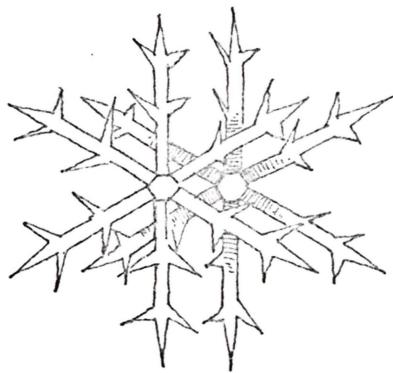


NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
Hydrologisk avdeling

Hydrologiske forhold om vinteren
i
Byglandsfjord



Oslo, mars 1973

HYDROLOGISKE FORHOLD OM VINTEREN
I BYGLANDSFJORD

Oversikt utarbeidet ved Iskontoret
av
Edvigs V. Kanavin

Innhold	Side
INNLÉDNING	1
A. MORFOMETRISKE DATA FRA BYGLANDSFJORD OG KORT ORIENTERING OM REGULERINGEN	2
B. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD	5
1. Lufttemperatur, nedbør og snøforhold	5
2. Vannstandsvariasjoner, tilløp og avløp	17
C. TEMPERATUR OG ISFORHOLD	26
1. Likevekten i vannlagene, tilløps- og avløpsvannets temperatur	26
2. Islegging og isløsning	31
3. Utvikling av isdekke, trafikkmuligheter på isen	42
4. Gjennomstrømningens virkning på isforholdene	52
D. LITT OM TÅKE- OG RIMDANNELSE	53

Vedlegg: Rapporter fra befaringer av vassdraget

Oslo, mars 1973

INNLEDNING

For en innsjø som er regulert ved senkning og som gjennomstrømmes av betydelig vannmengder fra andre magasiner ovenfor, er temperatur- og isforholdene bestemt av følgende hovedfaktorer:

- a. Dybdeforhold og varmeforråd i sjøen
- b. Værforholdene, særlig vind før og under isleggingen, deretter lufttemperatur, nedbør og snøforhold etter at isen har lagt seg.
- c. Variasjoner i vannstanden som skyldes tilløp fra vassdraget ovenfor og manøvrering ved tapningen.
- d. Likevekten i vannlagene som er avhengig av vanntemperaturen i tilløpsvannet og gjennomstrømningens karakter.

Av betydning spesielt for trafikkmulighetene på isen er videre:

- e. Dannelse av svakere isområder og råker p. g. a. forandret strømforhold.
- f. Topografien av den strandsonen som tapningen tørrlegger.

I årenes løp er det ved Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Hydrologisk avdeling samlet inn en god del hydrologiske og meteorologiske data fra Otra-vassdraget med henblikk på å skaffe bedre grunnlag for vurdering av hvilke forandringer en regulering kan medføre eller har forårsaket på forholdene om vinteren. Oversikten inneholder et utdrag av disse.

Oversikten er supplert med korte orienteringer om fysikalske forutsetninger for varmeutveksling mellom vann og luft, om isdannelse, utvikling av isdekke, isens bæreevne og betingelser for tåke- og rimdannelser hvis vassdraget holder seg åpent.

En del rapporter fra befaringer av vassdraget er tatt med i vedlegget.

A. MORFOMETRISKE DATA FRA BYGLANDSFJORD OG KORT ORIENTERING OM REGULERINGEN

Byglandsfjord er en meget langstrakt innsjø, en "ekte fjord", med tildels bratte fjellsråninger på begge sider.

Ved den trange Storstraumen er den oppdelt i en mindre nordlig del - Øvre - og en større og dypere sydlige del - Nedre Byglandsfjord. Iskontoret loddet opp innsjøen i nov. 1968 og utarbeidet dybdekarter, se fig. A-1.

Følgende data kan oppgis:

Øvre Byglandsfjord har ved vannstanden 203,0 m o. h. en lengde på 11,3 km, største bredde 1,5 km, overflate 12 km^2 , største målte dyp 89 m, middeldyp 35 m og volum 426 mill. m^3 .

Nedre Byglandsfjord har ved vannstand 202,9 m o. h. en lengde på 24 km, største bredde 2,3 km, overflate 35 km^2 , største målte dyp 167 m, middeldyp 58 m og volum 1995 mill. m^3 .

Nedbørfeltet til Byglandsfjord ved Ose er 2134 km^2 , ved Storstraumen 2429 km^2 og ved utløpet - Byglandsfjord dam 2772 km^2 .

Som en ser av dybdekartene har sjøen meget varierende dybdeforhold og uregelmessig strandlinje. Begge forhold har betydning for de lokale strømforhold og isforhold.

Om reguleringene av Øvre Otra foreligger følgende opplysninger:

Byglandsfjord-dammen ble bygd i 1911 over det brede og grunne utløpet som fortsetter ca. 2 km innover som en del av fjorden. Ved oppdemningen ble de to forannevnte fjorder forenet til ett magasin med forbindelse gjennom Storstraumen.

Høyeste reguleringsgrense (HRV) er 203,0 m o. h. og laveste (LRV) 198,0 m o. h.

Det viser seg i praksis at de to fjordene ikke kan tappes helt ned til den LRV kote 198,0. Otteraaens Brugseierforening opplyser at etter en utvidelse av avløpskanalen i 1953/56 og i 1963 var laveste vannstanden i Øvrefjorden på kote 198,48 og i Nedrefjorden 198,07 ved et avløp på $26 \text{ m}^3/\text{s}$ og ved full åpning i dammen. Ved avløp på $60 \text{ m}^3/\text{s}$ regner man med kote 198,04 i Nedrefjorden og på Øvre-fjorden antas da at vannstanden er ca. 15 cm høyere.

Ved kgl. res. av 22/11 1912 ble det gitt tillatelse til å regulere en rekke andre vann i øvre del av vassdraget. Disse reguleringene ble etter hvert tatt i bruk og i 1921 var det i alt ca. 415 mill. m^3 magasinvolum.

I 1942 og senere i 1949, 1957 og 1961 ble det gitt tillatelse til ytterligere reguleringer. Reguleringen består som vanlig i at flomvannet fra vår til høst samles i magasinene og slippes i løpet av lavvannsperioden i vintermånedene.

DYBDEKART over BYGLANDSFJORD

Oppleddet nov. 1968 ved NVE hydrologisk avd. H.v.h. 202,85m ved VM øvt. Ekvidistanse 10m

500m 0 1 2 3km

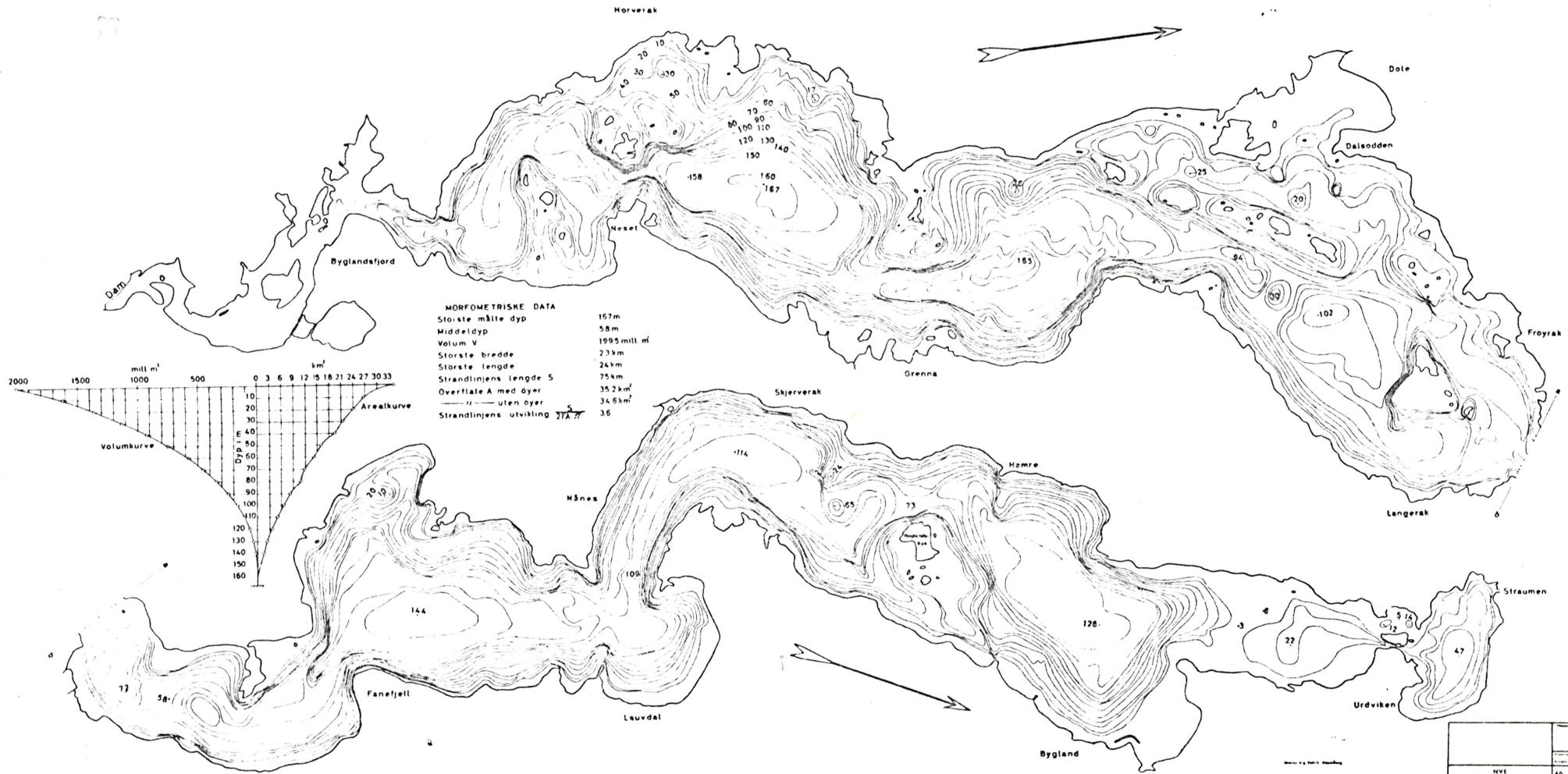


Fig. A-1

DYBDEKART

over

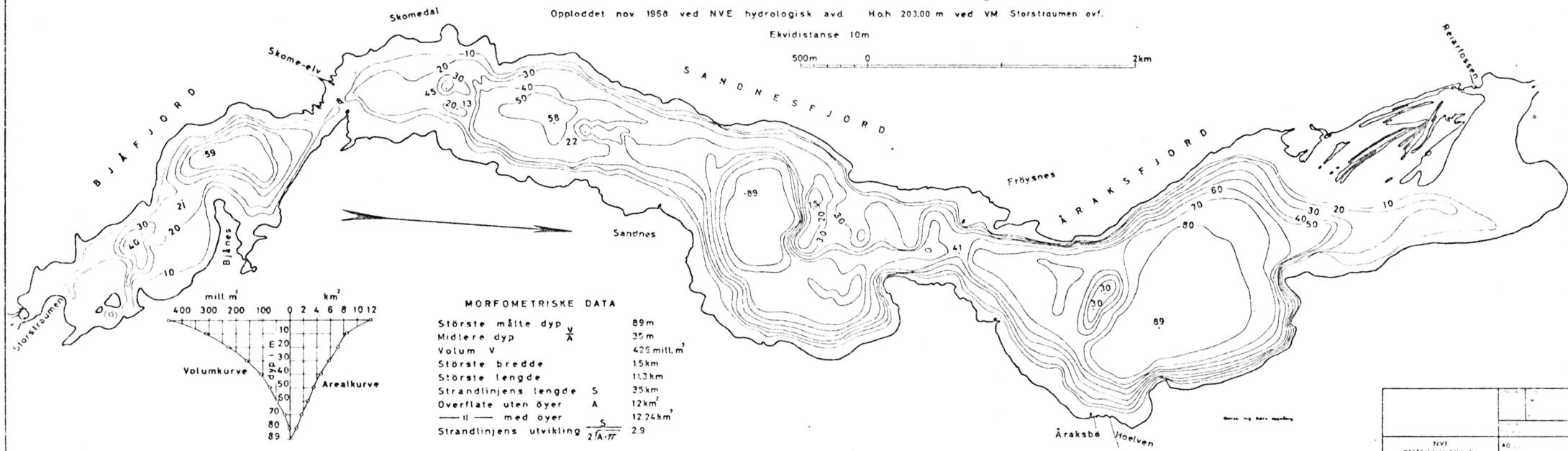
ÅRAKSFJORD SANDNESFJORD og BJÅFJORD

Opploddet nov 1968 ved NVE hydrologisk avd. Høh 203.00 m ved VM Storstraumen øvf.

Ekvidistanse 10m

500m

2km



NVE	HYDROLOGISK AVDELING
	40

Brokke kraftverk kom i drift i 1964. For tiden tillater instalasjonen at stasjonen periodevis kan bruke opptil $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Magasinene ovenfor Brokke er på ca. 500 mill. m^3 og disse tappes med henblikk på Brokke kraftstasjons behov. De variasjoner som da forekommer i avløpet får virkning videre nedover i vassdraget.

I 1971 var magasinene i Øvre Otra økt til 816 mill. m^3 , dvs. til omrent til det dobbelte siden 1921 ($816/415=1,97$).

Hovatn kraftverk ble satt i drift i 1971. Vannforbruk ved maksimal ydelse er ca. $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tapningen fra Byglandsfjord foretas etter behovet for kraftverkene i Nedre Otra. Fra 1949 har det foregått en øking av maskinkapasiteten i kraftverkene nedenfor Kilefjord som har gjort det mulig å utnytte både den økte magasinkapasiteten og det varierende tilløpet fra det uregulerte felt.

I 1960 var det regulerte felt 943 km^2 , dvs. litt over $1/3$ av nedbørfeltet ved Byglandsfjord.

B. METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE FORHOLD

Til vurdering av reguleringenes innvirkning på vanntemperatur og isforhold er følgende meteorologiske og hydrologiske forhold av særlig interesse: lufttemperatur, nedbør og snøforhold, vassføring og strømforhold.

1. Lufttemperatur, nedbør og snøforhold.

Det særpregede for de meteorologiske forhold er at vassdraget ligger på grensen mellom Østlandet og Vestlandet og at vinterklimaet derfor har ganske store vekslinger både m. h. t. lufttemperatur og nedbør som observasjoner ved Austad og Byglandsfjord met. st. viser, se følgende tabell fig. B-1¹.

Månedsmidler av lufttemperatur gir ikke noe godt bilde av temperaturforholdene da intervallene er for store. Adskillig bedre er det da å bruke ukemidler som en rekke kraftverker med ukereguleringer praktiserer, eller femdøgnsmiddel (pentader) som Meteorologisk Institutt nå etter hvert offentliggjør.

En slik mer detaljert oversikt av temperatur og nedbør etter pentader ved Byglandsfjord met. st. i tidsrommet 1942-72 er gitt ved grafiske framstillinger på fig. B-1².

Av tegningene kan man få mange viktige opplysninger, nemlig: Når kulden begynner, vinterens intensitet (sum av neg. lufttemp.), antall isdager (døgn temp. under 0°C), når kulden slutter o. a.

Fig. B-1¹. Karakteristiske data for middelverdier av lufttemperatur og nedbør i vintermånedene (nov. -april).

Karakt. data	Nov. °C mm	Des. °C mm	Jan. °C mm	Febr. °C mm	Mars °C mm	April °C mm
<u>Austad</u> <u>206 m o.h.</u> <u>1895-1927</u>	Maks.	5,2 295	2,8 228	2,1 155	1,4 165	2,8 199
	Ø. kv.	2,0 128	-0,6 120	-1,6 84	-0,7 82	0,8 90
	Med.	0,3 84	-2,2 75	-3,0 66	-2,6 49	0,0 50
	N. kv.	-0,9 58	-4,2 45	-4,9 43	-4,9 25	-1,9 24
	Min.	-3,6 15	-8,5 24	-11,1 1	-8,2 3	-3,8 7
<u>Byglandsfj.</u> <u>207 m o.h.</u> <u>1925-55</u>	Maks.	4,7 326	2,8 287	0,1 255	4,7 190	4,5 109
	Ø. kv.	2,7 221	0,5 187	-1,2 151	-1,1 119	1,3 67
	Med.	1,9 143	-0,9 119	-2,7 109	-2,1 80	-0,4 54
	N. kv.	1,1 62	-2,1 70	-4,3 59	-4,8 21	-2,3 32
	Min.	-1,4 8	-6,7 5	-11,9 24	-11,7 0	-5,5 5

Merknad: Ved bearbeidelse av observasjonsrekker har vi istedenfor det vanligvis brukte aritmetriske middel anvendt sentralverdien (median) og quartiler. Medianverdien defineres som den midterste av de observerte verdiene, når disse er ordnet etter størrelse. Like mange av de observerte eller målte verdier ligger da over som under denne. Kvartilverdiene defineres som de midterste verdier i henholdsvis øvre og nedre halvdel av den ordnede rekken. Medianverdien og kvartilverdiene sammen med de observerte ekstremene er kalt for karakteristiske data for observasjonsrekken.

En oversikt over slike data er oppgitt i tabell fig. B-1³. På samme tabell er det også vinterens samlede nedbørmengde gitt.

Som framstillingene viser, realiseres aldri en såkalt "normal vinter" hverken hva temperatur eller nedbør angår.

Erfaringer viser at hvis en vil bedømme veksten og utviklingen av et isdekke, er det helt nødvendig å kjenne snødybden til enhver tid. Kommer det mye snø på isen tidlig på vinteren og snøen blir liggende, fører dette vanligvis til dårlig is hele vinteren, uavhengig av andre faktorer.

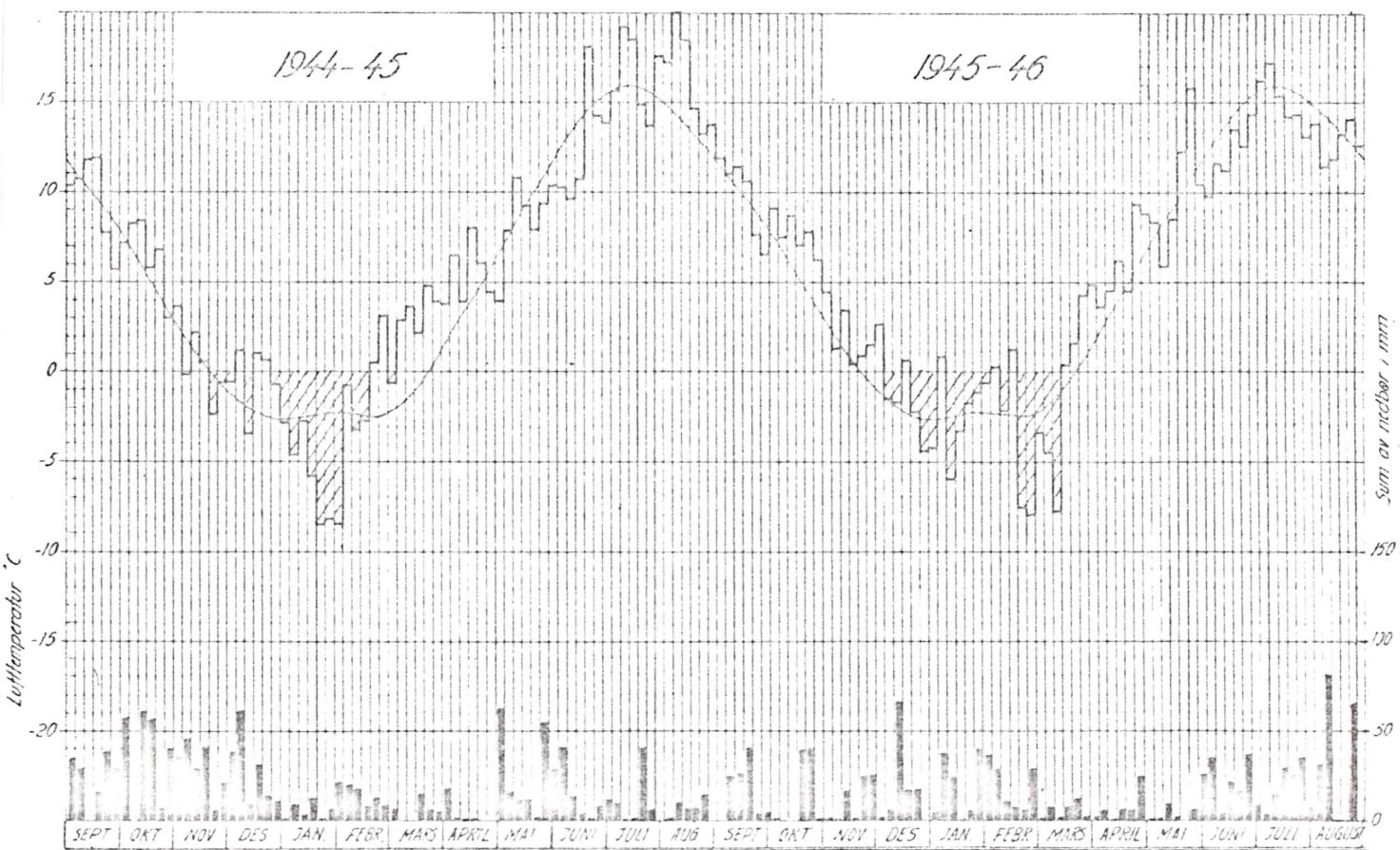
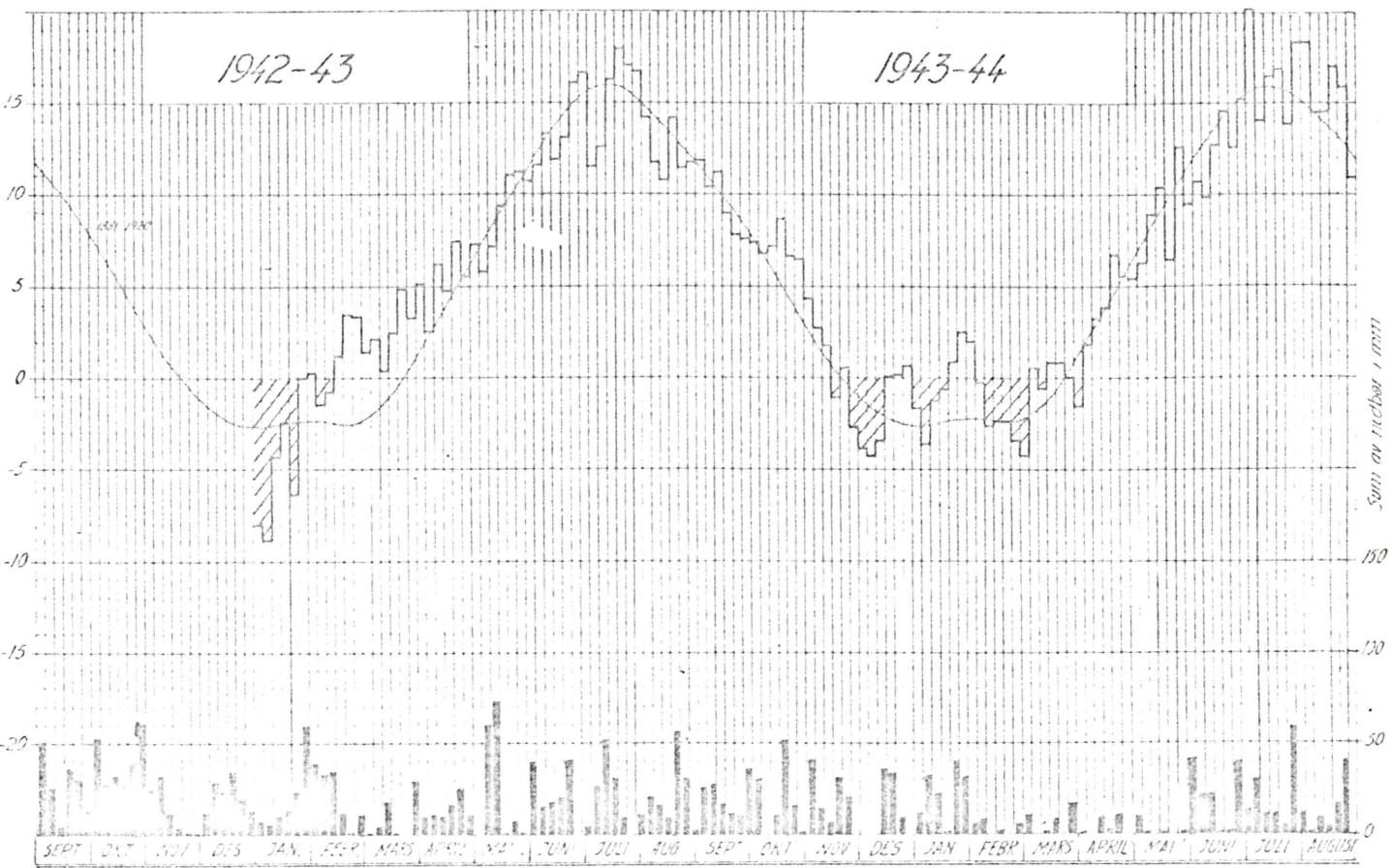
På fig. B-1⁴ er gitt en oversikt over vinterens snøforhold etter målinger ved Byglands nedb. st. og Valle nedb. st.

Snødybden målt hver femte dag i et lengere tidsrom er samlet i en arbeidstabell. For hver pentade er karakteristiske data beregnet og framstillet grafisk.

Fig. B-1²

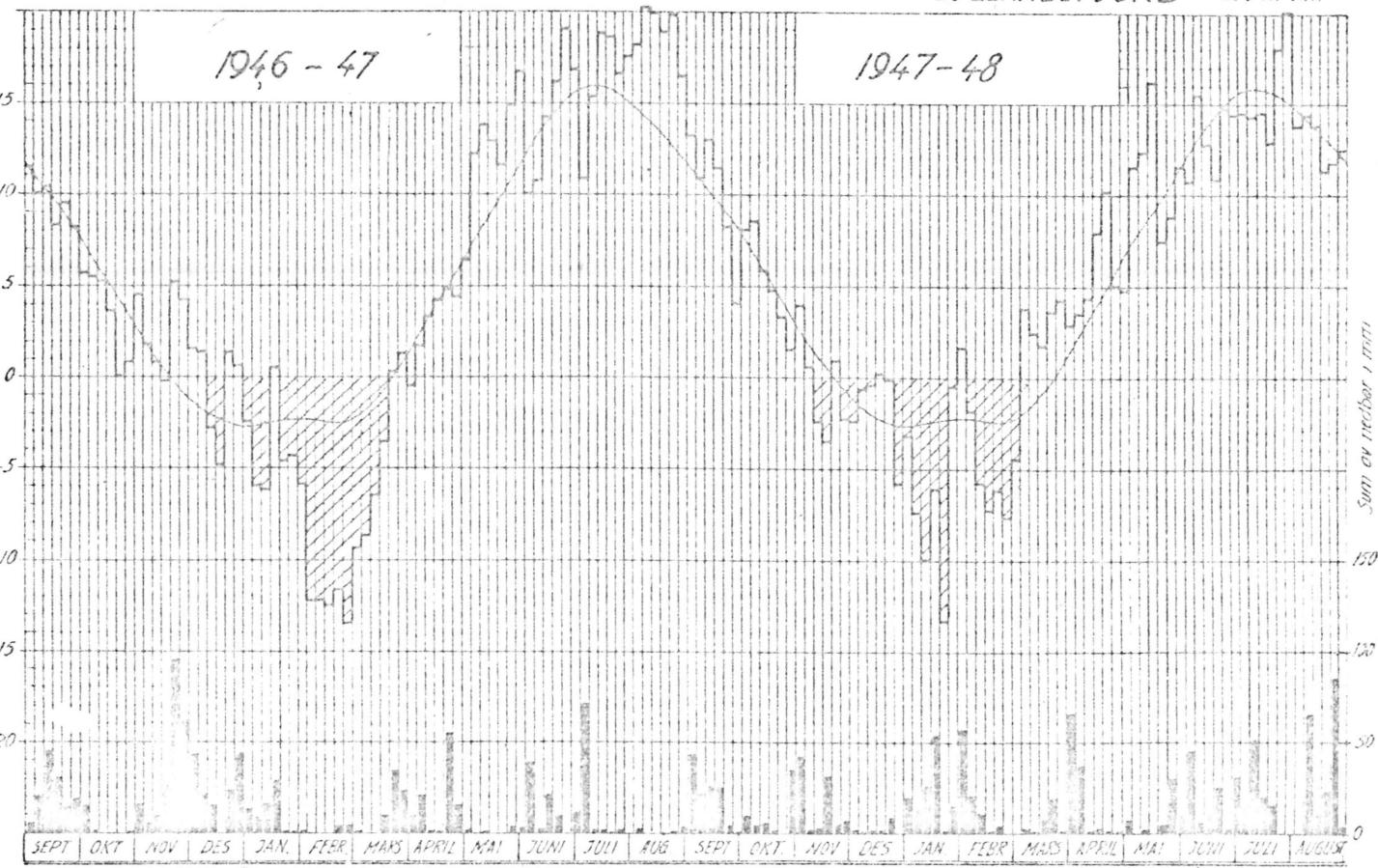
PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBOR

BYGLANDSFJORD 205 moh.



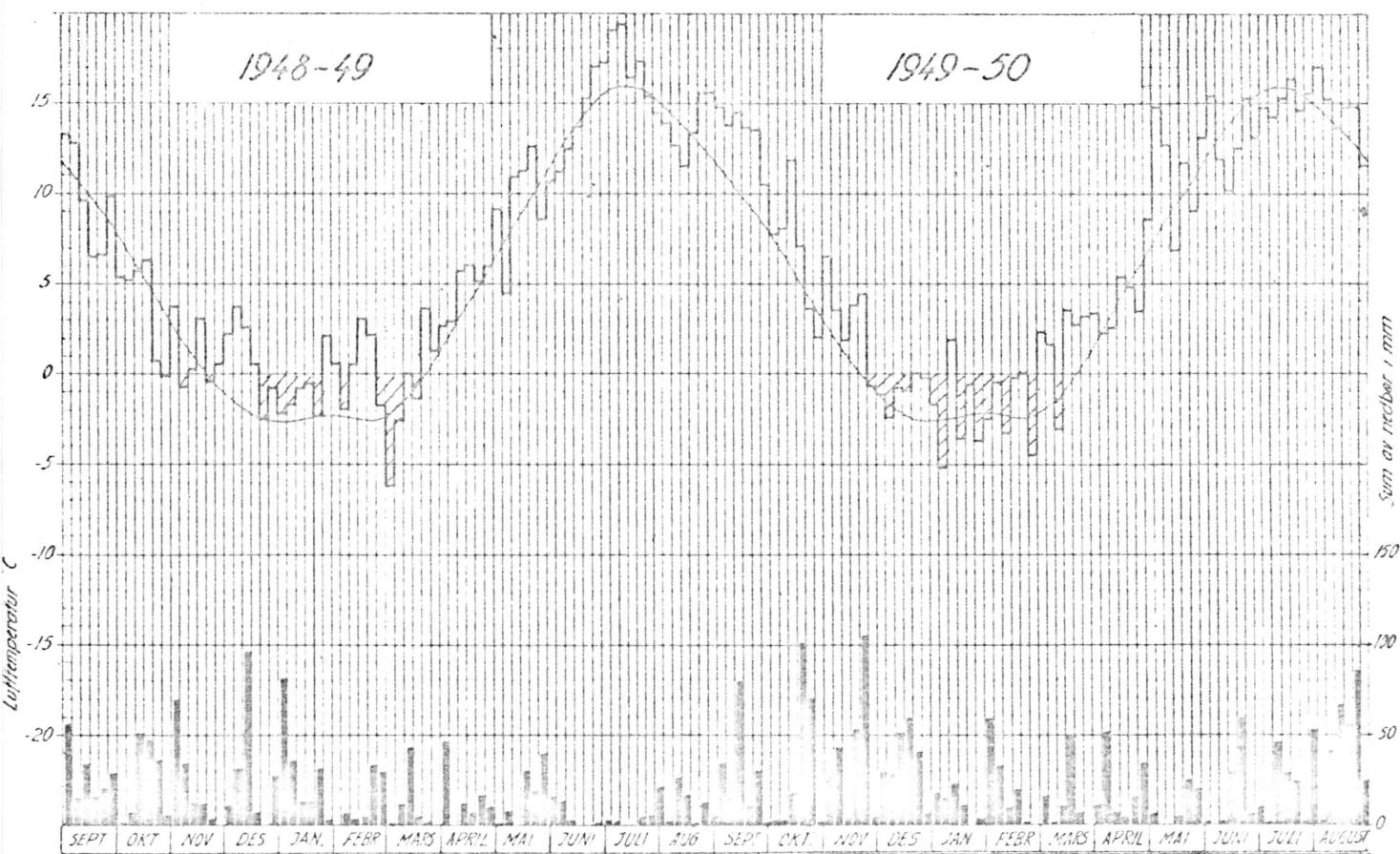
PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

Forts.
BYGLANDSFJORD 205 m o.h.



1948-49

1949-50

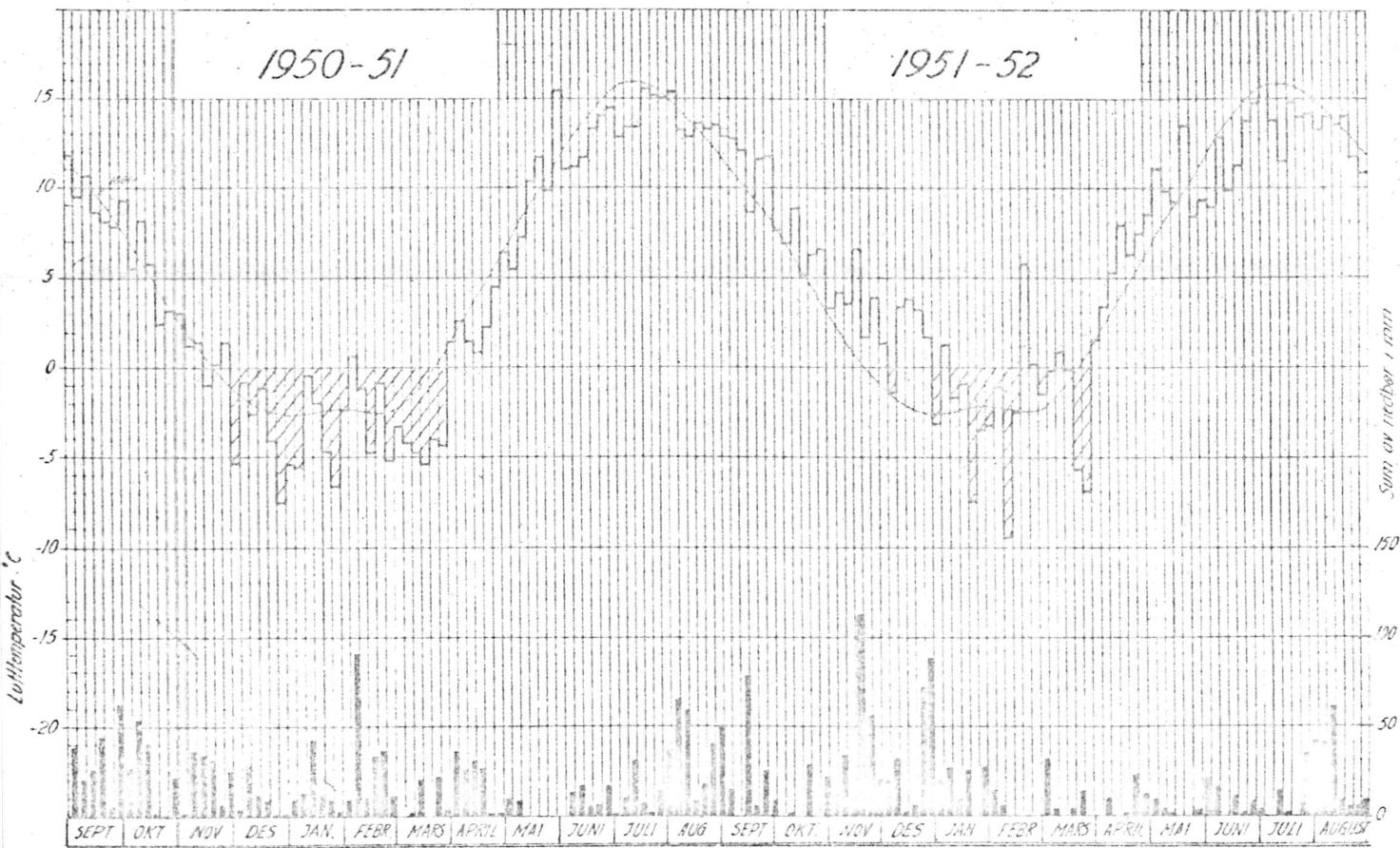


PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

BYGLANDSFJORD I. 200 m.s.m. Ports.

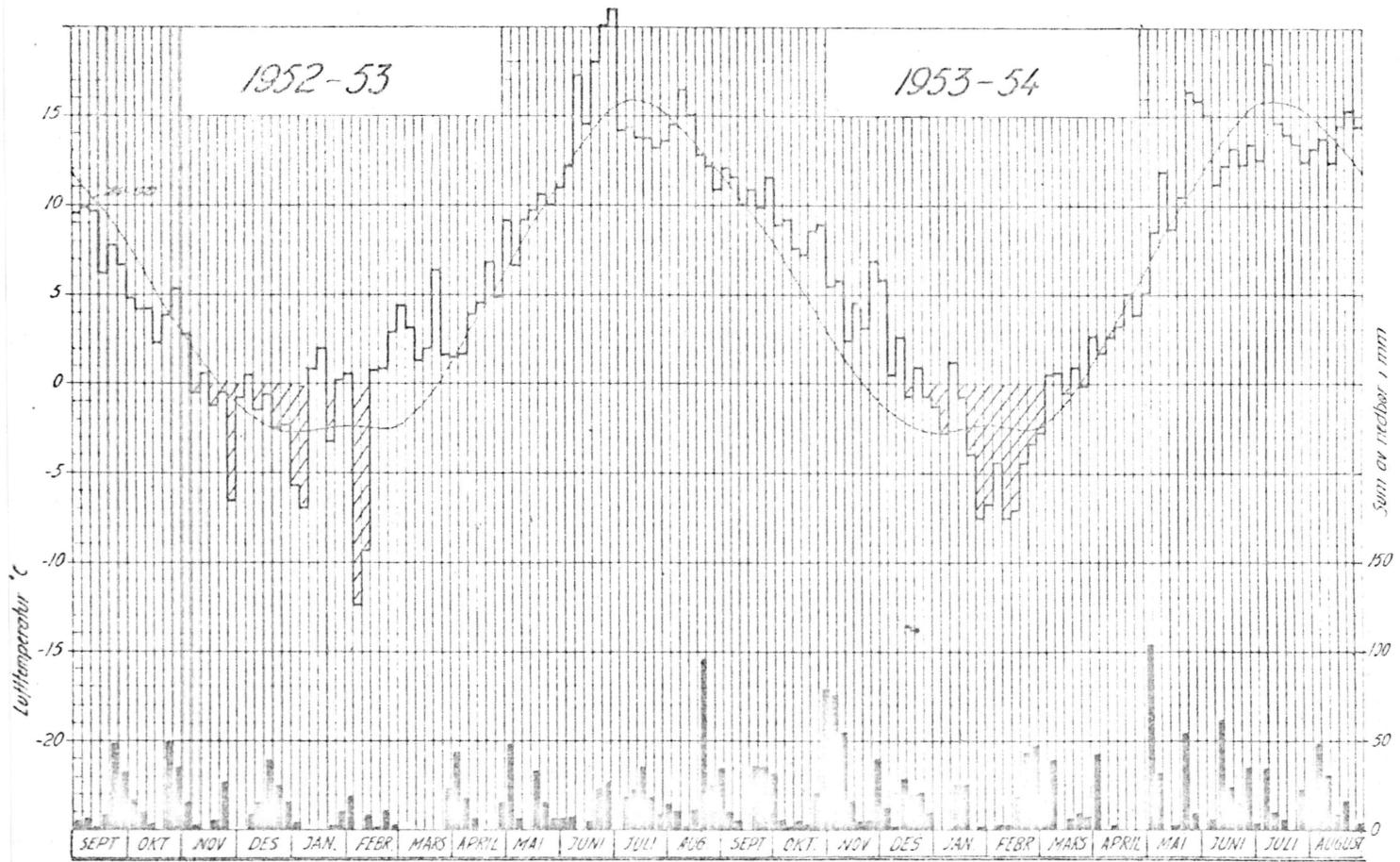
1950-51

1951-52



1952-53

1953-54



PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

Forts.

BYGLANDSFJORD II, 206 moh.

1954-55

1955-56

Sum av nederor i mm

150

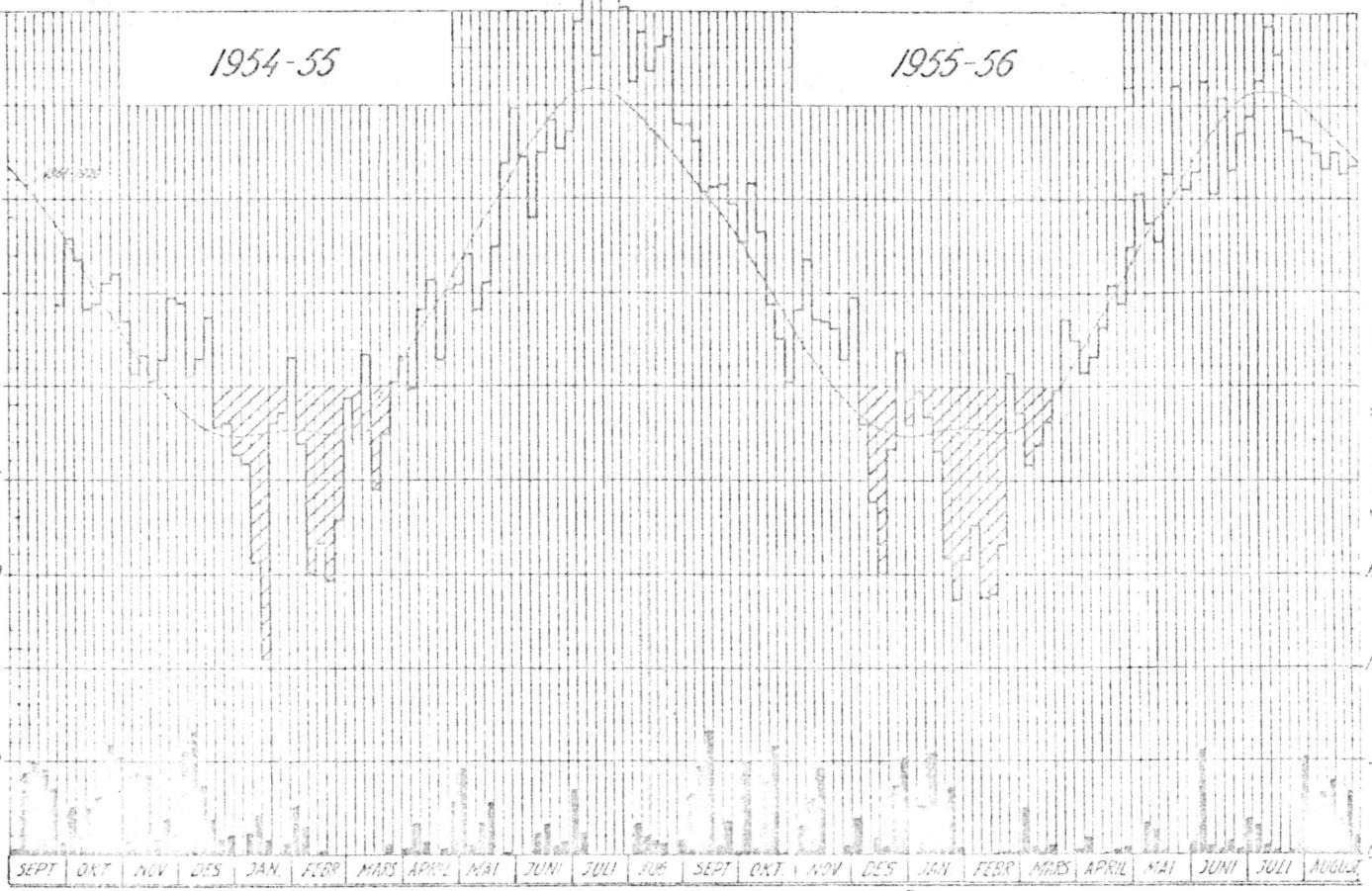
100

50

0

Lufttemperatur

°C



1956-57

1957-58

Sum av nederor i mm

150

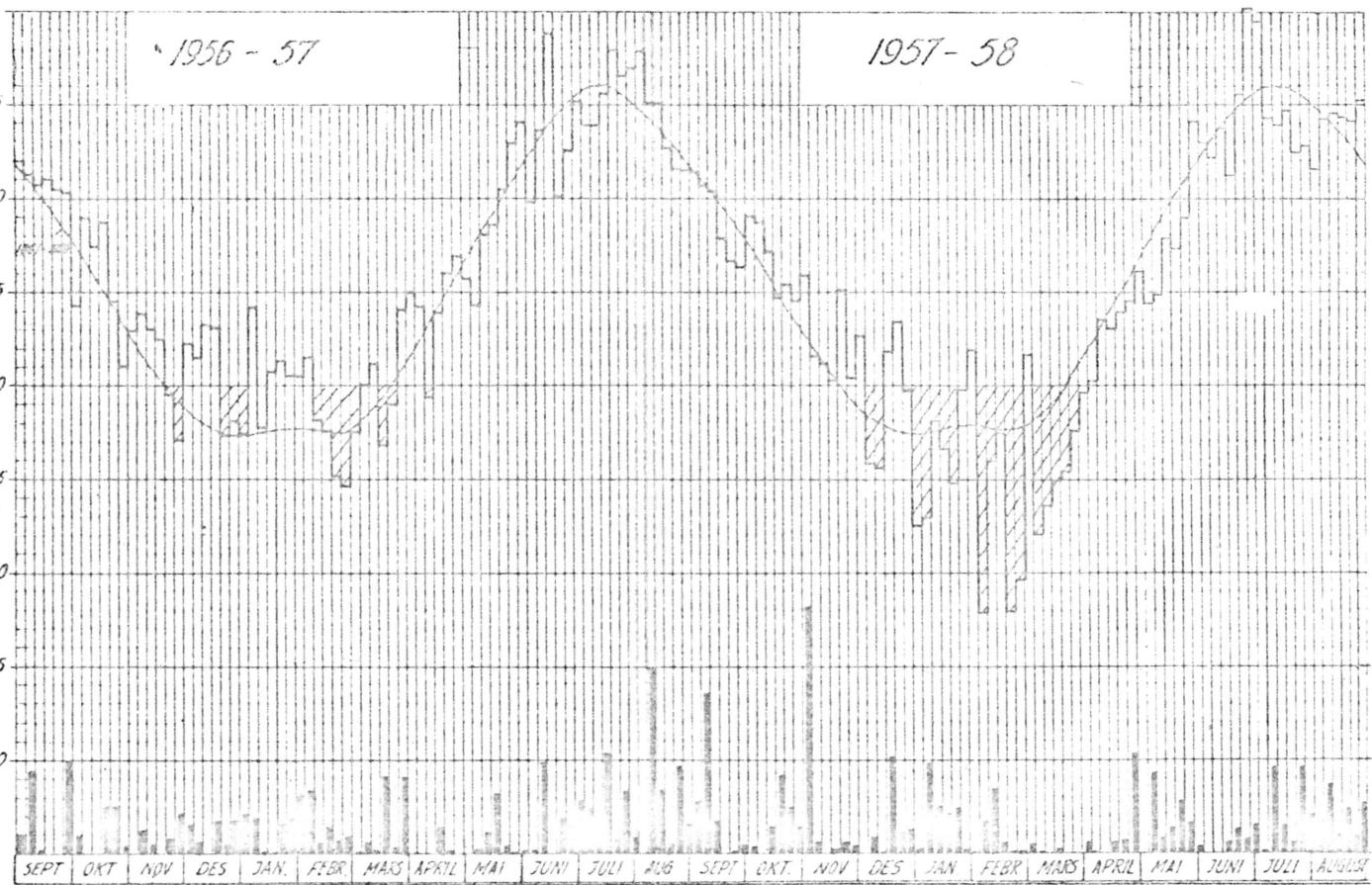
100

50

0

Lufttemperatur

°C



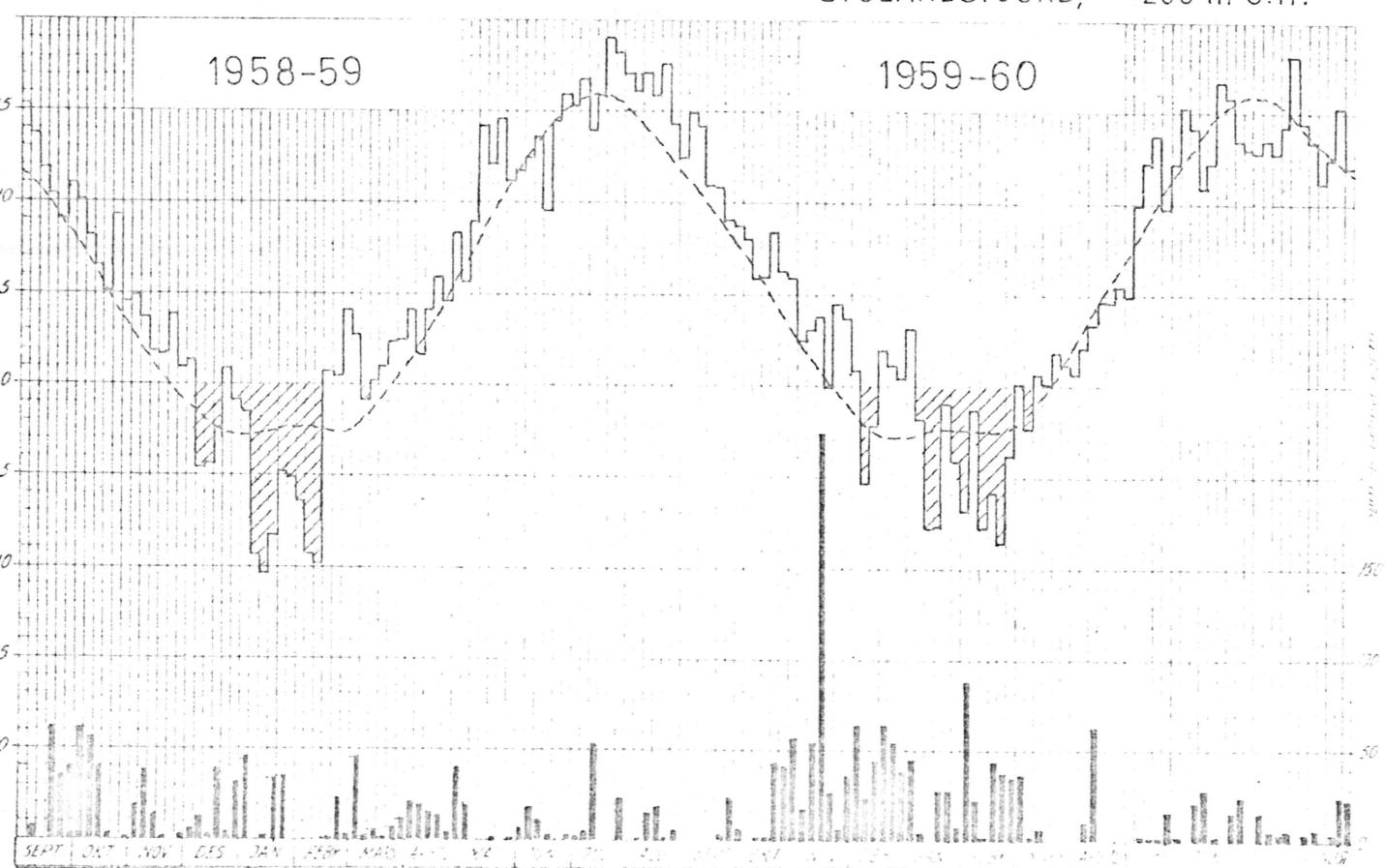
PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

BYGLANDSFJORD, 206 m o.h.

1958-59

1959-60

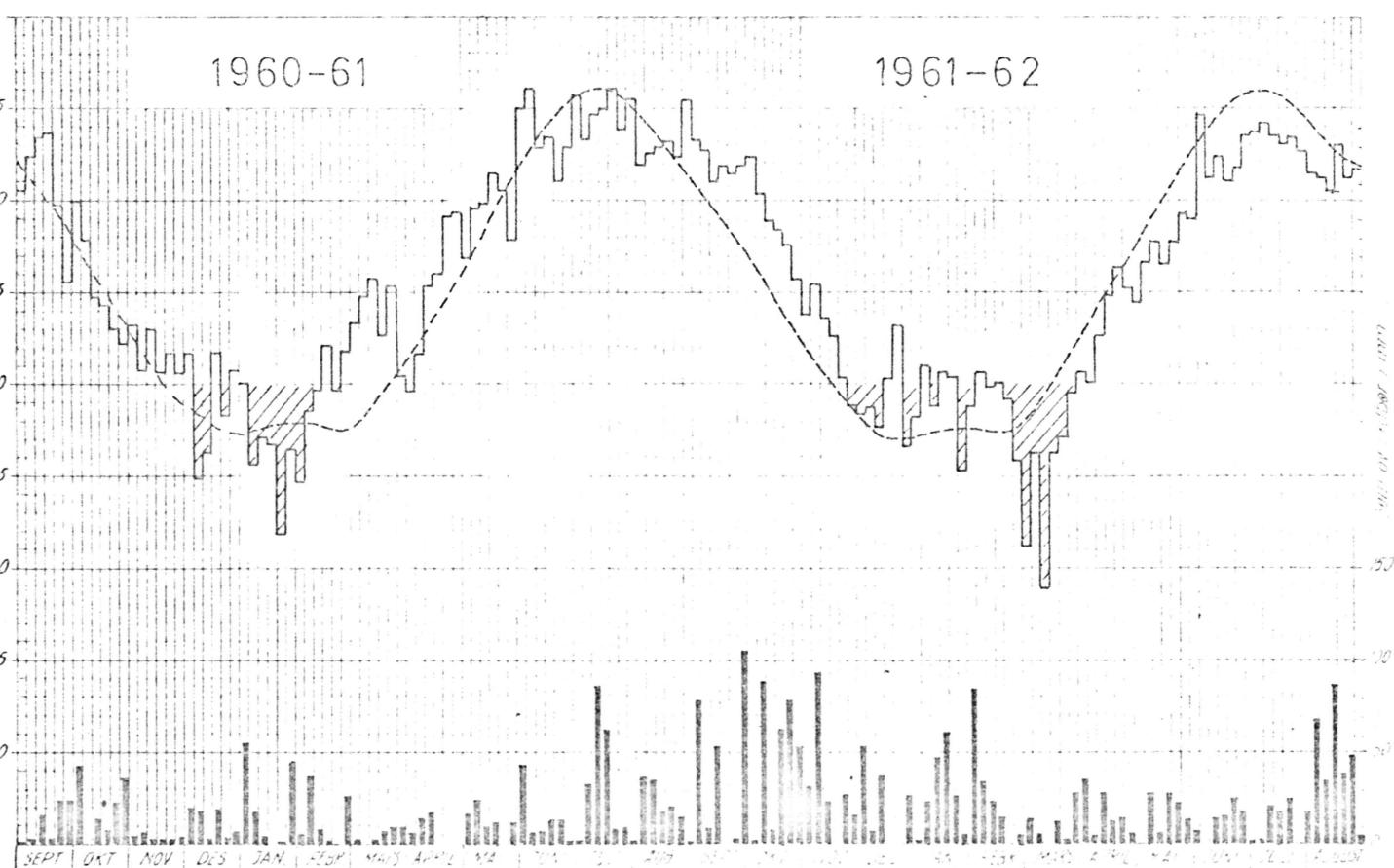
Lufttemperatur °C



1960-61

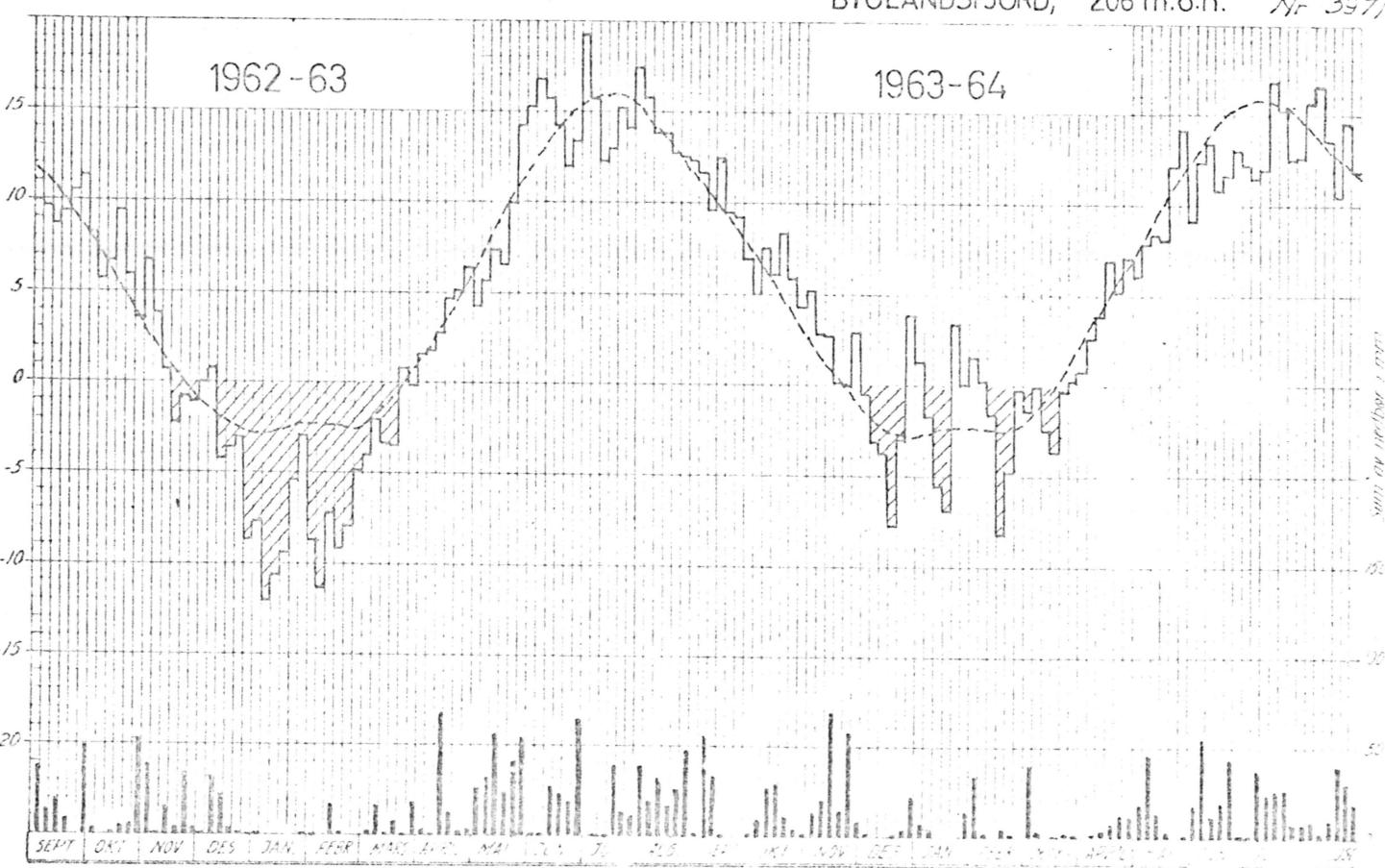
1961-62

Lufttemperatur °C



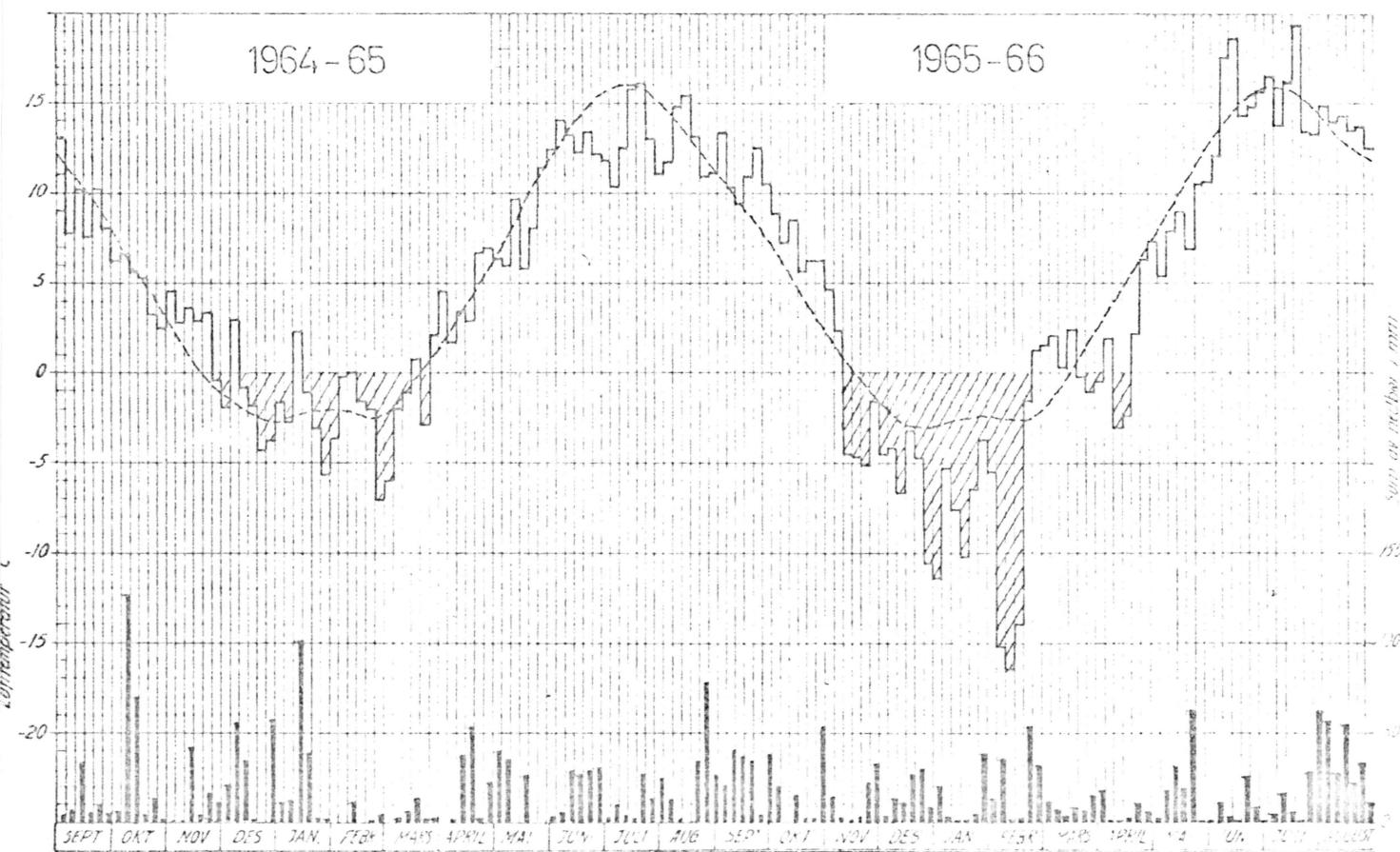
PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

BYGLANDSFJORD, 206 m.o.h. Nr 3971



1964-65

1965-66

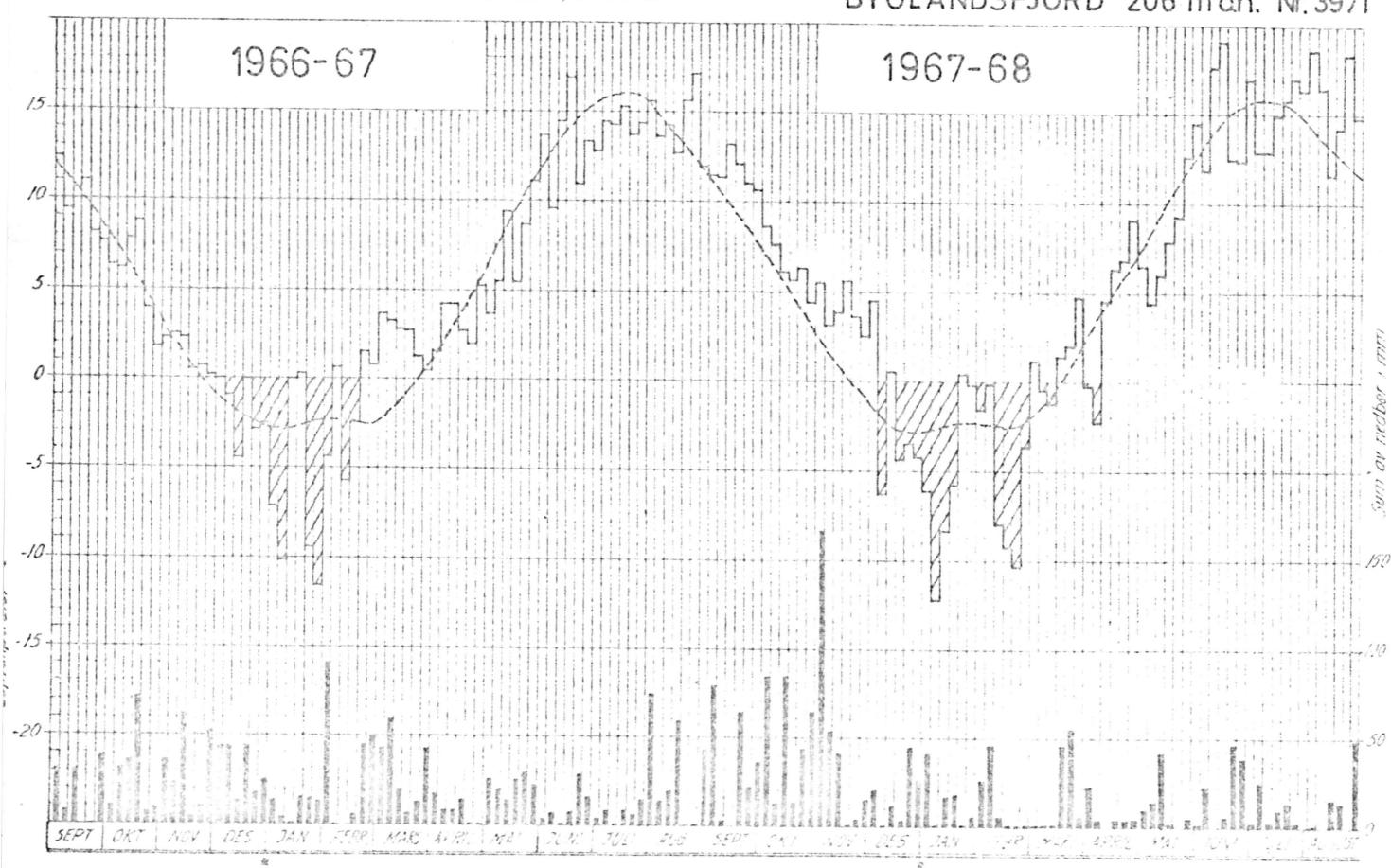


PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

BYGLANDSFJORD 206 moh. Nr. 3971

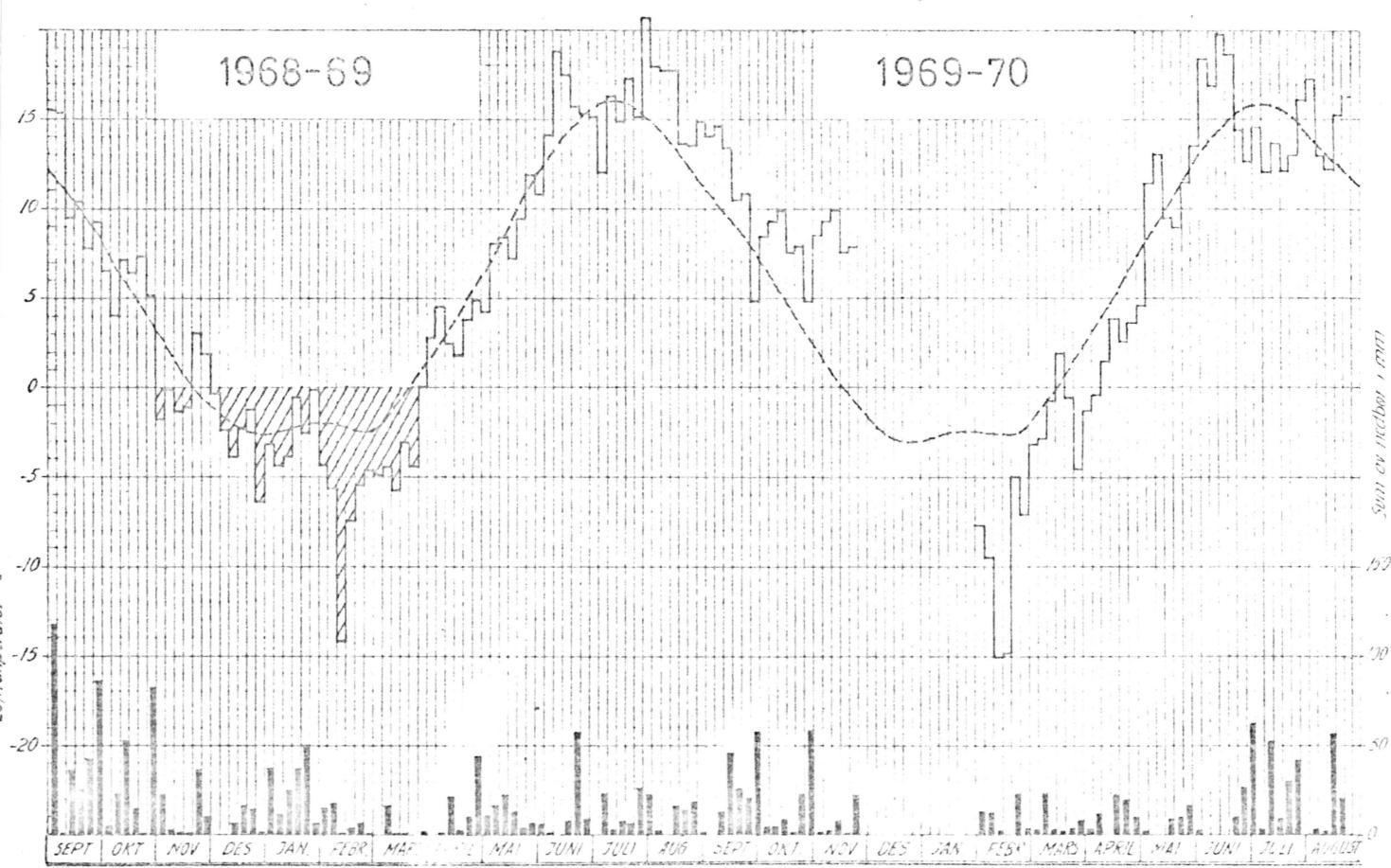
1966-67

1967-68



1968-69

1969-70



PENTADEMIDLER av LUFTTEMPERATUR og NEDBØR

BYGLANDSFJORD 212 moh.

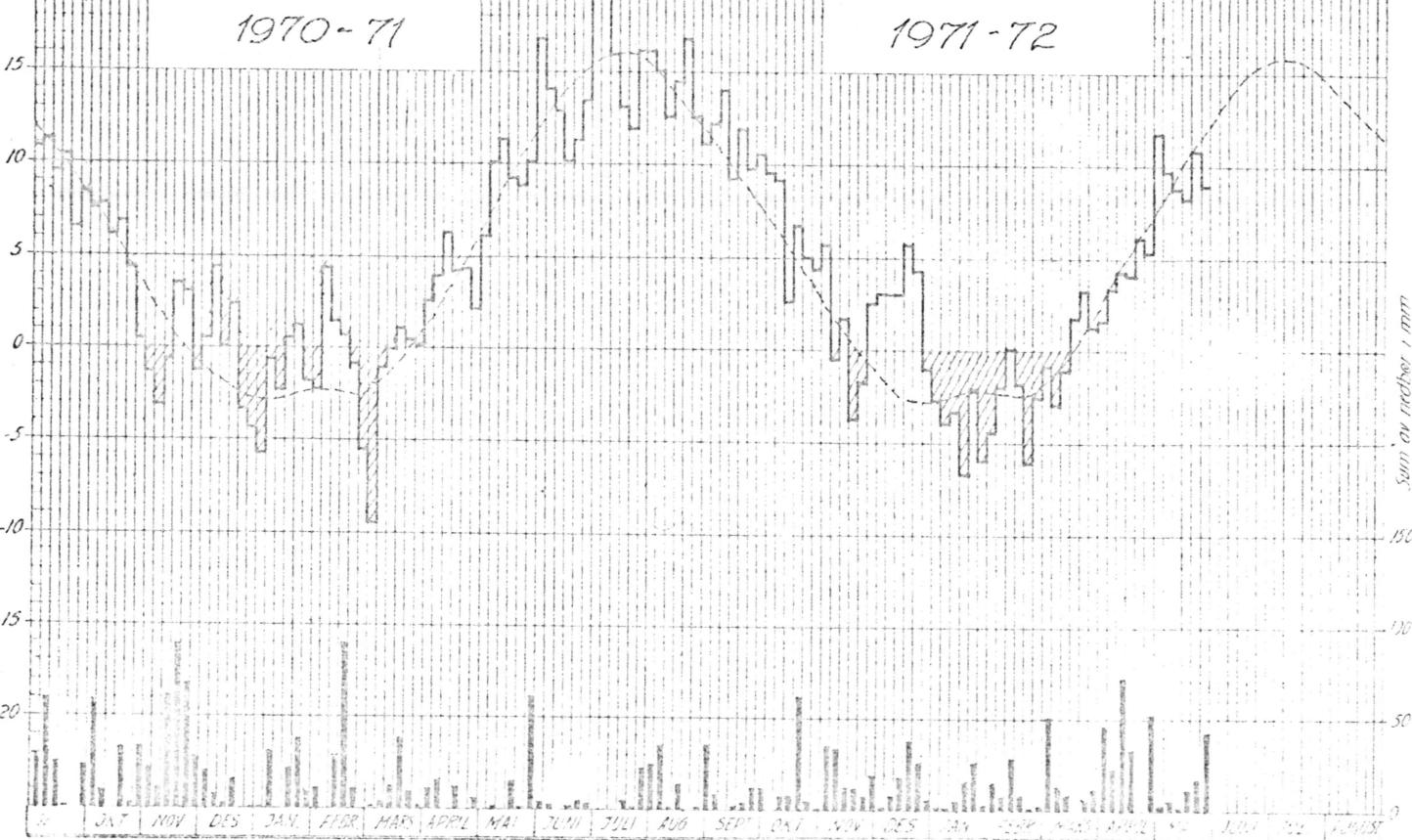
1970-71

1971-72

mm av nedbør / mm

°C av temperatur / °C

%



mm av nedbør / mm

°C av temperatur / °C

%

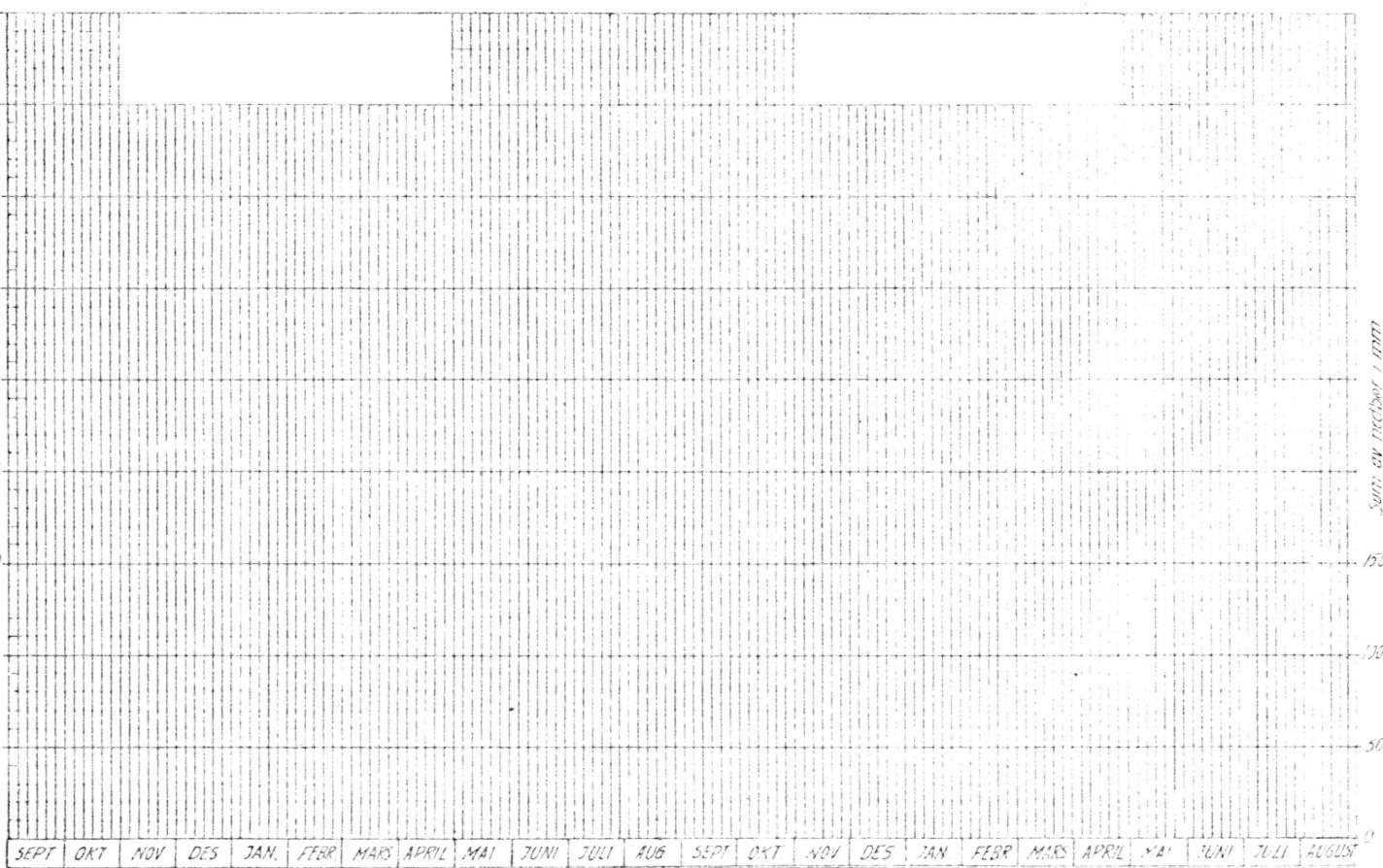


Fig. B-1³. Karakterisering av meteorologiske forhold om vinteren ved Byglandsfjord met. st. 1943-72.

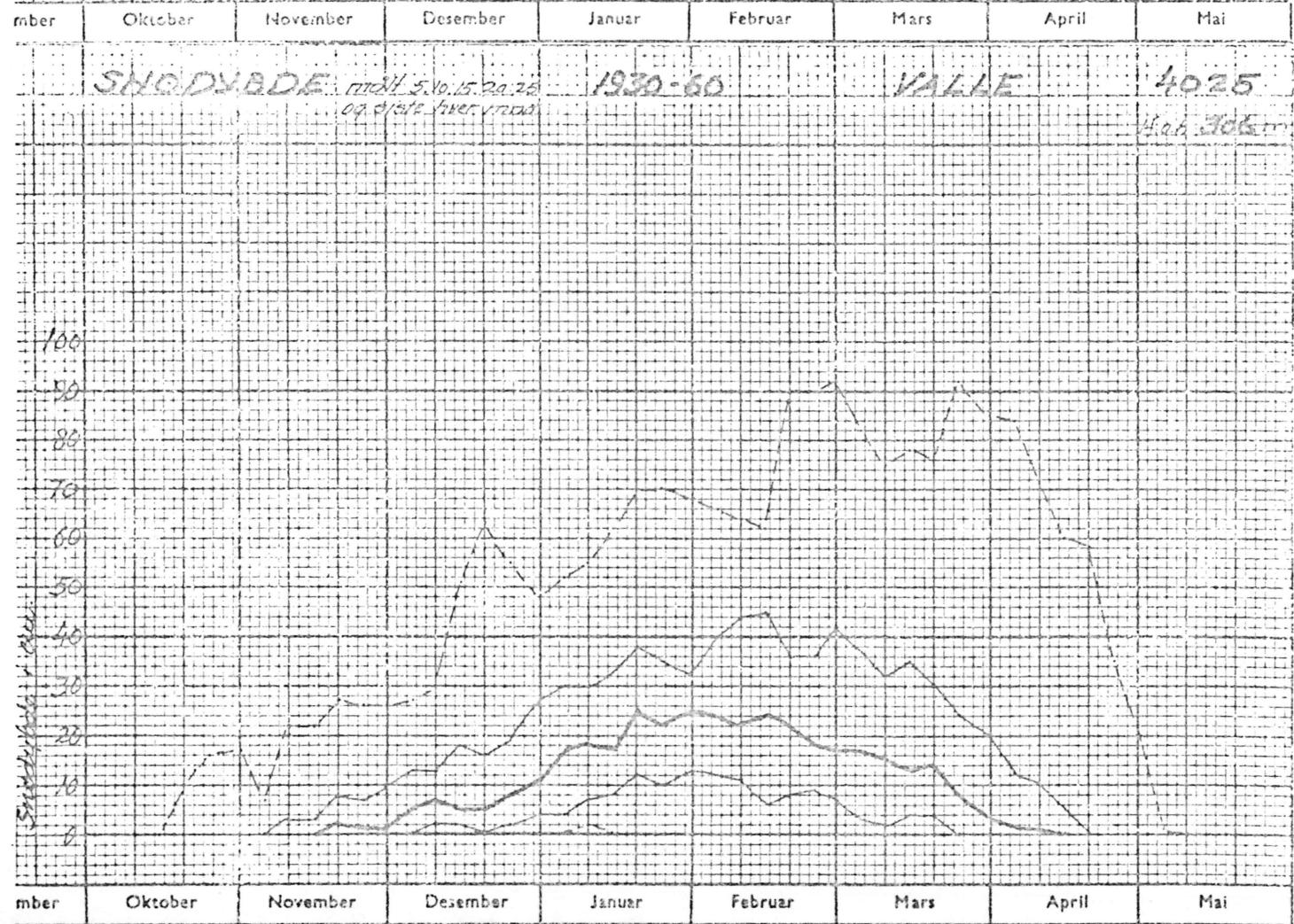
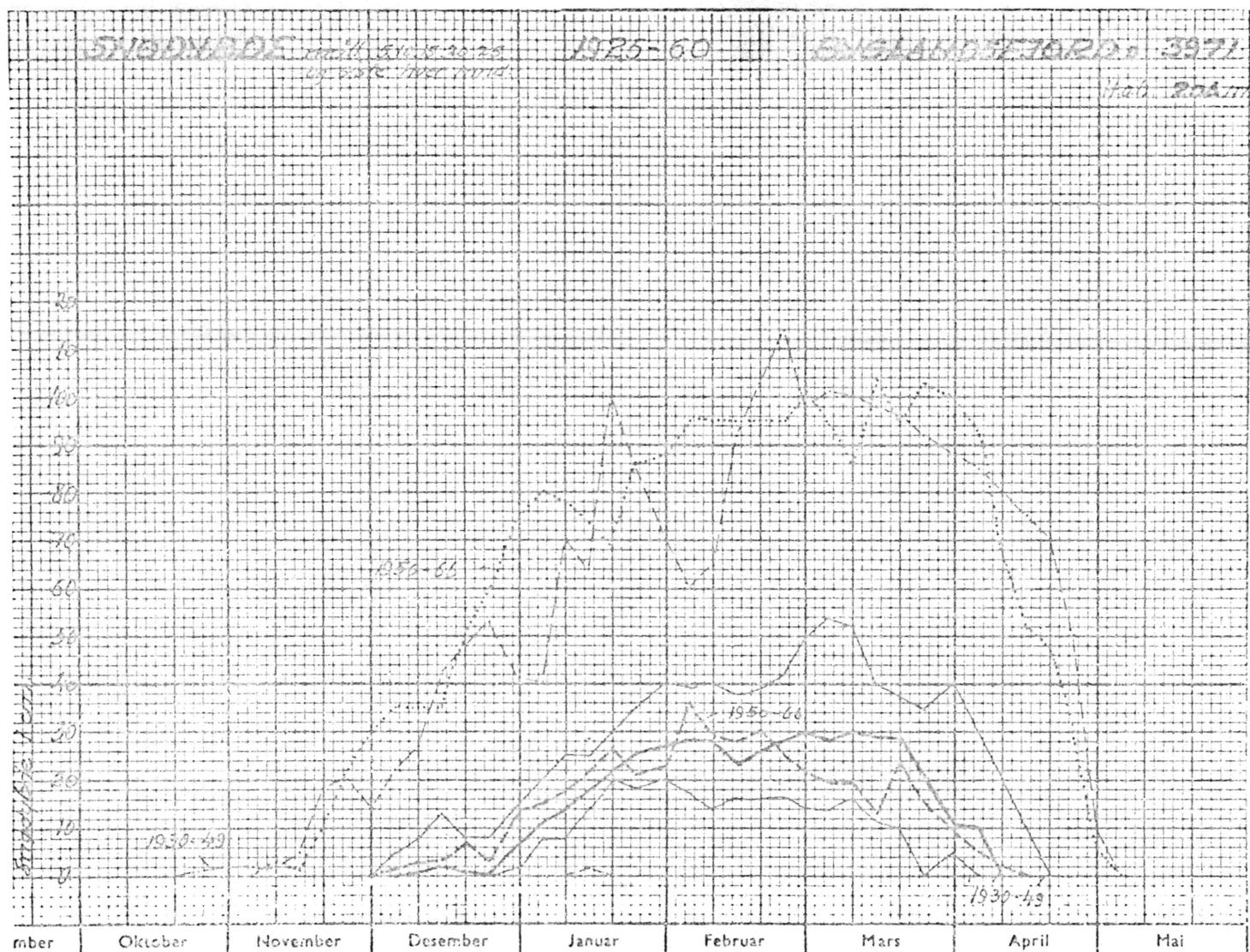
Vinter	a	b	c	d	Sum av nedb. i mm november-april	
1943-44	17/11	42		05/3	403	
44-45	07/11	57		06/3	513	
45-56	07/12	61		16/3	487	
46-47	12/11	128		05/4	603	
47-48	12/11	92		06/3	478	
48-49	28/10	26		21/3	713	
49-50	27/11	36		16/3	849	
1950-51	17/11	85		31/3	632	
51-52	07/12	50		31/3	682	
52-53	07/11	54	42	14/2	310	
53-54	17/12	56	50	31/3	612	
54-55	22/12	88	49	10/4	626	
55-56	07/12	108	63	26/3	411	
56-57	22/11	34	37	15/4	469	
57-58	12/11	104	56	05/4	454	
58-59	07/12	77	50	11/3	499	
59-60	07/12	68	49	11/3	936	
1960-61	07/12	41	32	05/4	635	
61-62	27/11	56	40	31/3	710	
62-63	17/11	135	78	31/3	313	
63-64	27/11	56	50	26/3	350	
64-65	27/11	55	32	26/3	570	
65-66	12/11	155	89	20/4	461	
66-67	07/12	62	40	19/2	887	
67-68	07/12	88	45	10/4	681	
68-69	02/11	100	61	26/3	418	
69-70	02/12	135	91	10/4	457	
1970-71	02/11	43	33	16/3	677	
71-72					651	
Tidl.	28/10	155	91	14/2	936	Maks.
Med.	24/11	62	49	28/3	570	Med.
Sen.	22/12	26	32	20/4	310	Min.

a - første dato i den pentaden da lufttemperatur første gang var lavere enn 0 °C

b - frostmengde, summen av alle pentademiddel-temperaturene under 0 °C

c - antall isdager (lufttemperatur under 0 °C)

d - siste dato i den pentaden da lufttemperatur siste gang var under 0 °C



2. Vannstandsvariasjoner, tilløp og avløp

Avløpet fra Byglandsfjord er sammensatt av tilløpet fra de øvre magasiner og det uregulerte nedbørfeltet ovenfor og den vassføring som fjordens eget magasin avgir eller mottar. Skal vannstanden være uforandret må avløpet være lik tiløpet.

Ved Hydrologisk avdeling foreligger det daglige observasjoner av vannstanden ved Byglandsfjord både i sjøen og i elva nedenfor. På grunnlag av vannstanden i elva er vassføringen beregnet i tidsrommet fra 1912.

Det er tilstrekkelig å undersøke vannstand og vassføring i vintermånedene desember-april for vanligvis foregår isleggingen i Byglandsfjord i januar og isløsningen i april.

Tabell fig. B-2¹ gir eksempler på hvordan tapningen har vært fra Byglandsfjord i tidsrommet etter 1964, dvs. etter at Brokke kraftverk ble satt i drift.

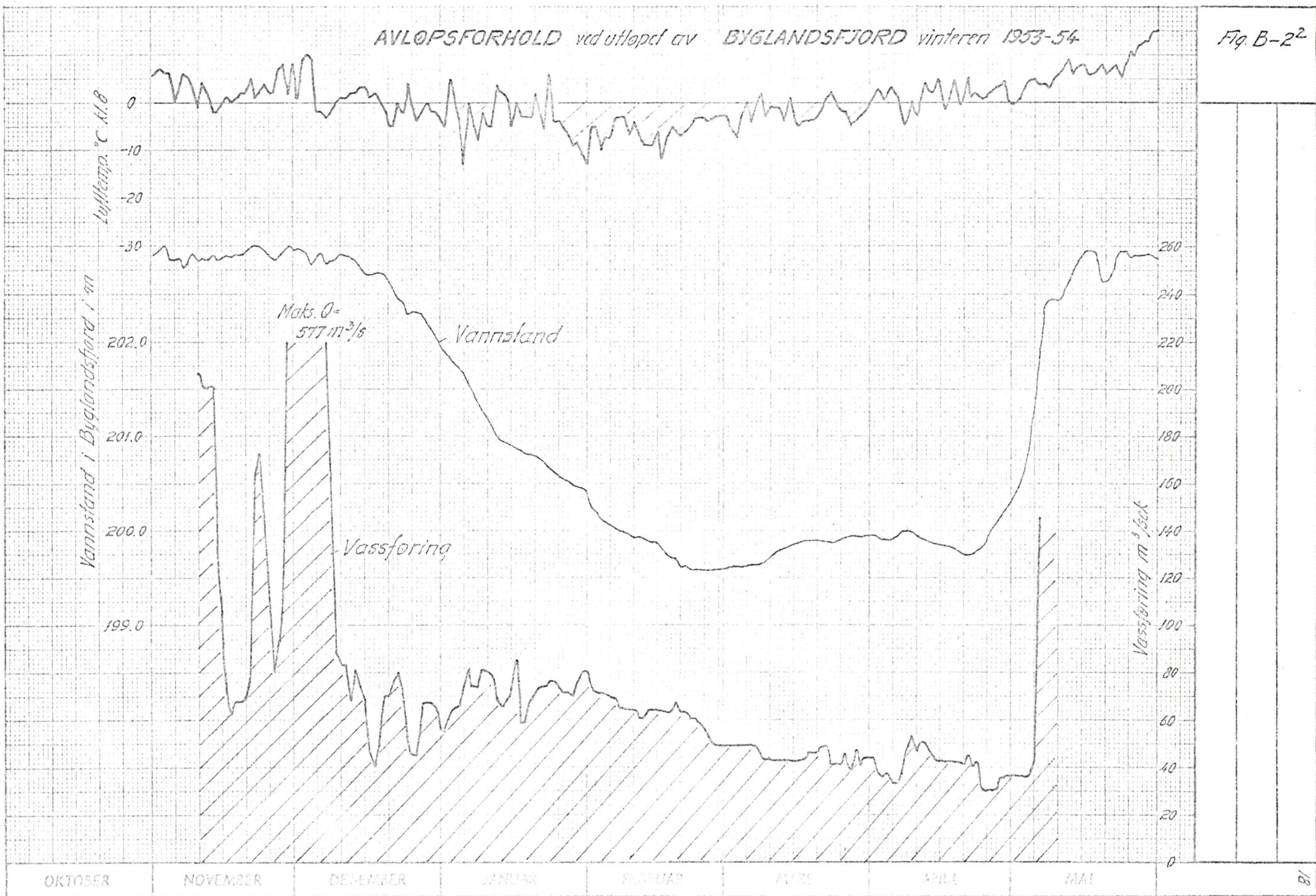
I tabellen er det for hver vintermåned (des. -april) oppgitt vannstand den første og siste i hver måned og observerte maks. og min. i vedkommende måned.

På fig. B-2² er vannstandsvariasjoner og avløp om vinteren etter daglige observasjoner ved Byglandsfjord Vm i tidsrommet 1953-58 vist grafisk.

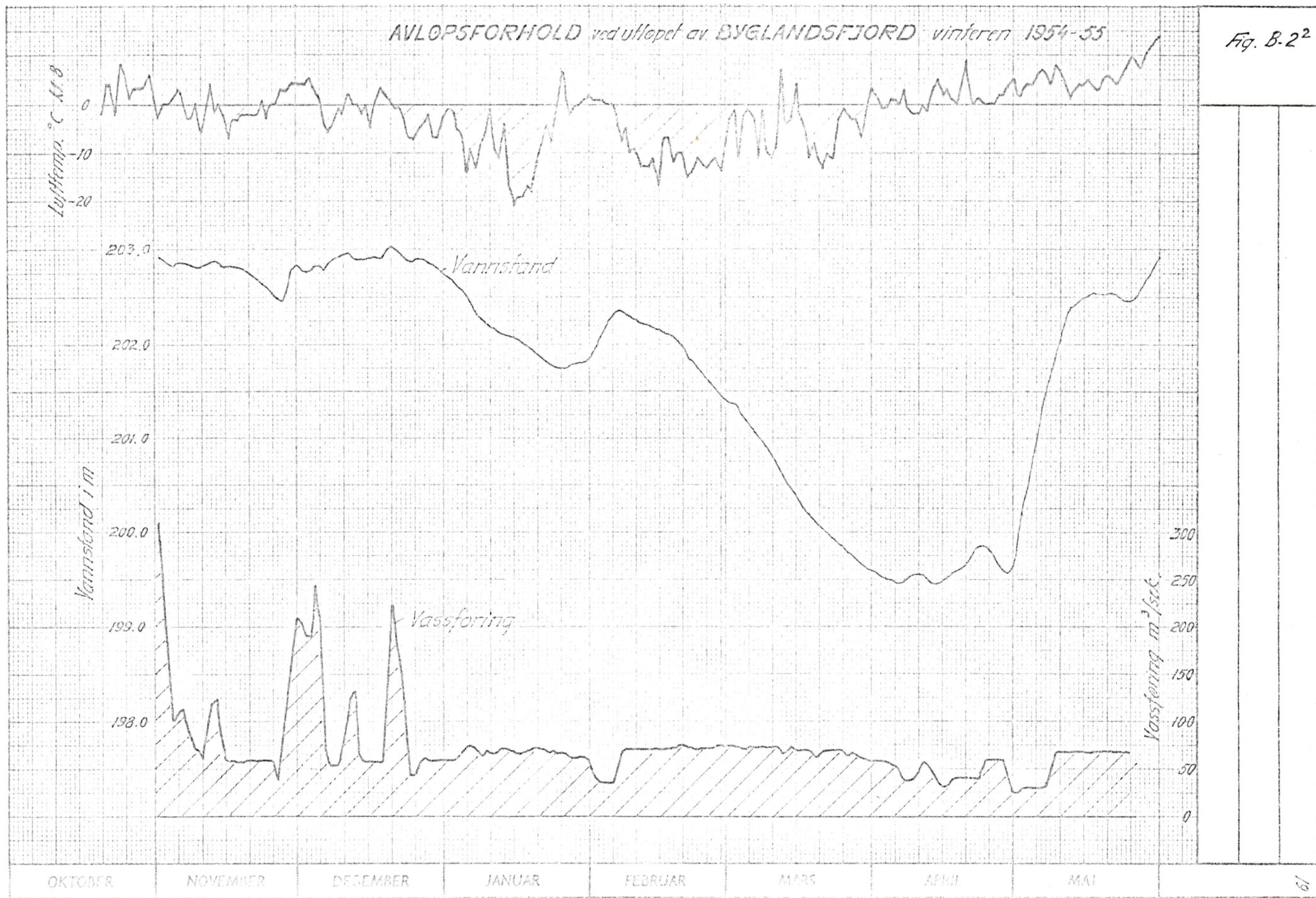
Fig. B-2¹. Vannstandsvariasjoner i Byglandsfjord i månedene des. - april

Vinter	DES.	JAN.	FEBR.	MARS	APRIL
	Vannst. i m 01/12 maks. 31/12 min.	Vannst. i m 01/1 maks. 31/1 min.	Vannst. i m 01/2 maks. 28/2 min.	Vannst. i m 01/3 maks. 31/3 min.	Vannst. i m 01/4 maks. 30/4 min.
1964-65	202,75 202,99 202,75 202,57	202,77 202,96 202,63 202,63	202,57 202,57 201,23 202,23	201,15 201,15 199,70 199,62	199,83 201,10 201,10 199,83
1965-66	202,29 202,29 201,22 201,22	201,18 201,18 200,28 200,38	200,36 200,36 199,77 199,77	199,74 200,30 200,00 199,71	199,92 199,92 198,87 198,24
1966-67	202,81 202,98 202,94 202,77	202,92 202,92 202,46 202,39	202,46 202,79 202,48 202,47	202,52 202,89 202,61 202,56	202,60 202,60 201,01 200,82
1967-68	202,90 203,00 202,77 202,77	202,73 202,73 202,00 201,96	202,08 202,40 201,50 201,50	201,41 202,24 202,24 200,41	202,35 202,57 202,57 201,95
1968-69	202,92 202,92 201,71 201,71	201,64 201,64 200,83 200,83	200,81 200,81 200,18 200,18	200,10 200,10 198,80 198,80	198,78 200,29 200,29 198,77
1969-70	202,61 202,61 201,98 201,98	201,93 201,93 201,19 201,19	201,12 201,12 199,94 199,94	199,91 199,91 199,28 199,28	199,24 199,24 199,48 198,56
1970-71	202,91 203,01 202,68 202,68	202,61 202,84 202,80 202,36	202,75 202,75 202,30 202,30	202,24 202,24 200,65 202,65	200,55 201,75 201,58 199,83
1971-72	202,83 203,01 202,91 202,86	202,92 202,99 202,63 202,63	202,61 202,61 201,72 201,72	201,69 201,69 201,04 200,99	200,95 202,57 202,57 200,73
1972-73	199,77 202,60 202,20 199,77	202,17 202,25 202,22 202,03			

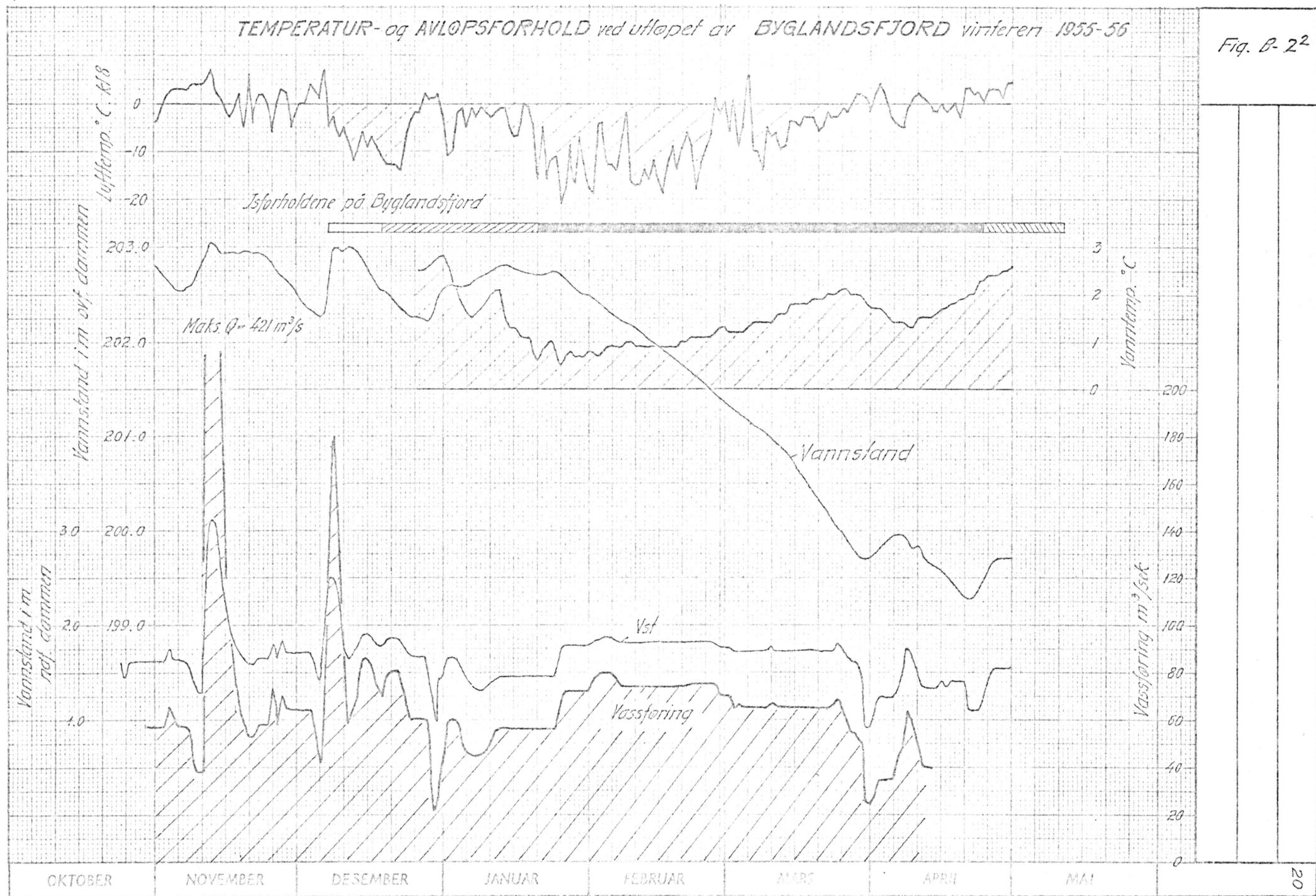
AVLOPSFORHOLD ved utløpet av BYGLANDSFJORD vinteren 1953-54

Fig. B-2²

AVLOPSFORHOLD ved utløpet av BYGELANDSFJORD vinteren 1954-55

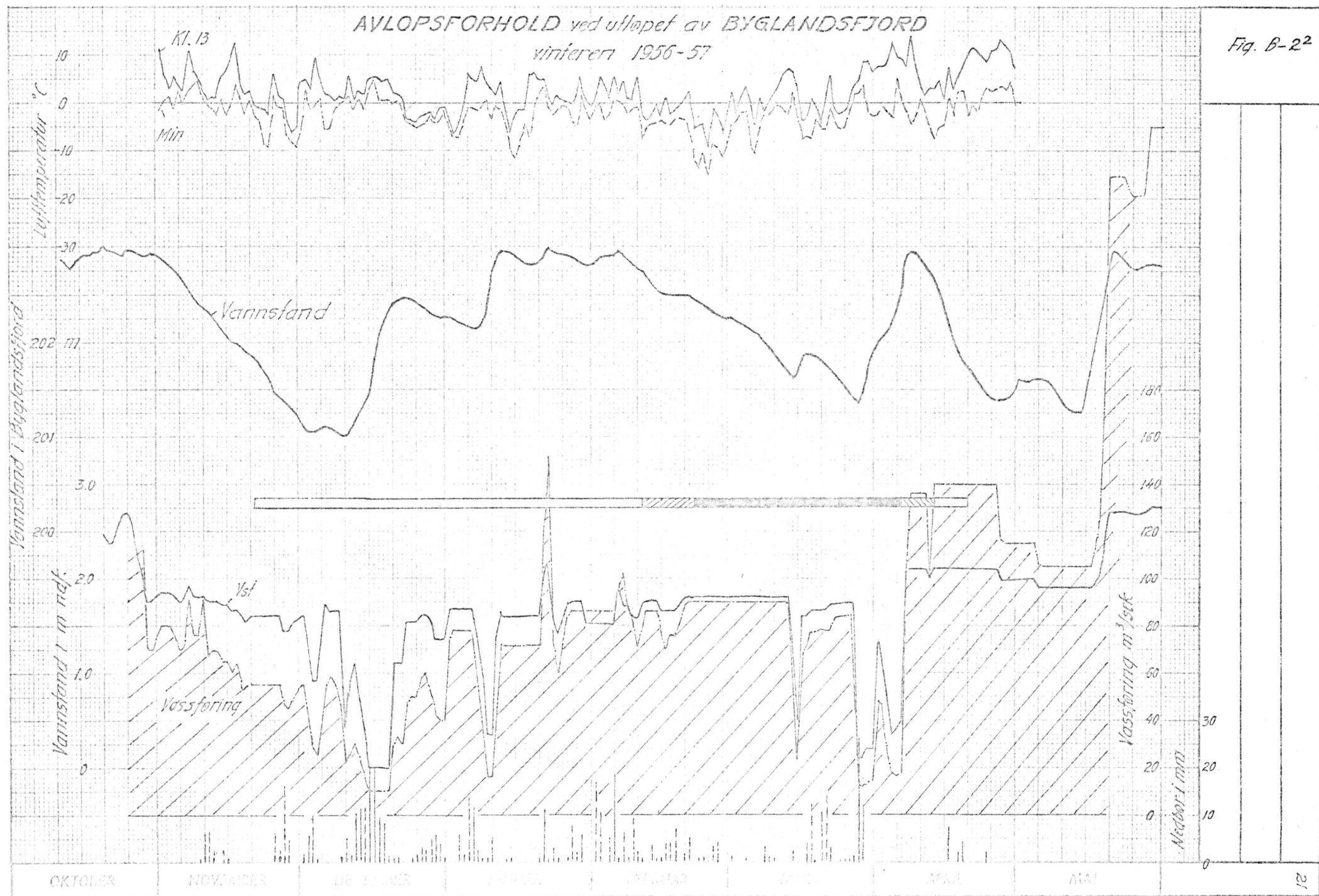
Fig. B.2²

TEMPERATUR- og AVLOPSFORHOLD ved utløpet av BYGLANDSFJORD vinteren 1955-56

Fig. B-2²

AVLOPSFORHOLD ved utløpet av BYGLANDSFJORD

vinteren 1956-57

Fig. B-2²

AVLOPSFORHOLD ved utløper av BYGLANDSFJORD vinteren 1957-58

Fig. B-2²

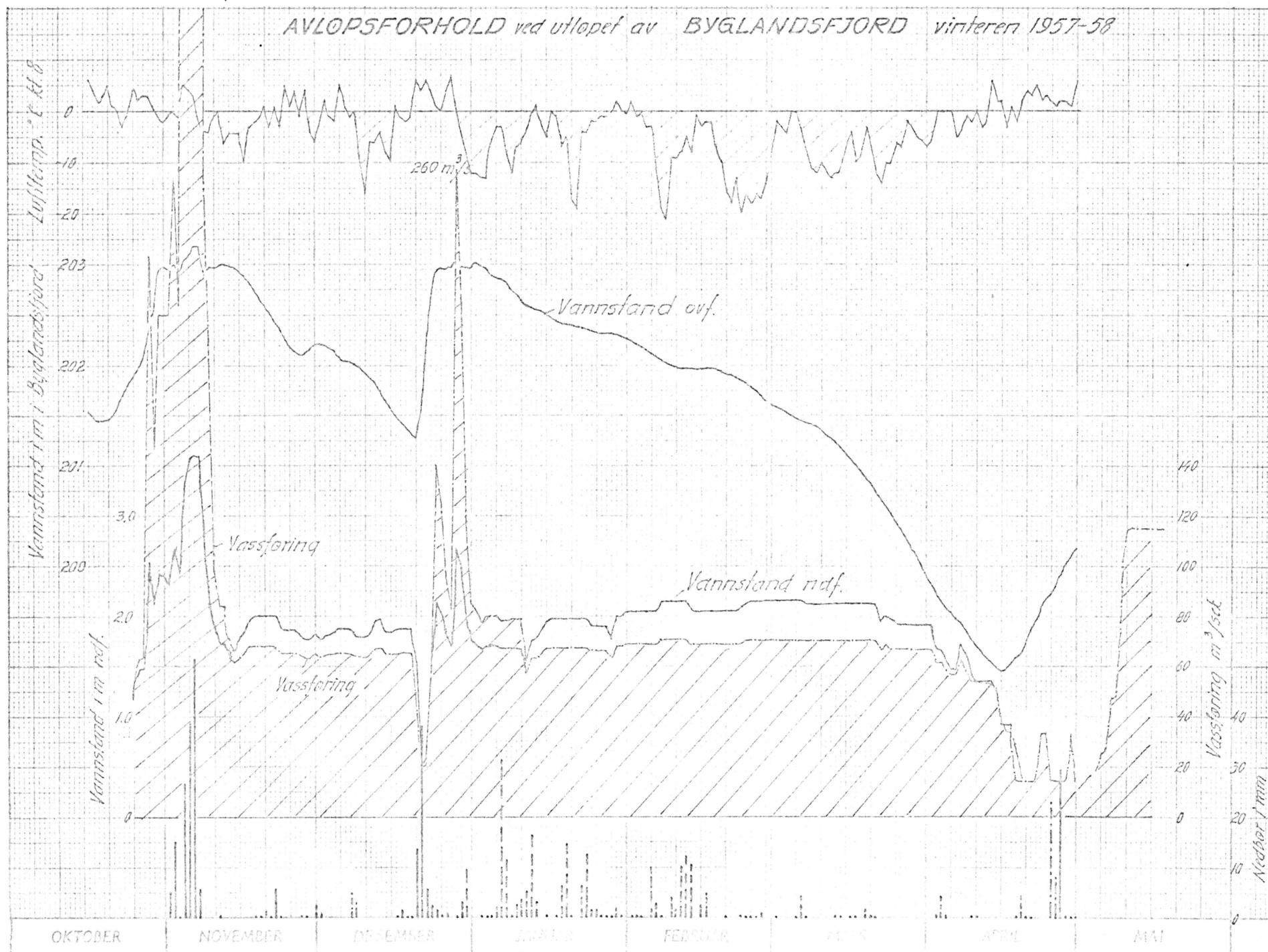


Fig. B-2³ viser en oversikt over avløpsforholdene fra Byglandsfjord etter fem-døgnsmidler (pentader) på samme måte som for lufttemperatur. Avløpsdata beregnet som pentademidler er samlet i en arbeidstabell for en lengere observasjonsperiode på 20 år. Pentadene for hver observasjonsrekke er så ordnet etter størrelsen, og av disse er da karakteristiske data tatt ut: median, kvartilene og ekstremene. Disse er så tegnet opp grafisk på et halvlogaritmisk papir.

En oversikt over variasjoner i årsavløp ved Byglandsfjord vannmerke i tidsrommet 1900-70 er vist på fig. B-2⁴.

La Q_1, Q_2, \dots, Q_n være de årlige nedbørsmengder i m^3/s i en tidsperiode på n år. Det midlere avløp for denne pentaden er da

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cdot N_i$$

og den relative nedbørsmengde $k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$ for det i^{te} året.

Avviket fra det midlere relative årsavløp blir $k_i - 1$. Disse avvikene summeres opp år for år slik at summen av avvikene til og med n^{te} år er

$$S_n = \sum_{i=1}^n (k_i - 1)$$

Dette er framstillet grafisk, se diagram fig. B-2⁴.

På diagrammet til venstre er tegnet en målestokk slik at den stråle som har verdien k påført, har samme stigningsforhold som stigningsforholdet k-1 på selve diagrammet. Derved er det lett å avlese den gjennomsnittlige k-verdi innenfor et hvert tidsrom.

Av diagrammet ser man at det stadig veksler mellom år med avløp større eller mindre enn det gjennomsnittlige for hele perioden. Betrakter man diagrammet i sin helhet, vil imidlertid periodene 1900-23, 1939-42 og fra 1968 skille seg ut med et gjennomsnittlig avløp på mellom 85 og 94 av det midlere og periodene 1923-38, 1958-68 med et gjennomsnittlig avløp på 110 % av det midlere. Det midlere avløp er $45,7 \text{ l/s, km}^2$ i hele tidsrommet 1900-70.

Erfaringer viser at det som teller for avløpet i nedre del av Otra om vinteren er ikke hvor mye nedbør som kommer i form av snø, men hvor mye av denne som smelter eller hvor mye som eventuelt kommer direkte som regn. Daglige observasjoner viser at selv et kortvarig mildvær i en ellers kald vintermåned kan øke avløpet betydelig.

OVERSIKT over AVLOP etter pentademidler

1941-60

24

Vassdrag: OTRA

Nedbørfelt: 2772 km²

Vannmerke: Bylandsfjord n.d.

Fig B-2³

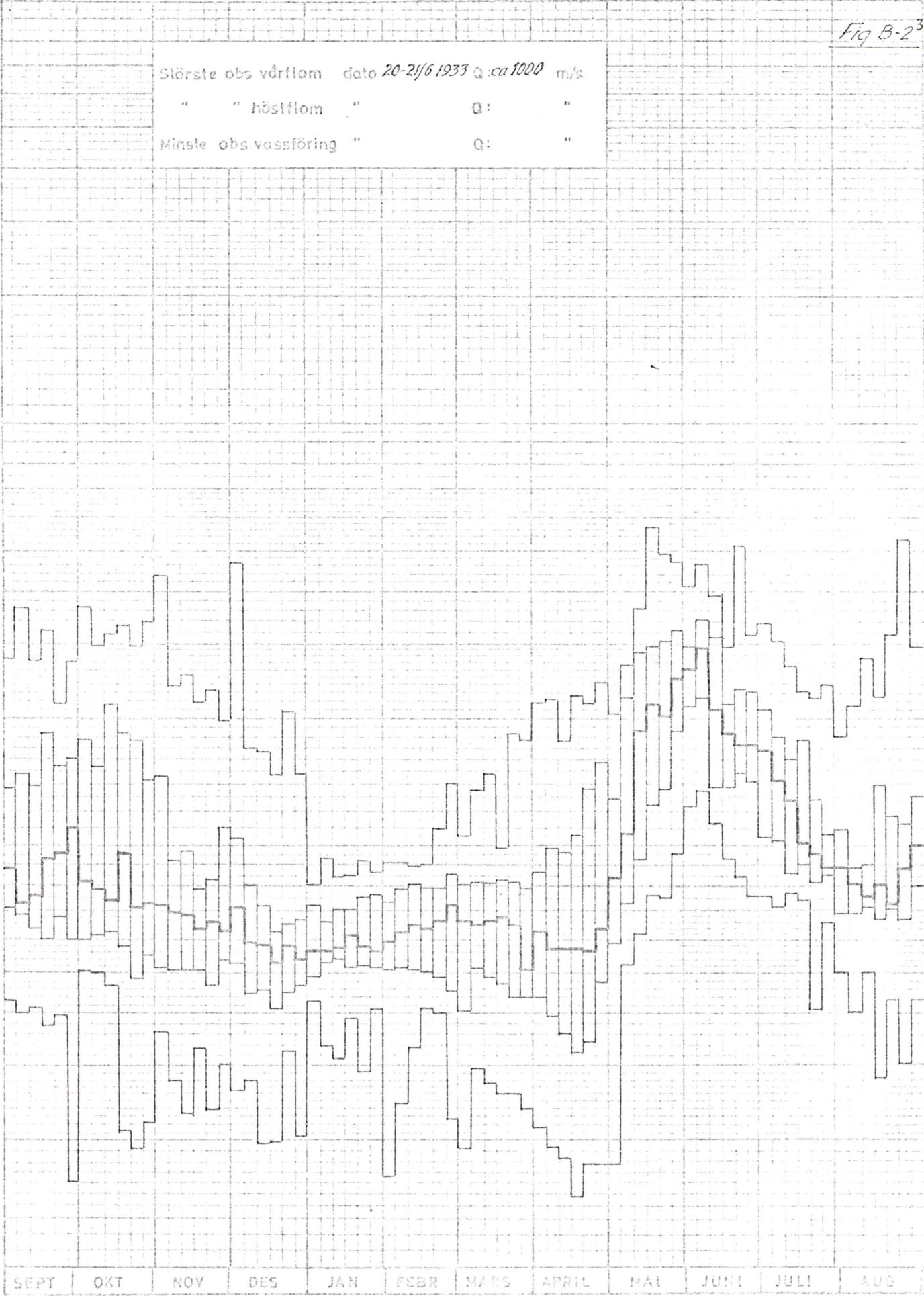
Störste obs vårflom dato 20-21/6 1933 Q: ca 1000 m/s

" " höstflom " Q: "

Minste obs vassföring " Q: "

Vassföring m³/s

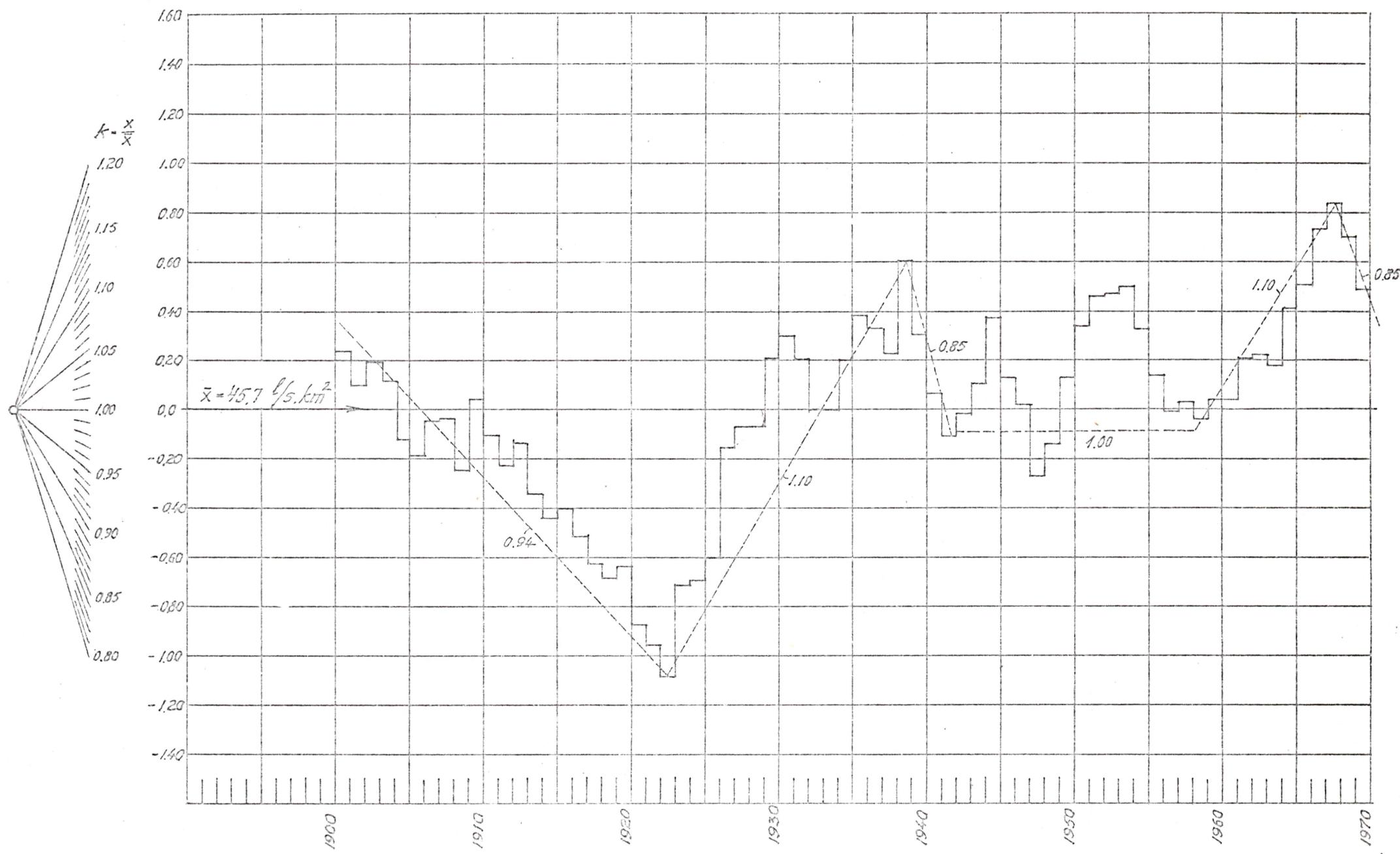
1000
800
600
400
200
100
80
60
40
30
20
10



$\sum_{i=1}^n (k_i - \bar{x})$

VARIASJONER I ÅRSAVLOP

BYGLANDSFJORD Vm



C. TEMPERATUR OG ISFORHOLD

En vannflate avkjøles av luften når luftens temperatur er lavere enn vannets temperatur. Dessuten vil vannet avkjøles p. g. a. fordampning fra vannoverflaten. I begge tilfeller vil varmetapet tilta når det blåser. Vannflaten vil også stadig miste varme ved utstråling av varme (på samme måte som en ovn), og dette varmetapet er særlig stort når det er klar himmel.

Den viktigste varmetilførsel vil vannet få fra solen og fra himmelen, med tilførselen av varmere grunnvann og ved omsetning av fallenergi til varme.

I virkeligheten foregår det i naturen et samspill mellom flere av disse prosessene samtidig, men i vintertiden er varmetilførselen langt mindre enn varmetapene.

Varmemengde i hydrologien og meteorologien uttrykkes i kalorier (cal) eller kilokalorier (kcal). Elektrikere bruker watt/m² som enhet for varmestrøm, 1 kcal/daa, sek. = 4,186 Watt/m².

Beregning av varmestrøm kan t. eks. foretas på grunnlag av Deviks formler (Jfr. Geofysiske Publikasjoner Vol IX, 1931).

I følgende tabell er vist samlet varmetap S_k i kcal/daa, sek fra en nullgraders vannflate, beregnet etter Deviks formler.

Skydekke (0-10)	Vindhastighet m/s	Lufttemperatur °C				
		0	5	-10	-15	-20
Klart (0)	1	33	50	67	90	96
	5	35	62	93	117	143
Delvis skyet (5)	1	19	31	53	76	82
	5	21	49	80	104	129
Overskyet (10)	1	6	27	39	60	69
	5	8	35	66	90	116

Atmosfæren antas mettet av vanndamp over is ved luftens temperatur.

Som man ser av tabellen, kan en som er tilnærmet huskeregel si at ved middels kulde er varmetapet S_k fra åpent null-graders vann omkring 50 kcal/daa, sek., og ved sterk kulde er varmetapet omkring 100 kcal/daa, sek.

1. Likvekten i vannlagene, tilløps- og avløpsvannets temperatur

Vannmassene i våre innsjøer er homogene bare kort tid hver høst og vår, ved overgangen fra sommer - til vinter - stagnasjon og videre til sommerstagnasjon (når temperaturen passerer tetthetsmaksimum ved ca. 4 °C). Stratifiseringen har sine sesongmessige variasjoner og er dessuten underkastet tilfeldige varia-

sjoner p. g. a. vind og bølger.

Fig. C-1¹ viser temperaturforholdene i Byglandsfjord under en sommerstagnasjon og to vinterstagnasjoner etter målinger midt i sjøen utenfor Fånefjell.

Erfaringer viser at under ellers like temperaturforhold i luften vil en innsjø kunne islegges tidligere ved stille og klart vær enn ved urolig og overskyet vær. Ved en tidlig islegging vil vannmassene i sjøen vanligvis ha en noe høyere temperatur enn ved sen islegging.

Når isen har lagt seg på hele sjøen og omrøringen opphører, vil stratifiseringen av vannlagene holde seg praktisk talt uforandret hele vinteren, inntil solstrålingen på vårparten gjør seg mer og mer gjeldende.

På fig. C-1² er eksempelvis lagdelingen i vannmassene i Øvre- og Nedre Byglandsfjord etter målinger 5. mars 1972 vist.

Byglandsfjord, som de fleste av våre innsjøer, har både tilløp og avløp. Fra vinteren 1954-55 er det foretatt målinger av tilløpsvannets temperatur ved Ose og avløpsvannets temperatur ved Byglandsfjord dam i flere vintre. Et utdrag av måleresultatene er gitt i tabeller henholdsvis fig. C-1³ og C-1⁴.

Som en ser av tabellen, var tilløpsvannet til Byglandsfjord midtvinters i kuldeperioder avkjølt til meget nær 0 °C i tidsrommet inntil Brokke kraftverk ble tatt i bruk. Etter utbyggingen av Brokke har vannet litt overtemperatur.

Avløpsvannet fra Byglandsfjord er etter utbyggingen av Brokke blitt vesentlig kaldere og derved er likevekten av vannlagene om vinteren blitt mer stabil.

TEMPERATURFORHOLD I BYGLANDSFJORD

Fig. C-1'

etter målinger ved Fånefjell



TEMPERATURFORHOLD I BYGLANDSFJORD. efter målinger 5 marts 1972

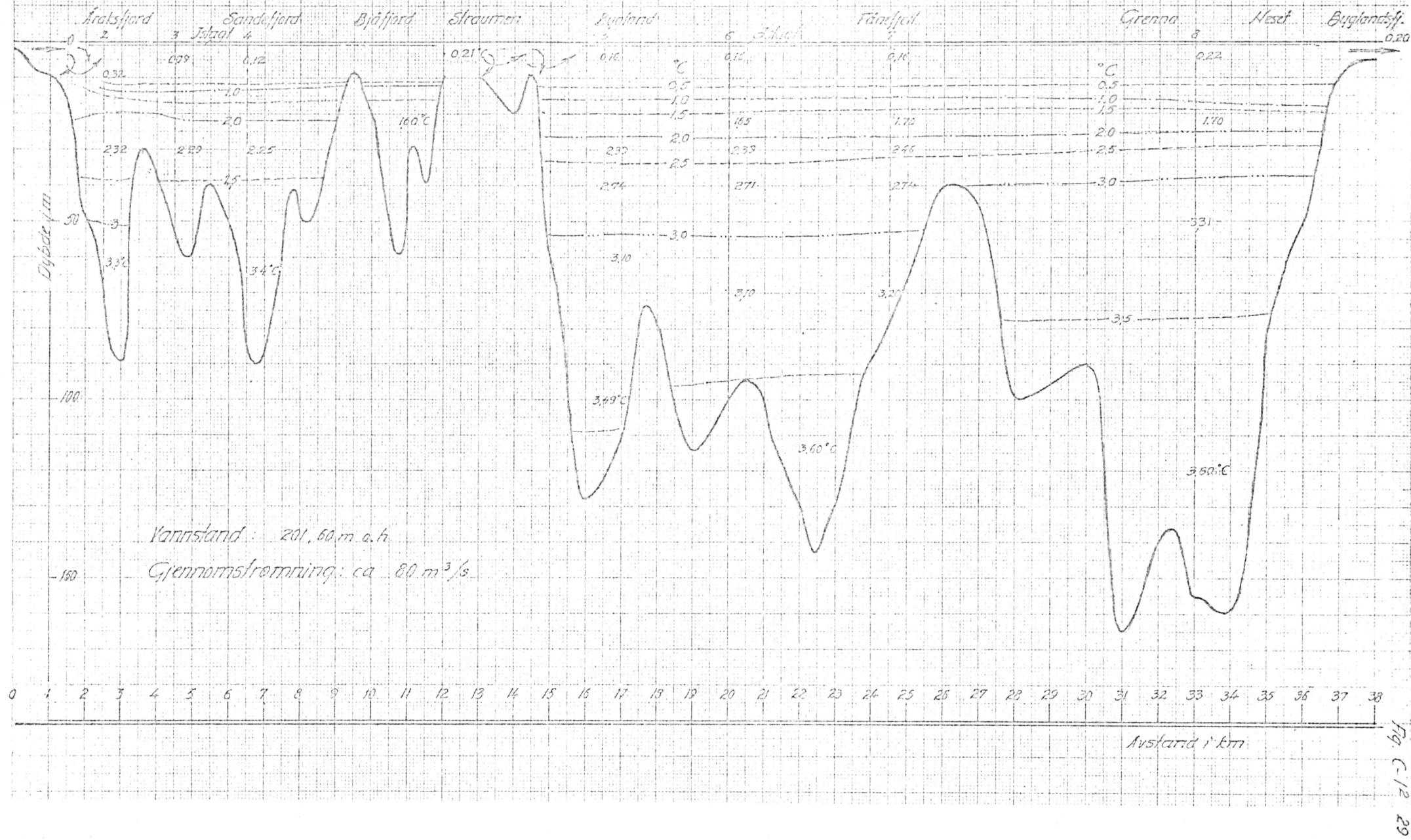


Fig. C-1³. Vanntemperatur °C i Otra om vinteren etter målinger fra Ose bru

Vinter	Nov. ma mi	Des. ma mi	Jan. ma mi	Febr. ma mi	Mars ma mi	April ma mi
1954-55			0,1 0,0	0,1 0,0	0,2 0,0	
55-56						
56-57	1,7 0,1	0,2 0,0	0,1 0,0	0,1 0,1	0,3 0,1	5,6 2,3
57-58	3,7 0,1	0,4 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,2 0,1	0,1
58-59	5,1 0,3	0,7 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	1,8 0,0	4,8 1,6
59-60	3,8 0,1	2,9 0,1	0,2 0,0	0,1 0,0	0,0 0,0	5,5 0,0
60-61	2,0 0,1	0,2 0,0	0,1 0,0	0,1 0,0	3,4 0,0	
61-62	0,1	0,1 0,0	0,1 0,0	0,1 0,0	0,1 0,0	4,5 0,0
62-63	3,5 0,1	0,1 0,0	0,1 0,0	0,2 0,1	0,3 0,0	2,7 0,0
Midl.	3,3 0,1	0,4 0,0	0,1 0,0	0,1 0,0	0,8 0,0	4,6 0,7

Etter utbyggingen av Brokke kraftverk

1964-65	3,4 1,3	1,7 0,1	0,2 0,1	0,3 0,1	1,1 0,1	6,5 1,2
65-66	4,8 0,1	0,2 0,1	0,1 0,1	0,1 0,1	1,4 0,1	5,6 0,2
66-67	2,6 0,1	0,4 0,1	0,1 0,1	0,4 0,1	1,3 0,6	3,4 1,9
67-68	4,0 1,8	2,5 0,1	0,1 0,1	0,1 0,1	2,0 0,1	2,7 1,5
68-69		0,3 0,1	0,1 0,1	0,1 0,1	0,1 0,1	
Midl.	3,7 0,8	1,0 0,1	0,1 0,1	0,2 0,2	1,2 0,2	4,6 1,2

Fig. C-1⁴. Vanntemperatur °C i utløpet av Byglandsfjord etter målinger ved dammen.

Vinter	Nov. ma mi	Des. ma mi	Jan. ma mi	Febr. ma mi	Mars ma mi	April ma mi
1954-55			2,5 1,5	1,8 1,1	2,4 1,6	2,4 2,0
55-56		2,5	2,6 0,5	1,3 0,7	2,1 1,2	2,6 1,3
Midl.		2,5	2,5 1,0	1,5 0,9	2,3 1,4	2,5 1,6

Etter utbyggingen av Brokke kraftverk

1964-65						
65-66						
66-67	6,8 3,7	3,8 1,0	1,1 0,2	0,4 0,2	1,2 0,2	1,9 1,2
67-68	6,2 5,2	5,2 1,6	1,0 0,2	0,3 0,1	0,8 0,1	2,5 0,7
68-69	6,0 2,3	3,5 1,3	0,7 0,3	0,4 0,1	0,1 0,3	2,1 0,3
69-70	6,0 2,5	3,4 0,5	0,7 0,2	0,2 0,1	0,4 0,2	1,0 0,4
70-71	5,9 4,0	3,9 0,4	2,3 1,2			
71-72	6,0 3,5	3,9 1,5	1,1 1,0			
Midl.	6,1 3,5	3,8 1,1	1,6 0,5	0,3 0,1	0,6 0,2	1,9 0,6

ma - maksimumsverdi og mi - minimumsverdi av målte temperaturer

2. Islegging og isløsning

Om isforholdene i eldre tid foreligger det en del opplysninger i Andreas Holmsens bok "Isforholdene ved de norske innsjøer" Christiania 1902, se tabell fig. B-2¹.

Fig. B-2¹

Aar	Islegning paa Aaraksfjorden	Islegning paa Byglandsfjorden nedenfor slusen	Isløsning begyndt	Isløsning helt endt
1874—75	6te decebr.	3die januar	28de april	2den mai
1875—76	—	6te febr.	5te mai	10de »
1876—77	9de decebr.	24de decebr.	9de »	21de »
1877—78	—	—	19de april	26de april
1883—84	6te decebr.	—	—	—
1884—85	1ste »	—	—	—
1885—86	—	—	26de april	—
1886—87	13de decebr.	23de decebr.	—	—
1889—90	30te novbr.	—	—	—
1890—91	21de novbr.	—	—	—
1891—92	14de decebr.	—	—	—
1892—93	—	28de decebr.	10de april	21de april
1893—94	30te novbr.	20de »	7de »	16de »
1894—95	23de »	26de »	20de »	26de »
1895—96	24de »	22de » ¹	12te »	22de »
1896—97	24de »	22de » ²	27de »	29de »
1897—98	30te »	23de » ³	20de »	23de »
1898—99	4de decebr.	20de »	25de »	30te »
1899—1900	7de »	—	22de »	—
Gjennemsnitsdata	2den decebr.	28de decebr.	22de april	28de april

Fjordene pleier at islægges hvert aar. Aaraksfjorden islægges først, gjennemsnitlig 2den december, og gaar gjerne op et par dage efter Byglandsfjorden.

Islægningen paa Byglandsfjorden er mere uregelmæssig. Over store dele af fjorden foregaar islægningen gjennemsnitlig 28de december, saaledes at dampskibsfarten i regelen da maa indstilles; men paa andre steder kan det, efter hvad lokalkjendte har oplyst, vare en stund ud i januar, for der lægger sig is. Ofte hænder det, at isen paa Byglandsfjorden brydes op igjen midt paa vinteren, og at den paanyt lægger sig, saaledes, som er anført for vintrene 1895—96, 1896—97 og 1897—98.

¹ I 1895—96 gik Byglandsfjorden op igjen 7de februar og var oppe til 22de februar.

² I 1895—96 var fjorden oppe i tiden mellem 27de januar og 6te februar.

³ I 1896—97 var der is paa Byglandsfjorden mellem 23de december og 2den januar, men aabeot fra 2den januar til 6te februar.

I følge vannstandsobservatørenes instruks er disse pålagt å notere tiden for isdannelse og islegging, alle merkbare forandringer i isforholdene (råkdannelse, isoppbrudd o.l.), tiden for isløsning og når sjøen har vært isfri. Slike observasjoner foreligger i tidsrommet 1900-1919 ved Storstrømmen vannmerke, se tabell fig. C-2² og ved Byglandsfjord vannmerke i tidsrommet fra 1912, se fig. C-2³.

Mer detaljerte opplysninger om islegging og isløsning og om isens utbredelse i tidsrommet 1954-57, se kartskisser fig. C-2⁴.

Erfaringer viser at isleggingen på Byglandsfjord er ikke bare avhengig av værforholdene, men også i høy grad av likevekten i vannlagene.

OVERSIKT over ISFORHOLD

Sjø leir Byglandsfjord Storstrømmen nr. 312

Vinteren	Isdannelse		Islagl. ofr		Islagf. ndt		Isloftning ofr		Isloftning ndt		Isfrift	
	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.
1900 - 01	30/11		15/12		29/12		28/4		23/4		30/4	
01 - 02	10/11		11/12		13/12		27/4		25/4		30/4	
02 - 03	26/11		27/11		30/11		24/3		24/3		25/4	
03 - 04	26/11		28/11		30/11		23/4		24/4		25/4	
04 - 05	28/11		25/12		29/11		1/5		2/5		5/5	
05 - 06	12/11		24/12		25/12		3/4		14/4		17/4	
06 - 07	30/11		1/12		14/12		20/4		16/4		22/4	
07 - 08												
08 - 09	15/11		16/11		27/12				4/5			
09 - 10	15/11		19/11		21/11		13/4		9/4		15/4	
1910 - 11	17/12		18/12		28/12		26/4		19/4		26/4	
11 - 12	20/12		21/12		27/12				24/4			
12 - 13	3/12		4/12		18/12		23/4		16/4		24/4	
13 - 14	7/12		16/12		26/12		22/4		10/4		23/4	
14 - 15	22/11		24/12				27/4		4/4		28/4	
15 - 16	17/11											
16 - 17	14/12		16/12									
17 - 18	10/12		16/12				29/4				21/4	
18 - 19	27/11		28/11				29/4					
19 - 20							3/4					
1920 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
24 - 25												
25 - 26												
26 - 27												
27 - 28												
28 - 29												
29 - 30												
1930 - 31												
31 - 32												
32 - 33												
33 - 34												
34 - 35												
35 - 36												
36 - 37												
37 - 38												
38 - 39												
39 - 40												
1940 - 41												
41 - 42												
42 - 43												
43 - 44												
44 - 45												
45 - 46												
46 - 47												
47 - 48	6/12		13/12		8/1				3/4			
48 - 49					10/11		24/4		16/4		23/4	
49 - 50					9/1							
Tidligste (1)	10/11		16/11		21/11		24/3		24/3		15/4	
Øvre kv.(k)	17/11		28/11		14/12		20/4		9/4		22/4	
Median (m)	28/11		13/12		23/12		24/4		16/4		25/4	
Nedre kv(k)	7/12		18/12		10/11		28/4		24/4		28/4	
Sisteste (5)	20/12		5/1		0		4/5		4/5		5/5	

Merknadt: Observasjonene omfatter isforholdene ved Km

OVERSIKT over ISFORHOLD

Vassdrag: OTRA

Sjø/ell: Byglandsfjord (ørstige del) nr. 537

Vinteren	Isdannelse		Islagt		Laveste vinteromnst.		Islosning		Isfrift	
	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.
1950 - 51			5/1				1/5			
51 - 52	3/1		2/2				14/4		18/4	
52 - 53	18/11		6/1				24/3		8/4	
53 - 54	20/12		2/2				3/4		6/4	
54 - 55	22/12		7/1				21/4		1/5	
55 - 56	19/12		2/1/2				30/4		10/5	
Tidligste (t)	18/11		21/12				24/3		6/4	
Øvre kvarthil										
Median	20/12		6/1				17/4		19/4	
Nedre kvarthil										
Seneste (s)	3/1		2/2				1/5		10/5	
12 - 13			18/1				19/4			
13 - 14			12/1				4/4		4-28/2	13/5/11
14 - 15			13/1				26/4			
15 - 16	25/4		18/12				9/4			
16 - 17	2/1		15/1				12/4			
17 - 18			8/1				14/4			
18 - 19			21/1				7/3			
19 - 20			25/12				8/1			
1920 - 21			17/2				7/3			
21 - 22			16/1				22/2			
22 - 23			15/2				27/2			
23 - 24			25/12				17/5			
24 - 25			0				0			
25 - 26			16/12				14/4			
26 - 27			7/2				(26/3)			
27 - 28			17/12							
28 - 29										
29 - 30										
1930 - 31										
31 - 32										
32 - 33										
33 - 34			0				0			
34 - 35			3/3				11/4			
35 - 36			17/1				13/4			
36 - 37			1/2				22/4			
37 - 38			27/12				9/3			
38 - 39			10/1				12/4			
39 - 40			3/1				4/5			
1940 - 41			1/1				16/5			
41 - 42			10/1				2/5			
42 - 43			10/1				12/3			
43 - 44			13/2				20/4			
44 - 45			18/11				28/3			
45 - 46			15/1				(27/3)			
46 - 47			24/1				(16/4)			
47 - 48			5/1				1/4			
48 - 49			6/3				4/4			
49 - 50	10/1		10/12				19/3		27/3	
Tidligste (t)			17/12				0			
Øvre kvarthil			4/1				11/3			
Median			15/1				10/4			
Nedre kvarthil			8/2				18/4			
Seneste (s)			0				17/5			

Merknad: Isdannelse betyr - islegging ved Vm. Islagt: hele sjøen islagt.

OVERSIKT over ISFORHOLD

Sjø/elt: Byglandsfjord

nr. 537

Vinterren	Isdannelse		Islagt		Laveste vintervarmt		Islosning		Isfritt	
	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.	dato	v.st.
1960-61			19/11		12/14				24/4	
61-62	2/12		29/11		23/4				30/4	
62-63	17/11		29/12		30/4				11/5	
63-64	6/12	30/12 15°hi	13/11		24/4				1/5	
64-65	29/1		30/11		4/4				27/4	
65-66	12/12		19/12		1/5				14/5	
66-67	29/11		1/1		7/4				18/4	
67-68	3/12		8/11		19/4				26/4	
68-69	31/12		1/1		22/4				27/4	
69-70	19/12		31/12		19/4				7/5	
1970-71	10/12		1/1		9/4				24/4	
71-72	29/12		20/11		1/4				18/4	
72-73	29/11	26/11 15°hi								
Tidligste (1)	17/11		19/12		1/4				18/4	
overkvar til										
Median	13/12		5/1		19/4				27/4	
Nedrekvar til										
Seneste (s)	29/11		30/11		1/5				14/5	

Kvantitativske data:

Merknad:

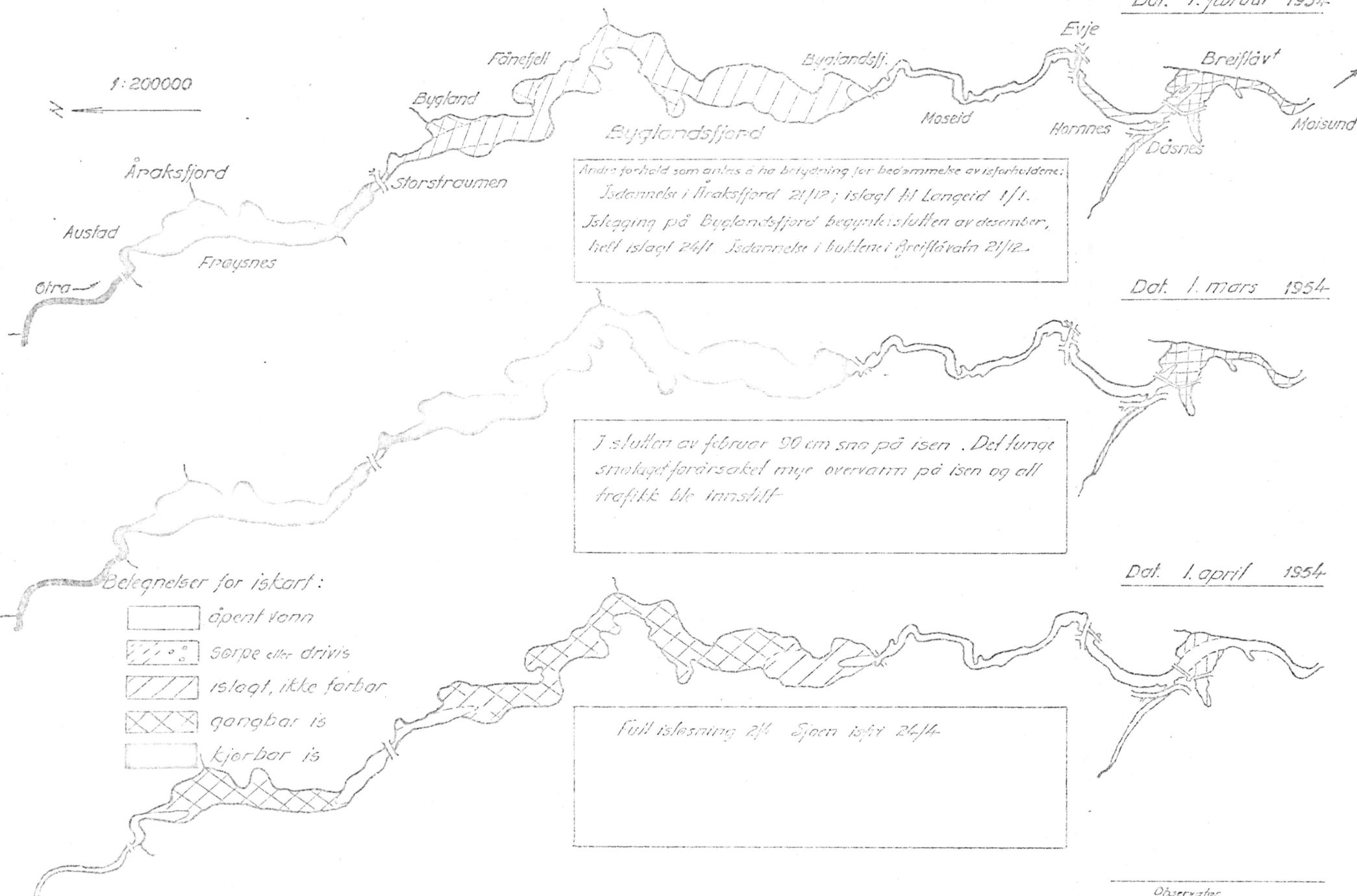
ISFORHOLD I BYGLANDEFJORD OG OTRA

Kortskissen ufføres den 1. 11 og 21; hver måned og insendes sammen med vennsfondslisten

Fig. C-24

Dat. 1. februar 1954.

1:200000



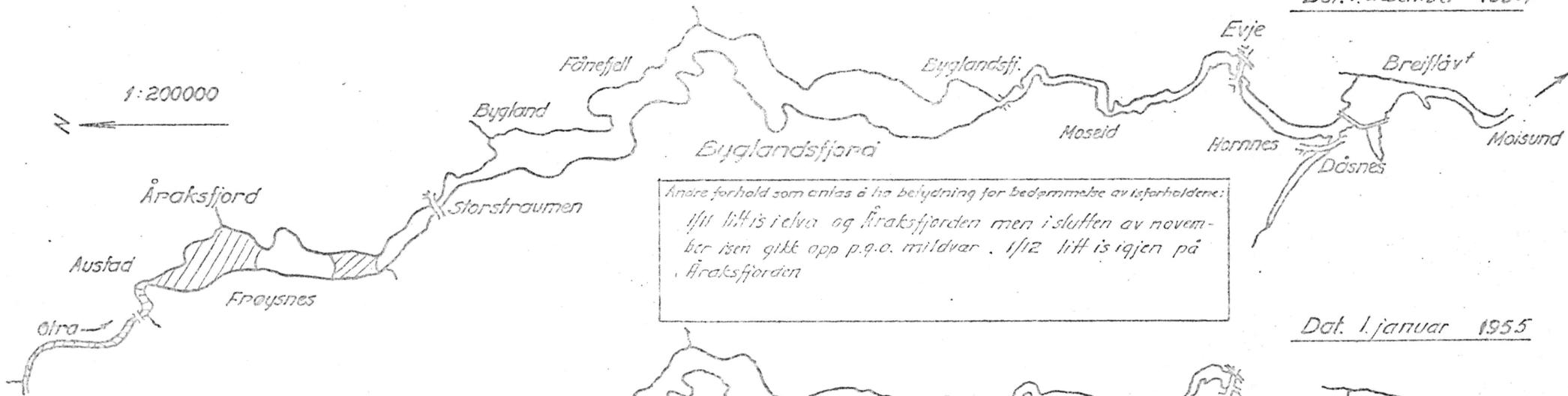
36

Observator

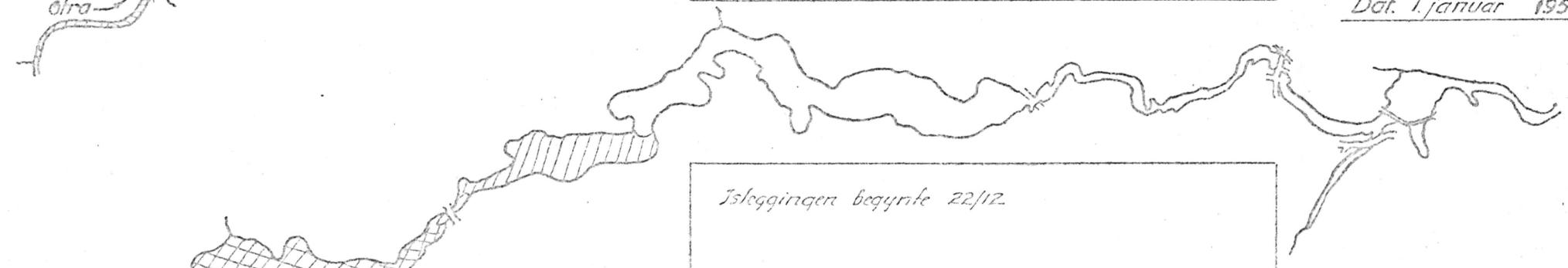
ISFORHOLD i BYGLANDSFJORD og OTRA

Kartskissen utføres den 1. II og 21; hvert mned og inscindes sammen med vannstandslisten

Dat. 1.desember 1954



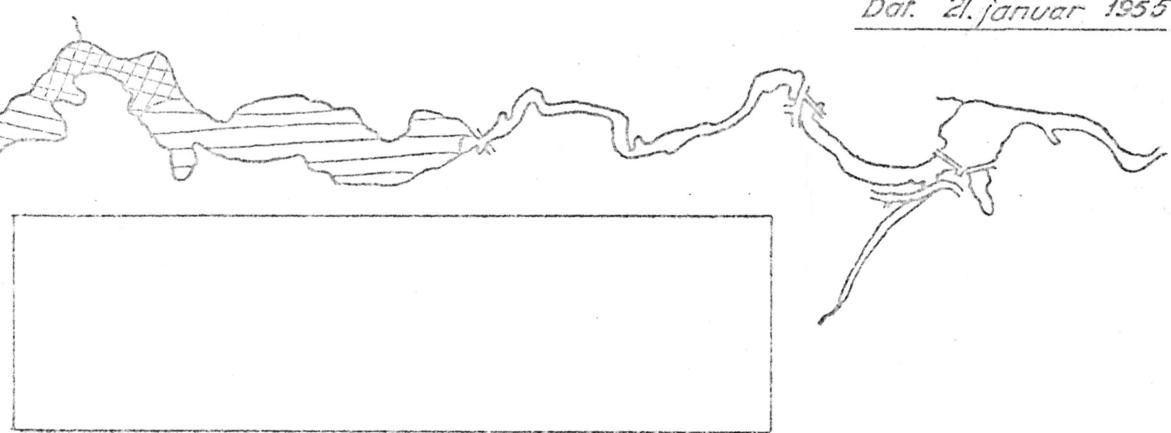
Dat. 1.januar 1955



Beteignelser for iskart:

- [Open box] øpent vann
- [Hatched box] sorpe eller drivis
- [Cross-hatched box] islagt, ikke farbar
- [Diagonal-hatched box] gangbar is
- [Solid box] kjørbar is

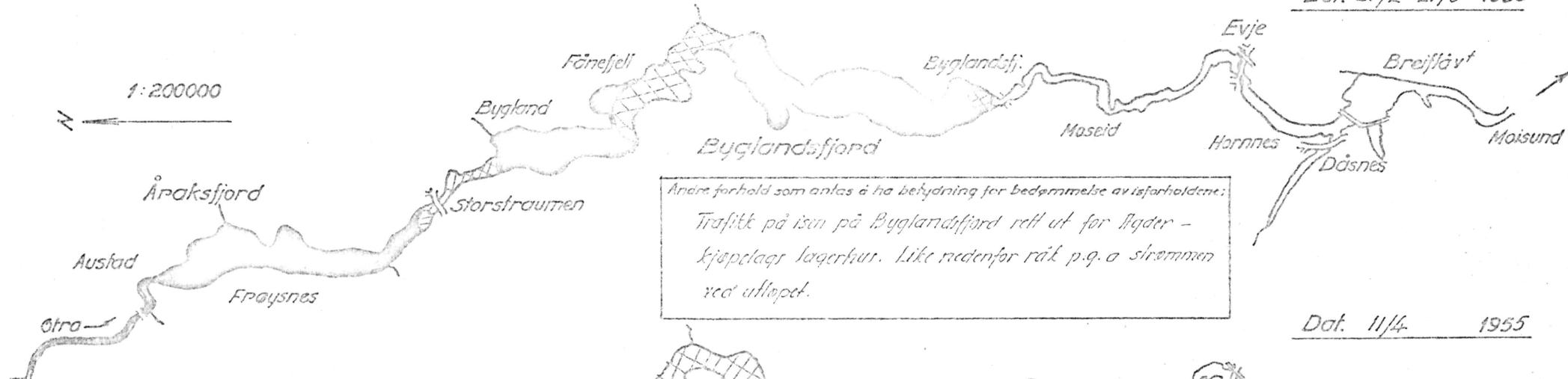
Dat. 21.januar 1955



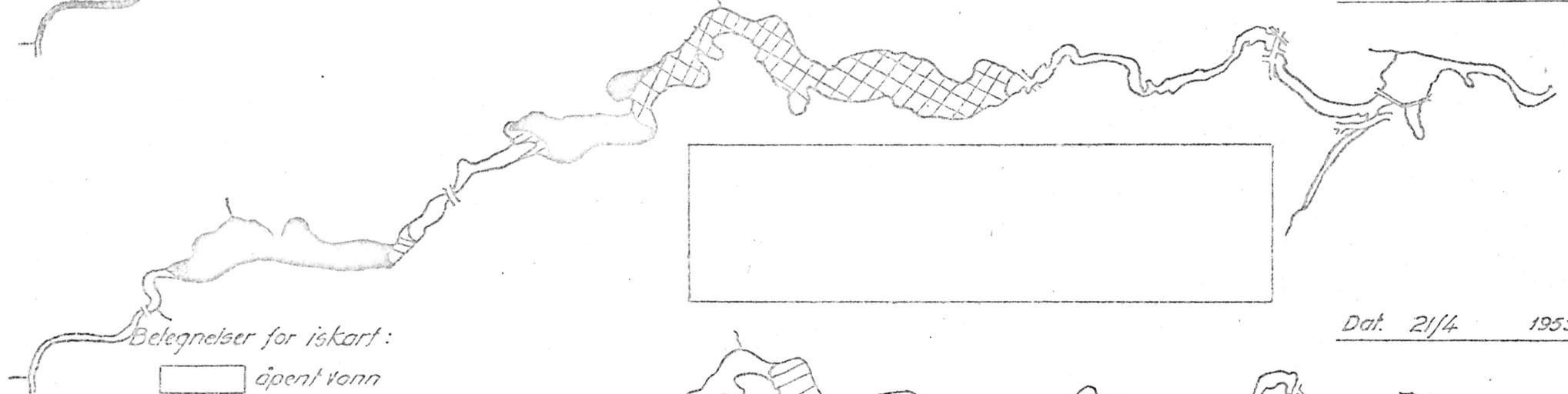
ISFORHOLD i BYGLANDSFJORD og OTRA

Kartskissen utføres den 1. II og 21. II; hver minned og insendes sammen med vannsfondslisten

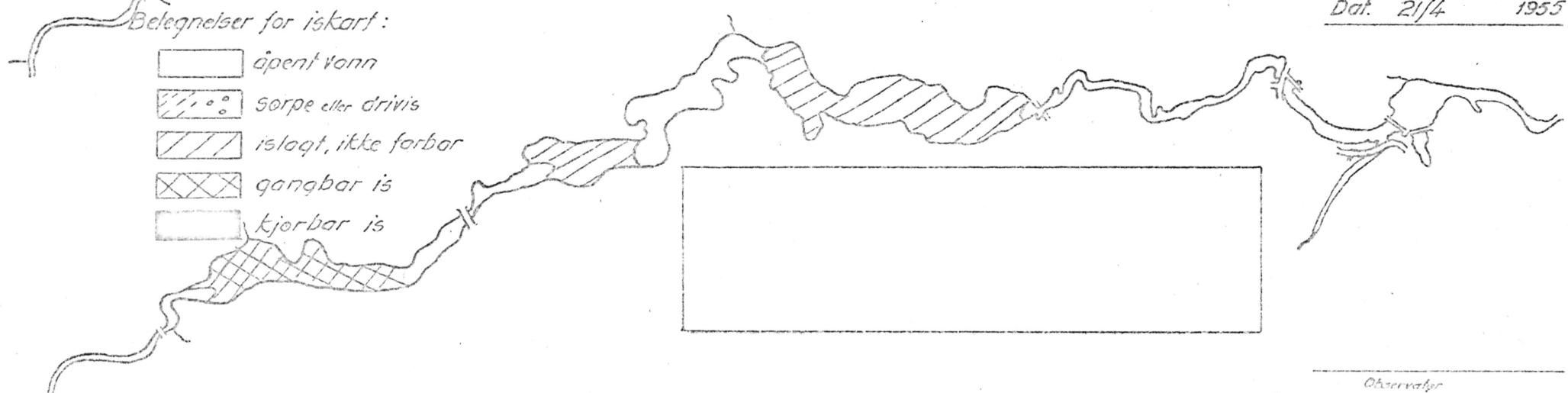
Dat. 21/2-21/3 1955



Dat. 11/4 1955



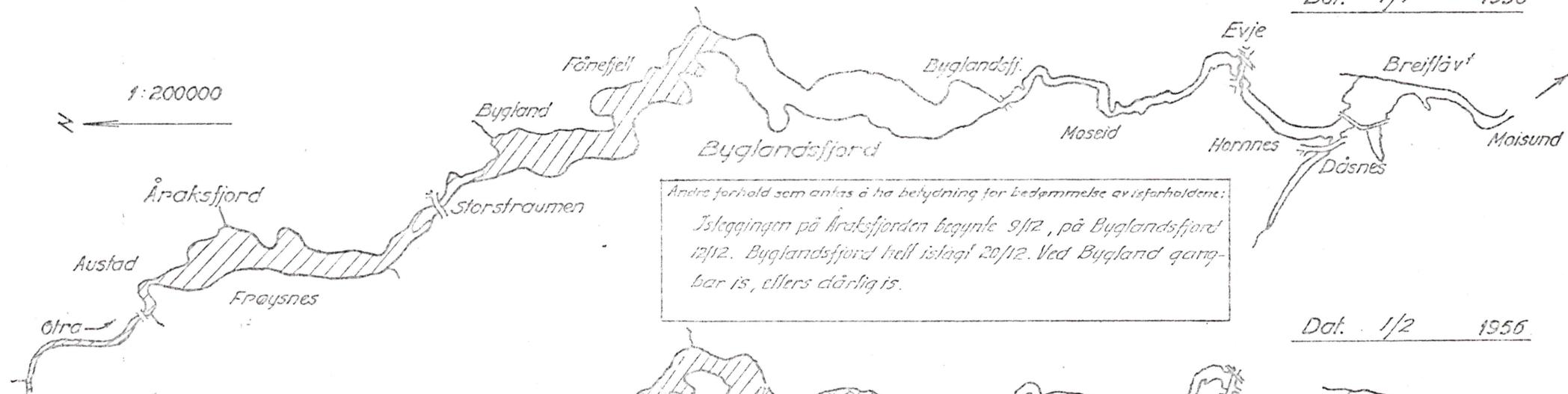
Dat. 21/4 1955



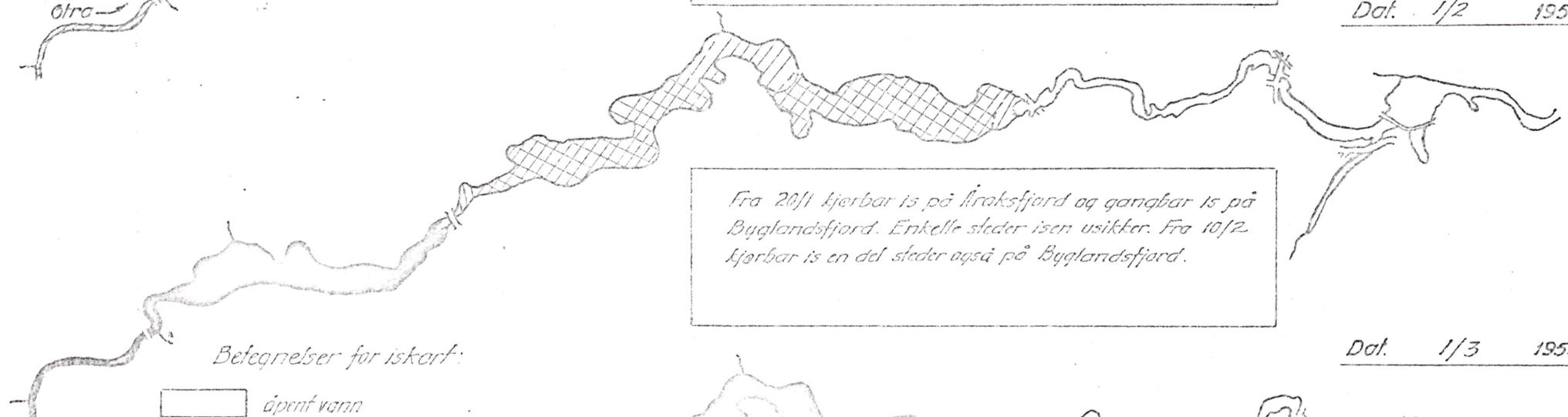
ISFORHOLD i BYGLANDSFJORD og OTRA

Kartskissen utføres den 1., 11 og 21 i hvert måned og insendes sammen med vannslandslisten

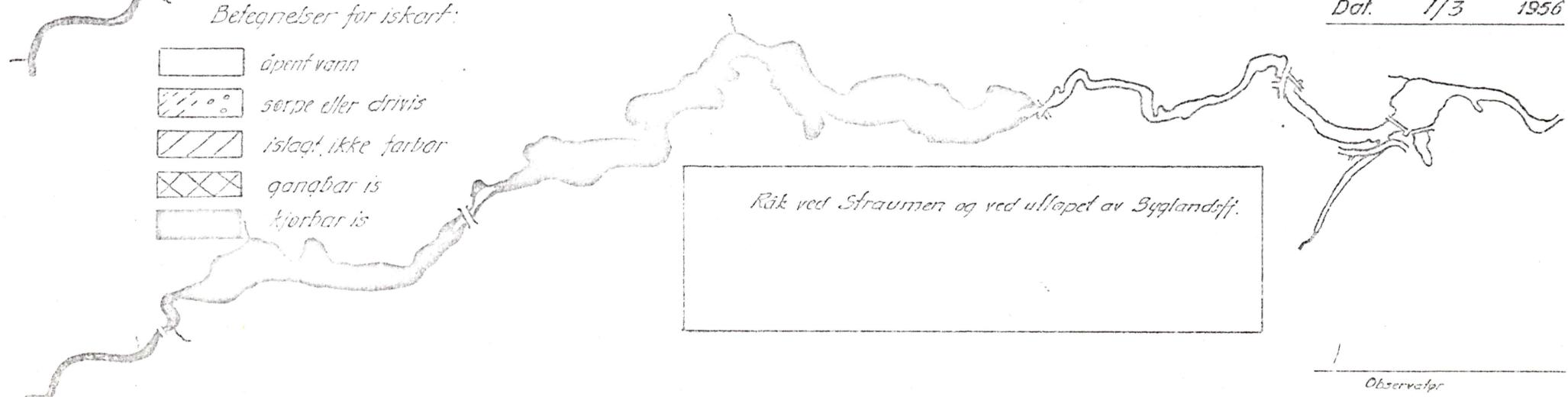
Dat. 1/1 1956



Dat. 1/2 1956



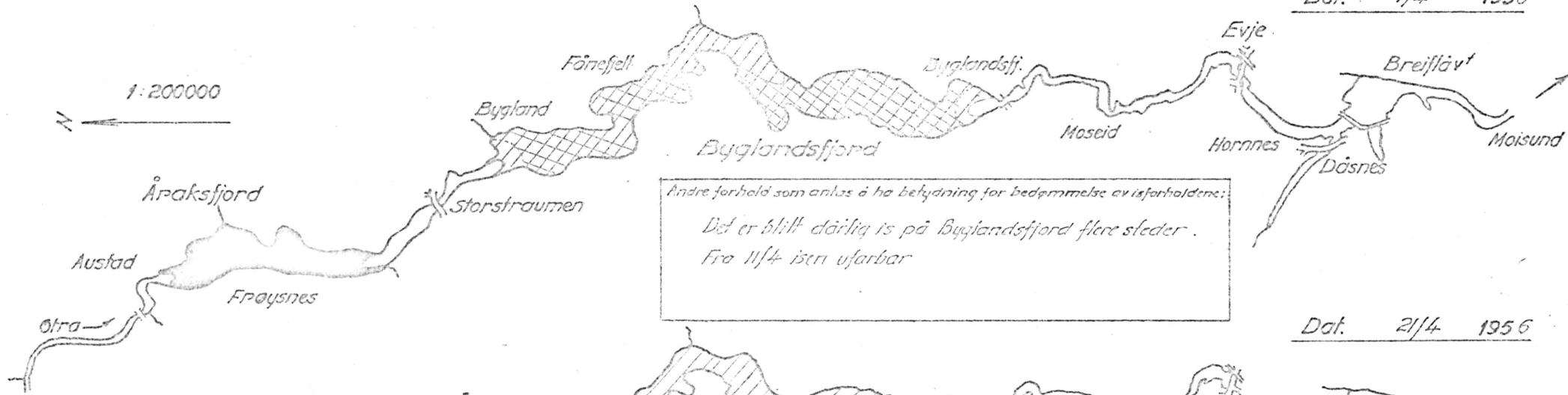
Dat. 1/3 1956



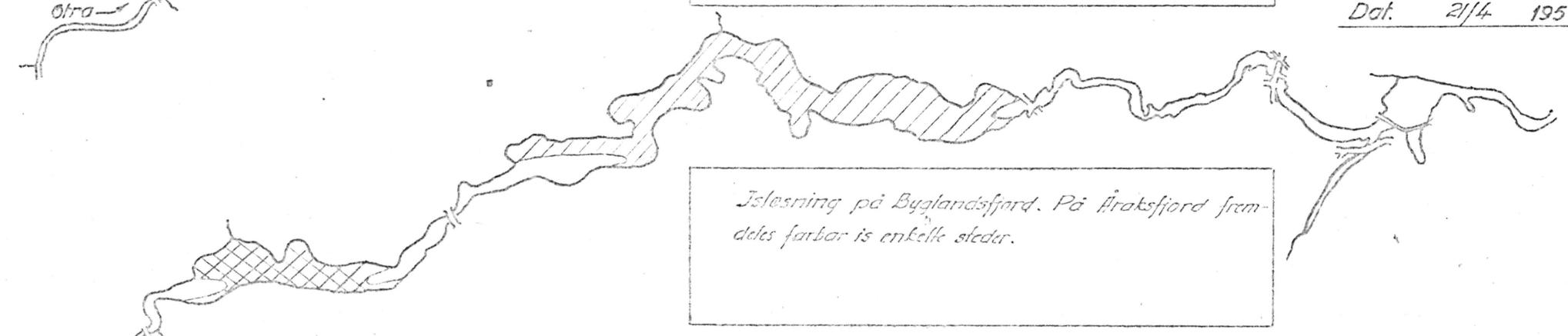
ISFORHOLD i BYGLANDSFJORD og OTRA

Karlskissen utføres den 1. II og 21. hvert årmed og insender sammen med vannstofdoktslisten

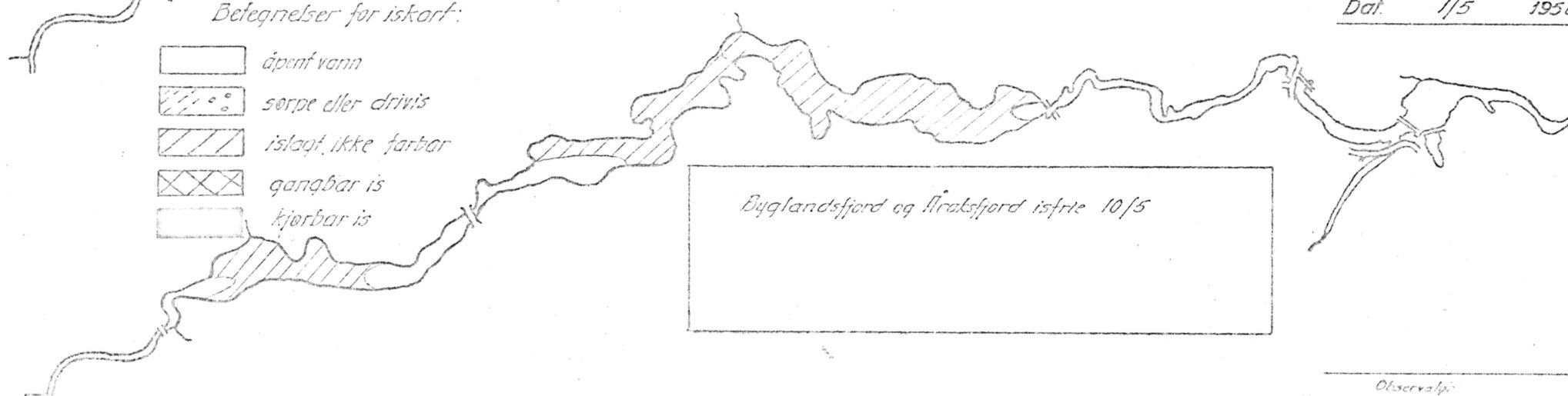
Dat. 1/4 1956



Dat. 21/4 1956



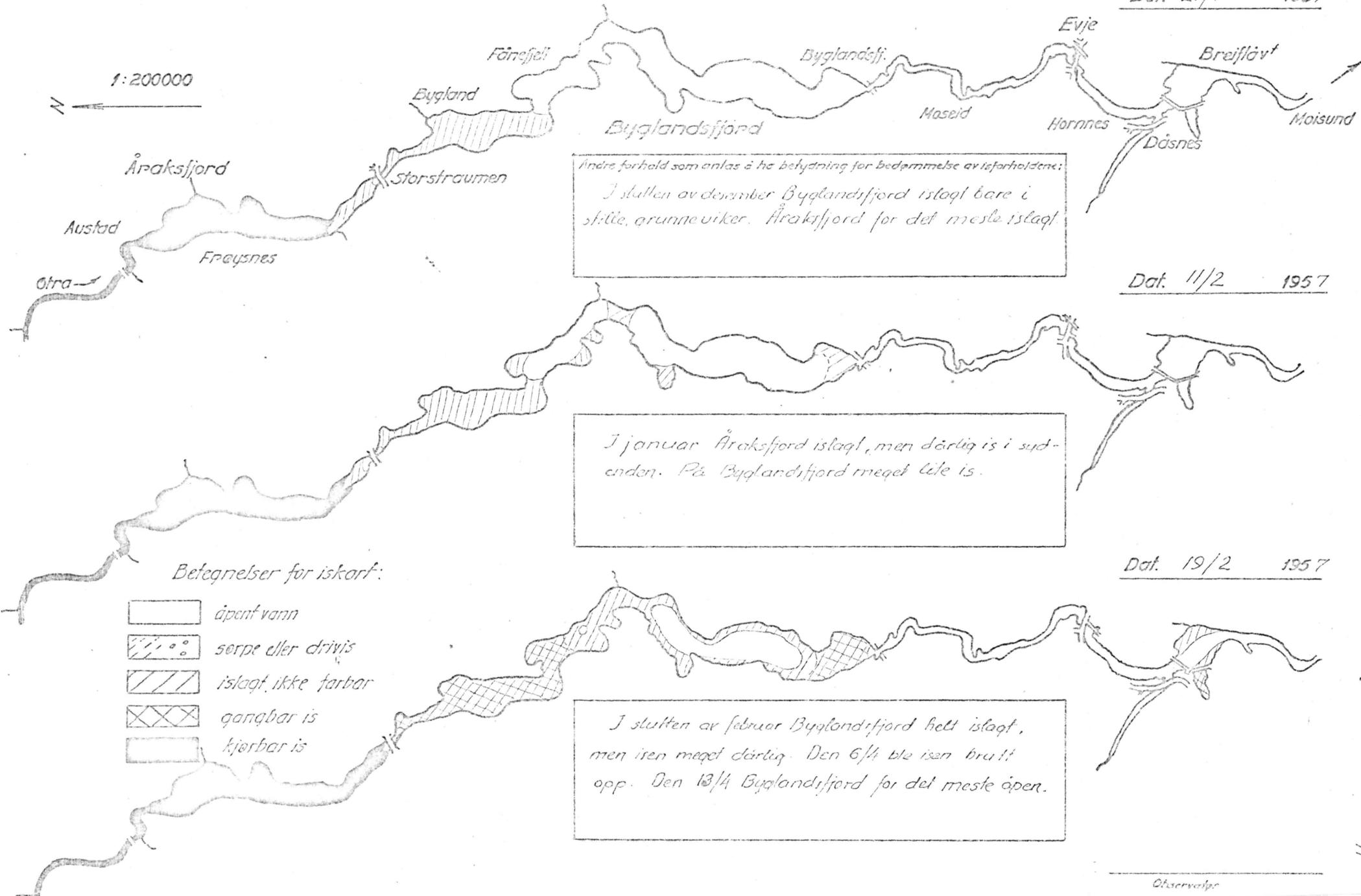
Dat. 1/5 1956



ISFORHOLD i BYGLANDSFJORD og OTRA

Kartskissen utføres den 1. 11 og 21 i hver måned og insendes sammen med vannsfjordslisten

Dat. 21/1 1957



3. Utvikling av isdekke, trafikkmuligheter på isen

Så snart et sammenhengende isdekke har dannet seg, vil isen på undersiden ha en temperatur på 0 °C, på grensen mot vannet. Isens overflate mot luften blir avkjølt, og varmetapet gjennom isen vil fjerne varme fra vannet under isen. Derved vil isdekket vokse i tykkelse.

Jo tykkere isen blir, desto kaldere blir isens overflate, temperaturforskjellen mellom luft og isoverflate minsker, og derved avtar varmetapet. Følgen av det er at isveksten foregår langsommere jo tykkere isen blir.

Når isveksten i et tidsrom tilnærmet betraktes som funksjon bare av lufttemperaturen, kan man bruke følgende formel for beregning av maksimale istykkelse:

$$E_{\text{maks}} = \varphi \sqrt{\sum (-t)},$$

hvor $\sum (-t)$ er summen av daglige lufttemperaturer under null, målt t. eks. kl. 8 ved vannmerket, og φ er en koeffisient som er geografisk betinget og avhengig av snøforholdene. φ bestemmes eksperimentelt.

Erfaringer viser at hvis en vil bedømme veksten og utviklingen av et isdekke, er det helt nødvendig å kjenne snødybden på isen til enhver tid. Kommer det mye snø tidlig på vinteren og snøen blir liggende, fører dette vanligvis til dårlig is hele vinteren, uavhenig av andre faktorer.

Byglandsfjord er utsatt for hyppige væromslag og dette resulterer vanligvis i et isdekke som er sammensatt av vekslende lag av stålis og sørpeis.

Karakteristiske eksempler på dette er vist grafisk i fig. C-3¹⁻² fra vintrene 1954-55 og 1955-56 (før Brokke kraftverk ble tatt i bruk) og i fig. C-3³⁻⁸ for de 5 siste vintrene (etter Brokke kraftverk ble tatt i bruk).

Tegningene viser eksempler på isforholdene i gode og dårlige isvintre. Snøens innvirkning på istilveksten er nærmere undersøkt ved at en bestemt flate av isen ble holdt snøfri hele vinteren. Sammenliknende målinger av istykkelse ble foretatt samtidig i det snøfrie feltet og i et felt under naturlige forhold i nærheten.

En oversikt av snøens innvirkning på istilveksten er vist i tabell fig. C-3⁹.

For trafikkmuligheten på isen spiller snøbelastningen stor rolle. Som man vet vil et isdekke eller en isblokk som flyter på vann, ha en bæreevne som svarer til den delen av isen som er over vann, eller til ca. 9 % av islaget. Faller det snø som veier mer enn 9 % av isdekket, vil isen bli trykket ned under vannets nivå, og vann vil trenge inn i snøen fra sprekker i isen. Dette går langsomt, og oftest vil en finne at hvis man hugger hull i isen, vil vannet strømme opp, dvs. det står under trykk.

ISMÅLINGER på BYGLANDSFJORD vinteren 1954-55

Fig.C-3'

Lufttemperatur °C klø

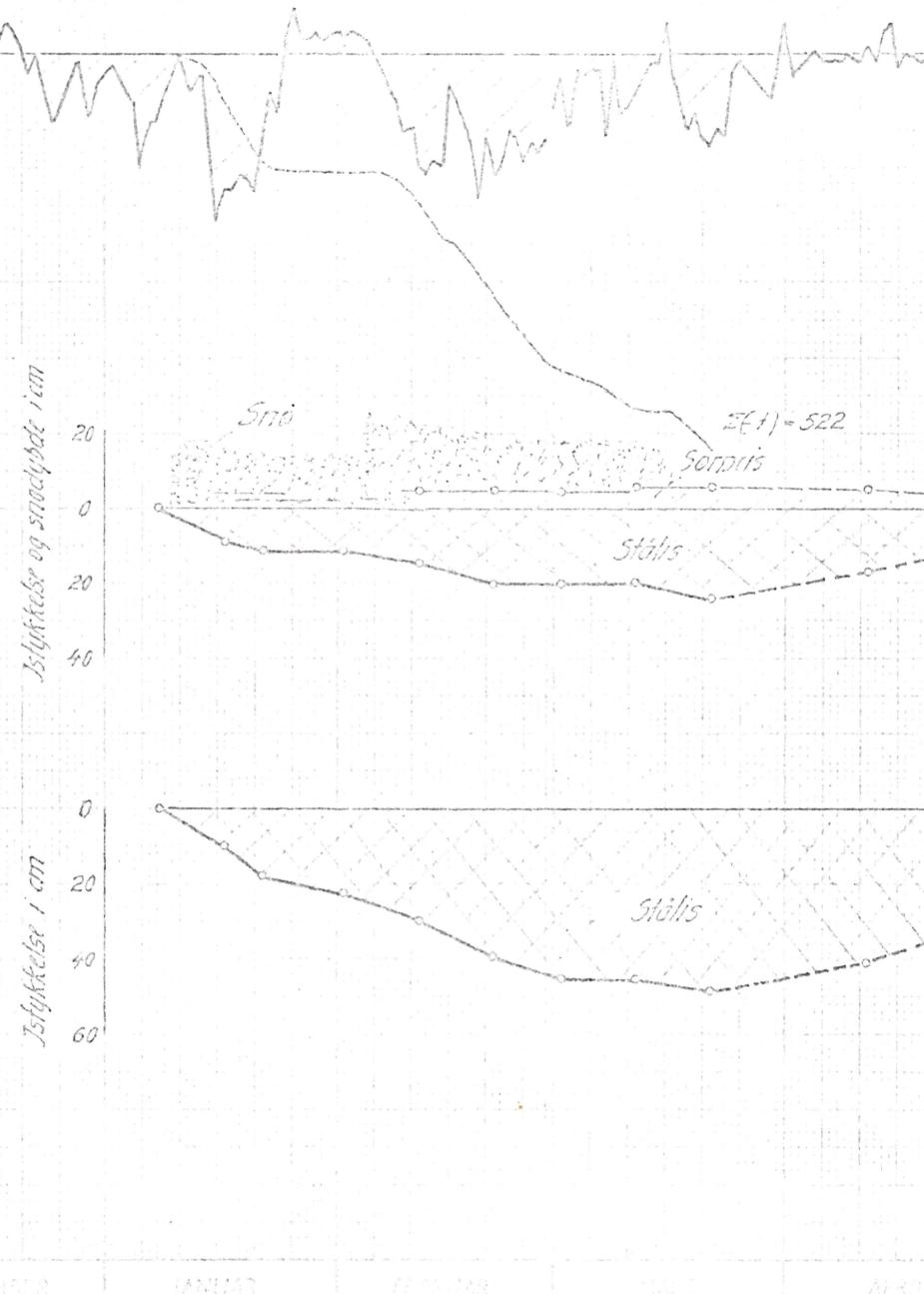
0
-10
-20
-30

Z(-1)

0
100
200
300
400
500

MÅLINGER under NATURLIG FORHOLD

MÅLINGER i SNOFRITT FELT

Isfjelde og snoclyde i m
0
20
40
60

OKTOBER

NOVEMBER

DESEMBER

JANUAR

FEBRUAR

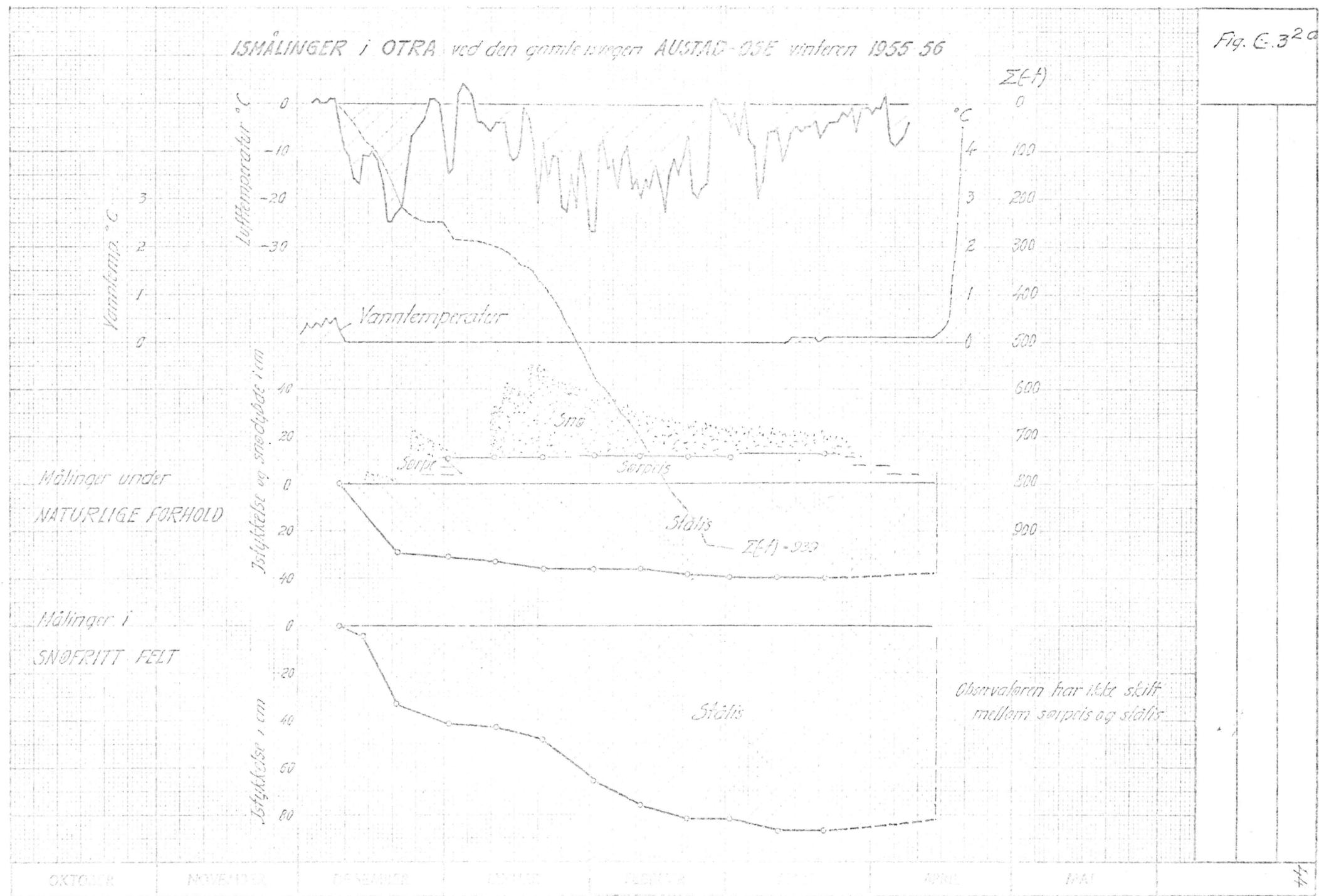
MAR

APRIL

MAI

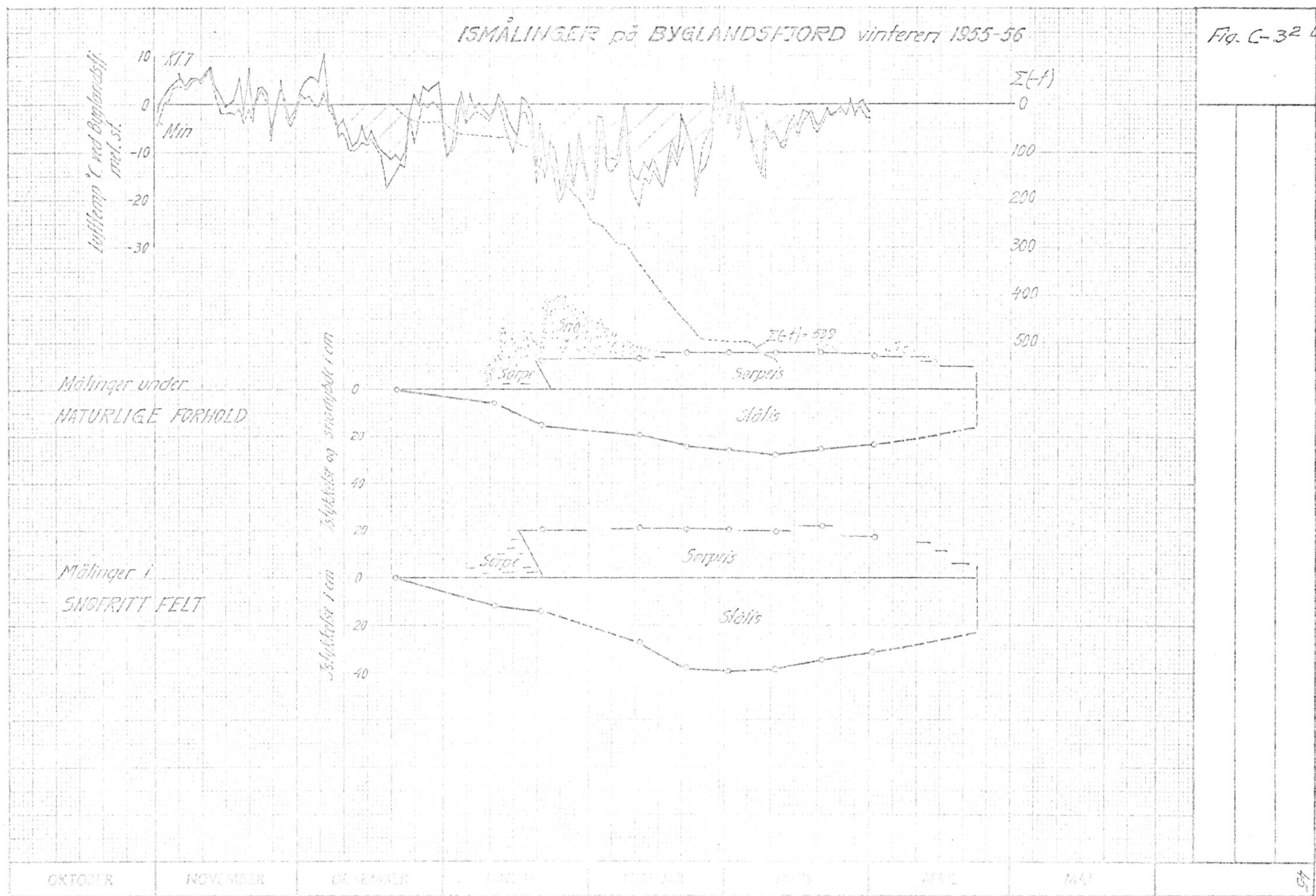
45

ISMÅLINGER i OTRA ved den gamle vegen AUSTAD-OSE vinteren 1955-56

Fig. E.3²⁰

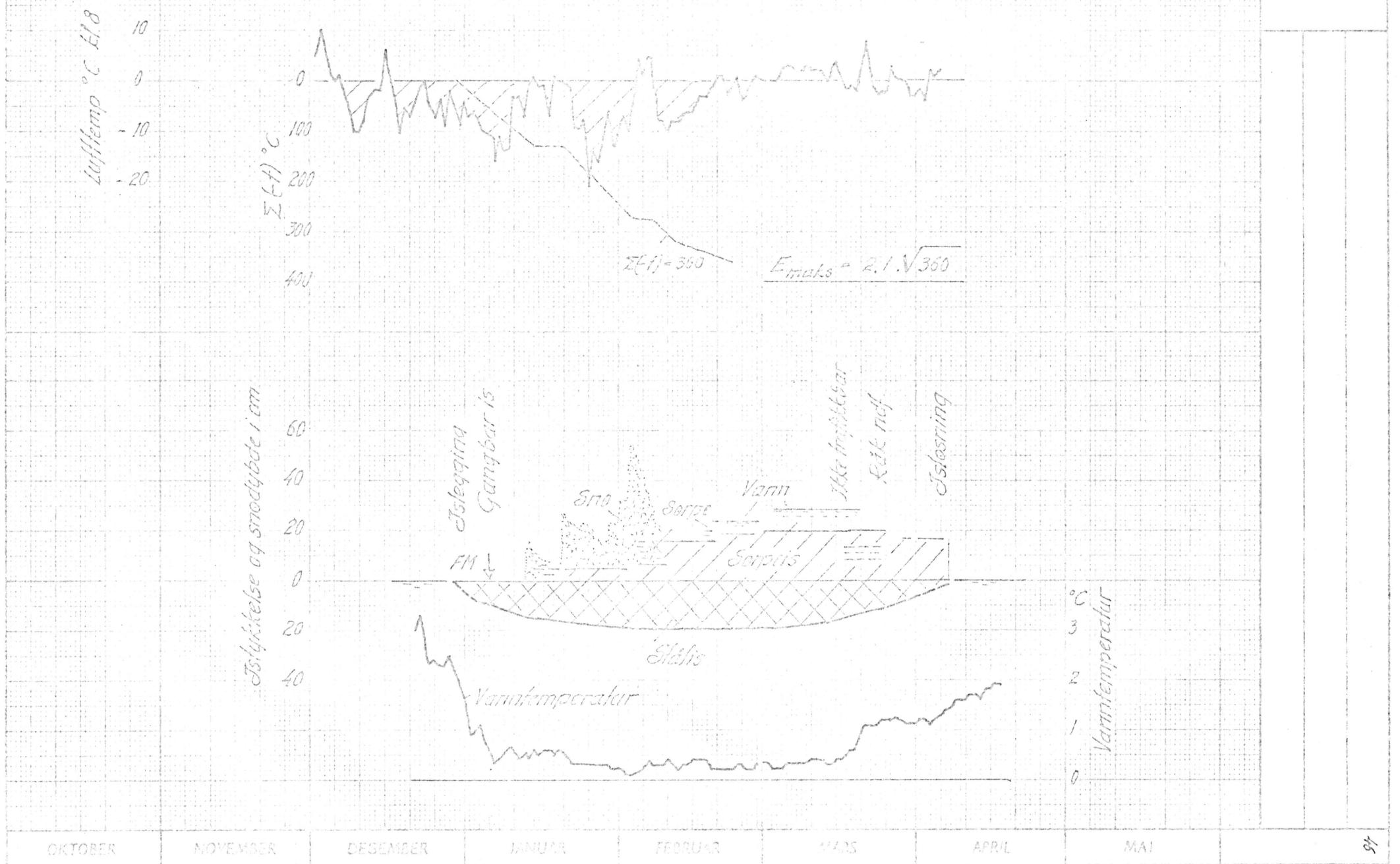
ISMÅLINGER på BYGLANDSFJORD vinteren 1955-56

Fig. C-32 b



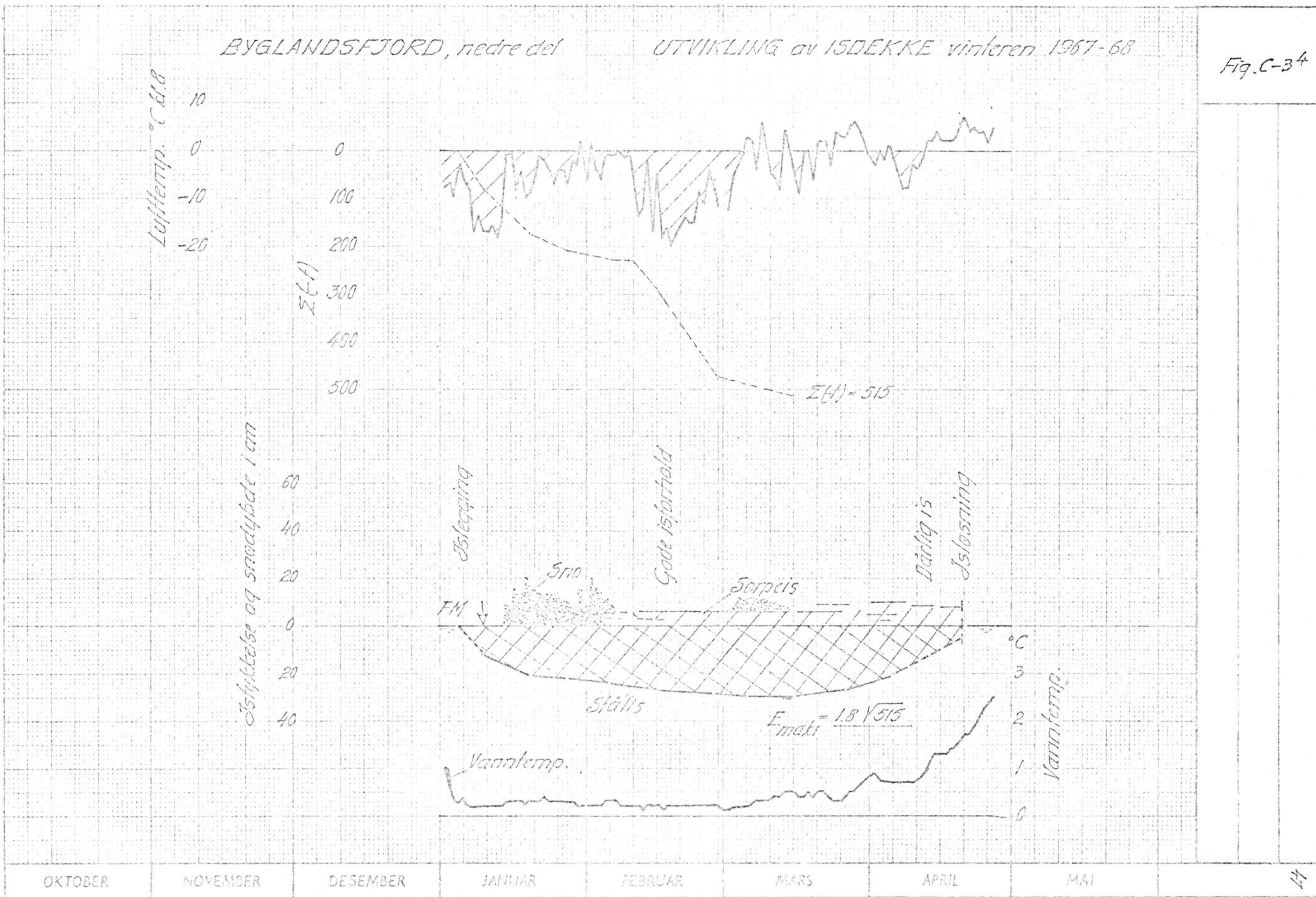
BYGLANDSFJORD, nedre del

UTVIKLING AV ISDØKKE vinteren 1966-67

Fig. C-3³

BYGLANDSFJORD, nedre del

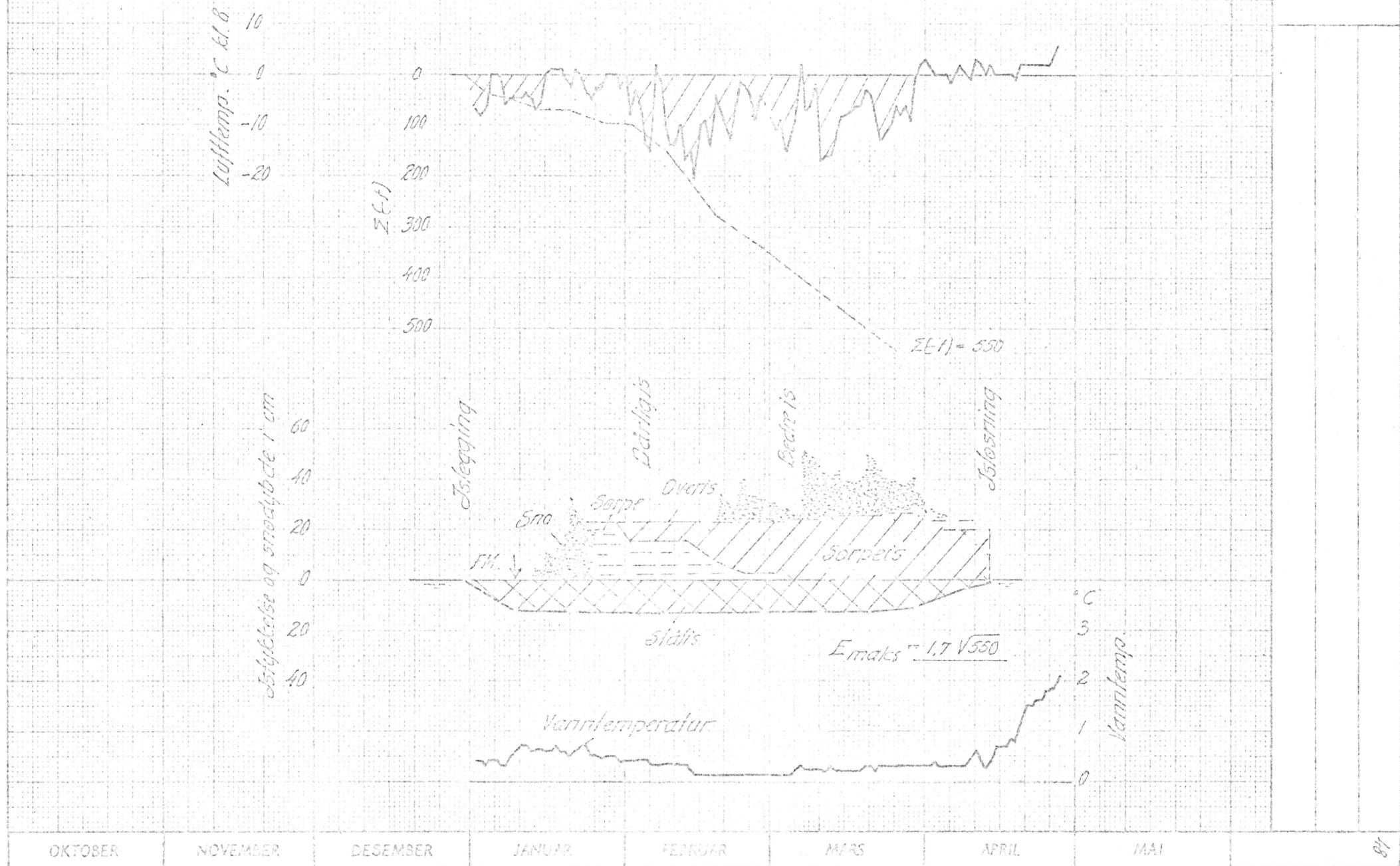
UTVIKLING AV ISDEKKER VINTEREN 1967-68

Fig.C-3⁴

BYGLANDSFJORD, neder del

UTVIKLING av ISDERKE vinteren 1968-69

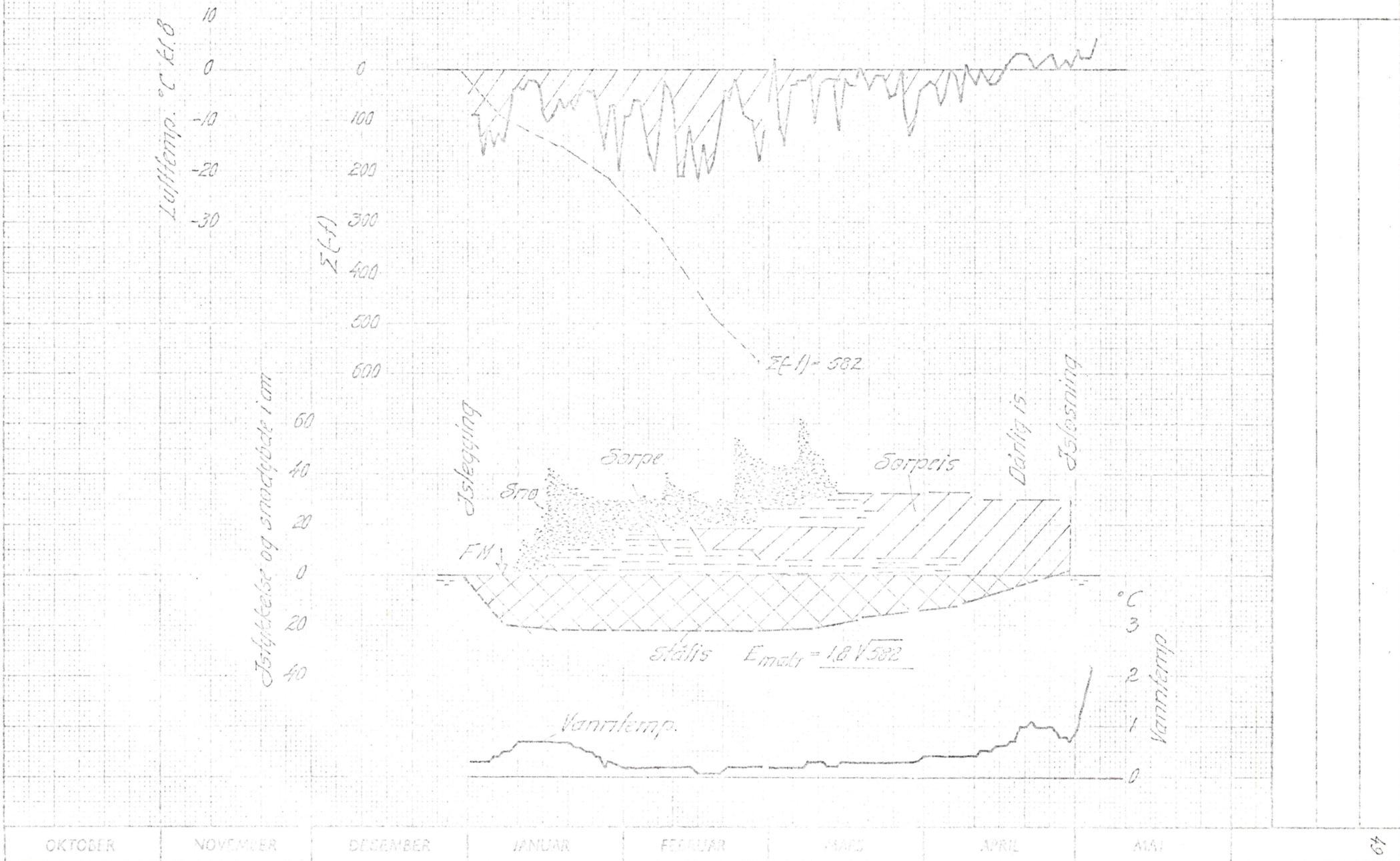
Fig. C-35



BYGLANDSFJORD, nedre del

UTVIKLING AV ISDEKKE Vinteren 1969-70

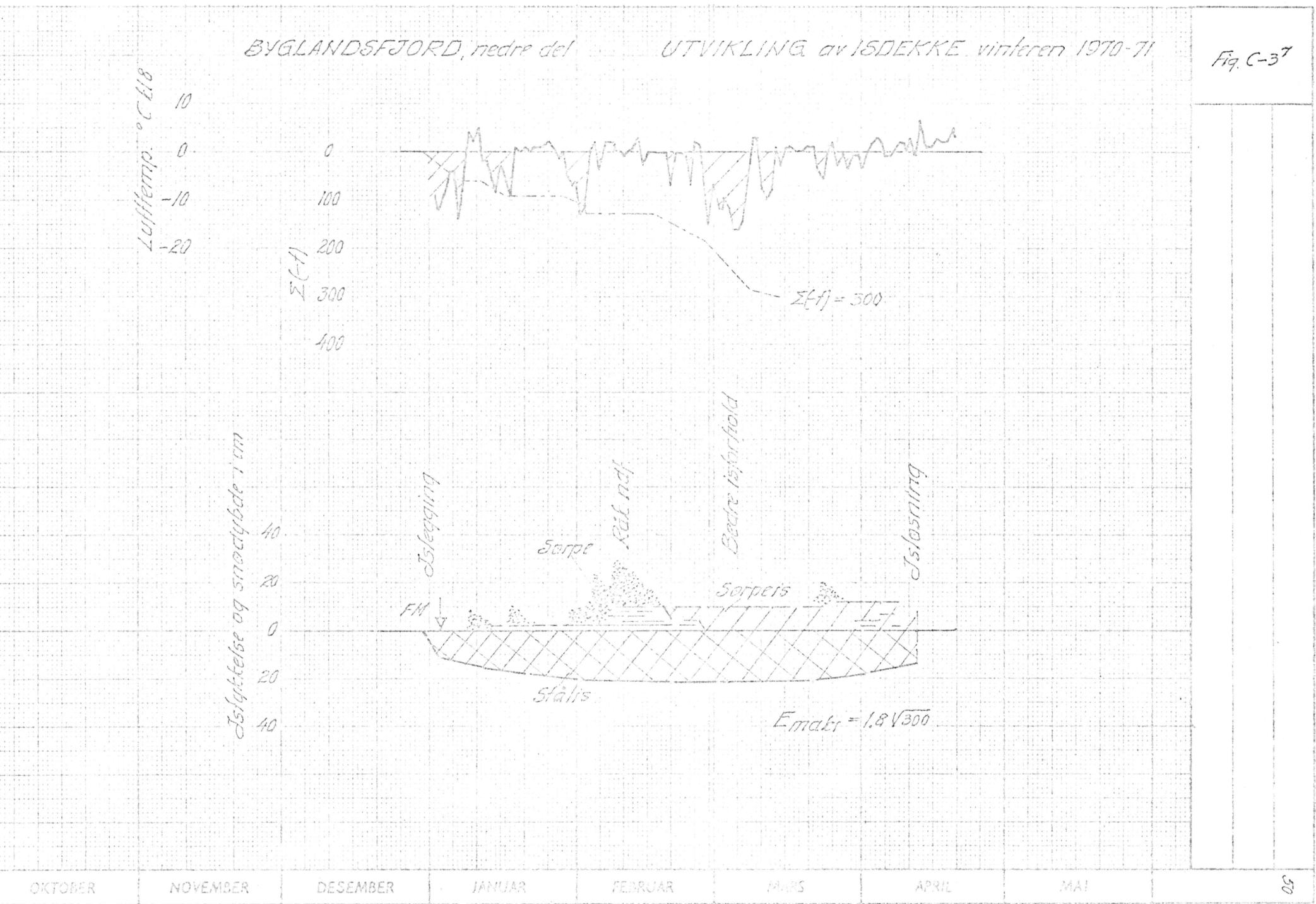
Fig. C-36



BYGLANDSFJORD, nedre del

UTVIKLING AV ISDEKKE VINTEREN 1970-71

Fig. C-37



BYGLANDSFJORD, nedre del

UTVIRKLING av ISDEKKE vinteren 1971-72

Fig. C-3⁸

Når vannet brer seg ut i den nedre delen av et snølag, vil enda en ting gjøre seg gjeldende: Vannet suges opp i snøen og stiger 4-6 cm over vannstanden. Dette betyr en ekstra belastning i tillegg til den istykkelsen som trenges for å bære den del av snøen som var tørr.

Fig. C-3⁹. Snøens innvirkning på istilveksten

Sammendrag av måleresultatene fra forsøksfelter på Byglandsfjord.

Vinter	Målested	I snøfri felt		Naturlig forhold	
		φ	E_{maks}	φ	E_{maks}
1954-55:	Bygland	2,7	60	1,0	24
	Byglandsfjord	2,1	49	1,1	25
1955-56:	Austad	2,7	87	1,2	40
	Byglandsfjord	1,7	40	1,2	28
1956-57:	Austad	2,8	60	1,9	45
57-58:	"	2,8	72	2,0	54
58-59:	"	2,6	66	1,9	49
59-60:	"	3,1	75	2,3	58
60-61:	"	3,0	62	2,4	55
61-62:	"	3,1	70	2,1	59
62-63:	"	3,2	87	2,2	60
1966-67:	Byglandsfjord			2,1	40
	67-68:	"		1,8	38
	68-69:	"		1,7	37
	69-70:	"		1,8	42
	70-71:	"		1,8	32
	71-72:	"		2,0	38

Usikre målinger

4. Gjennomstrømningens virkning på isforholdene

I en innsjø er vanligvis stabile skiktninger i vannmasser selv ved meget små tetthetsforskjeller om vinteren. Det er derfor viktig å fastlegge strømbildet ved gitte tetthetsgradienter. Dessverre fins det ikke særlig brukbar apparatur til å måle slike strømninger direkte. Iskontoret bruker temperaturmålinger i vannlagene til dette formål.

Våre undersøkelser viser at isforholdene på en innsjø i høy grad er avhengig av likevekten i vannlagene.

Ved gjennomstrømning av en dyp innsjø avtar strømhastigheten på tilløpsvannet forholdsvis hurtig og vannmassene finner sin plass der hvor de naturlig hører hjemme etter temperatur og tetthet. Vannet beveger seg deretter som et mer eller mindre avgrenset strømdrag uten å påvirke isforholdene vesentlig. Dette

kan forklares ved at vannet tar det løp hvor det møter minst motstand. I lagdelt vann kreves nemlig mer energi ved vertikale forflytninger enn horisontale, fordi en blanding nedover vil hindres av oppdriften, og en hvirvling oppover vil motvirkes av tyngdekraften. Det er bare på de partier av sjøen hvor tverrsnittet er vesentlig innsnevret at en merkbar omrøring av vannlagene under isen finner sted og bringer opp varmere vann som kan redusere isveksten eller smelte allerede dannet is.

Hvis en innsjø blir regulert ved oppdemning, kan lagdelingen av vannmassene bli mer stabil enn før reguleringen (t. eks. temperaturforholdene i Krøderen). Dette fører til noe tidligere islegging på magasinet selv om gjennomstrømningen er øket i vesentlig grad.

I en grunn innsjø med betydelig gjennomstrømning, blir det merkbar hastighet også i det øverste vannlaget som grenser mot isen og turbulensen blir da dominerende for varmeoverføringen (t. eks. temperaturforholdene i Bromma, Hallingdal). Vannet avkjøles under passasjen og isdekket svekkes tilsvarende. I slike tilfelle kan en regulering føre til at vassdraget vil gå mer åpent enn før.

D. LITT OM TÅKE OG RIMDANNELSE

Målinger av lufttemperaturen ved Austad met. st. (ovf. Byglandsfjord) og ved Byglandsfjord met. st. (like ved utløpet av sjøen) i årene 1919-27 viser ganske store variasjoner mellom stasjonene i første halvdel av vinteren, se tabell fig. D-1¹. Middeltemperaturen for månedene nov. - april er for de fleste år betydelig lavere ved Austad enn ved Byglandsfjord.

Årsaken til dette er trolig innvirkning fra Byglandsfjorden. Om høsten og i første halvdel av vinteren inntil sjøen islegges, vil den virke som varmemagasin for dens nære omgivelser.

Det er også sannsynlig at en isfri Byglandsfjord til en viss grad virker inn på luftfuktigheten i området nær sjøen. Hvor sterk denne innvirkningen er og hvor langt fra sjøen den virker er avhengig av vind og værforholdene ellers i dalen.

Vanndampmengden i luften er avhengig av lufttemperaturen. Jo høyere temperaturen er, desto mer damp kan luften inneholde. Ved en viss temperatur, det såkalte duggpunktet, kan luften ikke inneholde mer vanndamp dvs. luften er mettet med vanndamp. Dette kan komme i stand på forskjellige måter, nemli: ved avkjøling, ved tilførsel av mer vanndamp og ved blanding av to luftmasser av forskjellige temperaturer. Tåke og dugg er den enkleste av alle kondensasjonsprodukter.

Fig. D-1¹. Lufttemperatur ved Austad og Byglandsfjord met. st.
Månedsmidler.

Vinter	Austad met. st.							Byglandsfjord met. st.							Diff.
	N	D	J	F	M	A	$\Sigma(-t)$	N	D	J	F	M	A	$\Sigma(-t)$	
1919-20	-3,6	-5,1	-3,5	0,3	2,8	4,2	12,2	-2,0	-3,7	-2,7	1,1	2,6	4,0	8,4	3,8
20-21	2,4	-3,0	-1,9	-1,5	2,6	6,7	6,4	3,7	-1,5	-0,5	-0,9	2,9	7,3	2,9	3,5
21-22	-1,8	-0,5	-6,6	-4,8	0,2	1,8	13,7	-0,9	0,5	-5,1	-4,2	0,5	1,9	10,2	3,5
22-23	1,2	0,9	-0,4	-5,2	0,0	2,2	5,6	1,9	1,7	1,0	-4,7	0,5	2,8	4,7	0,9
23-24	-2,3	-5,8	-3,5	-3,8	-3,8	1,6	19,2	-0,3	-4,6	-3,6	-3,8	-4,1	1,6	16,4	3,2
24-45	2,7	2,8	0,4	-0,5	-1,9	2,8	2,4	3,3	2,6	1,0	-0,4	-1,8	3,6	2,2	0,2
25-26	-2,0	-7,6	-2,8	-5,0	0,5	4,9	17,4	-1,4	-5,9	-2,2	-4,3	0,3	5,0	13,8	3,6
26-27	1,3	-2,8					-	2,1	-2,0						
Midl.	-0,3	-2,8	-2,6	-2,9	0,6	3,4	10,9	0,8	-1,6	-1,7	-2,4	0,1	3,7	8,4	2,7

Hvis luften avkjøles under frysepunktet, kan vanndamp fryse til lett rim eller dannes islag.

Etter de prosesser som leder til vanndampens kondensasjon, kan tåke inndeles i følgende hovedtyper:

Adveksjonståke

Strålingståke

Blandingståke

Fordampningståke

Adveksjonståke dannes ved avkjøling av luftmasser. Forekommer oftest i vinterhalvåret når fuktig luft kommer i berøring med kaldere underlag. Derved skjer en overmetning som fører til kondensasjon. Slik tåke opptrer oftest ved svake vinddrag, men hvis det er for meget vind, blandes de nederste luftlag slik at tåken heves til lave tåkeskyer. Adveksjonståke dannes oftest ved værsituasjoner hvor høytrykk ettersølges av lavtrykk. Tåken er tøttest over en fuktig dalbunn når underlaget danner et naturlig kuldemagasin.

Tåken kan oppnå ganske stor vertikal utstrekning og da forekommer det i tåkelaget opp- og nedgående strømninger.

Strålingståke dannes hvis fuktig luft i dalbunnen avkjøles p. g. a. stor utstråling. Gunstige betingelser for slik tåke er fuktig luft ved bakken, tørr luft i høyden, klar himmel og vindstille. Er det åpen elv i dalbunnen, skal det liten avkjøling til forat duggpunktet nåes og overmetningen kondenserdes. Den vertikale utstrekning av slik tåke er vanligvis liten og selve tåken er lett (grunn), og den løses lett opp av vind og sol.

Blandingståke kan dannes ved blanding av to forskjellige luftmasser som er mettet eller meget mettet med vanndamp, men som har forskjellige temperaturer. Daler som får tilførsel av kald luft fra høyfjell, t. eks. gjennom en sidedal, får ofte slik tåke på det sted hvor sidedalen munner ut i hoveddalen.

Fordampningståke dannes under rolige værforhold når luftmassene nær en vannoverflate har en temperatur som ligger betydelig lavere enn vanntemperaturen. Luften som kommer i berøring med vannflaten blir noe oppvarmet, og derved i stand til å ta opp mer vanndamp. Den varmere og vanndampmettede luften stiger opp i kaldluften og blandes med denne. Ved blandingen kondenserer overskottet av vanndamp og på den måten oppstår såkalt frostrøyk.

Betingelser for frostrøyk over nullgraders vannflate er:

Luftens relative fuktighet	Temperaturforskjell
50 %	13-16 °C
80 %	10-12 "
90 %	8-10 "

Erfaringsmessig settes øvre temperaturgrense for frostrøykdannelse over et åpent vassdrag til -10 °C.

Observasjoner viser at kondensasjonen inntreffer bare noen få cm over vannflaten. Tåken stiger til værs i spirallignende bevegelser, omtrent som røyk. I noen høyde løses tåken opp, fordi den tørre luften øverst etter hvert vil dominere blandingen.

Frostrøyken er i alt vesentlig begrenset til den åpne vannoverflaten. I spesielle situasjoner, t. eks. ved inversjon dvs. varmere og fuktigere luft over kaldluft, så kan frostrøyken fra vannflaten gradvis føre til at luften i hele inversjonslaget blir mettet og da kan tåke rekke opp til toppen av inversjonen, særlig hvis den er av begrenset tykkelse t. eks. noen få 10-meter.

Videre kan nevnes at umiddelbart før et væromslag, kan frostrøyken også forsterke andre former av tåke.

Til beregning av fordampning fra en åpen vannflate er det utviklet en rekke empiriske formler. Etter en formel benyttet for norsk forhold er fordampningen i mm pr. døgn fra nullgraders vannflate og en relativ luftfuktighet på 75 %, følgende:

Lufttemp. °C	Vindhastighet m/s	Fordampning i mm/døgn				
		1	2	3	4	5
0		0,5	0,9	1,3	1,6	1,9
-5		1,0	1,7	2,4	3,0	3,9
-10		1,3	2,3	3,2	4,0	5,0
-15		1,5	2,8	3,9	4,9	6,0
-20		1,7	3,0	4,3	5,4	6,6
-25		1,8	3,2	4,4	5,6	6,9
-30		1,9	3,3	4,7	5,9	7,3

Eks.: Lufttemp. -20 °C. Vanntemp. 0 °C. Vindhast. 2 m/s.
Fordampning 3,0 mm/døgn.

Hvis vanndamp forandres til rim t. eks. på en 10 ganger så stor flate som elveflaten, vil det dannes rimavsetning som svarer til 0,3 mm vann pr. døgn. For å få et jevnt islag på t. eks. 1 cm, ville dette kreve ca. 1 mnd. med en gjennomsnitts døgn temperatur på -20 °C.

Erfaringer viser at rimplaget fra frostrøyk kan ikke oppnå stor mektighet, fordi tåkedråpene er små og dannelsen skjer vesentlig i stille vær.

Erfaringer viser at det kan komme en rekke ytterligere komplikasjoner til i naturen som spiller vesentlig rolle ved kondensasjon av vanndamp.

Eksempelvis fordi damptrykket er lavere over is enn over vann, blir kondensasjonen særlig livlig, hvis det dannes iskristaller i luften under prosessen. Det kan da inntrefte betydelige overmetninger i luften uten at det skjer snøfall. På den annen side, kan kondensasjonen på visse partikler (t. eks. saltpartikler, støv, røyk o. a.) begynne selv med fuktighetsgrad på bare omkring 80 %. Omkring saltkjerner t. eks. kan det dannes ganske store vanndråper. Når det er metning i forhold til rent vann, er det allerede en overmetning i forhold til salt. Dette er noe sjøfolk har lagt merke til og vegvesenet bruker et kalsiumsalt for å suge fuktighet av luften til demping av støv på grusveger.

Kondensasjonen på bakken motvirker i noen grad tåkedannelse fordi luftens fuktighet i de nederste luftlag avtar. Ved soloppgang varmes bakken opp hurtigere enn luften, fuktigheten tiltar ved fordampning av dugg og rim og dette sammen med blanding av de nederste luftlag kan føre til morgentåke.

Vanndamp er letter enn tørr luft (forholdstall, ca. 0,62 ved 0 °C). Dampen fordeler seg hurtig og går fra det varmeste mot det kaldeste sted.

Tørr luft kan oppvarmes og avkjøles mye lettere enn vanndamp. Dette er grunnen til at de daglige variasjoner i temperaturen er mindre når det er fuktig enn når det er tørt. Dette spiller en vesentlig rolle for nattefrost.

VEDLEGG

Rapporter fra befaringer
av vassdraget

	Side
1. Befaring 12. mars 1965	1
2. Befaring juni 1969	2-3
3. Resultatene av vanntemperaturmålinger i Byglandsfjord 14. 2. 1969	4-6
4. Befaring 23. og 24. januar 1970	8
5. Befaring 1.-5. februar 1971	9-14
6. Befaring 16. og 17. mars 1971	15-18
7. Befaring 5. mars 1972	19-23

Oslo, mars 1973

Is- og vanntemperaturforhold i Otravassdraget ved Bygland

12. mars 1965.

Byglandsfjord.

Byglandsfjord helt islagt med fin, sterk is. Övre del snöfri. Et par större oppråker observertes i sundet ovf. Bernesodden og oppover fra Dalsöy. De oppstod like etter islegging mens isen var svak - ble det fortalt.

Ismålinger ca 1 km ndf. Bygland (I) og ved Årdal (II)

Snö	0	2
Sörpeis	11	36
Stälris	40	
ishöyde	+2	+3

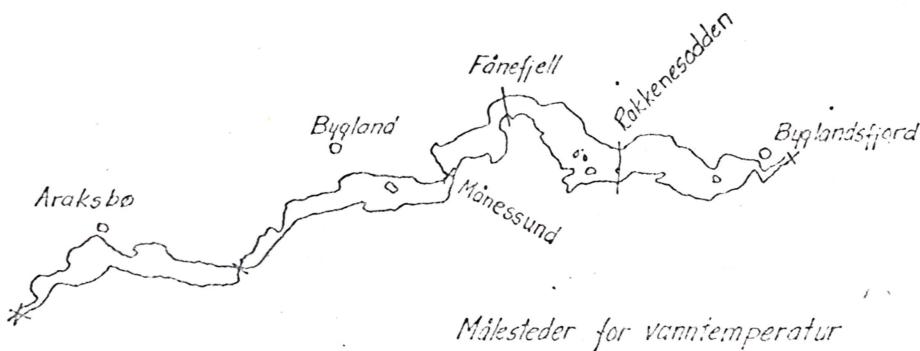
Vanntemperaturmålinger.

Dybde	(I)	(II)
97 m (ikke bunn)	3,64°C	3,17°C
90 "	"	3,15 "
80 "	3,48 "	3,06 "
70 "	3,46 "	3,00 "
60 "	3,36 "	2,90 "
50 "	3,28 "	2,75 "
40 "	3,08 "	2,52 "
30 "	2,58 "	2,18 "
20 "	1,98 "	1,69 "
15 "	1,58 "	1,36 "
10"	1,18 "	1,14 "
9 "	0,96 "	
8 "	0,73 "	1,04 "
7 "	0,58 "	1,02 "
6 "	0,52 "	"
5 "		0,98 "
4 "	0,47 "	0,97 "
3 "	"	"
2 "	0,42 "	0,93 "
1 "	0,31 "	0,89 "
0,7"	0,24 "	0,32 "

Vanntemperaturen i Storstraumen ovf. Byglandsfjord var 0,26°C

Isforhold og vanntemperaturmålinger i Byglandsfjord.

juni 1969



1. Dybdekart. Byglandsfjord (med Åraksfjord) ble oppleddet av Iskontoret, NVE, i november 1968. Dybdekartet er under utarbeidelse og ventes ferdig om kort tid.
2. Opplysninger om ström og isforhold etter opplysninger fra tilsynsmann Nore Nerhus, Bygland. Etter Nerhus oppfatning har Brokkereguleringen hatt liten eller ingen innflytelse på isforholdene i selve fjorden. I elva er imidlertid isforholdene blitt mere variable fra dag til dag.

Storstraumen er alltid isfri ca. 30 m til hver kant fra brua. Også Littlestraumane er alltid isfrie. Det forekommer en skjeldan gang i perioder med sterk kulde at det vestre løpet er islagt en kort tid med dårlig is. Det andre løpet er alltid isfritt. I Urdvika er isen ofte meget dårlig.

På strekningen mellom Littlestraumane og Bygland er det også ofte dårlig is. Her blir det åpen rik først om våren på grunn av strömforholdene. Som dybdekartet vil vise er det her relativt grunnt.

Nerhus har i en årekke ført jurnal over isløsningen i Åraksfjord og Byglandsfjord. Følgende oversikt er hentet fra hans notater. Med "isfritt" meneres i dette tilfelle den dato da fløtningsbåten kunne arbeide uten vesentlige isvansker:

År	Isfritt, dato	
	Byglandsfjord	Åraksfjord
1955	29,4	3,5
56	27,4	3,5
57	20,4	26,4
58	3,5	9,5
59	24,4	27,4
60	22,4	7,5
61	18,4	22,4
62	5,5	15,5
63	17,3	17,5
64	6,5	8,5
65	29,4	10,5
66	12,5	18,5
67	18,4	26,4

Fellesflötningen i Otra, Østre Strandgt. 28 Kr.sand har muligens disse data for flere år tilbake.

Oversikten viser at det først blir isfritt i Byglandsfjord, deretter i Åraksfjord. Nerhus kunne også opplyse at isleggingen foregår først i Åraksfjord.

Isen brukes nå lite til transport. Til de nedlagte brukene på Nånes, Skjerverak og Hamre er det muligens litt transport på isen om vinteren. Tidligere ble også isen benyttet til frakt av höy til Bygland fra Byglandsøy. Fra Berge til Fröyrak er det nå blitt veg (1968) og isen benyttes ikke lenger.

På Åraksfjorden er det heller ikke noen særlig trafikk på isen. En sjåfør kjører strekningen Åraksbø - Fröysnes når isen er sterkt.

Strømforholdene i selve fjorden var etter Nerhus oppfatning nesten ikke merkbare. Retningen på tömmerdriftene ble vesentlig bestemt av vinden.

3. Is- og vanntemperaturnåling i februar 1969. Storstraumen gikk åpen ca. 350 m ovenfor bruа og ca. 300 m nedenfor. Også Littlestraumane gikk åpne, men ellers var både Byglandsfjord og Åraksfjord helt islagt med sikker is. Ved Gullsmedmoen var elva åpen ca. 200 m ovenfor bruа, lengre oppe var det helt islagt.

Den 13.2. var lufttemperaturen 15-20 minusgrader med bris (sno) ut fjorden. Det ble da tatt følgende vanntemperaturer med bokstermometer:

	Vanntemp. °C	Is cm	Snö cm
Ose bru kl. 14.00	0,02	30	6
Storestrømmen kl. 08.30	0,27		Isfritt
Gullsmedmoen bru kl. 19.00	1,15		Isfritt. Sarr i vannet

Det ble videre tatt endel temperatur- og isprofiler fra isen på Byglandsfjord. Målestedene er avmerket på skissen (side 1). Måleresultatene er samlet i følgende tabeller og en grafisk fremstilling. Det ble også utført målinger i andre tverrsnitt, men resultatene derfra er desverre ubrukbarer. Dette skyldes den meget lave lufttemperaturen som førårsaket is på termistoren. Også endel av de oppførte måleresultater er av denne grunn usikre når det gjelder temperaturen nær overflaten. Istykken i Åraksfjord var ca. 50 cm målt ved Fröysnes.

Oslo juni 1969

Egil Skofteland

Vanntemperaturmålinger i Byglandsfjord 14.2. 1969.

Profil ved Fånefjell.

Vertikal	1	2	3	4	5	6	7
Dyp m	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	0,35	0,57	0,80	1,18	0,84	1,10	0,25
2	0,35	0,49	0,80	1,24	0,65	0,50	0,25
4	0,31	0,46	0,80	1,12	0,54	0,49	0,25
6	0,33	0,58	0,80	1,12	0,64	0,65	0,45
8	0,47	1,17	1,38	1,62	1,05	0,85	0,62
10	1,12	1,49	1,80	1,97	1,55	1,53	1,35
12	1,68	1,83	2,10	2,17	1,83	1,83	1,62
15	2,60	2,25	2,65	2,58	2,38	2,25	2,30
20	3,03	2,83	3,08	3,08	2,87	2,77	2,60
25	3,36	3,19	3,40	3,40	3,20	3,15	3,00
		3,65)					
30		3,35	3,56	3,56	3,38	3,27	3,23
40		3,70	3,89	3,81	3,60	3,52	3,42
50		4,03	3,98	3,90	3,80	3,70	3,50
Is i cm	39	37	37	37	37	35	40
Snø i cm	8	6	6	5	10	6	5
Avstand fra venstre bredd i m	100	200	275	325	375	425	475 h. bredd 510 m

- 1) Målt ved bunn på 28 m
- 2) Målt ved bunn på 50 m
- 3) Målt ved bunn på 44 m

Vanntemperaturmålinger i Byglandsfjord 14.2. 1969.

Profil ved Rakkenesodden.

Vertikal	1	2	3	4	5	6	7
Dyp m	°C						
1	0,00	0,15	0,12	0,02	0,03	0,00	0,08
2	0,05	0,18	0,23	0,12	0,12	0,08	0,08
4	0,12	0,42	0,33	0,18	0,17	0,15	0,09
6	0,48	0,62	0,55	0,40	0,52	0,38	0,48
8	0,83	1,07	1,02	0,88	0,92	0,88	0,97
10	1,25	1,32	1,32	1,30	1,30	1,24	1,35
12	1,67	1,57	1,57	1,64	1,64	1,62	1,72
15	2,27	2,26	2,20	2,18	2,18	2,18	2,24
20	2,65	2,62	2,67	2,56	2,56	2,60	2,63
25	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85	2,95
							2,97)
30	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
40	3,27	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	
50	3,43	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	
Is i cm	37	33	35	35	35	35	36
Snö i cm	8	5	5	5	5	5	6
Avstand fra venstre bredd i m	100	200	300	375	450	525	575 h.bredd 605 m

1) Målt ved bunn på 28 m

Vanntemperaturmålinger i Byglandsfjord 14.2. 1969.

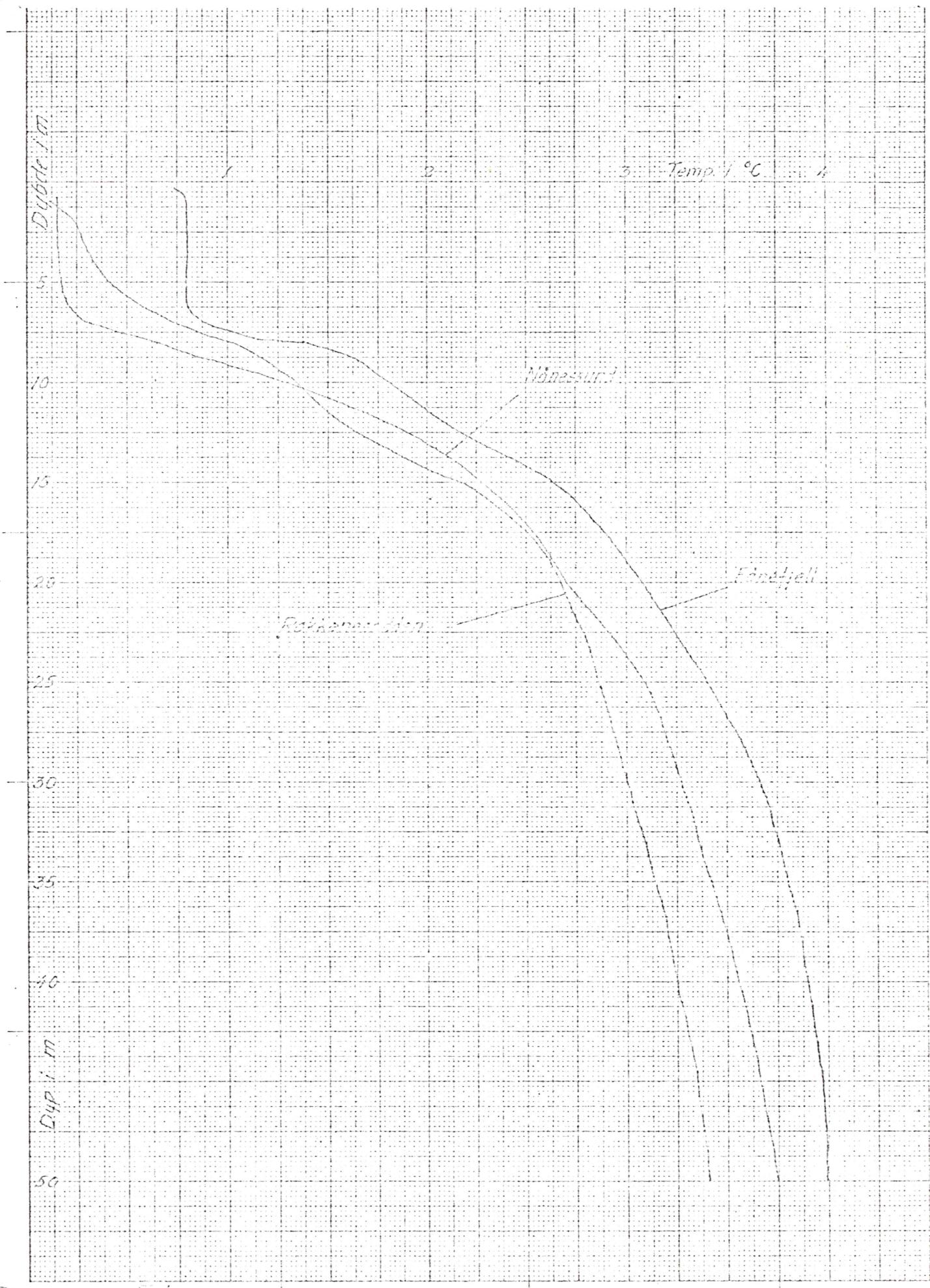
Vertikal ved Nånessund.

Dyp m	Vanntemp. °C
1	0,15
2	0,15
4	0,17
6	0,20
8	0,65
10	1,27
12	1,80
15	2,27
20	2,70
25	3,08
30	3,27
40	3,56
50	3,74

Is i cm 38

Snö i cm 9

Vanntemperaturer i Byglandsfjord ved Nånessund, Fånefjell og Rakkenes-
odden, 14. 2. 1969. Vertikalene er målt midt på fjorden.



BEFARING BYGLANDSFJORD-HOVATN JANUAR 1970

23.1.1970

Det var stille vær, skyet, med lufttemperatur -6 °C. Byglandsfjord var helt islagt. I Storstraumen var det som vanlig ikke is (se reiserapport datert juni 1969). Vanntemperatur i Storstraumen målt fra bruva var 0,30 °C. Videre oppover var Otra bare delvis islagt. Den var helt åpen fra Brokke til Langeid.

Avløpsvannets temperatur fra Brokke kraftstasjon målt fra veibrua:

- | | | |
|-----------|------|----|
| 1. måling | 0,55 | °C |
| 2. " | 0,57 | " |

Vanntemperaturen målt fra Rystad bru (kl. 12.30) var 0,29 °C.

Det ble også målt et temperaturprofil i Byglandsfjord ved Fåneffjell, midt på vatnet. Istykken var 25 cm, med 1 cm overvann. Snødybde 12 cm. Resultatet av temperaturnålingene:

Dyp m	Vanntemp. °C	Dyp m	Vanntemp. °C
Under isen	0,1	20	2,3
1	0,2	25	2,55
2	0,2	30	2,75
4	0,35	35	2,8
6	0,5	40	3,0
8	1,2	50	3,1
10	1,4	70	3,2
15	2,0	93 (bunn)	3,2

24.1.1970

Hovatn. Temperaturen i avløpsvannet fra Hovatn ble målt til 0,82 °C. Målingen ble tatt ca. 10 m nedenfor dammen.

Det ble også tatt målinger i en vertikal ute på selve vatnet. Ismålingen viste øverst 12 cm is, så et vannlæg på 3 cm, deretter 38 cm is. Det var ca. 20 cm snø på isen. Ishøyde 2 cm. Vanntemperaturen ble målt til følgende (med boksternometer).

Dyp m	Vanntemp. °C
1	0,31
2	0,57
5	1,12
9,5	1,50

Oslo, desember 1970
Egil Skofteland
 Egil Skofteland

TEMPERATUR- OG ISMÅLINGER.

Jarl Jensen

Det var klart pent vær og lufttemperatur -12 °C kl. 08.00 den 2. februar. Men utpå ettermiddagen tetnet det til og det begynte etterhvert å blåse fra nordvest. Lufttemperaturen kl. 17.00 var 1 °C. Det kom bare ubetydelig snø. Vinden økte i styrke utover kvelden og natten. Nysnøen, ca. 5 cm som kom den 31. januar, smeltet iløpet av natten.

Begge dagene 3. og 4. februar var det pent klart vær og lufttemperatur henholdsvis 3 °C og 6 °C.

Det var en del vann på isen den 4. p. g. a. snøsmeltingen.

Vassføring fra Byglandsfjord er vist i nedenstående tabell.

Dato	Vassføring m ³ /s
2. februar	105
3. "	105
4. "	103

Isforhold

Øvre del ovf. Storstraumen, Araksfjord, Sandnesfjord og Bjåfjord var helt islagt fra månedsskiftet nov. -des. 1970.

Istykken varierte fra 45-54 cm.

Storstraumen var åpen fra ca. 300 m ovf. til ca. 1 km ndf. brua. Råken ndf. brua strakte seg langs høyre bredd.

Istykken på Byglandsfjord varierte fra 15 cm ved Revsnes til 33 cm ved Nånes.

Faste målinger av isveksten ved snøfrie felt.

Det ble opprettet 3 snøfrie felter på (10x10)m², nemlig ett på Sandnesfjord ved Sandnes og to på Byglandsfjord ved Fanefjell og Rakkenes.

Som observatør ved Sandnesfjord og Fanefjell er ansatt Nere Nerhus, Bygland. Ved Rakkenes er ansatt Rolf Evje, Byglandsfjord.

Temperaturmålinger.

Vanntemperatur i Otra ved Ose bru var 0,02 °C målt i en ca. 10 m lang råk under bruа.

Vanntemperatur ved Storstraumen bru var 0,23 °C og ved utløpet av Byglandsfjord 1,16 °C.

Sjøen var for det meste åpen ved utløpet fra ca. 600 m ndf. Revsnes.

Resultatene av målingen ovf. Storstraumen er vist i tabellene fig. 1 og 2.

Resultatene av målingene på Byglandsfjord er samlet i tabellene på fig. 3-5. På oversiktskart fig. 6 og 7 er målestedene avmerket.

Fig. 1.

Temperaturmålinger i Åraksfjord ved Frøysnes og Sandnes.

Sted	Frøysnes				Sandnes			
snø	4	4	4	4	0	0	0	0
ishøyde	3	3	2	4	5	5	4	4
sørpeis	7	8	6	9	4	7	4	8
istot.	50	50	47	49	47	55	45	50
Avst. i m fra v. b.	150	250	350	450	200	400	600	800
Dyp	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
iskant	0,12	0,10	0,10	0,08	0,09	0,15	0,19	0,24
1	0,12	0,10	0,10	0,08	0,14	0,15	0,19	0,24
3	0,21	0,20	0,19	0,15	0,18	0,16	0,24	0,24
5	0,24	0,20	0,19	0,18	0,18	0,21	0,24	0,26
7	0,29	0,24	0,22	0,21	0,27	0,26	0,26	0,26
10	0,43	0,54	0,40	0,31	0,42	0,35	0,26	0,35
12	0,82	0,90	0,83	0,57	0,92	0,96	0,45	0,45
13	1,29	1,51	1,32	1,18	1,41	1,57	1,36	1,40
14	1,84	2,02	1,93	1,96	1,81	1,91	1,93	2,07
15	2,25	2,37	2,34	2,36	2,33	2,37	2,40	2,37
18	3,06	3,03	3,06	3,02	3,13	3,21	3,12	3,09
20	3,30	3,36	3,30	3,34	3,50	3,46	3,42	3,46
28					3,87			
30				3,80	b=28m			
40	3,98	3,98	3,92	3,80		4,01	3,98	4,01
50	b=41m	4,04	4,04	b=40m		4,01		
60		b=52m	b=51m			b=55m	4,01	4,01
75						b=63m	4,01	
						b=75m		

Fig. 2.

	Åraksfjord 2/2-71							
snø	4	4	4	2	2	6	3	4
ishøyde	5	5	4	3	5	3	4	3
sørpeis	10	12	10	5	3	2	17	20
istot.	51	51	52	50	48	47	54	52
Avst. i m fra v. b.	300	500	700	900	1100	1300	1500	1700
Dyp	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
iskant	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
1	0,10	0,08	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
3	0,10	0,10	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	0,06
5	0,17	0,15	0,10	0,15	0,10	0,04	0,04	0,06
7	0,26	0,24	0,17	0,19	0,26	0,08	0,10	0,06
10	0,40	0,45	0,40	0,30	0,45	0,19	0,15	0,13
12	1,29	1,51	1,82	0,85	0,83	0,57	0,28	0,30
13	1,67	1,93	2,10	2,43	1,25	1,62	1,15	1,09
14	2,02	2,34	2,46	2,49	2,31	2,25	1,95	2,43
15	2,60	2,64	2,69	2,78	2,67	2,64	2,43	2,43
18	3,20	3,27	3,24	3,24	3,34	3,24	3,16	3,16
20	3,40	3,49	3,49	3,42	3,49	3,46	3,83	3,43
30					3,86	3,90	3,96	3,80
40	4,02	4,04	3,95	3,98	4,04	4,02	4,01	b=38m
50		4,12			4,08	4,08	4,01	
60	4,14		4,08	4,11	4,08	4,08	b=58m	
70	4,14	4,14			4,08			
75			4,08	4,12	b=73m	b=68m		
	b=78m	b=79m	b=77m	b=75m				

b = bunn

Fig. 3.

Byglandsfjord

	Nånes				Birnes			
snø	0	0	0	0	0	0	1	0
ishøyde	2	3	3	3	3	2	1	2
sørpeis	0	6	3	2	0	0	0	0
istot.	32	33	33	35	28	29	23	26
Avst. i m fra v. b.	200	350	500	650	200	350	500	650
Dyp	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
iskant	0,31	0,33	0,33	0,33	0,24	0,28	0,38	0,27
1	0,31	0,33	0,33	0,33	0,24	0,28	0,38	0,27
3	0,33	0,33	0,33	0,33	0,28	0,33	0,38	0,40
5	0,33	0,35	0,33	0,33	0,38	0,43	0,38	0,40
7	0,43	0,35	0,33	0,33	0,62	0,47	0,50	0,46
10	0,88	0,75	0,43	0,47	1,15	1,04	1,02	1,93
12	1,54	1,51	1,48	1,26	1,43	1,40	1,43	1,42
13	1,70	1,65	1,65	1,59	1,54	1,45	1,70	1,54
14	1,82	1,79	1,82	1,79	1,65	1,68	1,82	1,76
15	1,93	2,02	1,91	1,82	1,80	1,82	1,95	1,93
18	2,34	2,34	2,31	2,20	2,31	2,28	2,40	2,40
20	2,63	2,58	2,46	2,40	2,67	2,58	2,69	2,63
30		3,18	3,10	3,06	3,21	3,27	3,24	3,12
40	3,42	3,40	3,40	b=35m	3,40	3,42	3,22	3,33
50				b=48m				
60	3,61	3,61	3,55			3,42	3,58	3,61
70			b=64m			3,42	3,70	b=67m
80	3,73	3,67				b=70m	b=72m	
90	3,73	3,71						
	b=91m	b=91m						

Fig. 4.

Sundet mellom
Birnes og Frøyraf

Rakkene

snø	0	1	1	1	0	0	0	0
ishøyde	1	3	1	1	2	2	2	2
sørpeis	6	0	0	2	0	0	0	0
istot.	26	26	26	26	22	23	23	24

Avst. i m
fra v. b.

Dyp	75	150	225	300	200	400	600	800	1000
iskant	0,24	0,17	0,33	0,33	0,26	0,21	0,28	0,33	0,38
1	0,38	0,31	0,38	0,38	0,35	0,31	0,28	0,38	0,43
3	0,38	0,40	0,38	0,38	0,43	0,40	0,38	0,43	0,47
5	0,47	0,40	0,43	0,43	0,72	0,55	0,52	0,47	0,52
7	0,67	0,55	0,52	0,47	0,83	0,85	0,72	0,57	0,57
10	0,98	1,07	1,04	0,96	1,04	1,01	0,99	0,88	0,83
12	1,32	1,26	1,32	1,34	1,32	1,29	1,34	1,20	1,32
13	1,48	1,37	1,54	1,40	1,50	1,45	1,45	1,37	1,65
14	1,60	1,54	1,65	1,65	1,59	1,65	1,62	1,48	1,70
15	1,82	1,73	1,95	1,70	1,87	1,85	1,82	1,59	1,82
18	b=15m	2,37	2,34	2,34	2,28	2,49	2,40	b=15m	1,99
20		2,60	2,55	2,58	2,63	2,67	2,63		2,58
30		3,18	3,18	3,18	3,24	3,21	3,12		b=24m
40		b=32m	3,33	3,42	3,48	3,46	3,42		
50			b=44m	3,49	b=50m	3,61	3,64	3,64	
60					3,67	3,73	3,70		
68					b=68m	b=68m	b=68m		

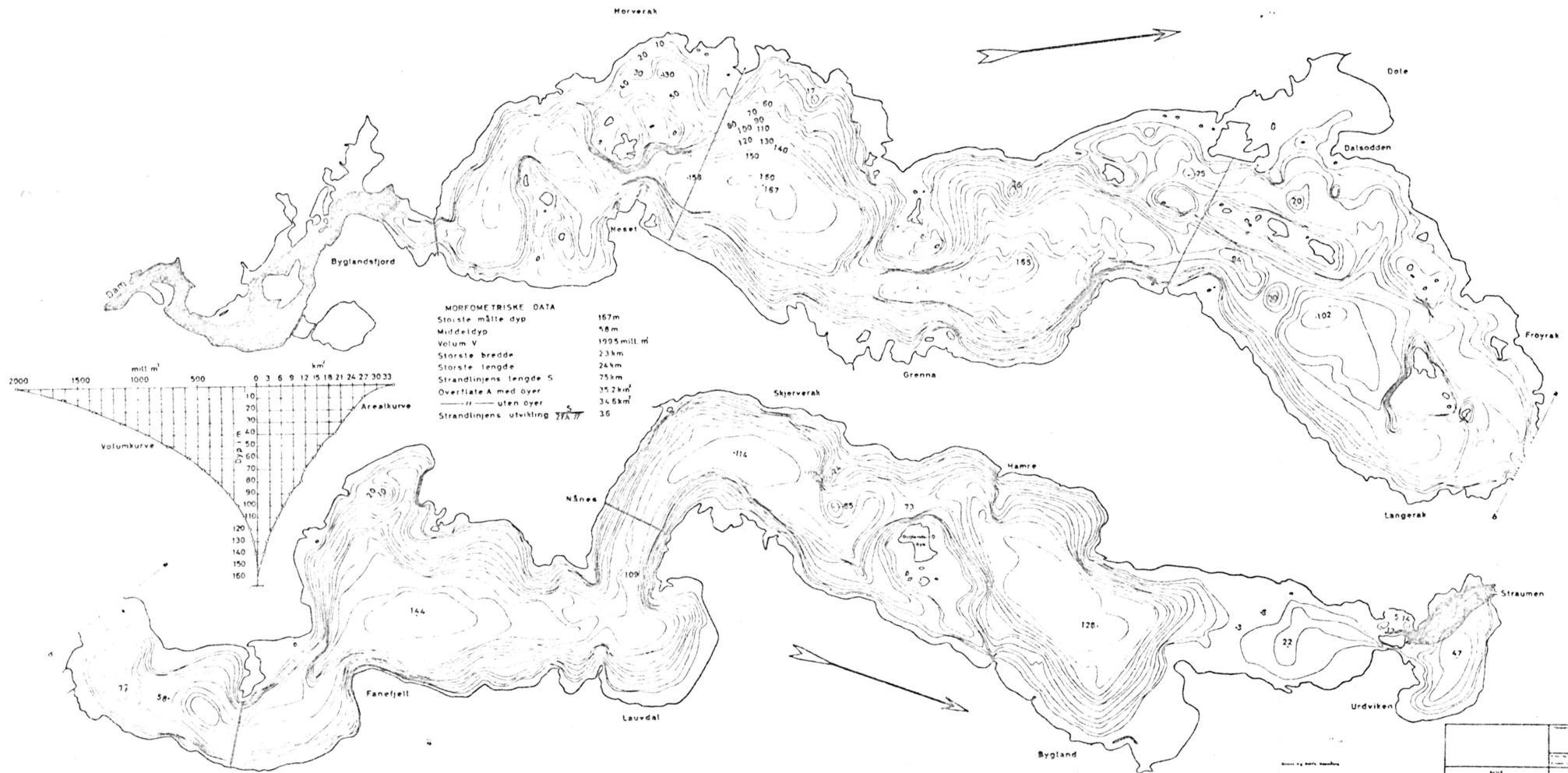
Fig. 5.

	Ca. 200 m ovf. Neset					Revsnes		
snø	0	0	0	0	0	0	0	0
ishøyde	1	1	2	1	2	1	1	1
sørpeis	0	0	0	0	0	0	0	0
istot.	20	25	24	22	25	15	19	16
Avst. i m fra v. b.	200	450	750	1050	1350	75	150	225
Dyp	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
iskant	0,50	0,52	0,33	0,62	0,60	0,45	0,52	0,52
1	0,50	0,55	0,62	0,62	0,60	0,50	0,57	0,57
3	0,55	0,62	0,62	0,62	0,60	0,52	0,57	0,60
5	0,67	0,65	0,62	0,62	0,60	0,52	0,70	0,60
7	0,77	0,70	0,67	0,67	0,62	0,62	0,75	0,65
10	1,09	0,96	0,88	0,80	0,67	0,80	0,90	0,80
12	1,34	1,40	1,18	1,07	1,32	1,96	1,40	1,54
13	1,51	1,56	1,34	1,34	1,54	2,25	1,73	2,16
14	1,73				1,65	2,37	2,13	2,25
15	1,91	1,91	1,70	1,88	1,82	2,37	2,31	2,37
18	2,37	2,34	2,28	2,28	2,28	b=17m	2,73	2,69
20	2,60	2,63	2,49	2,52	2,51		2,84	2,78
30	3,27			2,87	b=20m		3,18	3,12
40	3,52	3,49	3,46	3,49			3,46	3,40
50						b=47m	b=45m	
60	3,67	3,67	3,64	3,67				
70	b=67m							
80		3,73	3,70	3,73				
100		3,83	3,82	b=97m				
130		3,89	3,86					
	b= ?	b= ?						

DYBDEKART over BYGLANDSFJORD

Oppdrødt nov. 1958 ved NVE hydrologisk avd. H.o.N. 202.85m ved YM øst. Ekvidistanse 10m

500m 0 1 2 3km



Basis 1000 meters

NVE
Hydrologisk Avdeling
AO

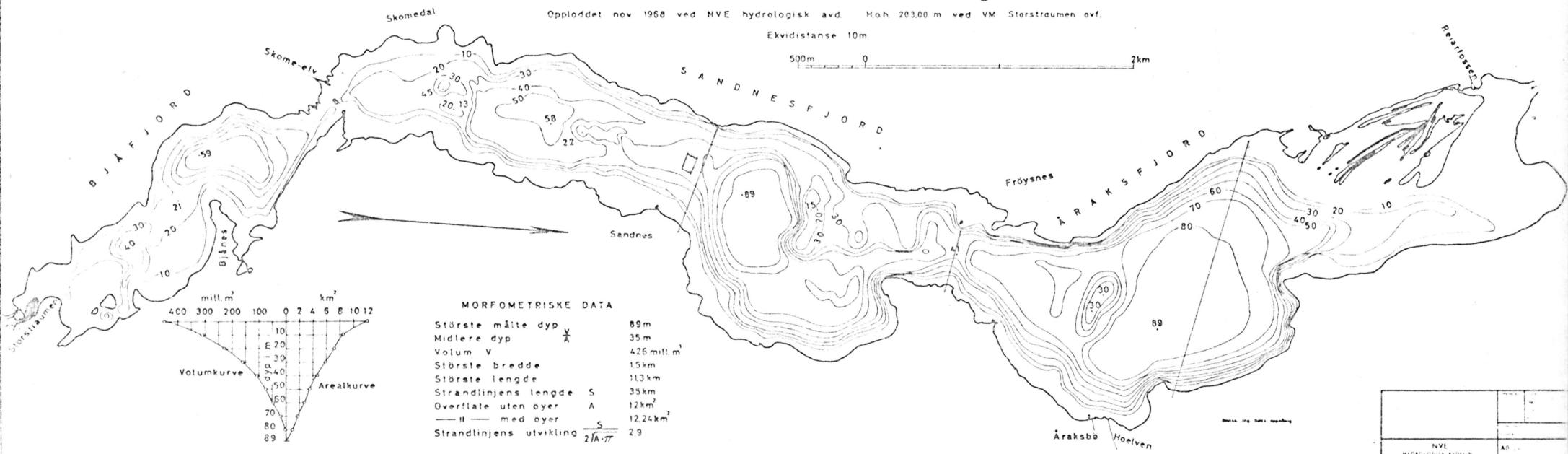
DYBDEKART
over
ÅRAKSFJORD SANDNESFJORD og BJÅFJORD

Opploddet nov 1968 ved NVE hydrologisk avd. H.h. 203.00 m ved VM Storstraumen øvf.

Ekvidistanse 10m

500m

2km



1	2
3	4
5	6
7	8

NVE
HYDROLOGISK AVDELING
AD

REISERAPPORT
BYGLANDSFJORD

OTRA - 115
16.-17. mars 1971

Med på befaringen var: E. Kanavin
R. Pytte

Isforhold

Byglandsfjord var stort sett pent islagt overalt bortsett fra følgende steder:

- et lite åpent parti nær osen ved Reiarfossen
- råk fra osen av Skjomeelv og langs venstre bredd til Bjånes
- åpent ved Storstraumen

Istykkelsen ble målt til 56-59 cm på Sandnesfjorden og 34-48 cm på Byglandsfjord. Det var forholdsvis liten forskjell på istykkelsen på de snøfrie feltene og under naturlige forhold. Se forøvrige vedlagte tabeller. Det hadde imidlertid vært svært lite snø denne vinteren.

Vanntemperaturforhold

Temperaturvertikaler ble tatt følgende steder:

- Sandnesfjord ved Sandnes (3 pkt)
- Byglandsfjord ved Fånefjell (1 pkt)
 - ved Berenes (3 pkt)
 - ved Rakkenes (3 pkt)

Stedene er avmerket på kart og resultatene gjengitt i vedlagte tabeller.

Feltene som ble holdt snøfrie var det midtre av målestedene ved Sandnes, målestedet ved Fånefjell og det midtre av målestedene ved Rakkenes.

I tillegg ble det foretatt følgende vanntemperaturmålinger i Otra og Byglandsfjord

- Berdals bru 1,2 °C
- Brokke, avløpsvannet, 1,55 °C
- Storstraumen, overfl. 0,52 °C
bunn 0,52 "
- Byglandsfjord, avløp ved dammen 1,12 °C

Oslo, 28. februar 1972

Randi Pytte Asvall
Randi Pytte Asvall

OTRA - 115

16.3.1971

Istykkelse og vanntemperaturvertikalerByglandsfjord ved - Fånefjell (snøfritt felt)

Berenes (3 punkter, naturlige felt)

Rakkenes (3 punkter, det midtre snøfritt)

	Fånefjell		Berenes			Rakkenes		
	snøfritt	østsiden	midten	vestsiden	østsiden	midten	vestsiden	
snø	5	5	5	5	5	5	5	
ishøyde								
sørpeis	6	10	7	6	10	10	10	
tot. ist.	34	48	41	37	42	41	40	
$t(^{\circ}C)$								
Dyp (m)								
1	0,56	0,52	0,52	0,56	0,45	0,56	0,74	
2	0,56	0,52	0,56	0,56	0,61	0,56	0,74	
3	0,61	0,52	0,56	0,56	0,65	0,56	0,74	
4	0,61	0,61	0,56	0,56	0,65	0,56	0,74	
5	0,65	0,61	0,56	0,61	0,69	0,69	0,74	
6	0,65	0,65	0,56	0,65	0,69	0,69	0,74	
7	0,69	0,65	0,56	0,65	0,69	0,69	0,74	
8	0,69	0,69	0,65	0,65	0,69	0,69	0,74	
9	0,74	0,69	0,74	0,65	0,74	0,69	0,74	
10	0,74	0,69	0,74	0,65	0,76	0,69	0,74	
11	0,74	0,69	0,76	0,65	0,99	0,80	0,74	
12	0,74	0,74	1,05	0,65	0,99	0,93	0,74	
13	1,16	1,00	1,30	1,12	1,12	1,10	0,93	
14	1,37	1,42	1,45	1,37	1,25	1,16	1,20	
15	1,54	1,67	1,71	1,54	1,37	1,37	1,34	
16	1,71	1,87	1,87	1,71	1,67	1,67	1,71	
17	1,90	2,02	1,90	1,97	1,90	2,06	1,94	
18	2,10	2,26	2,10	2,10	2,15	2,30	2,15	
19	2,19	2,38	2,26	2,30	2,42	2,42	2,35	
20	2,42	2,42	2,42	2,50	2,55	2,50	2,46	
25	2,80	2,80	2,78	2,80	2,90	2,85	2,75	
30	3,02	3,02	3,02	3,02	3,10	3,10	3,02	
35	3,18	3,18	3,15	3,18	3,18	3,18	3,18	
40	b=39		3,21		3,25	3,30	3,30	
45	3,30		3,30	3,30	3,40	3,40	3,30	
50	3,30		3,30	3,30	3,40	3,40	3,45	
55	3,45		3,40	3,45	3,48	3,45	3,45	
60	3,48		b=56	3,48	3,48	3,45	3,45	
65	3,48			3,48	b=63	3,45	3,45	
70	3,64			3,64		b=68	3,45	
	b=70			b=71			b=71	

OTRA - 115

17.3.1971

Is- og vanntemperatur

Sandnesfjord ved Sandnes

	østsiden nat.	midten snøfr.	vestsiden nat.
snø	6	6	6
sørpeis	7	6	9
tot. ist.	58	59	56

Dyp (m)	t($^{\circ}$ C)		
1	0,15	0,15	0,25
2	0,15	0,20	0,25
3	0,40	0,32	0,25
4	0,52	0,45	0,45
5	0,69	0,74	0,61
6	0,90	0,90	0,85
7	1,00	0,99	0,90
8	1,00	0,99	1,05
9	1,05	1,05	1,10
10	1,05	1,05	1,10
11	1,20		1,10
12	1,54	1,37	1,20
13	1,63	1,54	1,42
14	1,71	1,67	1,54
15	1,71	1,90	1,63
16	1,90	1,90	1,90
17	2,10	2,10	2,10
18	2,50	2,42	2,42
19	3,02	2,66	2,70
20	3,10	2,94	2,94
25	3,51	3,67	3,51
30	3,67	3,72	3,67
35	3,67	3,72	3,67
40	3,67		3,80
45	b=40,5	3,80	3,80
50		3,80	3,80
55		b=53	3,80
60			3,80
65			
70			3,80
			b=74

BYGLANDSFJORD - Vinter 1971

Total istykkelse

MND DATO	Jan.		Febr.						Mars						April			
	3	11	21	3	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	S	N	
SANDNES	Snøfr.	Nat.	Snøfr.	Nat.	Snøfr.	Nat.	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
FÅNEFJELL							46	44	43	46	56	52	58	58	59	53	52	52
RAKKENES							22	18	21	27	35	35	35	35	34	34	26	26
							23	17	24	33	45	44	44	41	39	23 ^x	31	

^x

Det er sannsynlig at dette er målefeil, skal muligens være 33

S= snøfritt felt

N= naturlig felt

OTRA

Vanntemperaturmålinger

16/3-71	Berdals bru	1,2 °C
16/3-71	Brokke avløp	1,55 "
17/3-71	Storstraumen overfl.	0,52 "
	bunn	0,52 "
17/3-71	Byglandsfjord - dammen	1,12 "

REISERAPPORT

OTRA - 115

BYGLANDSFJORD, øvre

5.3.1972

Det var lett snøvær, kulingbyger på fjellet og ca. -5°C . Temperaturen steg til omkring 0° utover dagen.

Følgende vanntemperaturer ble målt:

Berdals bru	$0,60^{\circ}\text{C}$
Flarenden bru - her var helt islagt	
Avløp fra Brokke	$0,98^{\circ}\text{C}$
Ose bru	$0,06^{\circ}\text{C}$, ved Ose bru var delvis islagt
Storstraumen	$0,21^{\circ}\text{C}$ ingen skikning

Det ble foretatt ismålinger og målt temperaturvertikaler i 2 punkter på Åraks-fjord (I og II), midtfjords ved Frøysnes (III) og midtfjords ved Sandnes (IV).

	I	II	III	IV
snø	26	26	26	26
overis	5,5	8,5	6	37
sørpe	4,5	1	2	0
tot. istykkelse	36	36	37	37
ishøyde	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

Resultat av temperaturmålinger finnes i bilag.

BYGLANDSFJORD, nedre

Det var $+1^{\circ}$, snøvær og noe vind.

På nedre Byglandsfjord ble det foretatt ismålinger og målt temperaturvertikaler midtfjords på følgende steder:

- ut for Bygland
- ved Nånes
- ved Berenes
- ut for Krokenes

Regelmessige ismålinger ble gjenopptatt på Byglandsfjord (observatør Nere Nerhus).

Det skal foretas ismålinger midtfjords på følgende steder

- Sandnes
- Nånes
- Berenes

OTRA - 115

- Rakkenes

og vanntemperaturmåling i Storstraumen.

Alle målinger skal utføres 3/gg i måneden. I isløsningstiden skal isforholdene kartlegges.

Vanntemperaturen ved broen i Byglandsfjord var

0,36 °C nær overflaten

0,44 " nær bunnen.

Ismålinger

	Bygland	Nånes	Berenes	Krokenes
snø	34	21	21	30
tørr sørpeis	6	10	11	13
tot. ist.	23	28	32	24
ishøyde	-5	-1	-3	-4

Resultatene av temperaturmålingene finnes i bilag, likeledes oversikt over isforholdene.

Oslo, 12. april 1972

Randi Pytte Asvall
Randi Pytte Asvall

Bilag: Temperaturmåling, termistorer
Kart over isforholdene.

Temperaturmålinger i Byglandsfjord 5. mars 1972

Dybde i m	1 °C	2 °C	3 °C	4 °C	5 °C	6 °C	7 °C	8 °C	målested
0	0,06	0,02	0,06	0,06	0,03	0,04	0,06	0,06	
0,5	0,06	0,02	0,06	0,06	0,03	0,04	0,06	0,07	
1	0,06	0,06	0,12	0,12	0,06	0,09	0,06	0,07	
1,5	0,06	0,06	0,12	0,12	0,07	0,11	0,06	0,11	
2	0,06	0,06	0,12	0,12	0,09	0,12	0,09	0,11	
3	0,06	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,16	
3,5	0,12	0,12	0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,16	
4	0,16	0,12	0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,17	
4,5	0,17	0,12	0,16	0,12	0,12	0,12	0,12	0,17	
5	0,18	0,14	0,19	0,12	0,16	0,16	0,16	0,22	
6	0,19	0,14	0,19	0,16	0,16	0,19	0,18	0,25	
7	0,19	0,16	0,19	0,16	0,18	0,19	0,19	0,25	
8	0,19	0,19	0,19	0,16	0,19	0,19	0,22	0,27	
9	0,22	0,25	0,19	0,19	0,21	0,19	0,25	0,30	
10	0,32	0,32	0,19	0,25	0,23	0,22	0,28	0,35	
11	0,38	0,45	0,25	0,28	0,26	0,25	0,45	0,38	
12	0,51	0,64	0,35	0,38	0,38	0,32	0,57	0,40	
13	0,84	1,17	0,51	0,54	0,54	0,57	0,70	0,51	
14	1,37	1,50	0,84	0,90	0,74	0,77	0,84	0,64	
15	1,63	1,70	1,37	1,43	0,90	0,90	0,97	0,70	
16	1,70	1,77	1,70	1,70	1,03	1,05	1,10	0,90	
18	1,91	1,91	1,84	1,91	1,20	1,37	1,43	1,30	
20	2,04	1,97	1,94	1,97	1,53	1,63	1,70	1,70	
25	2,15	2,11	2,18	2,11	2,18	2,04	2,11	2,18	
30	2,32	2,25	2,29	2,25	2,39	2,39	2,46	2,60	
35	2,42	2,39	2,42	2,46	2,60	2,60	2,60	2,92	
40	2,60	2,60	2,60	2,60	2,74	2,71	2,74	3,10	
45	2,74	2,78	2,74	41 bunn	2,81	2,81	2,81	3,24	
50	2,95	2,95	2,81		2,92	2,88	2,95	3,31	
60	3,24	3,24	50 bunn		3,10	3,02	3,02	3,38	
70	3,46	3,36			3,24	3,10	3,20 b.	3,46	
80	72 bunn	73 bunn			3,35	3,38		3,53	
90					3,42	94 bunn		3,53	
100					3,49			3,57	
110					102 bunn			3,60	
120								3,60	
							128 bunn		

DYBDEKART over BYGLANDSFJORD

Oppleddet nov. 1958 ved NVE hydrologisk avd. H.o.H. 202,68m ved YM øvt. Ekvidistanse 10m

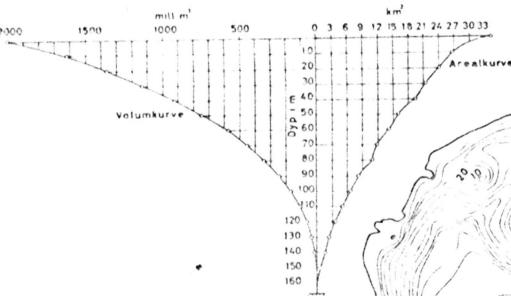
500m 0 1 2 3km

Hørverak

Dale

Dam

Byglandsfjord



MORFOMETRISKE DATA

Største målte dyp
Middeldyp
Volum V

167m
58m
1995 mill m³

Største bredde
Største lengde
Strandlinjens lengde S

23km
24km
75km

Overflate A med over

35,2 km²

uten øyer

34,6 km²

Strandlinjens utvikling ZTA

36

Arealkurve

km²

0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33

mill m³

0 1000 2000 3000

500 1000 1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

1000 1500 2000

1500 2000

2000 1500 1000 500

0 500 1000 1500 2000

