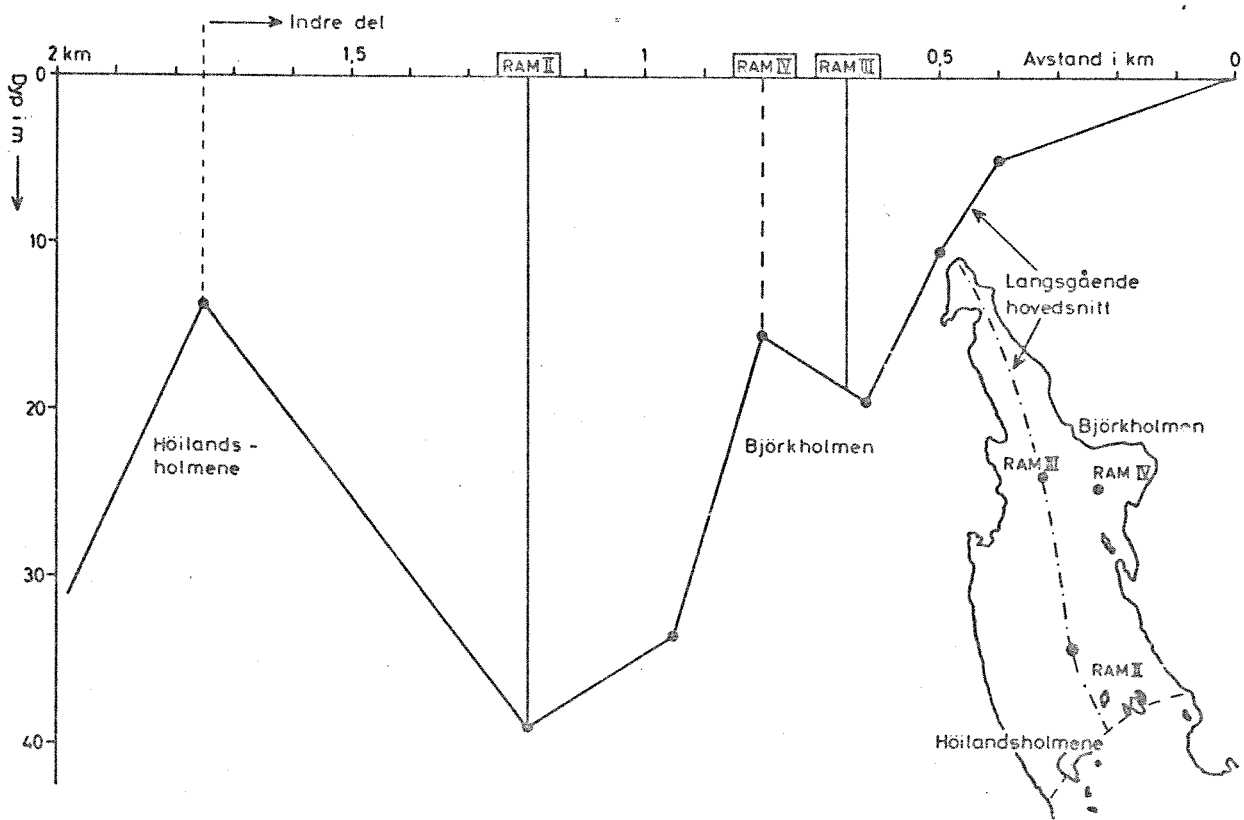
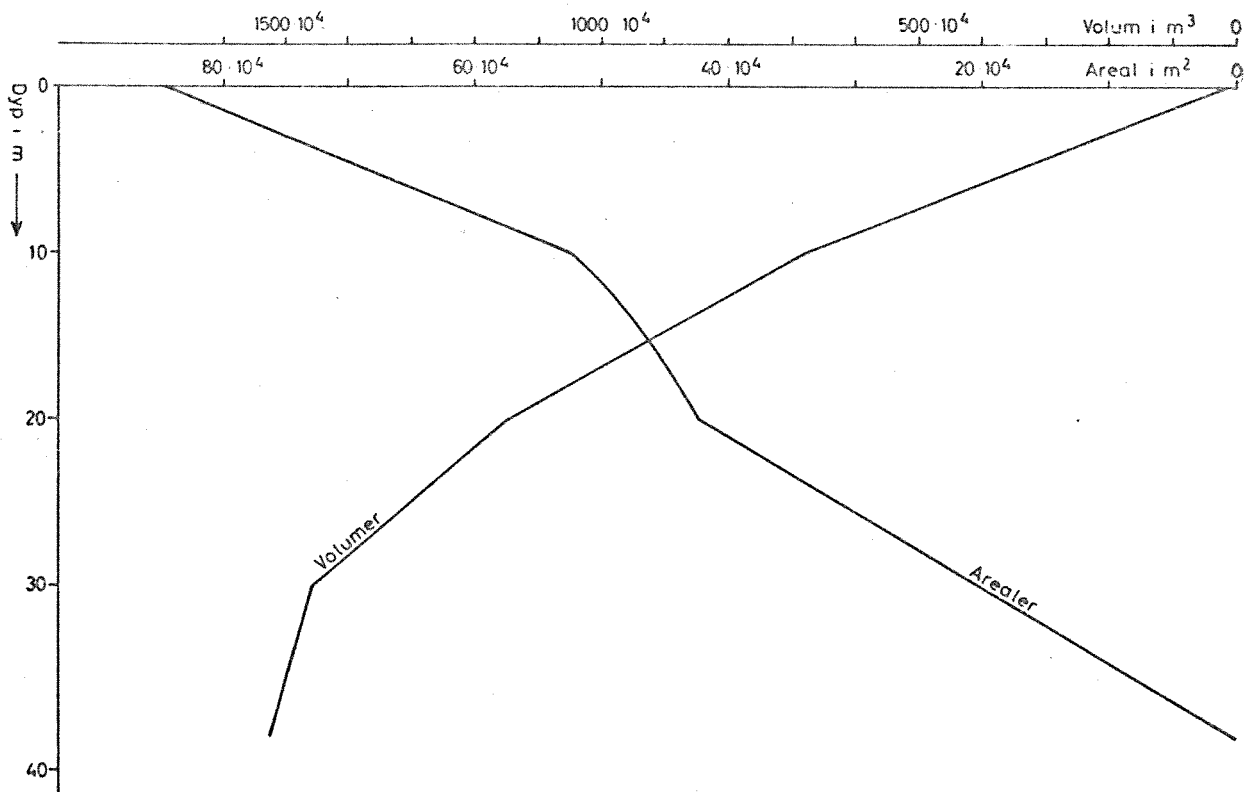
I møte på NIVA 28. juni 1971 mellom Deres siv.ing. C.M. Haug og representanter fra NIVA ble et undersøkelsesprogram diskutert. Med bakgrunn i dette møtet ble NIVA i brev av 1. juli 1971 fra Nyegaard & Co. A/S bedt om å foreta to serier av feltmålinger i Ramsdalsvågen. Første serie av målinger skulle foretas sommeren 1971 og andre serie høsten samme år. Feltnålingene skulle omfatte vannets temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold på flere stasjoner og måledyp samt siktedyp i overflaten.

Denne rapport inneholder enkelte karakteristiske data om Ramsdalsvågen, en sammenstilling av feltnålinger og en vurdering av Ramsdalsvågen som resipient for det påtenkte saltutslipp.

2. GENERELL BESKRIVELSE AV RAMSDALSVÅGEN

Ramsdalsvågen er en terskelfjord orientert tilnærmet nordsyd. Et lengdesnitt trukket langs de dypeste partier viser at bunnen fra indre del i nord faller gradvis til et største dyp på ca. 39 meter for så å avta til et terskeldyp ved Høylandsholmene. Ved dybdemålinger med ekkolodd ble et største terskeldyp på 14,5 m registrert. Videre faller bunnen jevnt ned mot dyp på over 100 m i et forholdsvis åpent kystområde ut mot Skagerak. Karakteristiske data for indre del av Ramsdalsvågen, dvs. fjorden innenfor Høylandsholmene, er gitt i tabell 1. Volum og arealforhold for indre del er vist på figur 1.

Fig 1 Ramslandsvaagen indre del, Arealer og volumer



Tabell 1. Karakteristiske data for Ramsdalsvågen
(innenfor Høylandsholmene).

Lengde (langs de dypeste partier)	1,75	km
Vannoverflate	0,85	km ²
Midlere bredde	480	m
Største dyp	39	m
Midlere dyp	18	m
Totalt volum	15 mill.	m ³
Midlere tverrsnitt	8500	m ²
Største terskeldyp	14,5	m
Terskelbredde (- molo og øyer)	ca. 300	m

De angitte data er tilnærmet beregnet ut fra Sjøkart nr. 10, målestokk 1:50.000.

Ramsdalsvågen innenfor Høylandsholmene er en forholdsvis grunn fjord med et dypere parti like innenfor terskelen. 62% av vannvolumet befinner seg over terskelnivået på 14,5 m. Vannvolumet over 20 m utgjør 76%. Dypvolumet under 30 m utgjør bare 3 - 4% av det totale vannvolum.

Ferskvannsavrenning

Avrenningsområdet til indre del av Ramsdalsvågen er tilnærmet tegnet inn på vedlagte kart, figur 3, og er beregnet til 4,1 km². Ifølge spesifikke avrenningstall fra "Hydrologiske undersøkelser i Norge" (1958) finner vi en årlig avrenning på ca. $55 \cdot 10^5$ m³. Figur 2 viser midlere månedlige nedbør for Lindesnes.

Vind

På Lista er den dominerende vindretning om våren, sommeren og høsten fra nordvest. Den hyppigste vindstyrke i denne tidsperiode er 5 - 6 på Beaufort skala (frisk bris - liten kuling). Om vinteren er den dominerende vindretning fra øst med hyppigste vindstyrke 6 på Beaufort skala (liten kuling). Det antas at vindforholdene er tilnærmet de samme i området ved Ramsdalsvågen.

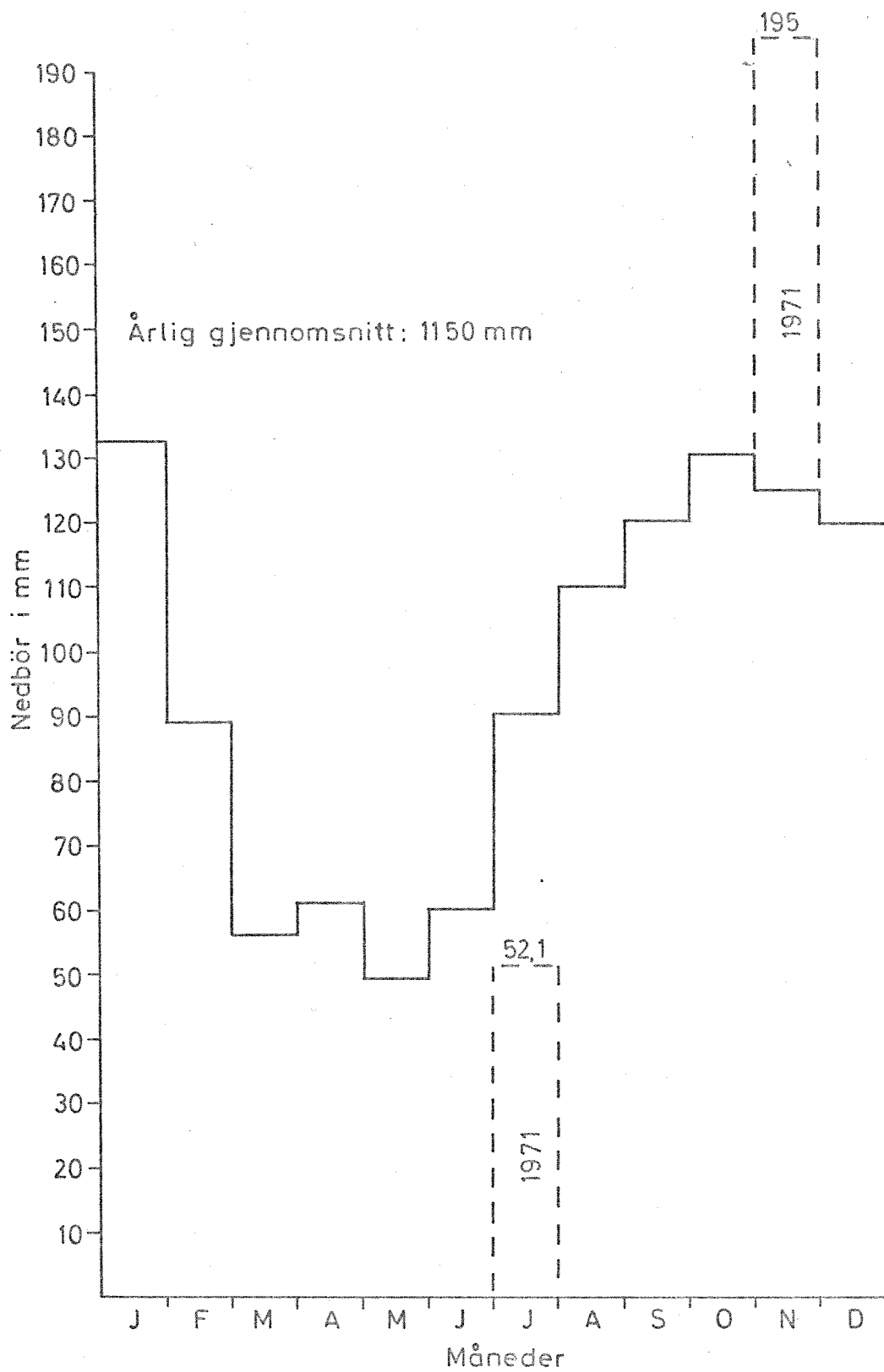


Fig. 2

Midlere månedlig nedbör ved Lindesnes (Nedbören i Norge, 1931-1960)

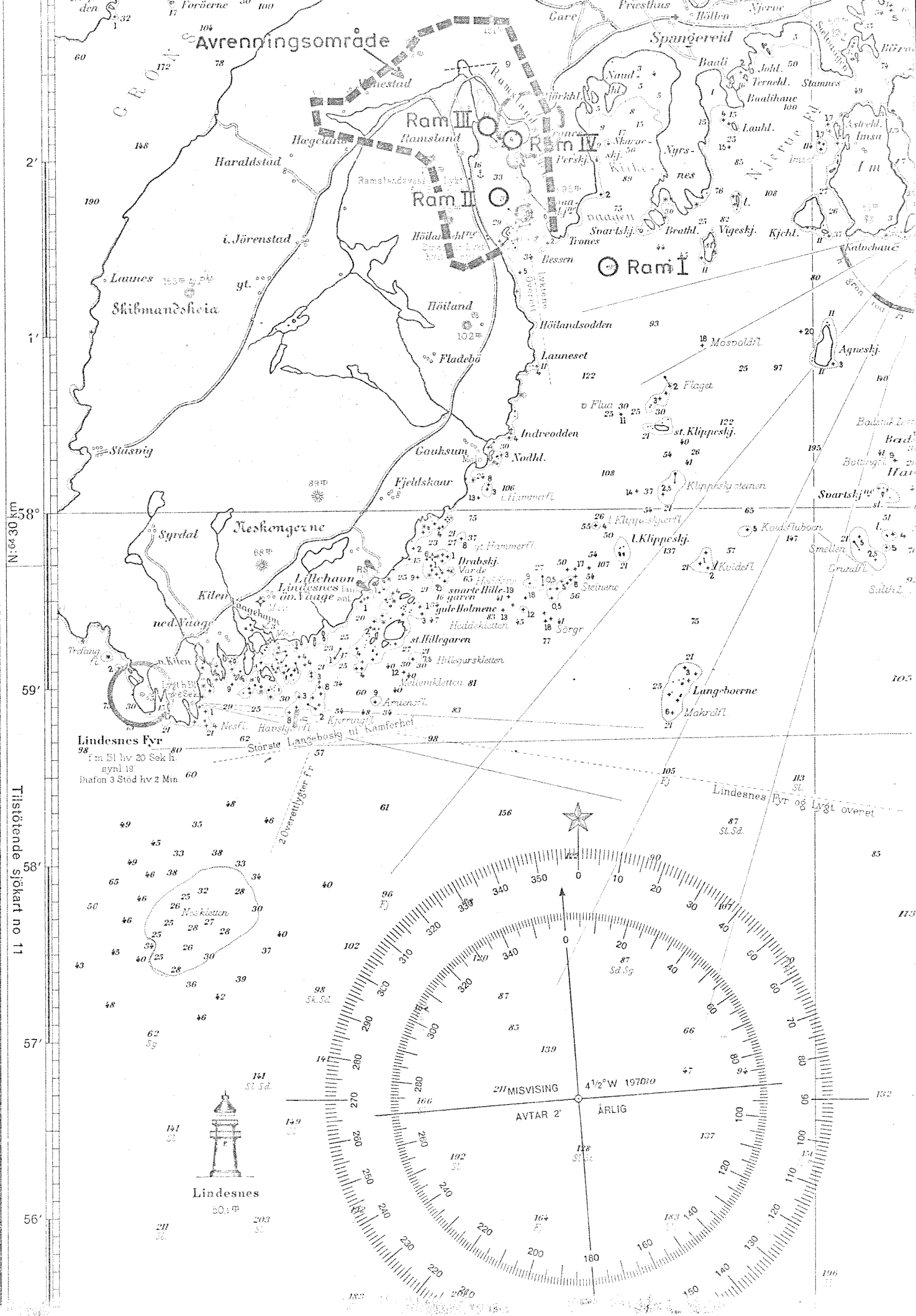


Fig. 3 Sjøkart nr. 10 Målestokk 1:50 000

Tidevann

Den midlere tidevannsvariasjon er for Mandal beregnet til 18,3 cm som også antas å være representativ for Ramsdalsvågen. Dette gir et tidevolum for indre del på $15,6 \cdot 10^4 \text{ m}^3$.

3. FELTMÅLINGER

Det ble gjennomført to feltundersøkelser i Ramsdalsvågen, henholdsvis 14. juli 1971 og 27. november 1971. Feltemålinger ble foretatt på fire stasjoner plassert som vist på figur 3 og betegnet RAM 1, RAM 2, RAM 3 og RAM 4. In situ målinger av saltholdighet og temperatur ble foretatt ved hjelp av såkalt Salinoterm. En sensor med elektroder opphengt i en kabel, ble senket ned til en rekke dyp på hver stasjon og saltholdighet og temperatur avlest direkte ved overflaten.

For analysering av vannets innhold av oksygen ble vannprøver tatt fra ulike dyp, og vannets innhold av oksygen fiksert. Oksygeninnholdet ble senere analysert på NIVA's kjemilaboratorium.

Siktedyp er en grov måte å måle vannets gjennomskinnelighet på (klarhet).

En hvitmalt sirkulær skive med 25 cm's diameter senkes ned i vannet.

Idet skiven forsvinner ut av syne, avleses siktedypet. Overflatefargen vil si den fargen man ser mot den hvite skiven i vannet. Måleobservasjonene er tegnet inn for begge tokt på figurene 4 - 11.

Det ble videre foretatt visse rutinemessige observasjoner av meteorologiske data og forhold på vannoverflaten.

På siste tokt ble flere bunnprofiler målt med ekkolodd, for å kartlegge terskeldypet ved Høylandsholmene. Største terskeldyp ble funnet til 14,5 m.

4. MÅLE- OG ANALYSERESULTATER, TOKT 14. juli 1971

Meteorologiske forhold

Lufttemperaturen ble målt til 15 °C. Det var et lett skydekke uten sol med svak vind fra nordvest. Sterke vinder fra nordvest med opptil kulings styrke hadde imidlertid gjort seg gjeldende de siste uker før tokt-dagen. Midlere nedbør for juli måned er som vist på figur 2 langt under det normale.

Vannet i overflaten bar preg av å være rent og klart. Ingen form for olje, drivgods, støv eller rusk ble observert, heller ingen spesielle lukter fra vannet kunne merkes.

Siktedyp

Vannets siktedyp ble målt på en rekke stasjoner fra RAM 1 til innerst i Ramsdalsvågen. Største siktedyp ble målt på RAM 1 med 9 m mens det avtok i indre del av Ramsdalsvågen til 8 m. Overflatefargen var grønn.

Saltholdighet og temperatur

Vannets saltholdighet varierte fra ca. 34 ‰ til vel 35 ‰ på bunnen. Saltholdigheten øker jevnt mot bunnen uten markerte sjiktninger i vannet. I overflaten fra RAM 1 til innerst i Ramsdalsvågen ble temperaturer på 9,5 - 9,6 °C målt. Ved RAM 1 avtok temperaturen gradvis til 8 °C på 40 m dyp. Innenfor terskelen i Ramsdalsvågen avtok temperaturen noe hurtighere med dypet og ble målt til 6,4 °C på 35 m dyp. Saltholdighets- og temperaturmålinger er vist på figurene 4 og 5. Figur 6 viser vannets tetthetsfordeling.

Oksygen

Innhold av oksygen i vannet ble målt på stasjon RAM 2 og viser nesten full oksygenmetning fra overflaten til bunnen. På 30 m dyp har vannet en oksygenmetning på 81%. Figur 7 viser vannets oksygeninnhold.

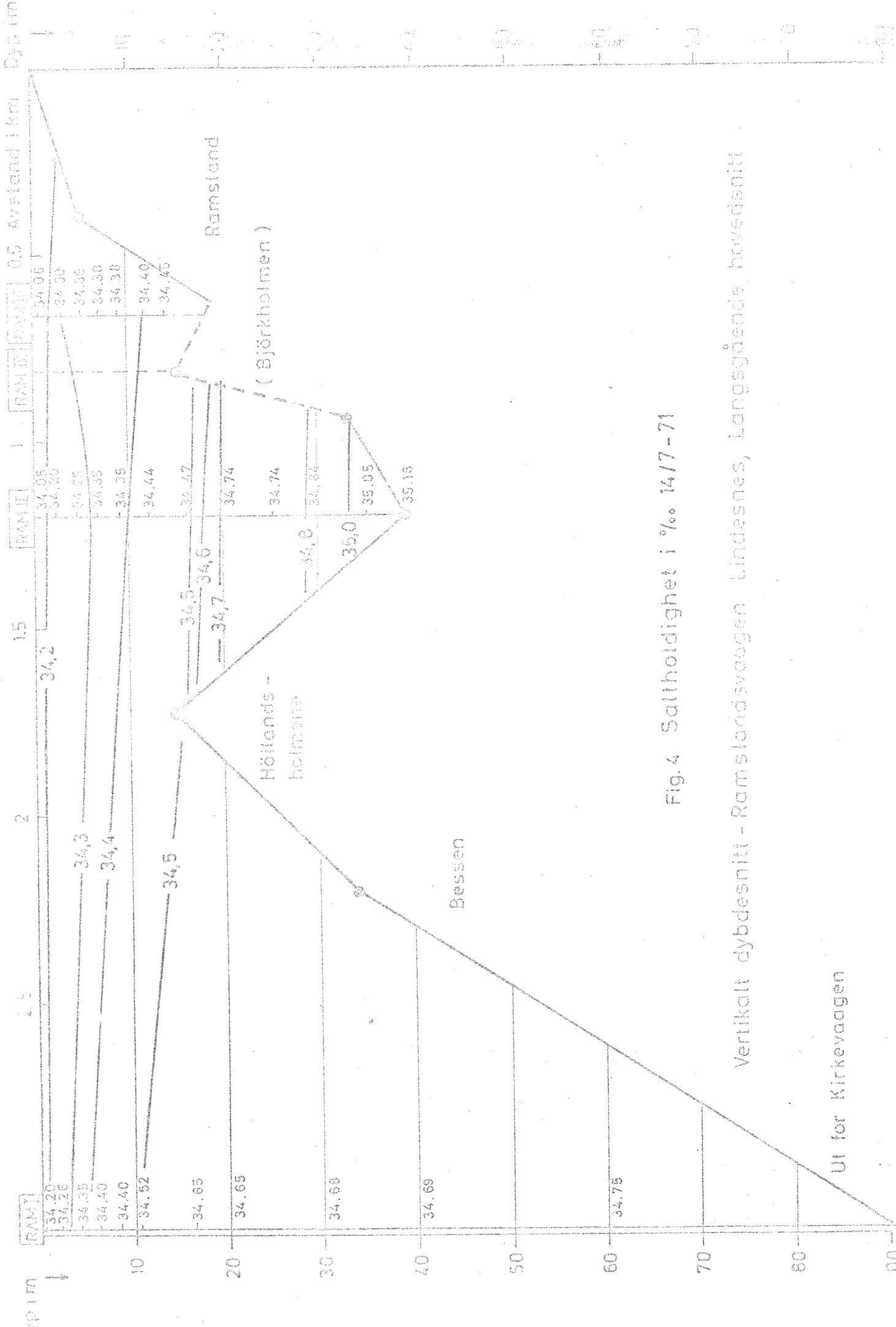


Fig.4 Saltholdighet i ‰ 14/7-71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslundsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

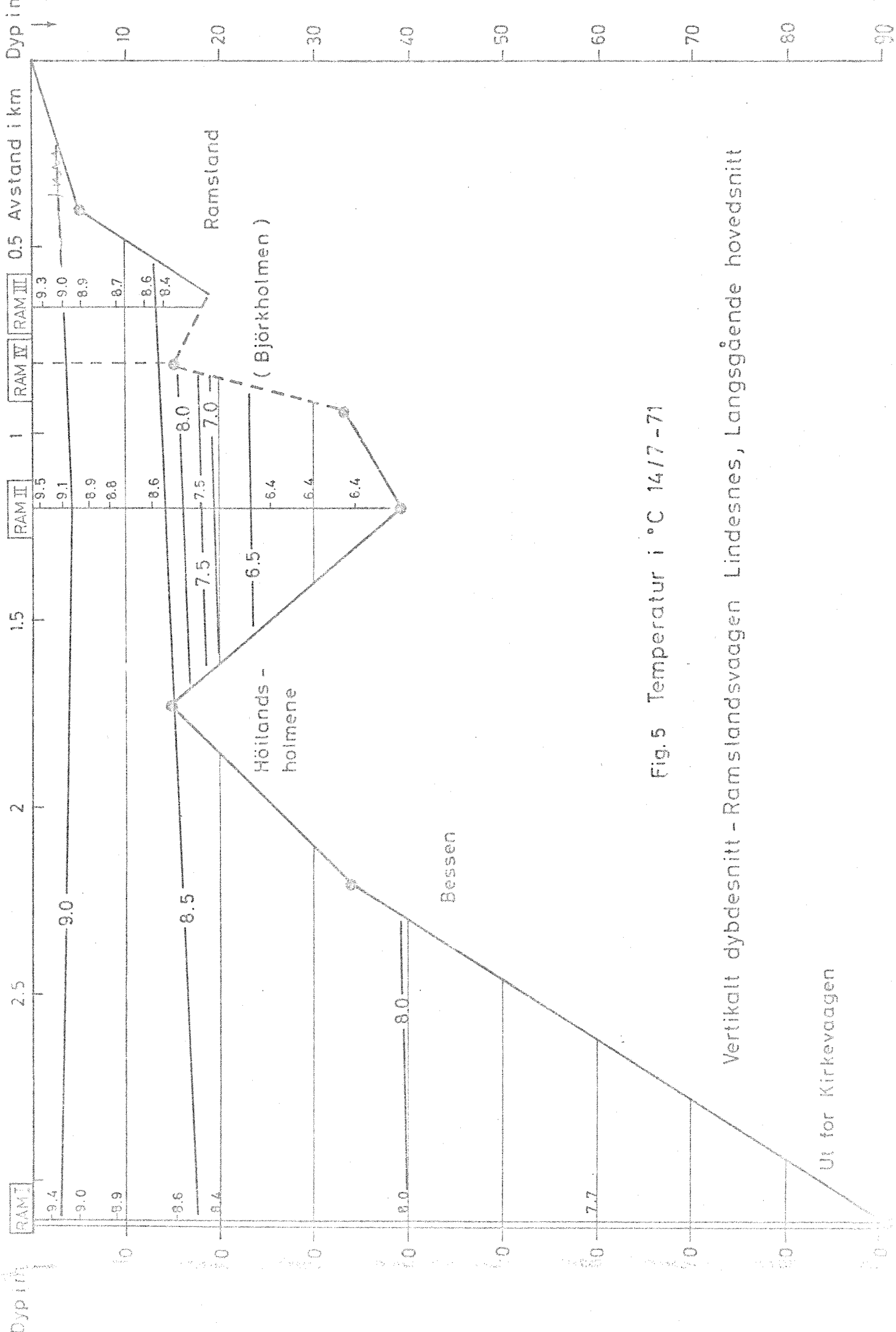


Fig. 5 Temperatur i °C 14/7 -71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

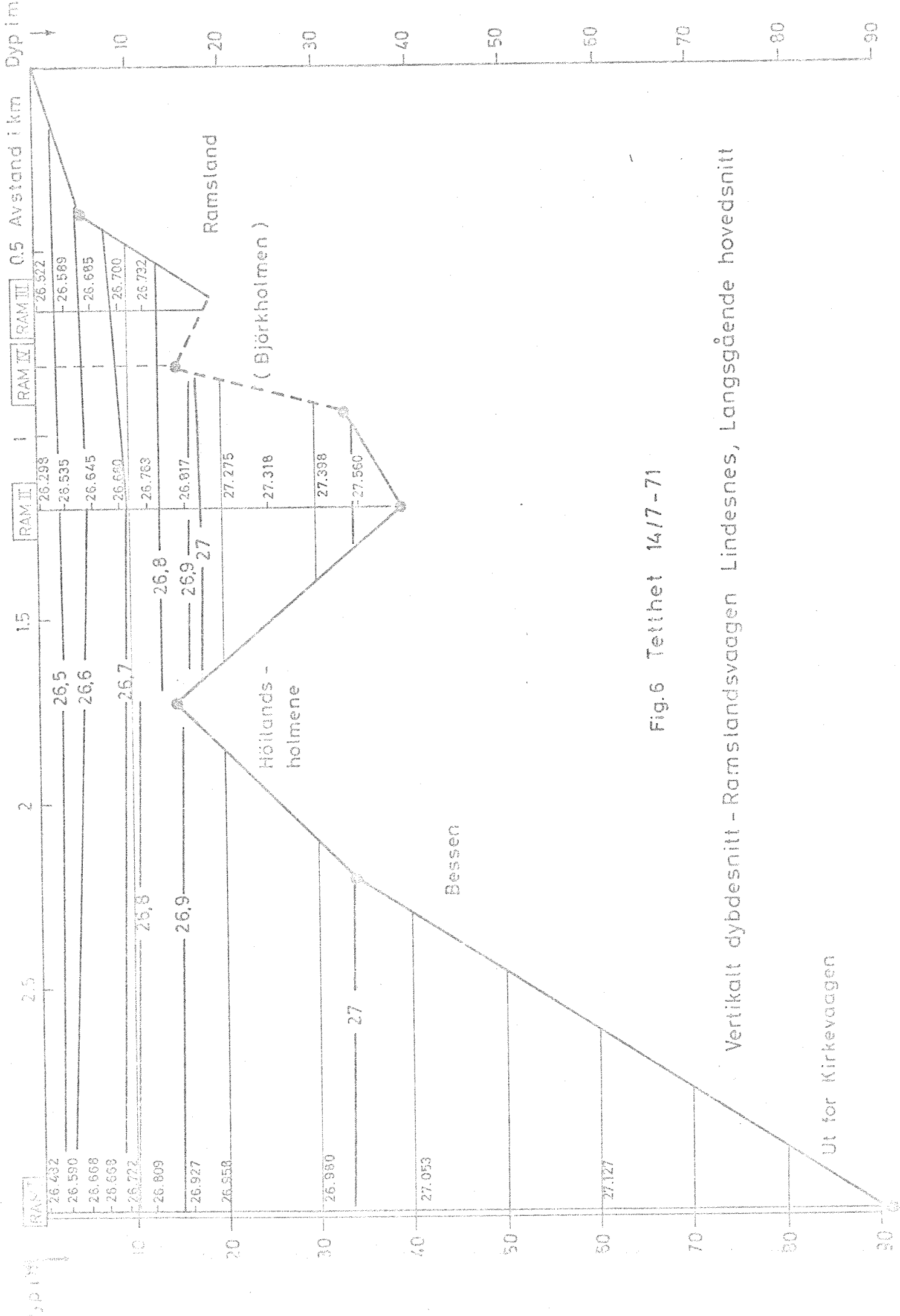


Fig.6 Tetthet 14/7-71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

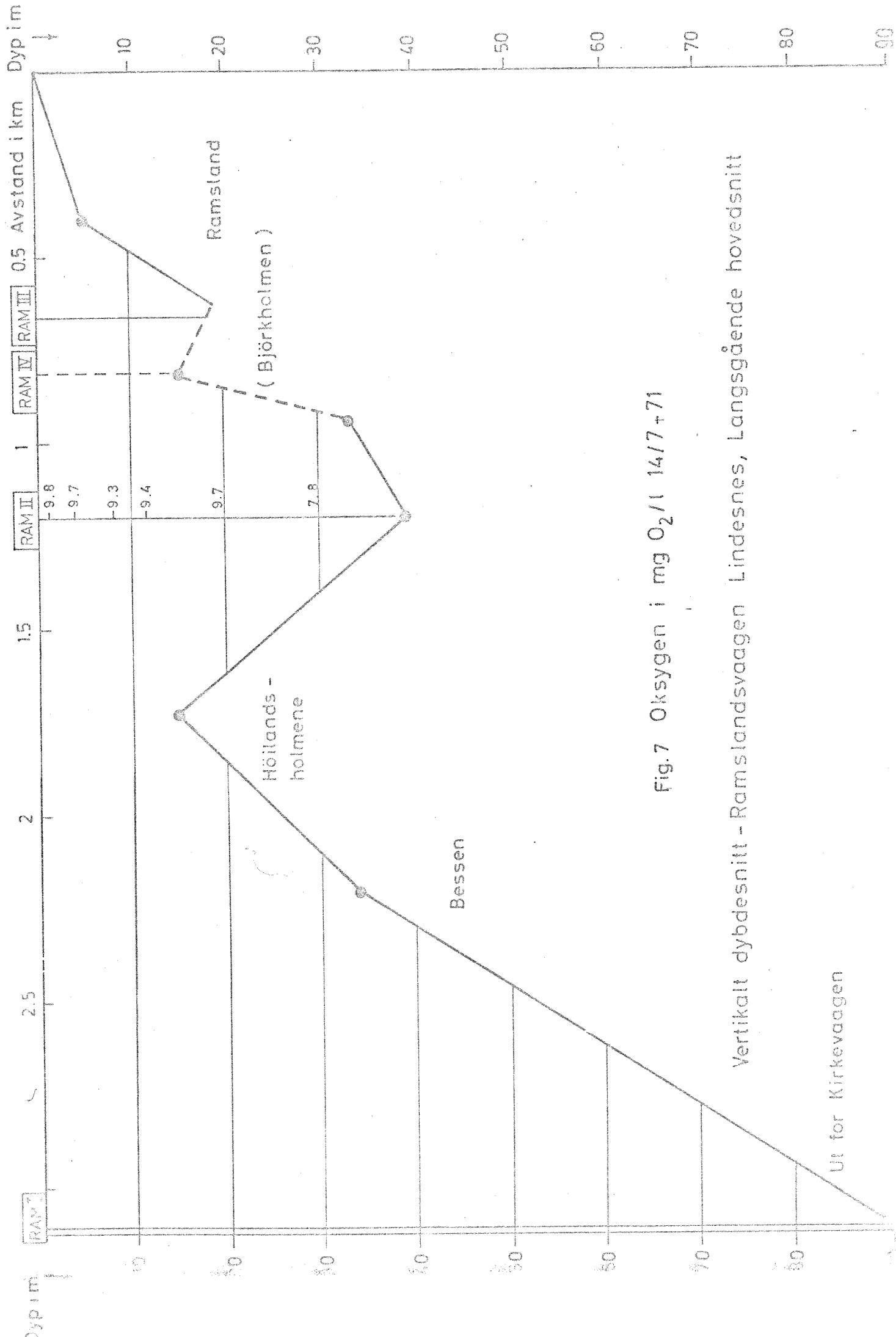


Fig.7 Oksygen i mg O₂/l 14/17 + 71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

Diskusjon

Vannets siktedyp og farge er i overensstemmelse med det som normalt måles for rent sjøvann i dette kystområde på denne tid av året. Saltholdighets- og temperaturmålinger viser en svak ferskvannspåvirkning. Ferskvannet er imidlertid blandet godt inn i de øvre vannlag, og saltholdigheten øker jevnt mot bunnen uten noen nevneverdig sjiktning. Det høye oksygeninnhold helt ned til bunnen kan skyldes god blanding av vannet inne i fjorden og også en god kommunikasjon med det utenforliggende, åpnere sjøområde. Det kan videre bety et lite oksygenforbruk i de dypere vannlag som følge av at små mengder med organisk stoff tilføres dypvannet.

5. MÅLE- OG ANALYSERESULTATER, TOKT 27. november 1971

Meteorologiske forhold

Lufttemperaturen varierte mellom 8 og 9 °C. Det var også denne gang lett skydekke uten sol, men med sydvest bris. Midlere nedbør for november måned er som vist på figur 2 langt over det normale. Vannet i overflaten var også denne gangen rent og klart. Ingen form for olje, drivgods, støv eller rusk ble observert, heller ingen spesielle lukter.

Siktedyp

Største siktedyp ble målt på RAM 1 og RAM 2 med 14,5 m. På RAM 3 ble et siktedyp på 13 m målt. Overflatefargen var turkis grønn.

Saltholdighet og temperatur

Vannets saltholdighet varierer i overflaten fra 34,17 ‰ ved RAM 1 til 31,5 ‰ ved RAM 3. For indre del øker saltholdigheten jevnt ned til terskeldyp. Videre nedover i dypere vannlag er saltholdigheten tilnærmet konstant.

Vanntemperaturen i overflaten varierte fra 10,4 °C ved RAM 1 til 9,4 °C ved RAM 3. På RAM 2 ble den laveste temperatur på 8 °C målt ved bunnen. Saltholdighets- og temperaturmålinger er vist på figurene 8 og 9. Figur 10 viser vannets tetthetsfordeling.

Oksygen

Innholdet av oksygen i vannet ble målt på stasjonene RAM 1, RAM 2 og RAM 3. Mens de øvre vannlag har et høyt oksygeninnhold, synker imidlertid oksygeninnholdet raskt i dypvannet under terskelnivå for å nå 0 på ca. 25 - 30 m dyp, se figur 11. Under dette dyp er vannet råttent.

Diskusjon

Vannets siktedyp og farge er også denne gang i overensstemmelse med det som er normalt for rent sjøvann i dette kystområde på høsten. Saltholdighets- og temperaturmålinger viser en noe større ferskvannspåvirkning enn ved sommertoktet.

Et stort oksygenforbruk som følge av organisk belastning må ha funnet sted i de dypere vannlag for å kunne gi råttent bunnvann i løpet av den korte tiden siden toktet i juli. Dette store oksygenforbruket kan ha flere forklaringer. Algeoppblomstring i løpet av høsten vil kunne produsere store mengder organisk stoff som senere synker ned i de dypere vannlag. Likeledes vil den uvanlig store nedbør på høsten kunne forårsake utvasking av betydelige mengder partikulært organisk stoff fra nedbørfeltet. Videre utgjør det dypere vannlag under 25 - 30 m et lite vannvolum med tilsvarende liten oksygenreserve.

6. AVLØPSVANNETS FORTYNNING OG TRANSPORT ETTER UTSLIPP

Avløpsvannets fortytning og bevegelse etter utslipp i en resipient kan deles inn i to fortynningsfaser.

Den første fortynningsfase, kalt primærfortyning (initialfortyning), omfatter avløpsvannets fortytning og bevegelse fra utslipningshullet til en innlagring i resipienten. Primærfortyningen er hovedsakelig bestemt

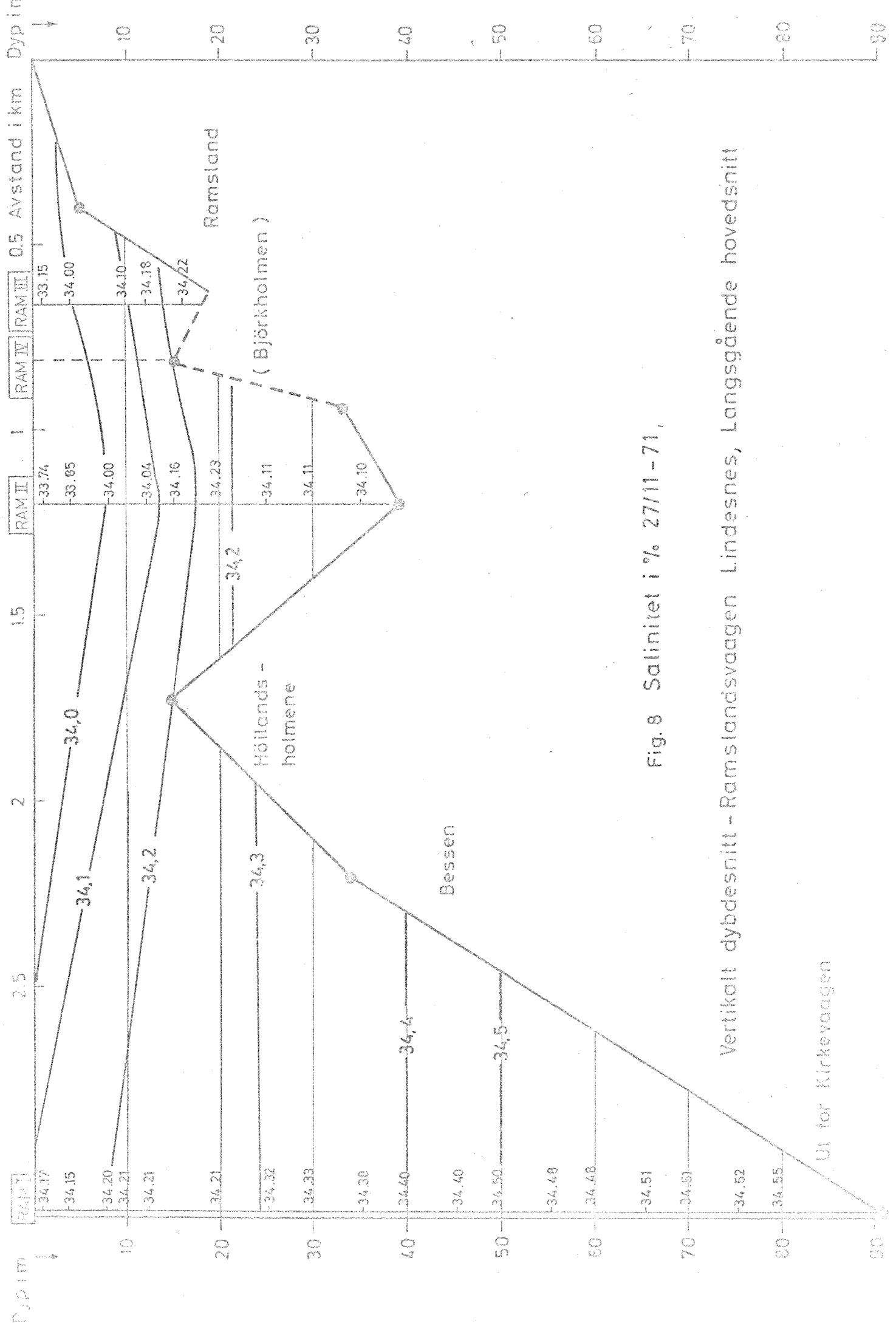


Fig. 8 Salinitet i % 27/11-71,

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

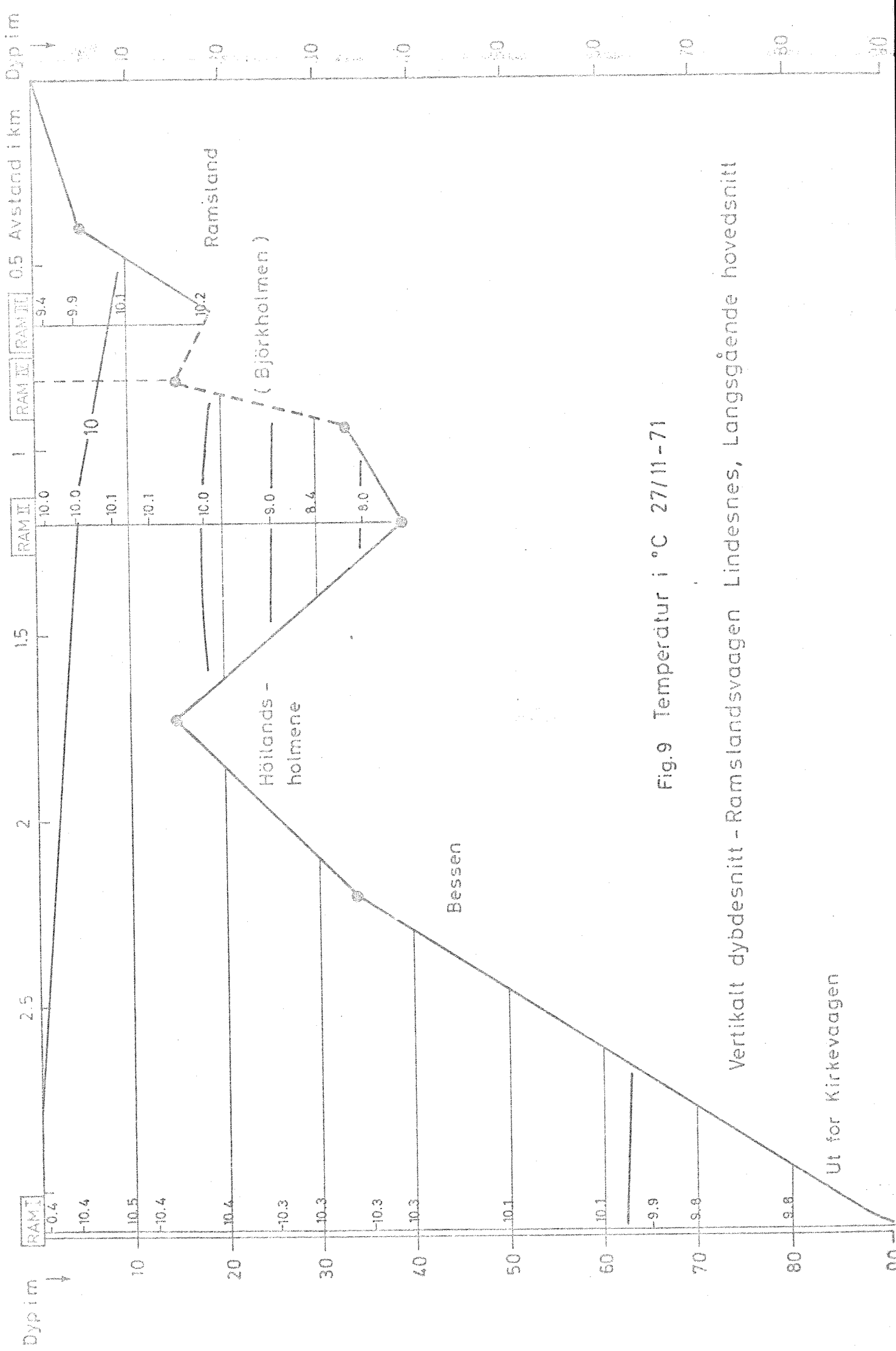


Fig.9 Temperatur i °C 27/11-71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

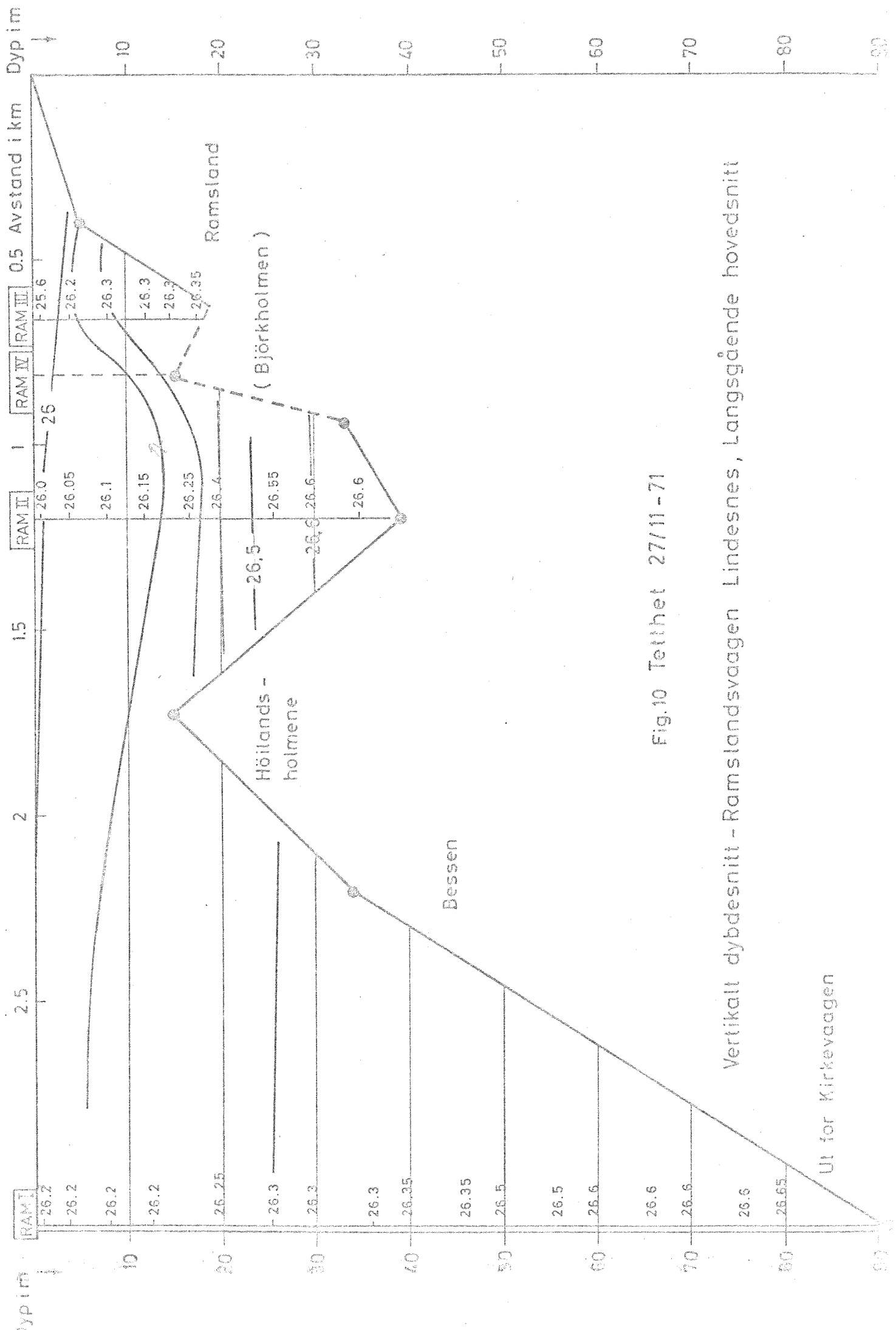


Fig.10 Tetthet 27/11-71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

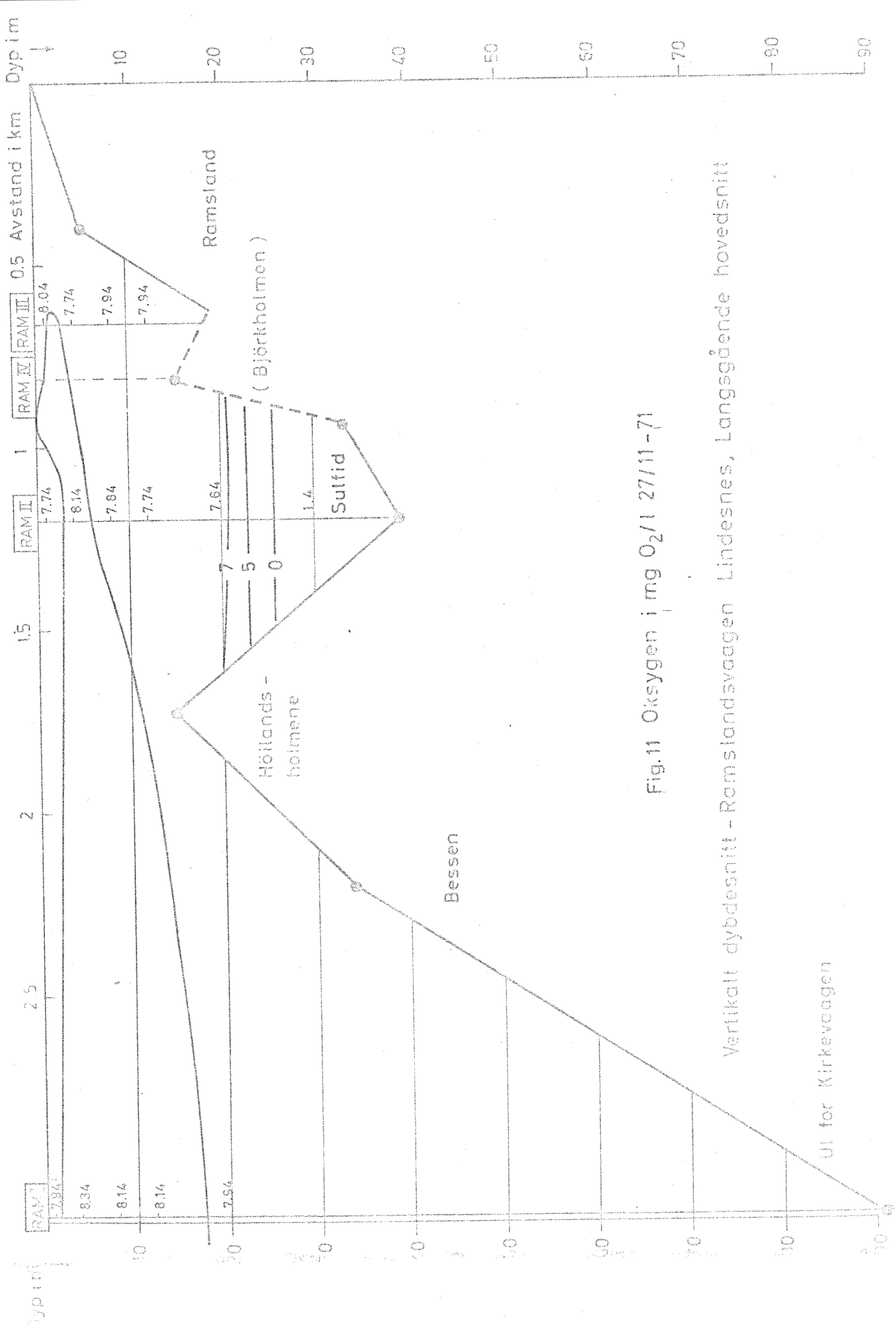


Fig.11 Oksygen i mg O₂/l 27/11-71

Vertikalt dybdesnitt - Ramslandsvaagen Lindesnes, Langsgående hovedsnitt

Ut for Kirkevaagen

av avløpsstrålens kinetiske energi og gravitasjonskrefter, og er avgjørende for avløpsvannets forurensning av vannmassene i utslippets umiddelbare nærhet.

Etter innlagring er den videre fortynning og transport av avløpsvannet bestemt av turbulensdiffusjon og strømbevegelse. Denne fortynningsfase kalles sekundærfortynning. Avløpsvannets fortynning på de ulike steder i en resipient er hovedsakelig bestemt av sekundærfortynningen og tilgjengelig fortynningsvannmengde i resipienten.

Gjennom primær- og sekundærfortynning søkes den tilgjengelige fortynningsvannmengde i en resipient utnyttet i størst mulig grad. Den maksimalt tilgjengelige fortynning S kan uttrykkes som følger:

$$S = \frac{\text{fortynningsvannmengde}}{\text{avløpsmengde}} = \frac{Q_{\text{adveksjon}} + Q_{\text{utskiftning}}}{Q_{\text{forurensset}}}$$

Den advektive vannføringen Q_a er det vann som kontinuerlig tilføres, men også kontinuerlig må ut av systemet. I et estuarområde eller fjordsystem, f.eks., representerer dette ferskvannstilførsel fra elver, annen overflateavrenning, grunnvann osv. Utskiftningsvannføringen Q_u gjelder vannmasser som diskontinuerlig tilføres systemet fra havet eller andre kilder som følge av eksterne krefter.

$Q_{\text{adveksjon}}$

Den advektive vannmengde i Ramsdalsvågen består hovedsakelig av ferskvannstilførsel og den estuarine sirkulasjon.

Ferskvannstilførselen er årlig beregnet til $55 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ tilsvarende $15,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ pr. døgn.

Den estuarine sirkulasjon skyldes at ferskvannet blandes opp med sjøvann i overflaten og transporterer således sjøvann kontinuerlig ut av fjorden. Dette sjøvann kompenseres ved en tilsvarende inngående sjøvannsstrøm i dypere vannlag. Denne strøvannsstrøm vil kunne utgjøre en vannmengde som tilsvarende det mangedobbelte av det tilstrømmende ferskvann.

Qutskiftning

Utskiftningsvannmengden er i Ramsdalsvågen hovedsakelig bestemt av tidevann og vindinduserte strømmer.

Tidevannsvolumet er beregnet til $15,6 \cdot 10^4 \text{ m}^3$. Hvert døgn bringes det dobbelte av denne vannmengde ut av Ramsdalsvågen. På grunn av det åpne kystområde utenfor antas at det utgående tidevann i ubetydelig grad føres tilbake inn i Ramsdalsvågen.

Bortsett fra vintermånedene er de dominerende vindretninger fra nordvest. Dette innebærer at i den vesentlige del av året vil det forekomme en vindindusert transport av overflatevann ut av fjorden. Med en hyppigste vindstyrke tilsvarende frisk bris til liten kuling vil denne transport kunne være betydelig. Tilsvarende den utgående overflatetransport vil vi få en inngående kompensasjonsstrøm i det underliggende sjøvann.

Ser vi bort ifra estuarinsirkulasjonen og vindindusert utskiftning, kan den maksimalt tilgjengelige fortynningsvannmengde Q_f beregnes som følger:

$$Q_f = Q_a + Q_u = 15,3 \cdot 10^3 + 312 \cdot 10^3 = 327,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ pr. døgn.}$$

7. AVLØPSVANNET

Vi viser til våre brev av 12. desember 1970 og av 14. april 1971.

De betraktninger som gjøres omkring det planlagte utslipp i denne rapport, bygger på opplysninger og forutsetninger angitt i de nevnte brev. Det fremgår her at den årlige saltløsning utgjør en avløpsmengde på ca. 3.500 m^3 tilsvarende $9,6 \text{ m}^3$ pr. døgn. Den maksimalt tilgjengelige fortykning S , basert på årsmiddel, kan uttrykkes som følger:

$$S = \frac{Q_{\text{fortynning}}}{Q_{\text{utslipp}}} = \frac{327,3 \cdot 10^3}{9,6} = 3,4 \cdot 10^4$$

8. KONKLUSJON

På bakgrunn av de talloverslag som er nevnt i tabellene 2, 3, 4 og 5 i våre brev av 12. desember 1970 og av 14. april 1971, synes det som om tilstrekkelig fortynningsvann er tilgjengelig i Ramsdalsvågen for det planlagte utslipp. Maksimalt tilgjengelig fortynningsvann bør søkes utnyttet på en effektiv måte gjennom primær og sekundær fortynning. Det antas at gjennom et hensiktsmessig utslipningsarrangement bør avløpsvannet søkes innblandet i de øvre vannlagene over ca. 15 m dyp.

---o0o---

PLi/ofa
20/12-71