

MATERIALBALANSEMÅLINGER 1963

ved

endel breer i Syd- og Nord-Norge.

En glaciologisk-hydrologisk undersøkelse av akkumulasjon og ablasjon ved Ålfotbreen, Nigardsbreen, Gråsubreen, Blåisen og Storsteinsfjellbreen.

Utarbeidet

ved

Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling

av

Vibjørn Karlén og Gunnar Østrem

Oslo i desember 1963.



Utsikt fra Storsteinsfjell mot vest.

I forgrunnen en liten del av Storsteinsfjellbreens firnområde, i bakgrunnen skimtes Vestfjorden.

Det mørke fjellet til venstre er Kuinarčokka (1796 m.o.h.) like nord for Losivatn. Bildet, som er tatt i september 1963, viser at Storsteinsfjellområdet er usedvanlig brerikt.

I n n h o l d.

	Side
Forord	2
Innledning	3
Undersøkelse av materialbalansen	4
Ålfotbreen	6
Nigardsbreen	12
Gråsubreen	18
Blåisen	21
Storsteinsfjellbreen	25
Glacijasjongsgrensen	25
Kartlegging av brefelter	27
Sammenfatning	29
Litteraturliste	31
Figurfortegnelse	34

Forord.

Da Den hydrologiske avdeling startet en detaljert undersøkelse av Nigardsbreens materialomsetning i 1962, viste det seg at breen har en betydelig innvirkning på vassdragets hydrologi.

Når en del av et nedslagsfelt er bredekket, vil tilstedeværelsen av de store ismasser virke som et magasin der menneskets vilje til å regulere avløpet helt settes ut av spillet. Hvis sommeren blir varm, avgir breen en mengde ekstra vann til vassdraget, men hvis sommeren blir kald, kan breen tilbakeholde en stor del av årsnedbøren og isteden addere den til sin egen masse.

Det var dette siste forhold som inntraff i 1962 - breene absorberte en betydelig del av vinterakkumulasjonen og berøvet vassdragene betydelige vannmengder.

I år har breene i Syd-Norge igjen skjenket våre vassdrag ekstra tilskudd av smeltevann, og derved virket som flerårsmagasiner i de berørte felter. I Nord-Norge sør det derimot ut til at breene har vært praktisk talt i likevekt.

For nærmere å belyse disse spørsmål med konkrete tall, er detaljerte undersøkelser igangsatt ved en rekke av våre breer, og resultatet av målingene vil nu bli presentert i form av rapporter. Nærværende rapport omhandler først og fremst Ålfotbreen, Nigardsbreen, Gråsubreen, Blåisen og Storsteinsfjellbreen, mens undersøkelsene av Folgefonni og Hardangerjøkulen vil bli beskrevet av andre forfattere.

En spesiell takk rettes til Flyvåpenet som hjalp til med transport av utstyr ved Nigardsbreen, og til Norges Geografiske Oppmåling som medvirket ved arbeidene i Nord-Norge. Feltarbeidet er vesentlig utført av konstruktør Karlén som også har foretatt de fleste beregningene. Figurene er rentegnet av fru A. Santa.

Oslo i desember 1963.

Gunnar Østrem.

Innledning.

De årlige variasjoner i vinternedbør og sommertemperatur vil sette sitt preg på breenes materialhusholdning, og hvis breen har hatt en lang rekke år med negativ materialbalanse, vil dette gi seg synlig tilkjenne nede ved bretungen. Breen vil "trekke seg tilbake". En slik tilbakegang har vært meget vanlig ved de skandinaviske breene i de siste 30-40 år, og den tilskrives en forbedring av klimaet.

Når breen på denne måte "trekker seg tilbake", minsker den også i volum, og denne minskning av ismassene tilsvares av en økning av vassføringen i de nedenfor liggende vassdrag.

Størrelsen av dette ekstra tilskudd av smeltevann fra isen vil naturligvis variere fra år til år, avhengig av de meteorologiske forhold. Som vist i fjorårets rapport fra undersøkelsene ved Jostedalsbreen (Østrem og Karlén, 1962) kan det dreie seg om betydelige mengder, og i år har vi i et tilfelle (Ålfotbreen) forsøkt å beregne hvor stor prosentvis økningen i vassføringen kan bli i et begrenset nedslagsfelt, som følge av breens massetap (se side 10.). Så snart observasjonene fra de nylig oppsatte limnigrafer i brefeltene blir fullstendige, vil vi få et større og solidere grunnlag for å utføre slike beregninger.

Som nevnt vil bretungens stilling kunne gi opplysninger om breens materialbalanse. Men det har dessverre vist seg at breen reagerer ganske langsomt, og en variasjon i materialbalansen vil derfor ikke umiddelbart kunne observeres som en tilsvarende variasjon i bretungens stilling. Det er alltid en viss tidsforskyvning, slik at bretungen reagerer først flere år senere. Liestøl har studert bretungens variasjon ved Briksdalsbreen, en arm av Jostedalsbreen, og funnet at det tar ca. 4 år før en variasjon i materialbalansen gir seg utslag i variasjoner nede ved tungen. (Liestøl 1961 p. 29). For de fleste breer er antagelig tidsforskjellen betydelig større.

Observasjoner av bretungens stilling har i Norge vært foretatt i over 60 år, allerede omkring århundreskiftet igangsatte

Rekstad og Øyen slike målinger ved en rekke breer i Jotunheimen, på Vestlandet og i Nord-Norge (Hoel og Werenskiold 1962, p. 17-18). Dette arbeide ble senere fortsatt av bl.a. Werenskiold og Fægri, og er nu helt overtatt av Norsk Polarinstitutt. Det foreligger derfor en lang observasjonsrekke av iskantens variasjoner ved et stort antall breer - et materiale som har vært utnyttet av flere forskere ved studier av klimafluktuasjonene. (Se f.eks. Ahlmann 1953).

Ved en del breer i Nord-Sverige er det høsten 1963 igangsatt målinger av bretungens stilling ved hjelp av flyfotografering fra lav høyde. Som referensepunkter er noen store stener malt hvite, og deres innbyrdes beliggenhet innmålt med teodolitt. Det er meningen at nye fotograferinger skal foretas hver høst. (V. Schytt, pers.medd.)

På oversiktskartet (fig. 1) er beliggenheten av alle glaciologiske målesteder i Skandinavia markert med røde symboler.

Undersøkelser av materialbalansen.

Som ovenfor nevnt vil observasjoner av bretungen alene ikke kunne gi detaljerte opplysninger om breens materialhusholdning fra år til år, til dette trenges direkte målinger av akkumulasjon og ablasjon (avsmeltning) på hele breens overflate.

Slike målinger er i Skandinavia først blitt utført i den aller seneste tid, i Norge fra år 1948 da Polarinstituttet påbegynte målingene på Storbreen i Jotunheimen, i Sverige fra 1946 da Ahlmann, Woxnerud og Schytt igangsatte målingene på Storglaciæren i Kebnekajse (Ahlmann 1949, p. 106-107).

Ved studier av materialbalansen må man måle all den nedbør i fast form som tilføres breen i vinterperioden, og deretter måle mengden av den is og snø som fjernes fra breen (ved smelting og evt. avdunstning) i sommerperioden. Forskjellen mellom disse (total akkumulasjon, resp. total ablasjon) gir den såkalte nettobalansen som er et uttrykk for breens tilstand - om den har økt i masse eller minsket i løpet av det glaciologiske år som er observert. Vanligvis regner man det

glaciologiske år fra omkring midten av september ett år til omtrent samme tid neste år. Hvis det er en lang, varm høst, kan en viss forskyvning i nevnte datum foretas, slik som tilfellet var i Nord-Norge 1963. Da var smeltingen fremdeles i gang på Blåisen og Storsteinsfjellbreen omkring midten av september, så for disse breer må begynnelsen av oktober regnes som skillet mellom målingene 1962/63 og 1963/64.

Både av ovenfor nevnte årsaker og av praktiske grunner, er det nesten umulig å avslutte "regnskapet" for alle landets observerte breer på en og samme dato, nedenfor er det derfor i hvert enkelt tilfelle angitt hvilken tid som er medregnet i breens budsjettår. Eventuell smelting som skjer etter denne tid, blir automatisk regnet til neste års bre-regnskap. Ved Nigardsbreen er det f.eks. vanlig at smelting skjer meget langt ut over høsten, da tungens nederste deler ligger så lavt. En slik avsmeltning overføres alltid til neste års regnskap.

Videre er det i praksis meget vanskelig å ta med tilfeldige sommersnøfall i tallene for akkumulasjon og ablasjon. Vanligvis smelter denne snøen igjen etter noen timer eller dager, og vannet renner bort fra breen på samme måte som regnvann. Nedbør i form av regn om sommeren tas jo ikke med i breens materialbalanse, og små sommersnøfall der snøen hurtig smelter igjen, kan normalt ikke observeres. Man måtte i så fall foreta daglige målinger på breen, noe som vanligvis ikke er gjennomført i praksis. Breens nettobalanse påvirkes ikke heller av en slik nedbør, da den jo eventuelt måtte innregnes både i tallene for akkumulasjon og for ablasjon. (Jfr. Meier 1962 p. 253.) Muligens kan mengden av den nedbør i fast form som eventuelt faller i ablasjonssesongen beregnes og legges til tallene for akkumulasjon og ablasjon, men en slik beregning er ikke utført for de breer som omtales i denne redegjørelse. Det faktiske avløp fra en bre blir derfor summen av den målte ablasjon og nedbøren i ablasjonsperioden, evt. med et lite avdrag for avdunstning og et lite tillegg for kondensasjon.

Å l f o t b r e e n .

Norges vestligste bre er Ålfotbreen, som består av 3-4 helt adskilte større breområder og et par mindre breer (se brekartet bak i heftet). Området syd for den ytre del av Nordfjord hører til de nedbørrike i landet - ifølge Vassdragsvesenets avløpsmålinger finner vi her de absolutt største spesifikke avløp (150 - 160 liter pr. sek. pr. km²) som er målt i landet (Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen 1956 og 1958, p. 171).

Ikke minst av denne grunn er det av meget stor interesse å få undersøkt materialomsetningen på et av de breområder som ligger i denne eksepsjonelt fuktige del av landet. Man kan her vente seg å finne en større materialomsetning enn ved noen annen bre i Norge. Ålfotbreen ligger som den ytterste representant for en marin bre i den tverrprofil som strekker seg østover via Jostedalsbreen til Jotunheimens mere kontinentalt pregede bretyper, der Gråsubreen danner profilens annen ytterlighet. (Se videre diskusjon under avsnittet "Glaciasjonsgrensen".)

På liknende måte som ved Jostedalsbreen vil det i praksis være meget vanskelig å gjennomføre nøyaktige målinger av Ålfotens samtlige breområder. Derfor er et mindre, noenlunde veldefinert område valgt ut som undersøkelsesområde. Valget ble diktert ut fra to viktige faktorer: Adkomstmuligheter og eksistensen av gode kart. Dessuten måtte naturligvis også mulighetene til å foreta en rimelig avgrensning av dreneringsområdet vurderes - Ålfotens breer er jo for det meste av platåtypen der flere brearner har et felles firnområde.

På oversiktskartet, fig. 1, er vist hvor den undersøkte del av breen ligger, og på et detaljkart (fig. 2) er breens form og størrelse nærmere angitt. I alt omfatter undersøkelsesområdet 4.75 km². Det samlede areal av bredekkede felter i Ålfoten kan f.t. ikke angis, da denne delen av landet ikke er dekket av tidsnæssige kart. Bare en mindre del av breområdene er kartlagt i samband med utbyggingsplanene for Åskåra kraftverk.

Kartene bygger på flyfotogrammetrisk grunnlag og er meget detaljerte med en ekvidistanse på 10 meter. Det er disse spesialkart som ligger til grunn for figurene i denne redegjørelse. Ved ekstrapolasjon av de målte verdier for akkumulasjon og ablasjon på den undersøkte del av Ålfotbreen, vil det eventuelt være mulig å skaffe hydrologiske data for en større del av breen, se nedenfor. I denne forbindelse kan nevnes at en limnigraf er montert i avløpet fra den undersøkte delen av breen, og en annen limnigraf i en nærliggende elv der nedslagsfeltet stort sett er brefritt. Dette er gjort for blant annet å kunne kontrollere de funne verdier for breens nettobalanse.

Akkumulasjon.

Da man kunne vente betydelige snømengder på Ålfotbreen, ble akkumulasjonsmålingene igangsatt allerede i november 1962, da 20 aluminiumstaker ble utplasert på breen. Senere ble disse staker observert i løpet av vinteren, og det viste seg snart nødvendig å komplettere stakene da de enten blåste ned eller ble halt borte i de store snømengder som etter hvert falt på breen.

Den 23. mai ble vinterens samlede akkumulasjon målt. Da hadde smeltingen så vidt begynt på breens nedre deler, men snølaget var ennå ikke oppvarmet til 0° tvers igjennom, bortsett fra de aller laveste nivåer. Temperaturiakttagelser ble foretatt i de 2 sjakter som ble gravet for å bestemme snøens tetthet. I den øverste sjakten (1380 m.o.h.) ble negative temperaturer påtruffet i 2 meters dyp, mens snøen i den laveste sjakten (1220 m.o.h.) var nullgradig helt ned til isen. I denne sjakt hadde største delen av snøen oppnådd en tetthet av vel 0.5 g/cm^3 , en betydelig økning siden slutten av mars, se fig.3.

Snødypet kunne ikke bestemmes ved sondering på grunn av foregående års dårlig utviklede sommeroverflate. Akkumulasjonen ble derfor målt ved avlesninger på de staker som var utsatt på breen (i alt 27 stk. se kartet fig. 2). Det maksimale snødypet ble funnet nær breens høyeste punkt, det var ganske eksakt 6 meter snø med en samlet vannverdi av ca. 300 cm.

Da Meteorologisk Institutt's snøakkumulasjonskart (Jakhelln 1951) pr. 30. april 1963 viser en nedbørsprosent i dette område på 60% av det normale i akkumulasjonsperioden (på 1200 meters nivå) er det tydelig at disse 6 meter snø representerer en relativt liten snømengde på Ålfotbreen!

Den målte akkumulasjonen er, etter omregning til vannverdi, avsatt på et kart, se fig. 4. Etter planimetering av de forskjellige høydeintervaller, er akkumulasjonens variasjon med høyden ført opp i en tabell (side 9) og fremstillet grafisk, se fig. 5, høyre del.

I alt ble det på denne del av Ålfotbreen akkumulert en materialmengde tilsvarende 11.8 mill. m³ vann eller, jevnt fordelt over hele breen, nesten 2,5 meter vann i løpet av vintersesongen 1962-1963.

Ablasjon.

For å bli i stand til å måle avsmeltingen av de store mengder is det her kunne bli tale om, ble lange kjeder av sammenlenkede aluminiumstaker satt ned i 20 - 25 meter dype hull i breen, boret med smeltebor. Den tunge smeltebor-utrustningen ble på sommeren fløyet opp til Store Åskåra, der en liten observasjonshytte tidligere er oppført. I alt 16 staker ble på denne måte satt dypt ned i isen.

Ablasjonsperiodens slutt er satt til siste del av oktober, da samtlige staker ble avlest. Ved dette tidspunkt var det allerede kommet en del nysnø og det forutsattes at noen ytterligere smelting av betydning neppe ville forekomme i 1963.

Resultatet av ablasjonsmålingene vises på fig. 5, venstre del, og i tabellen på side 9 hvorav det bl.a. tydelig framgår at avsmeltingen er sterkt avhengig av høyden over havet, noe som også Schytt tidligere har påpekt (Schytt 1962, p. 337).

I alt ble 17 mill. m³ vann berøvet breen i løpet av sommeren 1963, dette tilsvarer et vannlag på over 3.5 meter jevnt fordelt over den undersøkte delen av breen. Den maksimale avsmelting på tungen var vel 6.5 meter eller over 7 meter is.

Materialbalansen.

På Ålfotbreen er materialbalansen 1962/63 klart negativ, idet nettoresultatet av de ovenfor nevnte "inntekter og utgifter" blir et massetap på ca. 5.2 mill. tonn eller, jevnt fordelt over hele den undersøkte breflate, et tap av et 1.1 meter tykt vannlag. Dette vann kommer som et tillegg til den "naturlige" avrenning i det nedenfor liggende vassdrag. Ved beregninger av den del av elvens vannmengde som skriver seg fra nedbøren, må man derfor foreta en reduksjon i forhold til nedslagsfeltets breprosent og ovenfor angitte massetap (eller foreta en høydemessig fordeling av massetapet i henhold til nedenstående tabell).

Ålfotbreen 1962-63.

Materialbalanse.

Høydeintervall i m.o.h.	Areal i km ²	Brutto- akkumulasjon		Brutto- ablasjon		Netto budsjett	
		total ₃ mill.m ³	Spec. m	total ₃ mill.m ³	Spec. m	totalt ₃ mill.m ³	Spec. m
900 - 950	0.11	0.30	2.7	0.72	6.5	-0.42	-3.8
950 - 1000	0.16	0.35	2.2	0.88	5.5	-0.53	-3.3
1000 - 1050	0.31	0.67	2.2	1.66	5.4	-0.99	-3.2
1050 - 1100	0.40	0.89	2.2	1.80	4.5	-0.91	-2.3
1100 - 1150	0.50	1.13	2.3	2.25	4.5	-1.12	-2.2
1150 - 1200	0.51	1.16	2.3	1.79	3.5	-0.63	-1.2
1200 - 1250	0.64	1.52	2.4	2.24	3.5	-0.72	-1.1
1250 - 1300	0.84	2.22	2.6	2.52	3.0	-0.30	-0.4
1300 - 1350	1.02	2.81	2.8	2.51	2.5	+0.30	+0.3
1350 - 1400	0.26	0.72	2.8	0.63	2.4	+0.09	+0.3
Sum	4.75	11.77	-	17.00	-	-5.23	-

Som vi ser har Ålfotbreen negativ netto balanse opp til 1300 m.o.h., d.v.s. under dette nivå har all vintersnø plus ytterligere en del av selve breen smeltet bort. Ovenfor nevnte nivå ligger fremdeles litt av vinterens akkumulasjon igjen på breen, og vil heretter danne en del av dens masse. Disse forhold er også grafisk framstilt på figur 6.

Beregninger av ekstra vanntilskudd fra breen.

I det nedslagsfelt som hører til den planlagte utbyggingen av Åskåravassdraget er i alt 12.51 km^2 dekket av breer. Denne bre-overflate fordeler seg med 4.20 m^2 på Store Åskåras nedslagsfelt, og 4.75 km^2 på det lille vassdraget umiddelbart vestenfor. Resten, 3.56 km^2 , ligger i Sjørdalsvannets nedslagsfelt, dog under forutsetning av at "vann 997" blir overført til dette felt. (For samtlige stedsangivelser henvises til "Kart over Ålfotvassdraget", utarbeidet ved Studieselskapet for Undersøkelse av Sør-Norges Kraftkilder, tegning nr. 1434.)

Da bare en mindre del av ovennevnte bredekte område er detaljundersøkt ved de ontalte bremålinger, må man ekstrapolere de målte verdier til resten av brefeltet for å finne hvor meget vann breen har avgitt til det aktuelle, samlede nedslagsfelt. Derved er den såkalte nettobalansekurven (se fig. 6) brukt, og ekstrapolasjon er foretatt for hvert 50-meters høydeintervall i de aktuelle områdene.

Resultatet av denne ekstrapolasjen blir at de to breområder (som ikke er målt direkte) har avgitt 7.1 og 5.6 mill. m^3 vann, respektive. Dette er et netto-tap for breen, og kommer altså i tillegg til den "normale" vassføringen i nedenforliggende elver. Sammenlagt har altså breens massetap tilført Åskåra kraftverks nedslagsfelt en ekstra vannmengde på ca. 18 mill. m^3 i bre-budsjettåret 1962/63. Hvis breens materialbalanse hadde vært i likevekt, ville disse 18 millioner m^3 ikke vært avgitt, og vassdragene ville kun ha ført det vann som er direkte betinget av årsnedbøren i området. - Et annet år, da kanskje breen har en positiv materialbalanse, vil vann kunne bindes i breen og vassføringen derved bli enda mindre.

For nå å se hvor stor rolle de nevnte 18 mill. m^3 spiller i relasjon til årsnedbøren i området, burde man hatt fullstendige limnigrafregistreringer å støtte seg til. Men da slike ikke foreligger ennå, må man forsøke å bruke observasjoner fra nærliggende nedbørstasjoner, og foreta en slags korrelasjonsregning.

Beregninger er foretatt for det midterste feltet, der 4.75 km^2 er bredekket og 3.81 km^2 er brefritt. Fra det bredekkede område er 17.0 mill. m^3 vann kommet som et resultat av smelting av vintersnøen pluss smelting av en del breis. Dertil har det falt en del regn på breen i løpet av sommeren, og dette kommer som tillegg til det ovenfor nevnte kvantum (som er målt direkte). Denne sommernedbør er ikke målt, men kan omtrentlig beregnes på følgende måte:

Man antar at den gjennomsnittlige vinternedbøren (som snø) og sommernedbøren (som regn) oppe ved breen, står i samme proporsjon til hverandre som nedbøren i vintermånedene (oktober - mai) og sommernedbøren (juni - september) nede ved nedbørstasjonene. Ontrent ~~20~~³⁸ % av hele årets målte nedbør ved de fire stasjoner (Ålfoten, Davik, Svelgen og Solheim) viste seg å falle i månedene juni - september.

Dette betyr at vi ut fra akkumulasjonsmålingene på breen kan finne den omtrentlige mengde regn som må ha falt der oppe i samme periode (altså sommerperioden). Vi har beregnet at dette kvantum utgjør ontrent 5.2 mill. m^3 på breens 4.75 km^2 . Det samme breområde har avgitt totalt 17.0 mill. m^3 i løpet av sommeren. Sammen med sommernedbøren bør det derfor ha rent bort 22.2 mill. m^3 vann fra breen.

Hvis videre terrenget omkring selve breen har fått samme gjennomsnittlige årsnedbør som breen, bør i alt 13 mill. m^3 ha falt på det 3.81 km^2 store brefrie område. Ved limnigrafen skulle det således ha passert en total vannmengde på 35 mill. m^3 .

Breens nettotap - som altså er et ekstra tilskudd til nedslagsfeltets "normale avrenning" - viste seg i år å bli 5.23 mill. m^3 . Dette er ikke mindre enn ca. 15 % av den totale årsavrenningen i dette nedslagsfelt som dog har en usedvanlig stor breprosent (55 %). I felter med en mindre breprosent, blir tallet i år naturligvis mindre, men et annet år med en varmere sommer, vil breavsmeltingen med sikkerhet kunne bety enda mer for vassdragets hydrologi enn eksemplet ovenfor viser.

N i g a r d s b r e e n .

Den inngående undersøkelse av Nigardsbreens materialhusholdning som ble igangsatt i 1962 er blitt fortsatt etter de samme retningslinjer, men med forsøk på å øke nøyaktigheten i resultatene. Dette er søkt oppnådd ved å øke tettheten av observasjonspunktene hvorved det blant annet vil være mulig å få et mere detaljert bilde av akkumulasjonens fordeling over breen.

På grunn av den kjølige sommeren 1962 kunne man vente at sommeroverflaten i breens firnområde ville bli meget dårlig utviklet, og de sonderinger som vanligvis foretas på våren, ville det bli vanskelig eller kanskje umulig å få utført. Derfor ble det besluttet å forsøke å følge akkumulasjonens utvikling i løpet av vinteren ved at alle nedsatte staker i firnområdet ble forlenget etter hvert som snølaget økte på breen. Videre ble det plassert ut plater av hårdt fibermateriale (Huntonitt) på sommerens snøoverflate (altså "sommerflaten" 1962) slik at en sondering senere skulle bli mulig. Da platene ble forankret til stakene, ville det ikke by på noen større problemer å finne dem igjen til våren.

Det stakenett som var satt ut foregående sesong, ble utvidet spesielt i firnområdets sydlige del og ellers på de deler av breen hvor det første års undersøkelser hadde vist seg å være noe mangelfulle. Kartene over akkumulasjon og ablasjon i sesongen 1962/63 er derfor blitt mere detaljerte og mer nøyaktige enn tilsvarende kart fra det foregående år da undersøkelsene ble startet.

Det viser seg ofte vanskelig å foreta en helt detaljert undersøkelse av en bre når ingen målinger tidligere er foretatt av akkumulasjonens fordeling på breen. Først når man har fått en del opplysninger om beliggenheten av de typiske ujevnheter som pleier forekomme (som regel betinget av vindforholdene på breen), kan man planlegge målepunktene tetthet og fordeling på en slik måte at de kritiske områdene kan bli spesielt godt undersøkt. Det viser seg nemlig at mønstret i akkumulasjonens fordeling på en bre pleier å beholde visse felles trekk fra år til år (Schytt 1962, p. 337).

Da metodikken for målingenes utførelse på breen og de etterfølgende beregninger er utførlig omtalt i en tidligere rapport (Østrem og Karlén 1962 p. 169-194), skal vi her kun se på de resultater som er fremkommet ved årets målinger. I slutten av rapporten skal vi så sammenlikne disse resultater med de observasjoner som er foretatt på en rekke andre breer i løpet av samme glaciologiske år (1962-63), og diskutere dem i lys av glaciasjonsgrensens høyde, breens avstand fra kysten etc.

Akkumulasjonen.

På breens nedre del ble akkumulasjonen bestemt ved sonderinger med 50 meters mellomrom langs rette linjer, sonderingsprofiler. I alt ble snødypet målt i 121 punkter på tungen og tettheten bestemt i 3 sjakter. Beliggenheten av sonderingsprofiler og sjakt er angitt på fig. 7.

I firmonrådet viste det seg vanskelig å følge akkumulasjonen på de staker som var satt ut tidligere - i løpet av vinteren forsvant ikke mindre enn halvparten av samtlige staker over 1300 m.o.h. Det er sannsynlig at kraftige stórner har bøyd stakene ned, og at de senere er blitt begravd i snøen. Det er mulig at stålrør bedre vil kunne motstå rinfrostens vekt og vindens påkjenninger, så en utbytting av aluminiumstakene mot stålrør er nå planlagt.

I mars 1963 ble de ennå synlige stakene avlest (i alt 12 stk.), men da dette antall observasjoner var alt for lite for å kunne opprette et akkumulasjonskart, måtte stakeavlesningene kompletteres med direkte målinger av snølagets tykkelse. Da sondringer ikke kunne utføres, måtte snødypet enten bestemmes ved å grave en rekke sjakter, noe som i den 3 - 5 meter dype snøen ville kreve en meget stor arbeidsinnsats, eller på annen måte. Det ble da forsøkt å foreta kjerneboringer ned til fjordårets sommeroverflate. Denne viste seg å kunne identifiseres ganske godt i de opptatte borekjerner, og snødypet kunne derved fastlegges i ytterligere 24 punkter. Tettheten ble bestemt på vanlig måte ved å ta kontinuerlige, vertikale snøprøver i sjakter som ble gravet ned til sommeroverflaten.

Da akkumulasjonen på de høyest liggende deler av breen fortsetter til langt ut i mai, er det nødvendig å gjøre en ytterligere

akkumulasjonsmåling ved denne tid i firmonrådet. Snøen på tungen har da for lengst smeltet, og derfor må akkumulasjonsmålingene foretas to ganger på våren.

Den såkalte tilleggsakkumulasjon ble lettvint bestemt ved at harde fiberplater ble lagt ut på snøen samtidig med hovedmålingene i mars, og ved sonderinger i mai kunne tykkelsen av den sist ankomne snø lett bestemmes. Snøens temperatur i mai var frendeles negativ bortsett fra et tynt lag i overflaten.

I nivået mellom 800 og 1300 meter har Nigardsbreen sine kraftige brefall, og direkte målinger i dette område er nesten umulig å gjennomføre. Derfor må akkumulasjonen her bestemmes ved grafisk interpolasjon mellom resultatene av målinger nedenfor og ovenfor brefallene. Da nevnte område bare utgjør 6.3 % av hele breens overflate, blir de feil man derved kan komme til å gjøre, relativt små. Den beregnede akkumulasjon i nivået 800-1300 meter utgjør nemlig bare 2.5 % av breens totale akkumulasjon dette år.

Den totale akkumulasjonen er inntegnet på akkumulasjonskartet, fig. 8. På liknende måte som i 1962 er akkumulasjonen i de forskjellige høydeintervall beregnet, og resultatet satt opp i en tabell.

I alt ble det på Nigardsbreen akkumulert en snømengde tilsvarende 79 mill. m³ vann, som ved en jevn fordeling over hele breen ville gitt et vannlag på 1.87 meter. Dette er temmelig nøyaktig 1 meter mindre enn foregående sesong, eller 65 % av akkumulasjonen 1961-62.

Vinternedbøren 1962-63 var relativt liten, ifølge snøakkumulasjonskartene for 1200 m-nivået bare 30-35 % av det normale, mens tilsvarende tall for 1961-62 var hele 85-90 %. Da disse tall ikke er direkte brukbare for Nigardsbreens store høydeforskjeller, viser de dog tydelig at forholdet mellom de to siste års akkumulasjonsmålinger på Nigardsbreen er rimelig.

Den "normale" akkumulasjon på Nigardsbreen er tydeligvis enda større enn hva som ble funnet det første år (1961-62).

Ablasjonen.

På breens nederste deler ble ablasjonen målt på de staker som allerede våren 1962 var satt dypt ned i isen ved hjelp av smeltebor. Stakene opp til 730 meters nivå ble avlest 7 ganger i løpet av sommeren av A. Bjørkehaug, hvorved bl.a. variasjonene i avsmeltningshastigheten i løpet av sommeren kunne bestemmes. Den største målte ablasjon ble observert i begynnelsen av juli, da den utgjorde 14,6 cm vann pr. døgn ved den nederste staken, 375 m.o.h. Se fig. 9.

Ablasjonen i firnområdet skulle dette år kontrolleres med avlesninger på stakene, men kontrollmålinger i sjakt som ble gravd ned til sommerflaten 1962 viste at endel staker hadde sunket i snøen i løpet av sommeren, antakelig som en følge av regelasjon.

Derfor ble det nødvendig å foreta en ny måling av all den snø fra siste års akkumulasjon som ikke hadde smeltet bort i løpet av sommeren, dvs. størrelsen av netto akkumulasjon. Foruten vanlig graving av sjakter, ble kjerneboring brukt for å finne tykkelsen av denne akkumulasjon. Dessuten viste det seg mulig å bruke de opptatte snøprøver for å bestemme tettheten i forskjellig dyp. De cylindriske borekjerne ble avskåret i bestemte lengder og veid, og de funne tettheter tegnet inn i et diagram. Som kontroll ble tetthetene også bestemt på vanlig måte, dvs. ved vertikal prøvetegning i to sjakter. Resultatene viste en meget god overensstemmelse, den største avvikelsen ble funnet i ca. 2 meters dybde, der den var 3,9 %. Se fig. 10.

Ablasjonssesongens slutt kan i firnområdet settes til månedsskiftet august/september, mens den på tungen dette år er satt til 27. oktober - dagen for den siste stakeavlesningen.

I alt avga Nigardsbreen en materialmengde tilsvarende 88,3 mill. m³ vann, en mengde som jevnt fordelt over hele breen ville utgjøre et vannlag på 2,09 meter. Ablasjonens faktiske fordeling over breen framgår av ablasjonskartet, fig. 11. Den største målte ablasjon lengst nede på tungen var over 12 meter vann.

Materialbalansen.

Da den totale ablasjon er større enn den totale akkumulasjon, har Nigardsbreen i sesongen 1962/63 tapt endel av sin masse. Materialbalansen er altså negativ.

Forskjellen mellom total akkumulasjon og total ablasjon, nettobalansen, blir dette år - 9,27 mill. m³ vann, en mengde som jevnt fordelt på hele breen betyr et netto tap av 22 cm vann.

Den virkelige fordelingen av breens netto minskning (og netto økning i de øverste områder) kunne ha vært inntegnet på et kart, slik det er vanlig for breer i Alpene, der man ofte bare undersøker breens nettobalanse om høsten. I vårt tilfelle har vi oppført verdiene i en tabell for hvert 100 meters høydeintervall for at en eventuell ekstrapolasjon til andre deler av Jostedalsbreen skal kunne gjøres (f.eks. i samband med magasinberegninger).

Materialbalansen.

Nigardsbreens materialhusholdning er også i likhet med i fjor tegnet inn grafisk i to diagrammer der forholdet mellom aksene er bestemt slik: enheten er 1 meter vannverdi på X-aksen og 100 meter høydeforskjell på Y-aksen. Videre er breens arealfordeling framstillet grafisk ved at flateinnholdet innenfor hvert 100 meters høydeintervall er avsatt som abscisse og høydeintervallets midtpunkt er avsatt som ordinat. Som enhet for abscissen er i dette tilfelle valgt 2 km², mens man for de øvrige undersøkte breer der arealene er langt mindre har valgt en mindre enhet, som oftest 1 km².

De nevnte diagrammer vises på fig. 12 og fig. 13. Av disse figurer framgår det at breen i en høyde av 1550 meter hadde like stor akkumulasjon og ablasjon, dvs. en tilstand av likevekt rådet i dette nivå. Dette kan uttrykkes ved at firngrensen dette år lå ved 1550 meter på Nigardsbreen. I et senere avsnitt vil vi nærmere diskutere beliggenheten av firngrensen på de forskjellige breene, se side 25.

N i g a r d s b r e e n 1963.

Materialbalanse.

Høydeintervall (meter)	Areal km ²	Brutto- Akkumulasjon		Brutto- Ablasjon		Nettobudsjett	
		Total mill. m ³	Spec. m	Total mill. m ³	Spec. m	Totalt mill. m ³	Spec. m
300 - 400	0.34	0.09	0.3	4.43	13.0	- 4.34	- 12.8
400 - 500	0.45	0.11	0.2	5.23	11.6	- 5.12	- 11.4
500 - 600	0.24	0.06	0.3	2.40	10.0	- 2.34	- 9.8
600 - 700	0.35	0.09	0.3	3.06	8.7	- 2.97	- 8.5
700 - 800	0.44	0.11	0.3	3.30	7.5	- 3.19	- 7.3
800 - 900	0.37	0.10	0.3	2.41	6.5	- 2.31	- 6.2
900 - 1000	0.60	0.45	0.8	3.30	5.5	- 2.85	- 4.8
1000 - 1100	0.59	0.44	0.7	2.66	4.5	- 2.22	- 3.8
1100 - 1200	0.38	0.29	0.8	1.33	3.5	- 1.04	- 2.7
1200 - 1300	0.73	0.77	1.1	2.16	3.0	- 1.39	- 1.9
1300 - 1400	1.84	2.83	1.5	4.60	2.5	- 1.77	- 1.0
1400 - 1500	3.19	5.65	1.8	7.48	2.3	- 1.83	- 0.6
1500 - 1600	5.87	10.95	1.9	10.92	1.9	+ 0.03	+ 0.0
1600 - 1700	12.62	26.48	2.1	20.09	1.6	+ 8.39	+ 0.5
1700 - 1800	10.40	22.57	2.2	12.64	1.2	+ 9.93	+ 1.0
1800 - 1900	3.51	7.54	2.1	2.12	0.6	+ 5.42	+ 1.5
1900 - 1950	0.27	0.47	1.7	0.14	0.5	+ 0.33	+ 1.2
S u m	42.19	79.00	-	88.27	-	- 9.27	-



Gråsubreen, antakelig vårt lands høyest liggende bre, er en liten botnbre like nordöst for Glittertind. Dens flateinnhold er bare 2,4 km² men en imponerende endemorene tyder på at breen tidligere har vært meget aktiv.

De forskjellige ryggene i endemorenen er bevis på breens størrelsesvariasjoner som følge av tidligere tiders klimaveksling.

Man kjenner ikke alderen på disse ryggene, men en undersøkelse er igang for å datere dem ved hjelp av analyser av den meget gamle is som de alle inneholder.

Gråsubreen.

Denne bre, som ligger i Jotunheimens nord-østligste del er ikke tidligere blitt målt m.h.t. sin materialbalanse, men dens imponerende endemorenesystem er blitt gjenstand for visse undersøkelser da det har vist seg at morenen inneholder en kjerne av is (Østrem 1960 p. 234-237).

Fra regnskapsåret 1961/62 ble det igangsatt målinger av breens materialhusholdning, et arbeide som skal danne en del av cand.mag. T. Klemsdals hovedfagsoppgave i geografi ved Universitetet i Oslo. Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling har støttet undersøkelsene da Gråsubreen sannsynligvis er en av våre mest kontinentale breer, og resultatene vil være av verdi for å belyse de glacio-hydrologiske forhold som knytter seg til en bre i et kontinentalt klimaområde. Gråsubreen danner som nevnt det østligste punkt i en tverrprofil fra vårt sannsynligvis mest maritime breområde, Ålfotbreen, via Jostedalsbreen til Jotunheimens mere kontinentale bretyper. Vi skal senere se mere på de forskjeller i materialbalanse som er blitt observert ved nevnte breer (se fig. 30), i relasjon til avstanden fra kysten.

Gråsubreen er med sine knapt 2.4 km^2 en av de minste breene som er undersøkt i år. Den spiller altså ikke så stor rolle for hydrologien i det nedenfor liggende vassdrag (Veo) men er et viktig punkt på den ovenfor nevnte øst-vest-profil.

Akkumulasjonen.

Akkumulasjonen ble målt ved graving ned til forrige års sommeroverflate (Karlén og Østrem 1962 p. 170-179) hvorved snølagets tykkelse og vanninnhold ble bestemt i 65 punkter. (Se fig. 14). Det viste seg at sommeroverflaten fra 1962 var så dårlig utviklet at sonderinger ikke kunne utføres på vanlig måte, og graving var derfor den eneste utvei for å få bestemt tykkelsen av siste vinters snølag.

Etter at nevnte akkumulasjonsbestemmelse ble utført i midten av februar, kom det ytterligere noe nedbør i form av snø fram til begynnelsen av juni, men etter den 4. juni var det ingen akkumulasjon på breen. På grunnlag av målinger som da ble foretatt er et akkumulasjonskart opprettet, se fig. 15. Akkumulasjonens størrelse i de forskjellige høydeintervaller samt høydeintervallenes flateinnhold framgår av tabellen på side 20 .

Totalt ble det på Gråsubreen akkumulert 0,96 mill. m³ vann i akkumulasjonssesongen 1962-63, dette tilsvarer et jevnt dekke av 40 cm vann på hele breen. Til sammenlikning kan nevnes at akkumulasjonen foregående vinter, 1961-62, var 81 cm vann på Gråsubreen. Årets akkumulasjon er således ganske eksakt halvparten av fjorårets.

De snøakkumulasjonskart som utgis av Meteorologisk Institutt angir en beregnet snøakkumulasjon i prosent av "normal" snøakkumulasjon.

I Jotunheimens nordøstre del angir kartet pr. 30. april 1962 et snødekke på 95 % av det normale (i 1200 m nivå) mens tilsvarende kart for 1963 angir kun 35 %. Det ser således ut som de akkumulasjonstall som er funnet på Gråsubreen har et tydelig samband med de beregnede verdier som angis på Meteorologisk Institutts karter, selv om disse ikke er utarbeidet for det nivå bremålingene er foretatt i, og derfor ikke direkte kan sammenliknes med disse målinger.

Ablasjonen.

Ablasjonen på Gråsubreen ble målt på vanlig måte ved avlesninger av staker nedboret i breen. Da det kom nysnø i området i slutten av august, og ingen merkbar smelting kunne observeres senere, er den 20. august satt som sluttdato på ablasjonsperioden 1963, hvilket gir en ablasjons-sesong på 78 dager. Foregående år ga med sin unormalt kjølige sommer en ablasjonsperiode på kun 43 dager - materialbalansen ble da også positiv i 1962.

På grunnlag av ablasjonsmålingene (stakeavlesninger, supplert med vannverdibestemmelser i den gjenværende del av snødekket på breens øverste deler) er et ablasjonskart opprettet, se fig. 16. Abblasjonens størrelse i de forskjellige høydeintervaller er oppført i en tabell, se nedenfor.

Totalt avga breen 2,64 mill. m³ vann i løpet av sommersesongen, dette tilsvarer et jevnt dekke av 1,11 meter vann på hele breen. Det tilsvarende tall for sommeren 1962 var 0,21 mill. m³ eller knapt 9 cm vann jevnt fordelt over breen.

Materialbalansen.

Materialbalansen blir for sesongen 1962/63 negativ, ettersom breens "utgifter" er større enn "inntektene". Totalt har breen minnet med 1,69 mill. m³ vann. Jevnt fordelt over hele breflaten (uttrykt som "spesifikk materialbalanse") blir dette et tap på 0,71 meter vann.

De tilsvarende tall for sesongen 1961/62 var for den totale materialbalansen en økning på 1,83 mill. m³ eller, regnet som spesifikk materialbalanse, en økning på 0,77 meter vann. Årets avsmeltning har således nesten oppveiet fjorårets nettoakkumulasjon på Gråsubreen.

G r å s u b r e e n 1963.

Materialbalanse.

Høgdeintervall i m. o. h.	Areal i km ²	Brutto- Akkumulasjon		Brutto- Ablasjon		Netto budsjett	
		total mill. m ³	spec. m	total mill. m ³	spec. m	totalt mill. m ³	spec. m
1900 - 1950	0.086	0.034	0.40	0.132	1.53	- 0.098	- 1.13
1950 - 2000	0.209	0.090	0.43	0.319	1.53	- 0.229	- 1.10
2000 - 2050	0.478	0.204	0.43	0.647	1.35	- 0.443	- 0.92
2050 - 2100	0.456	0.196	0.43	0.507	1.11	- 0.311	- 0.68
2100 - 2150	0.385	0.152	0.39	0.351	0.91	- 0.199	- 0.52
2150 - 2200	0.362	0.124	0.34	0.325	0.90	- 0.201	- 0.56
2200 - 2250	0.247	0.106	0.39	0.239	0.87	- 0.133	- 0.48
2250 - 2300	0.133	0.049	0.37	0.117	0.88	- 0.068	- 0.51
2300 - 2350	0.008	0.003	0.38	0.007	0.88	- 0.004	- 0.50
S u m	2.391	0.959	--	2.644	--	- 1.686	--

Grafiske framstillinger av akkumulasjon, ablasjon og netto budsjett i forhold til høyden over havet er også laget, se fig. 17.

Blåisen.

Omkring 20 kilometer sydøst for Narvik ligger Blåisen som ifølge granteigskartet er en relativt stor sammenhengende bremasse med avløp til Sildvikvatn. Bl.a. ved studier av flybilder viser det seg dog at Blåisen består av tre helt selvstendige breer med hvert sitt morenesystem (Østrem 1962 s. 241). Den sydligste av disse breer er valgt som undersøkelsesobjekt for de glacio-hydrologiske målinger som er igangsatt i Skjomen-området. En annen bre som vil bli nærmere undersøkt er Storsteinsfjellbreen, der endel staker ble boret ned sommeren 1963. (Se nedenfor).

Ved begge de to nevnte breer har Vassdragsvesenet bygget små hytter som skal tjene som oppholdssted for observatøren i de perioder målingene foretas. Se foto, fig. 18. På grunn av den planlagte utbygging av Sildvik- og Skjomen-vassdragene er det av betydning at man får gode opplysninger om de hydrologiske forhold som knytter seg til dette relativt breerike område. Av et ca. 600 kvadratkilometer stort nedslagsfelt mellom en nord-sydgående linje gjennom Skamdalen og svenskegrensen er nemlig minst 65 km² bredekket.

For de tekniske beregninger av tunnelkapasitet etc. er det også viktig å få rede på de maksimale vannføringer som kan komme på tale, samt når disse inntreffer. I de fleste tilfelle vil den maksimale avsmeltning på breene skje senere enn i de ikke bredekkede områdene, men i noen tilfelle kan ekstremt store flommer oppstå ved at bresmeltingen når sitt maksimum samtidig med at en stor **avrenning** foregår fra resten av nedslagsfeltet. Det er derfor meningen at variasjonene i smelting på breene også skal registreres av limnigrafer plassert i elven umiddelbart nedenfor breene, og to limnigrafer (med opptil 6 måneders gangtid) er oppsatt nedenfor de to breer som observeres - Blåisen og Storsteinsfjellbreen (se oversiktskart, fig. 19).

Akkumulasjonen.

Da våren normalt kommer relativt sent til disse nordlige, høytliggende deler av vårt land, var akkumulasjonsmålingene planlagt til månedsskiftet mai/juni, i likhet med hva som er vanlig ved Storlaciären på omtrent samme breddegrad i Sverige (Schytt 1962 p. 332).

Men nu viste det seg at mai måned var usedvanlig varm, med den følge at siste vinters snølag var oppvarmet til 0° tvers gjennom - et forhold som gjør det mulig for endel smeltevann å ha unnsiluppet før akkumulasjonsmålingene begynte. (Jfr. fig. 12 i Østrem-Karlén 1962, p. 179.) Størstedelen av dette smeltevann antas dog å være blitt absorbert i snølagene nærmest isen, og dette lag av mer eller mindre våt snø ble tatt med i beregningene av akkumulasjonen. I alt ble det foretatt sonderinger i 135 punkter fordelt over den 2.2 km^2 store breen, og tettheten av snølaget ble bestemt i to sjakter (se kartet, fig. 20). Da vannverdien i disse to sjaktene ikke viste noen større forskjell (ved 1,4 meter dyp fantes den største forskjellen som viste seg å være 2.6 %) var det ikke nødvendig å grave flere sjakter på Blåisen i år. Resultatet av samtlige sonderinger ble omregnet til vannverdi ved hjelp av den middelvannverdikurve som ble tegnet opp på grunnlag av tetthetsmålingene i de nevnte sjaktene (med ovenfor nevnte tillegg for våt snø i bunnen).

Deretter ble akkumulasjonskartet (fig. 21) tegnet og planimeterbehandlet, hvorved akkumulasjonen er beregnet for en rekke høydeintervaller, resultatet vises i tabellen på side 24.

Totalt har Blåisen mottatt en snømengde på nesten 5.6 mill. tonn eller, jevnt fordelt over hele breen, tilsvarende en nedbør på 2.55 meter vann i løpet av akkumulasjonsperioden.

Ablasjonen.

Ablasjonen ble målt på vanlig måte ved avlesning på aluminiumstaker nedboret i breen. Vanligvis benyttes staker som er ca. 5 meter lange. Disse vil etter hvert smelte fram og kan falle ned i løpet av sommeren hvis man ikke til stadighet passer på å sette ned nye staker.

Ved Blåisen, som ligger så langt borte at det kan være forbundet med praktiske vanskeligheter å besøke breen mange ganger i løpet av sommeren, ble det derfor i år prøvet en ny metode for ablasjonsmålinger. Med et smeltebor (se Kasser 1960) ble 20-25 meter dype hull boret i bretungen på våren, og istedenfor å sette ned aluminiumstaker slik som det ble gjort på Nigardsbreen i 1962, ble en lang stålwire senket ned i hullet (ved hjelp av et lodd) der den frøs fast. Wirens plassering ble markert med en tetraederformet trekonstruksjon som ble festet til wirens

øverste ende. På barsmeltet isoverflate vil denne konstruksjon alltid være lett synlig - evt. kan man dessuten markere den med et flagg (se fig. 22).

Isavsmeltingen kan nu lett måles ved at man måler lengden av den del av wiren som har smeltet **fram**. Sammenlikninger med staker som var boret ned i isen på vanlig måte viste en full overensstemmelse - noe som naturligvis er betinget av at wiren virkelig er stram (og vertikal) **når** den fryses fast i hullet.

Ablasjonssesongen varte sommeren 1963 til siste halvdel av september. Da hadde Blåisen i alt gitt fra seg vel 5,1 mill. m³ vann som jevnt fordelt over hele breen tilsvarer et vannlag på 2,35 meter.

Det viste seg dog at avsmeltingen var ganske ujevnt fordelt over breen, den var ikke så betinget av høyden som ved de fleste andre breer, (se kartet fig. 23). Dette forhold har antakelig sin årsak i de relativt store snømengder som samler seg langs breens kanter der avsmeltingen blir langsommere enn på de deler av breen der selve isen hurtig blir blottlagt. Videre påskyndes smeltingen i et spesielt område der isoverflaten er mørkfarget av finkornig morenemateriale (se fotografiet av **Blåisen**, fig. 24).

Materialbalansen.

Da sommerens ablasjon er noe mindre enn den samlede akkumulasjon på Blåisen, ble materialbalansen positiv for budsjettåret 1962-63. Forskjellen, ca. 0.6 mill. m³ vann (eller 20 cm jevnt fordelt over hele breen) er altså dette år blitt holdt tilbake fra det nedenfor liggende vassdrag og er isteden blitt lagret i form av is og snø på breen. Det kan kanskje synes merkelig at vi her har fått en positiv balanse mens vi i Syd-Norge har en gjennomgående negativ materialbalanse på breene. Men det er tydelig at akkumulasjonen har vært særskilt stor vinteren 1962-63. Dette framgår av det snøakkumulasjonskart som ble utgitt av Meteorologisk Institutt pr. 30. april 1963 (se et utsnitt på fig. 25) der akkumulasjonen i området blir angitt til 150 à 160 prosent av det normale. Når dertil kommer at sommertemperaturen var relativt lav i juni og spesielt i juli da den største smeltingen normalt foregår (se den grafiske framstilling av månedsmiddeltemperaturen ved Bjørnfjell på fig. 26) så er det kanskje ikke så underlig at Blåisen viser et positivt materialregnskap. Hvorvidt ablasjonen 1963 har vært unormal kan vi på det

nuværende tidspunkt ikke uttale oss om - den lange varme høst har kanskje erstattet noe av sommerens svikt i avsmeltningen.

Blåisens "inntekter" og "utgifter" er satt opp seksjonsvis for 50-meters høydeintervaller og nettobalansen beregnet for disse intervaller.

Resultatet er ført opp i nedenstående tabell og for at det skal kunne sammenliknes med andre breer er det også tegnet opp grafisk, se fig. 27.

Blåisen 1963.

Materialbalanse.

Høydeintervall i m.o.h.	Areal i km ²	Brutto- akkumulasjon		Brutto- ablasjon		Netto budsjett	
		total mill. m ³	Spec. m	total mill. m ³	Spec. m	totalt mill. m ³	spec. m
850 - 900	0.02	0.04	2.0	0.06	3.0	- 0.02	- 1.0
900 - 950	0.15	0.27	1.8	0.41	2.7	- 0.14	- 0.9
950 - 1000	0.42	0.79	1.9	1.09	2.6	- 0.30	- 0.7
1000 - 1050	0.65	1.44	2.2	1.64	2.5	- 0.20	- 0.3
1050 - 1100	0.66	1.99	3.0	1.43	2.2	+ 0.56	+ 0.8
1100 - 1150	0.24	0.89	3.7	0.42	1.8	+ 0.47	+ 1.9
1150 - 1200	0.04	0.15	3.8	0.07	1.8	+ 0.08	+ 2.0
S u m	2.18	5.57	-	5.12	-	+ 0.45	-

Jevnt fordelt over hele breen blir dette et vannlag for akkumulasjon 2,6 meter, ablasjon 2,4 meter og nettobalanse en økning på 0,2 meter.

Storsteinsfjellbreen

Da størrelsen av årsnedbøren avtar meget sterkt fra kysten og innover i Ofoten, vil det ikke være tilstrekkelig å foreta bremålinger på én bre for å belyse de glacio-hydrologiske forhold i Skjomenområdet. Som f.eks. Wallén (1948, p. 467) påviser avtar den årlige nedbør fra 879 mm i Riksgränsen til 400 mm i Abisko, ca. 30 kilometer lengre øst. Både Enquist (1916, p. 13) og Ahlmann (1924, p. 263) viser dessuten at den såkalte glaciasjonsgrensen stiger meget sterkt mot øst i dette område, noe som tyder på at breene kan vise høyst forskjellige akkumulasjons- og ablasjonsforhold jo lengre øst man kommer, d.v.s. når man går mot økende kontinentalitet.

For å få disse forhold nærmere belyst, er observasjoner igangsatt på Storsteinsfjellbreen, der enkelte staker ble nedboret i løpet av sommeren 1963, samtidig med at en langtidslimnigraf ble montert i selve breelven og en observasjonshytte oppsatt like nedenfor bretungen. Se oversiktskartet fig. 19 og detaljkartet over breen, fig. 28.

Sammen med resultatene fra den mere maritimt beliggende Blåisen og den sterkt kontinentalt pregede Storglaciären i Kebnekajseområdet vil målingene på Storsteinsfjellbreen kunne gi muligheter for å studere breens materialomsetning i relasjon til avstanden fra kysten, på liknende måte som ved den tidligere omtalte øst-vestlige breprofil i Syd-Norge.

Noen supplerende målinger på en bre i Skjomenområdets sydøstligste del (på Čarnhavarre) vil kunne styrke framtidige beregninger av brefeltenes hydrologiske betydning og dessuten gi ytterligere et punkt på den ovenfor nevnte nordskandinaviske profil. Slike målinger er derfor planlagt utført i forbindelse med de rutinemessige avlesninger på Storsteinsfjellbreen.

Glaciasjonsgrensen.

Flere forskere har forsøkt å bestemme snøgrensens høyde i Norge, men med vekslende resultat. Andr. M. Hansen (1902) har studert høydeforholdene ved en rekke bretunger og tegnet et kart over den nedre grensen for "evig snø og is" i Norge. Rekstad (1907) har forsøkt å sammenlikne snøgrensens høyde med temperaturforholdene i sommermånedene.

Han finner at snøgrensen (bl.a. bestemt ved Partsch's metode, se Holmsen 1916 p. 134) ligger 420 meter lavere enn 0° - isotermflaten for månedene mai-august. I kystområdene finner han dog at snøgrensen ligger enda noe lavere, et forhold han tilskriver den rikelige nedbør. Holmsen (1916) bestemmer snøgrensens høyde ved en hypsografisk metode. Han fordeler all snø og is som er angitt på de topografiske kart på en slik måte at alle høydepartier blir dekket. Det nivå som danner overgangen til de snødekkede toppene definerer han som snøgrensen, som han siden har tegnet inn på et kart. Ahlmann (1924) har bestemt **glaciasjonsgrensen** ved hjelp av den såkalte toppmetoden (Enquist 1916, p. 10-12) som består i å bestemme den minimumshøyde et fjell må ha for at det skal danne seg en bre på fjellet. Ahlmanns kart er senere blitt gjengitt i forskjellige forbindelser, f.eks. i "Norge, natur og næringsliv" (Ahlmann 1962, p. 70), Østrem (1960, p. 230) har for et begrenset område (Jotunheimen) bestemt en temporær snøgrensehøyde på grunnlag av samtidige flybilder over området.

Da Ahlmanns undersøkelse delvis bygget på gamle amtskart der vi nu har mere tidsmessige oppmålinger, har det nu vært mulig å konstruere et nytt kart over glaciasjonsgrensen i Sør-Norge.

Til hjelp ved konstruksjonen er brukt det nye brekartet (se bilag bak i heftet) sammen med grateigskartene og NGO's nymålte, ennu **ikke publiserte** høydetall for topper i Ytre Sogn og på Møre. Resultatet vises på fig. 29. På grunn av et mere rikholdig materiale har det nu vært mulig å trekke kurvene med større sikkerhet enn tidligere.

Glaciasjonsgrensen ligger høyere enn snøgrensen, som igjen ligger høyere enn firngrensen på breene. Som en følge av breens avkjølende virkning ligger nemlig firngrensen lavere enn snøgrensen i terrenget omkring. Man antar at den vertikale høydeforskjell er ca. 200 meter mellom glaciasjonsgrense og firngrense, og at snøgrensen ligger et sted i mellom.

For å se om det er noe samband mellom glaciasjonsgrensens høyde og høyden for den firngrense som er funnet ved bremålingene, er disse verdier satt inn i et diagram sammen med oppgaver over materialbalansen, se fig. 30. Glaciasjonsgrensens høyde er tatt fra kartet fig. 29 og firngrensens høyde er definert som skjæringspunktet mellom kurven for nettobudsjett og y-axen (se f.eks. fig. 6 eller 13).

Vi ser at høydene for firngrensen i år stort sett ligger litt under nivået for glaciasjonsgrensen, men da det glaciologiske år 1962/63 er et ganske unormalt år i Sør-Norge (med ekstremt lave akkumulasjonstall) kan man ikke gå ut fra at de funne verdier er representative. Først når bremålingene langs øst-vest-profilen har pågått i noen år kan man finne firnlinjens nivå for et balansert budsjett for hver enkelt bre, og derved finne riktige verdier for vertikalavstanden mellom firngrense og glaciasjonsgrense i Norge. -

Kartlegging av brefelter.

Som nevnt i innledningen, har breene vært på stadig retrett i løpet av de siste 30-40 år. Dette kommer ofte tydelig frem på våre topografiske kart, der "bredekket område" på kartet er langt større enn de virkelige bredekkede områder i naturen.

Hvis kartene nemlig er oppmålt før 1920, da breene var betydelig større enn de er i dag, vil topografenes breangivelser naturligvis ikke lenger være dagsaktuelle. Dertil kommer at de fleste topografer viste seg å være tilbøyelig til å tegne brefeltene litt større enn de i virkeligheten var, selv på den tiden (Jfr. Hagen 1961). Ofte var de kanskje nødt til å lage kart over høytliggende fjellstrøk så tidlig på sommeren at en stor del av vintersnøen fremdeles lå igjen i terrenget, og da er det lett å tenke seg at områder med "evig is og snø" fortonet seg større enn de burde være.

Da måling av flateinnholdet av bredekkede områder kan være av stor betydning ved hydrologiske beregninger av nedslagsfelt med stor breprosent, er det selvsagt av stor betydning å kjenne den riktige størrelsen av breene. Da gradteigskartene som nevnt ikke er helt pålitelige i denne henseende, har Brekontoret påbegynt en kartlegging av breenes nåværende utbredning. I samarbeide med Polarinstituttet er det således utarbeidet et oversiktskart over breene i Sør-Norge i målestokken 1:500,000 (se bilag bak i heftet), og for endel utvalgte områder er det dessuten laget detaljerte brekart i målestokken 1:100,000.

Mens det førstnevnte kart mere er beregnet som en oversikt over forekomsten av breer i sin alminnelighet, tar de sistnevnte kart mere sikte på en detaljert beskrivelse av samtlige broer innenfor et begrenset

område. Forutsetningen for at en slik detaljert kartlegging skal være mulig, er at det finnes både et kart og gode flybilder over området. Kartet brukes for å tegne inn hydrografien, mens flybildene gir muligheter for å tegne inn breene slik de er i dag (eller riktigere: det året bildene ble tatt).

Som et eksempel på et slikt kart medfølger som bilag (bak i heftet) et brekart over Sulitjelma-området. På dette er inntegnet både de gamle topografiske kartenes angivelser av bredekket område og hva som virkelig er bredekket, ifølge flybilder tatt i 1961.

Den store forskjell mellom "bredekkede" flater, tatt fra gradteigskartene, og de virkelige breområder målt på flybildene er naturligvis ikke bare et resultat av breenes tilbakegang siden 1906-1910 da største delen av området ble oppmålt. Det ovenfor omtalte forhold sammen med det faktum at våre gradteigskart ikke skiller mellom virkelige breer og "snøfonner" må ta sin del av skylden for de store uoverensstemmelser.

Liknende detaljerte brekart er tidligere utarbeidet over Jotunheimen og over Skjomen-området, men de tas ikke med i denne redegjørelse, da de er publisert på annen måte (se Østrem 1960 og 1962).

Sammenfatning.

Året 1963 har vært preget av en utvidet glaciologisk virksomhet i Norge. Dette er vesentlig et resultat av utbyggingsplaner i områder der nedslagsfeltene for en stor del er dekket av inbreer. Statskraftverkene har anmodet om å få de hydrologiske undersøkelser styrket i disse områdene, og derved har det vist seg nødvendig også å utvide bremålingene.

Detaljerte og fullstendige målinger av materialbalansen har vært utført ved følgende breer: Ålfotbreen, Nigardsbreen, Gråsubreen og Blåisen. Dertil er målinger igangsatt ved Storsteinsfjellbreen. Alle disse arbeider er omtalt i foreliggende rapport. Dertil er liknende målinger utført ved Folgefonni (av Randi Pytte) og ved Hardangerjøkulen (av Olav Liestøl) foruten at Polarinstituttet har fortsatt en lang måleserie ved Storbreen i Jotunheimen, og tre hovedfagstudenter (i geografi) har foretatt liknende undersøkelser med andre breer i de siste to år. Disse sistnevnte arbeider er ikke medtatt i denne rapport, annet enn i form av en sammenstilling (fig. 30) for å belyse forholdene ved breer i forskjellige klimaområder.

Stort sett har breene vist seg å avta i budsjettåret 1962-63, iallfall i Sør-Norge. Minskningen er ikke fullt så stor som økningen i fjor (budsjettåret 1961-62) da alle breene økte sin masse, vesentlig på grunn av en kald sommer.

I Nord-Norge ser det ut som om breene i år er i balanse, d.v.s. de har avgitt samme mengde vann som de har mottatt, eller kanskje litt mindre. Vi har ikke noen norske målinger fra tidligere år å sammenlikne med, men svenske målinger i Kebnekajseområdet viste i fjor en klar positiv balanse, d.v.s. breene økte også der, til tross for en usedvanlig liten vinterakkumulasjon.

Årets målinger i Skjomenområdet (Blåisen) stemmer meget godt overens med de svenske i Kebnekajse, der Storglaciären har vært praktisk talt i balanse, men tallene for akkumulasjon og ablasjon er betydelig mindre enn for våre breer, da Storglaciären ligger i et mere kontinentalt klimaområde. Utveksling

av måleresultater med svenskene foregår på en meget vennskapelig måte ved et direkte samarbeide med Stockholms Universitet. Som et resultat av materialbalansemålingene fremkommer bl.a. den såkalte nettobalansekurven, en kurve som klart karakteriserer forholdet ved den enkelte bre (se f.eks. fig. 6 eller 13). Da formen av denne kurve er karakteristisk for den enkelte bre og for høyden over havet, er nettobalansekurvene for samtlige målte breer stillet sammen i ett diagram (fig. 31). Diagrammet viser bl.a. at skjæringen ved y-aksen (d.v.s. firmgrensens nivå) stiger jo lenger vi fjerner oss fra kysten - atter et forhold som viser at det er viktig å få utført målinger på breer i forskjellige klimaområder, for derigjennom å gjøre det mulig å "klassifisere" breene til støtte for en eventuell ekstrapolasjon av funne verdier fra en målt bre til en bre som ikke direkte er målt.

Litteraturliste.

- Ahlmann, H.W. 1924: Le niveau de glaciation comme fonction de l'accumulation l'humidité sous forme solide. Geogr. Ann. 6, (1924), p. 223-272.
- "- 1949: De glaciologiska undersökningarna i Kebnekajse 1946-49. Svensk geogr. Årsbok 1949, p. 106-127.
- "- 1953: Glacier variations and climatic fluctuations. Am. Geogr. Soc. Bowman Mem. Lectures, Ser. 3. New York. (51p).
- "- 1962: Norge, natur og næringsliv. Annen utg. ved H. Myklebost og J. Gjessing. (280 p.)
- Engquist, Fr. 1916: Der Einfluss des Windes auf der Verteilung der Gletscher. Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. 14.
- Hagene, G. 1961: Kartlegging av breene. Den norske turistforenings årbok 1961, p. 159-169.
- Hansen, A.M. 1902: ~~Snegrensen~~ i Norge. Det norske geogr. selsk. Aarbog 13 (1901-02), p. 59-73.
- Hoel, A. og Werenskiold, W. 1962: Glaciers and snowfields in Norway. Norsk Polarinstitutt, Skrifter Nr. 114. (291 p.)
- Holmsen, G. 1916: ~~Snegrensen~~ i Norge. Festskrift til professor Amund Helland, p. 132-143.
- Jakhelln, A. 1951: Maps of snow accumulation - a meteorological aid to hydrology. Ass. Int. d'Hydr. Scient., Ass. Générale de Bruxelles 1951, Tome 1, p. 270-276.
- Klæboe, H. 1951: Transport of solid matters in glacier currents. Ass. Internat. d'Hydrologie Scient., Assemblée générale de Bruxelles 1951, tome III p. 124-127.

- Kløboe, H. 1953: The Hellstugu river.
Norsk geogr. tidsskr. 14 (1953-54) p. 140-151.
(Also reprinted in: "Glaciers and snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold, p. 208-218. Oslo, 1962.)
- Liestøl, O. 1961: Breer i Norge.
Den norske turistforenings Årbok 1961, p. 20-34.
- " - 1962 a: Areas and number of the glaciers and the snow-fields
in: "Glaciers and snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold.
Norsk Polarinstitutt, skrifter Nr. 114 (p. 28-54).
- " - 1962 b: Special investigations on Hellstugubreen and Tverråbreen, in: "Glaciers and Snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold, p. 175-207.
Norsk Polarinstitutt, skrifter No. 114 (s. 175-207).
- " - 1962 c: Brekart over Sør-Norge.
Norsk Geogr. tidsskr. 18 (1961-62) p. 246-247.
(Trykt 1963).
- Meier, M.F. 1962: Proposed definitions for glacier mass budget terms.
Journal of Glaciology, Vol. 4. p. 252-261.
- Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen 1956:
Kart over gjennomsnittlig avløp og vannmerker i Sør-Norge (1:1,4 mill.). -
Utarbeidet ved Hydrologisk avdeling.
- " - 1958: Hydrologiske undersøkelser i Norge. Oslo, (236 p.).
- Rekstad, J. 1907: Die Abhängigkeit der Lage der Schneegrenze von Sommerisothermen in Norwegen.
Christiania Videnskabs-Selskabs Forh. No. 7 (8 p.).

- Schytt, V. 1962: Naturgeografisk fältstation i Kebnekajse.
Svensk Naturvetenskap 1962 (Statens naturvetenskapliga forskningsråds årsbok, 15 årg.) p. 332-345.
- Wallén, C. C. 1948: Glacial-meteorological investigations on the Kårsa glacier in Swedish Lappland 1942-1948.
Geogr. Ann. 30, p. 451-672.
-

Figurfortegnelse.

Fig.

1. Oversiktskart over landets breer.
2. Ålfotbreen, kart.
3. Snøtetthet på Ålfotbreen, mai 1963.
4. Akkumulasjonskart, Ålfotbreen.
5. Akkumulasjonens og ablasjonens variasjon med h.o.h. Ålfoten.
- 5b. Ablasjonen i forskjellig høyde ved 3 avlesninger, Ålfoten.
6. Nettobudsjettet for Ålfotbreen.
7. Nigardsbreen, kart over staker og sjakter.
8. Akkumulasjonskart, Nigardsbreen.
9. Daglig ablasjon på Nigardsbreen.
10. Snøtetthet funnet ved boring og ved cylindrisk prøvetaker.
11. Ablasjonskart, Nigardsbreen.
12. Akkumulasjons- og ablasjonskurver for Nigardsbreen.
13. Nettobudsjettet for Nigardsbreen.
14. Gråsubreen, kart over staker og sjakter.
15. Akkumulasjonskart, Gråsubreen.
16. Ablasjonskart, Gråsubreen.
17. Akkumulasjon, ablasjon og nettobudsjett for Gråsubreen.
18. Fotografier av observasjonshytten ved Blåisen.
19. Oversiktskart Blåisen - Storsteinsfjell.
20. Blåisen, kart over staker, sonderingsprofiler og sjakter.
21. Akkumulasjonskart over Blåisen.
22. Fotos av wire fastfrosset i isen.
23. Ablasjonskart, Blåisen.
24. Fotografi av Blåisen (montasje).
25. Del av snøakkumulasjonskart for Nord-Norge.

26. Lufttemperaturen ved Bjørnfjell sommeren 1963.
27. Nettobudsjett for Blåisen.
28. Storsteinsfjellbreen, detaljkart (stakenes plasering).
29. Glacijasjensgrensen, kart.
30. Firngrensens høyde og breenes materialbalanse.
31. Nettobalansekurvene for samtlige målte breer.
32. Fotografier fra arbeidet med nedboring av staker.
33. Fotografier fra arbeidet med akkumulasjonsmålinger.
34. Fotografi av en "brønn" i isen.

Bilag (i lommen bak i heftet):

1. Brekart Sør-Norge, 1:500.000
2. Brekart Sulitjelma, 1:100.000

[illegible]

in Norway and Sweden

- Mass balance studies
- Glacier snout observations
- Snout observations started 1963

LOCATION MAP



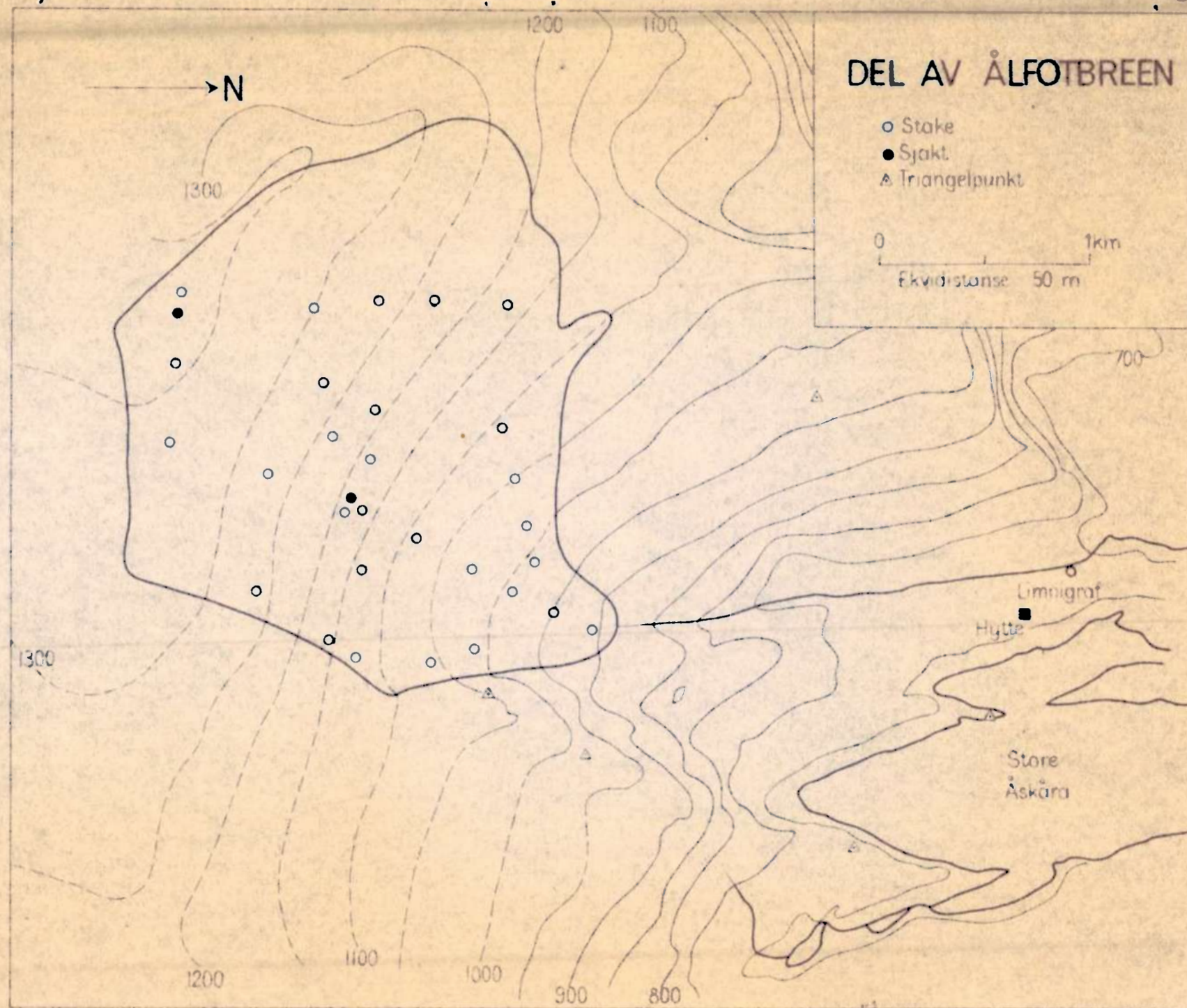
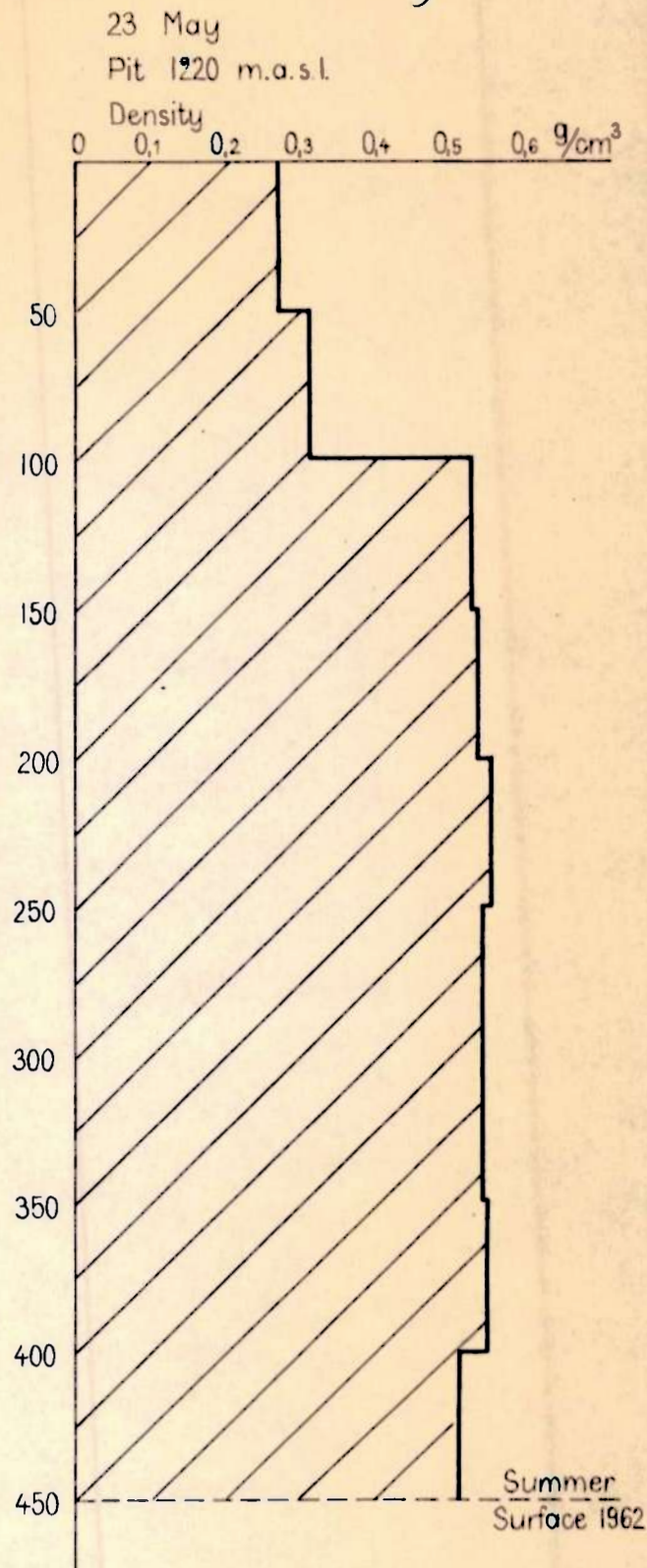
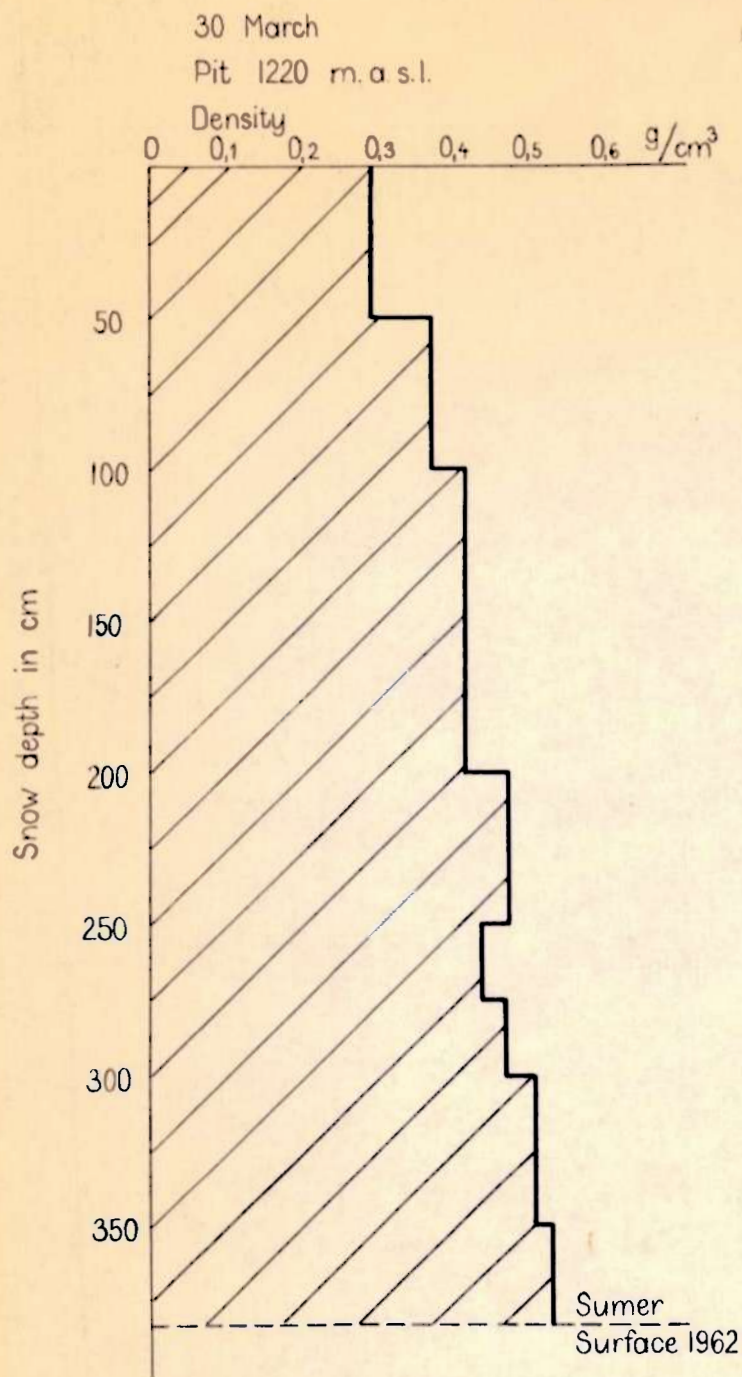
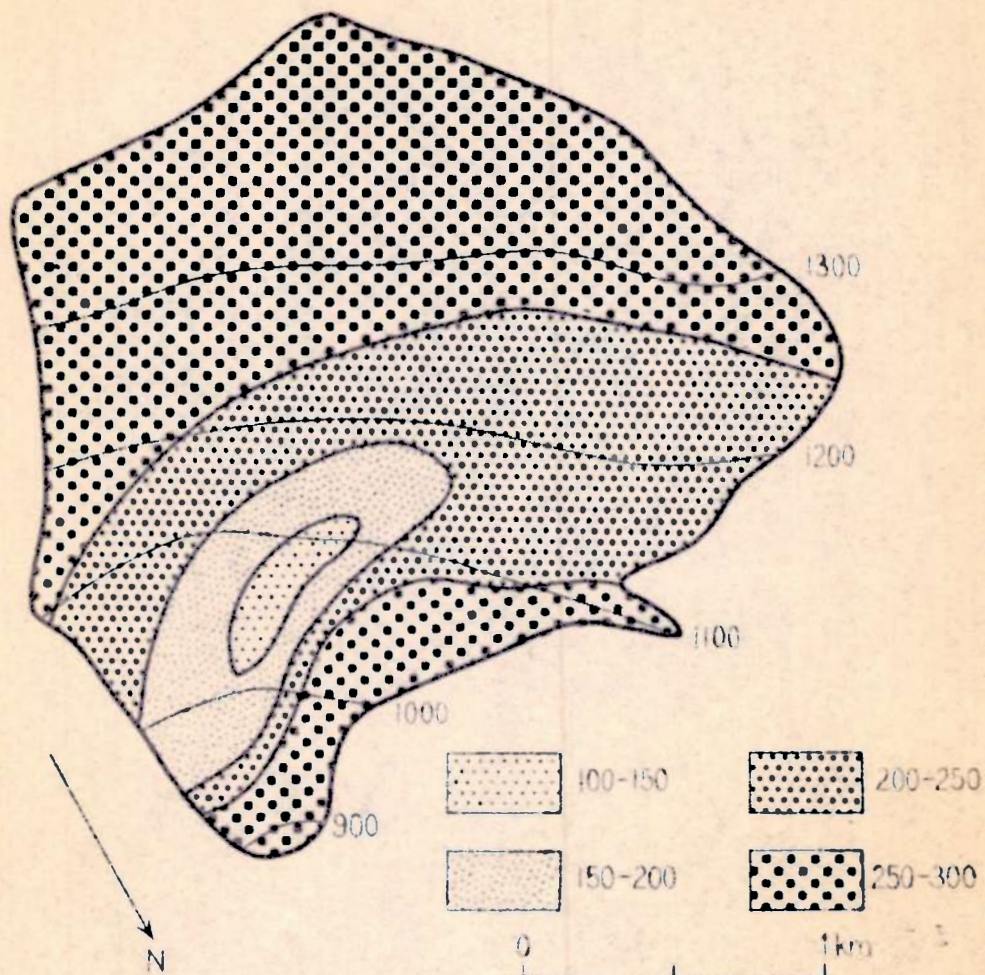


Fig 2



ALFOTBREIN 1962-63

Accumulation in cm of water equivalent



ÄLFOTBREEN 1963

Vertical variation in specific accumulation
and ablation.

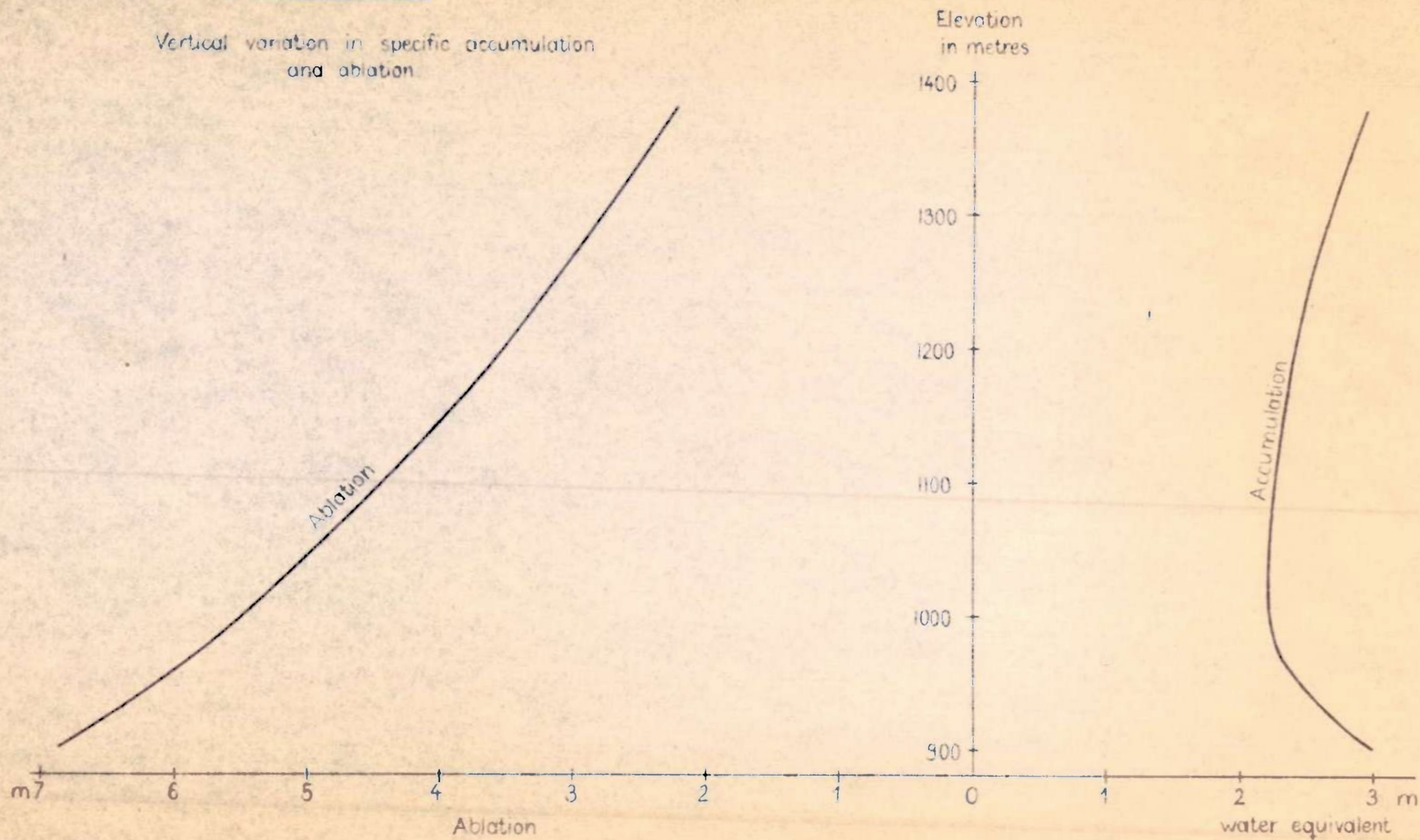


Fig 5

ÄLFOTEN 1963

Gross ablation at different elevations
during the ablation season.

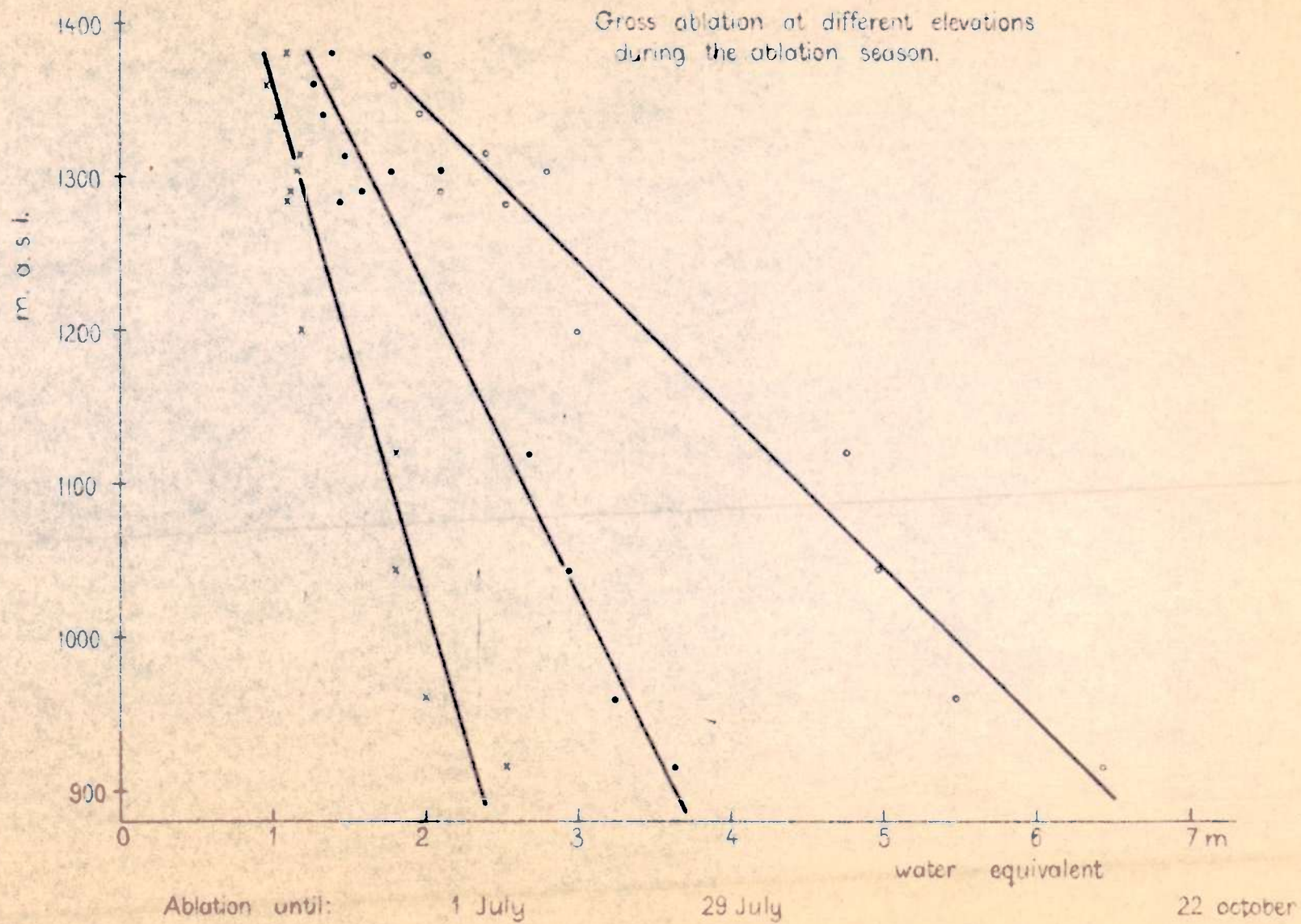


Fig 5B

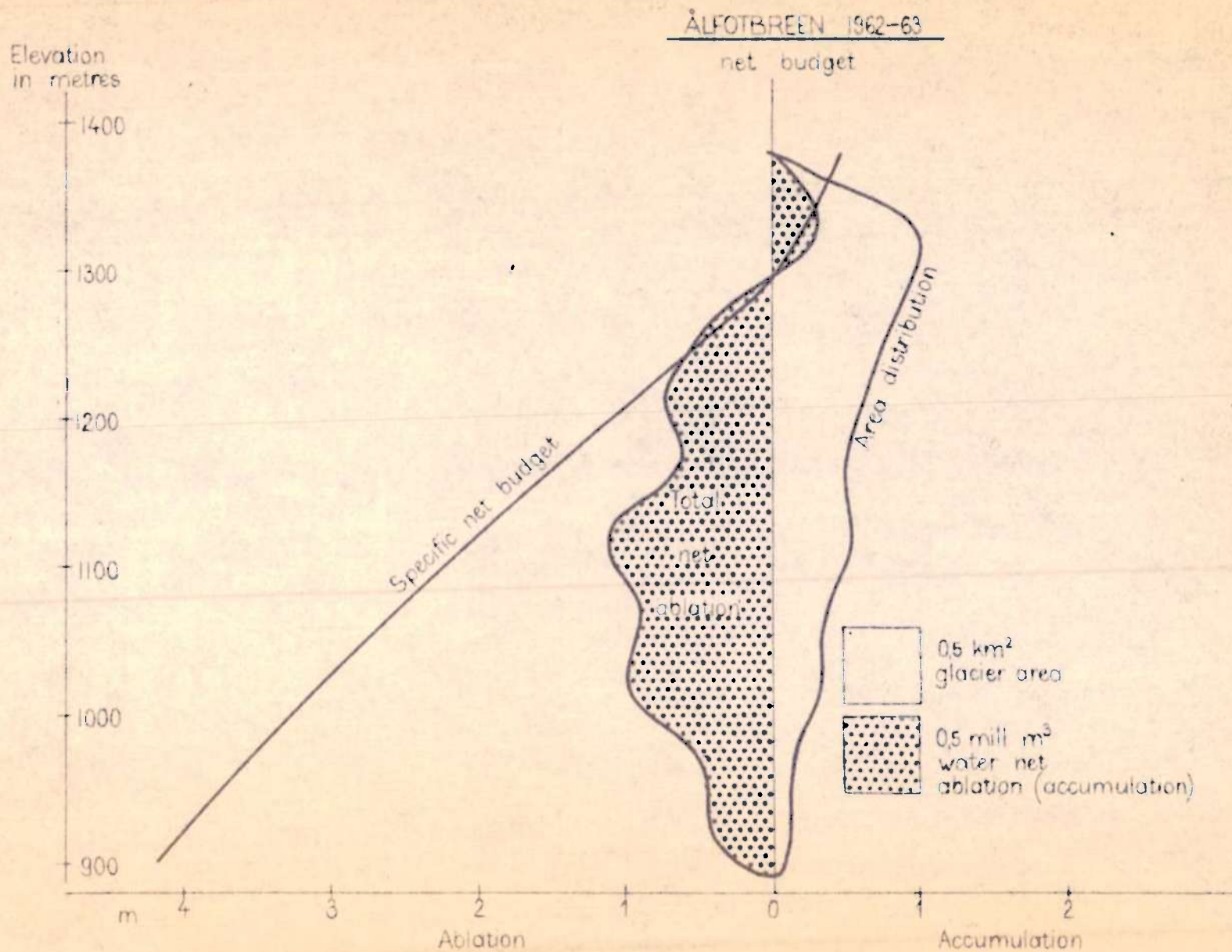


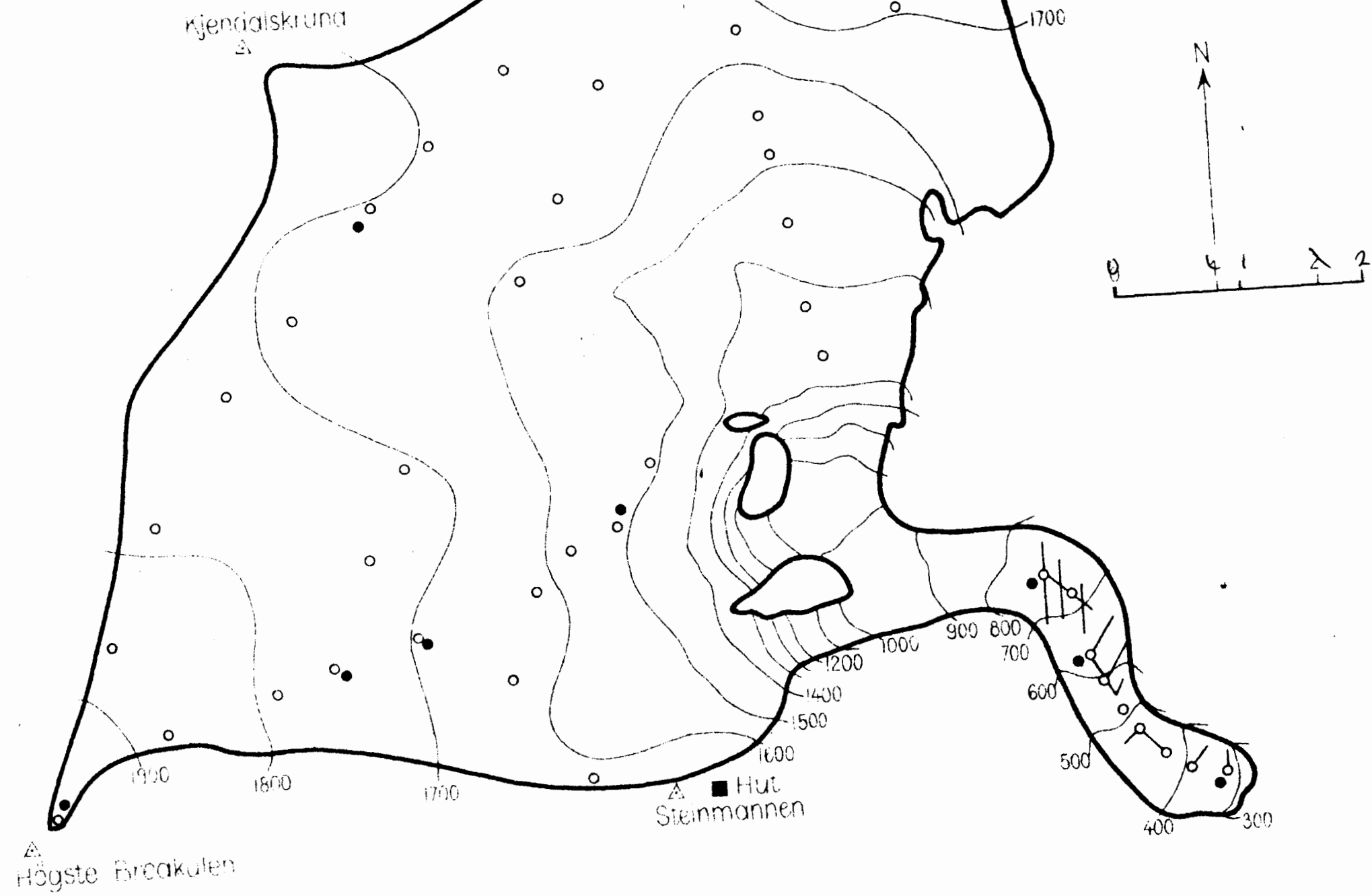
Fig 6

Nigardsbreen 1961

Fig. 7.

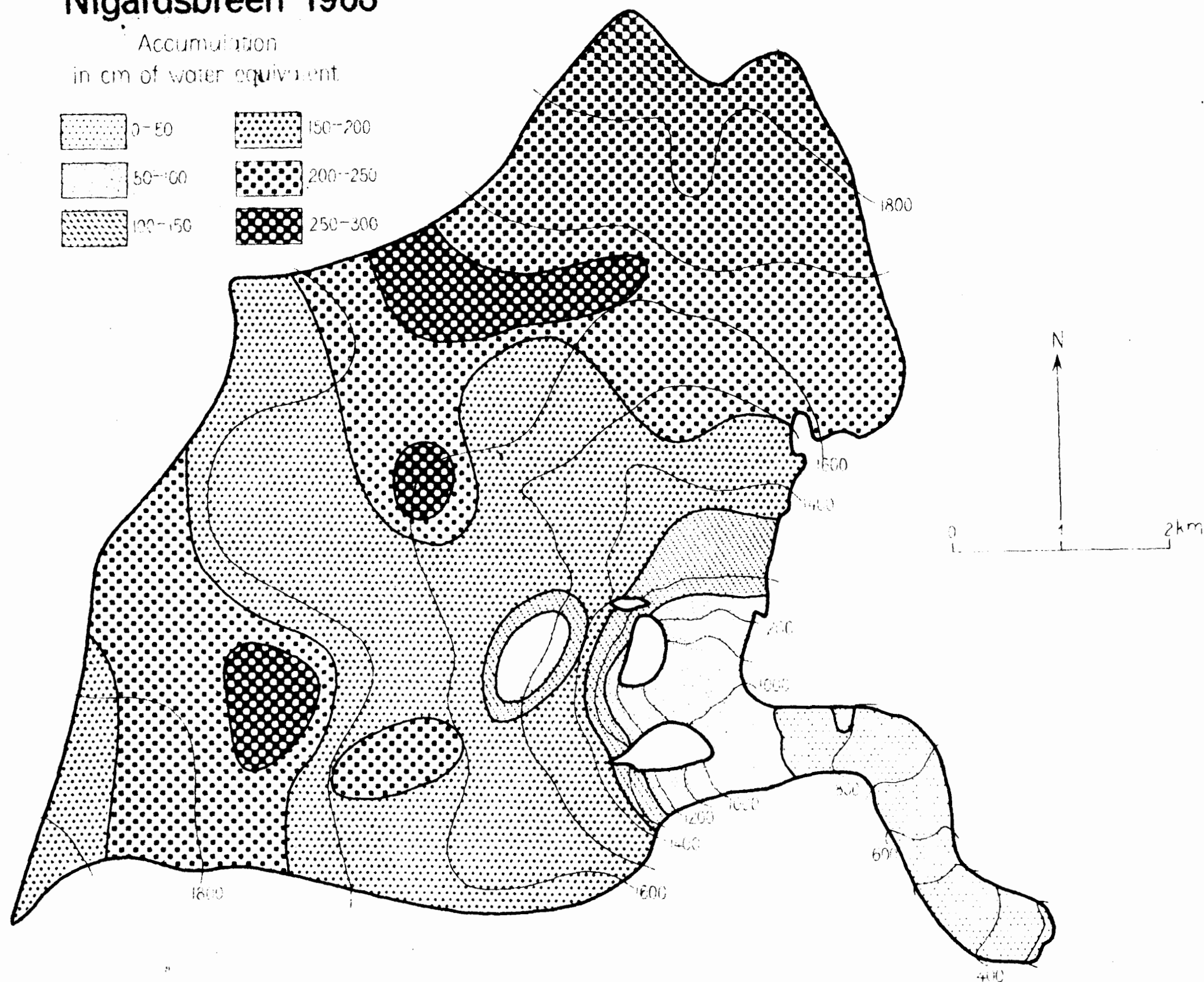
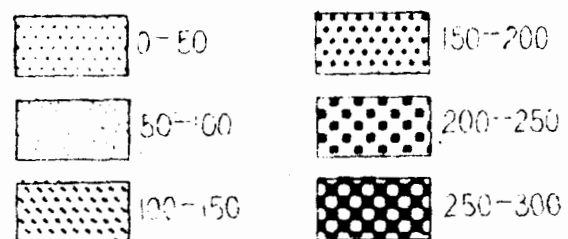
Position of stakes, pits
and sounding profiles.

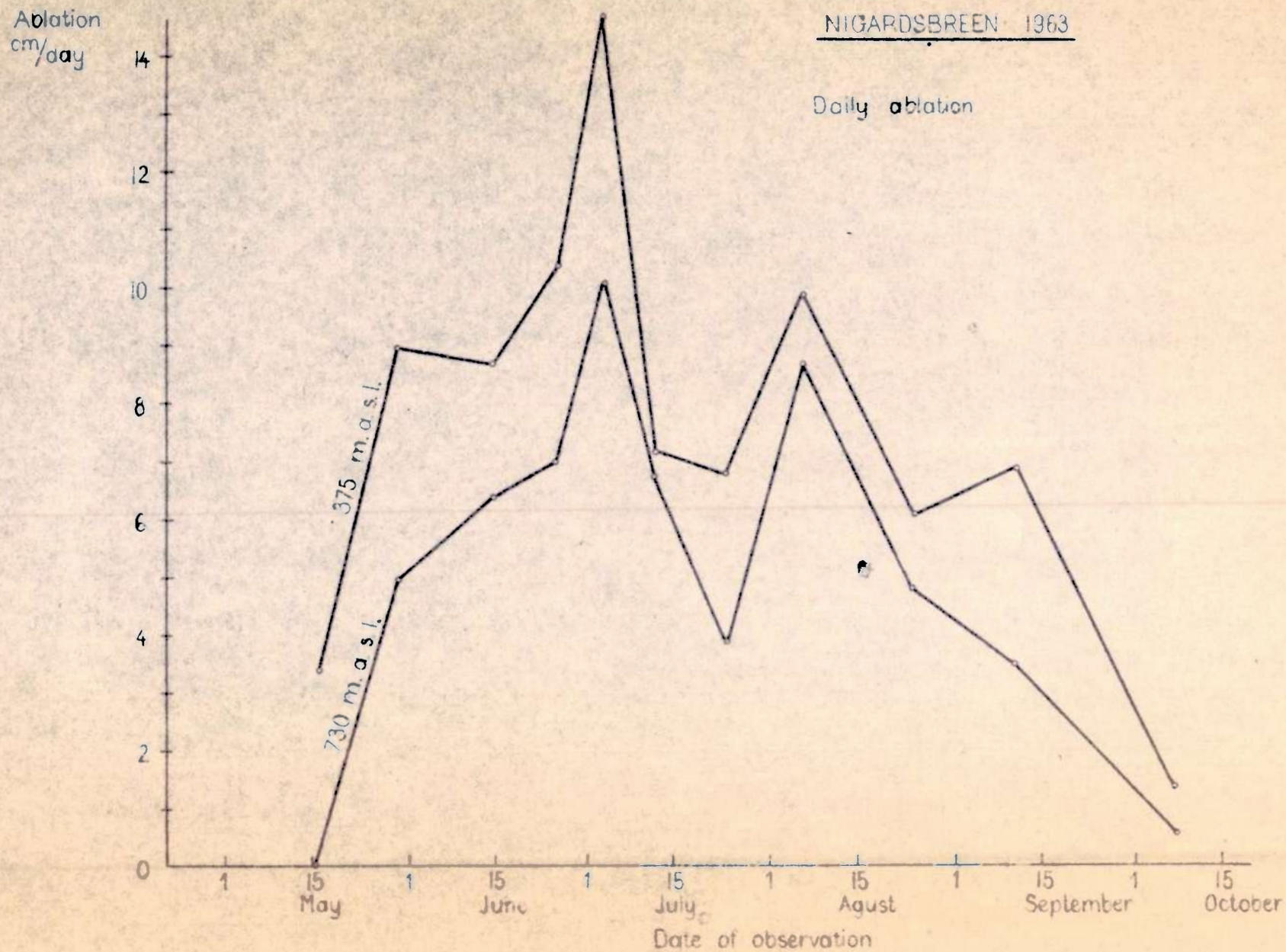
- Stake
- Pits
- Sounding profile



Nigardsbreen 1963

Accumulation
in cm of water equivalent





NIGARDSBREEN 1963

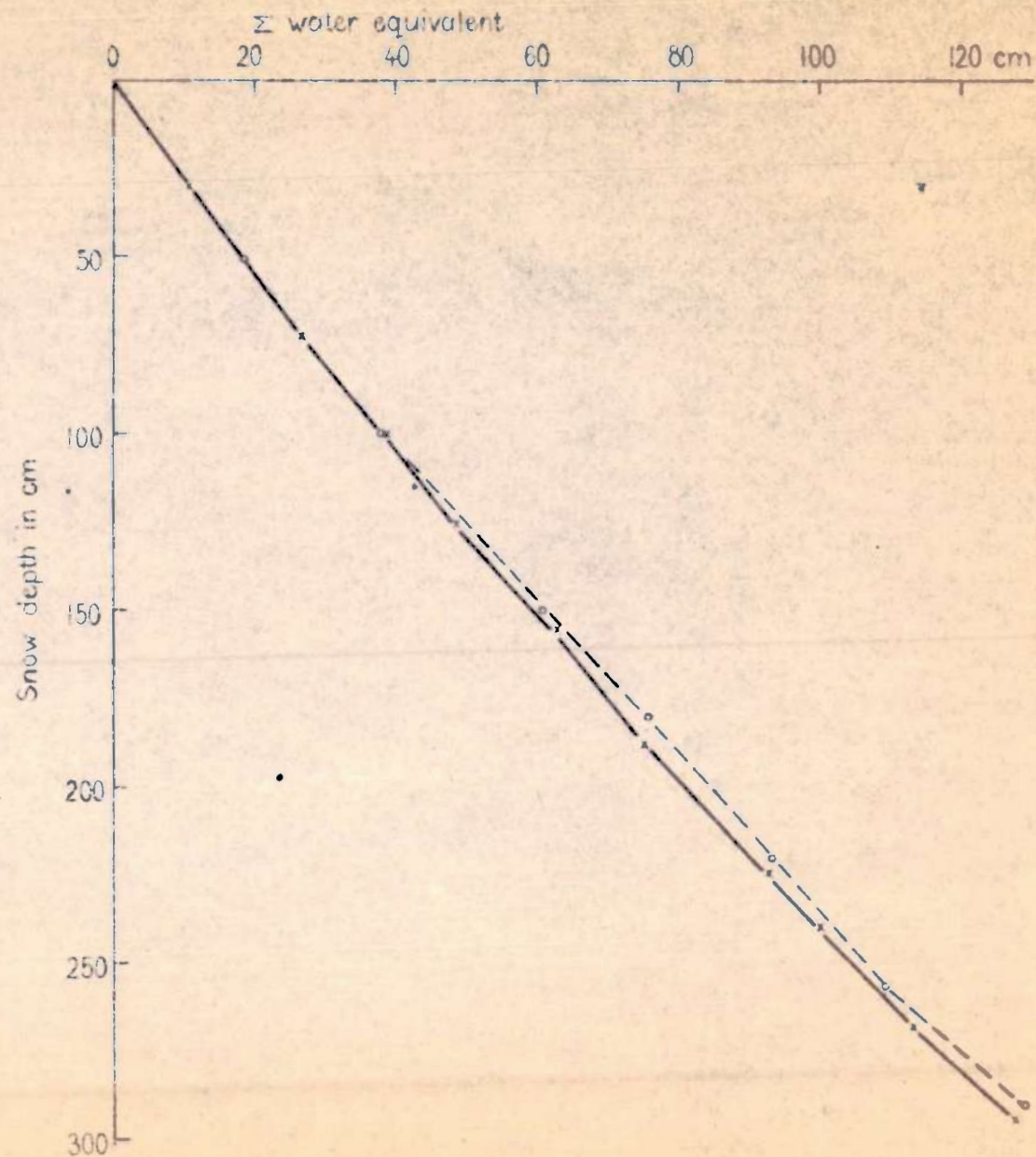
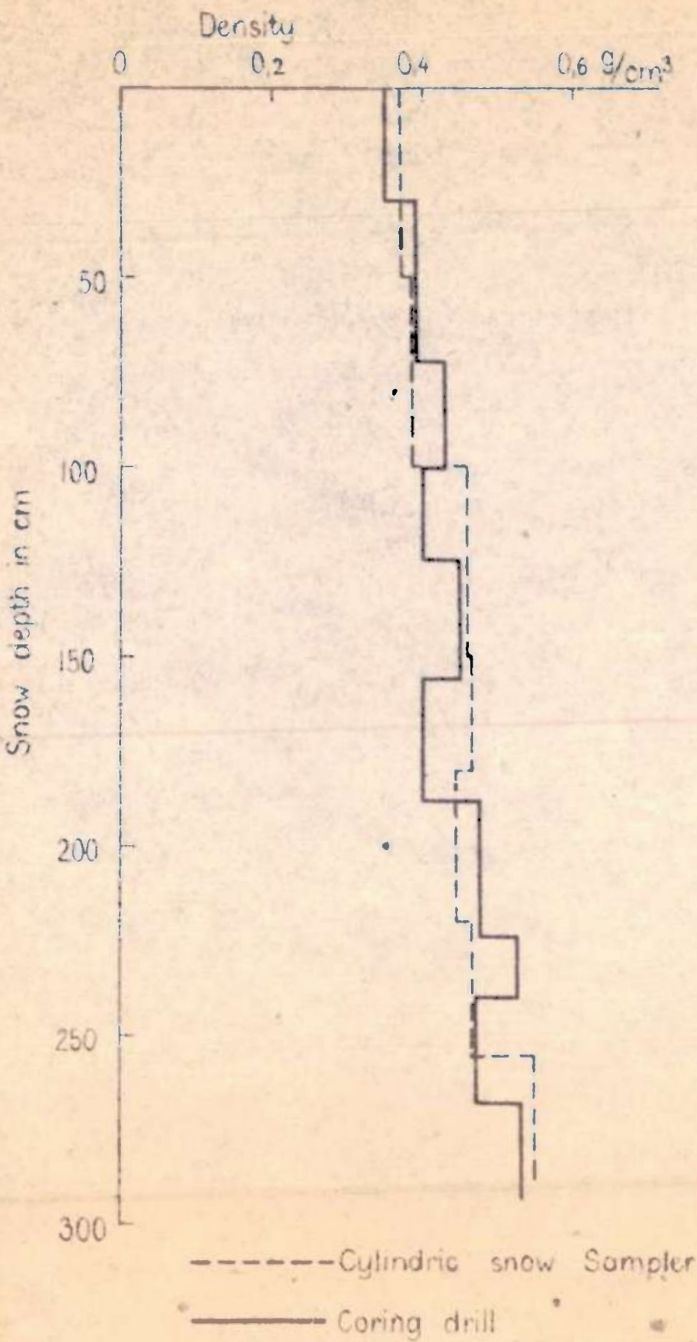


Fig 10

Nigardsbreen 1963

Ablation
in cm of water equivalent

Fig. 11.



NIGARDSBREEN 1963

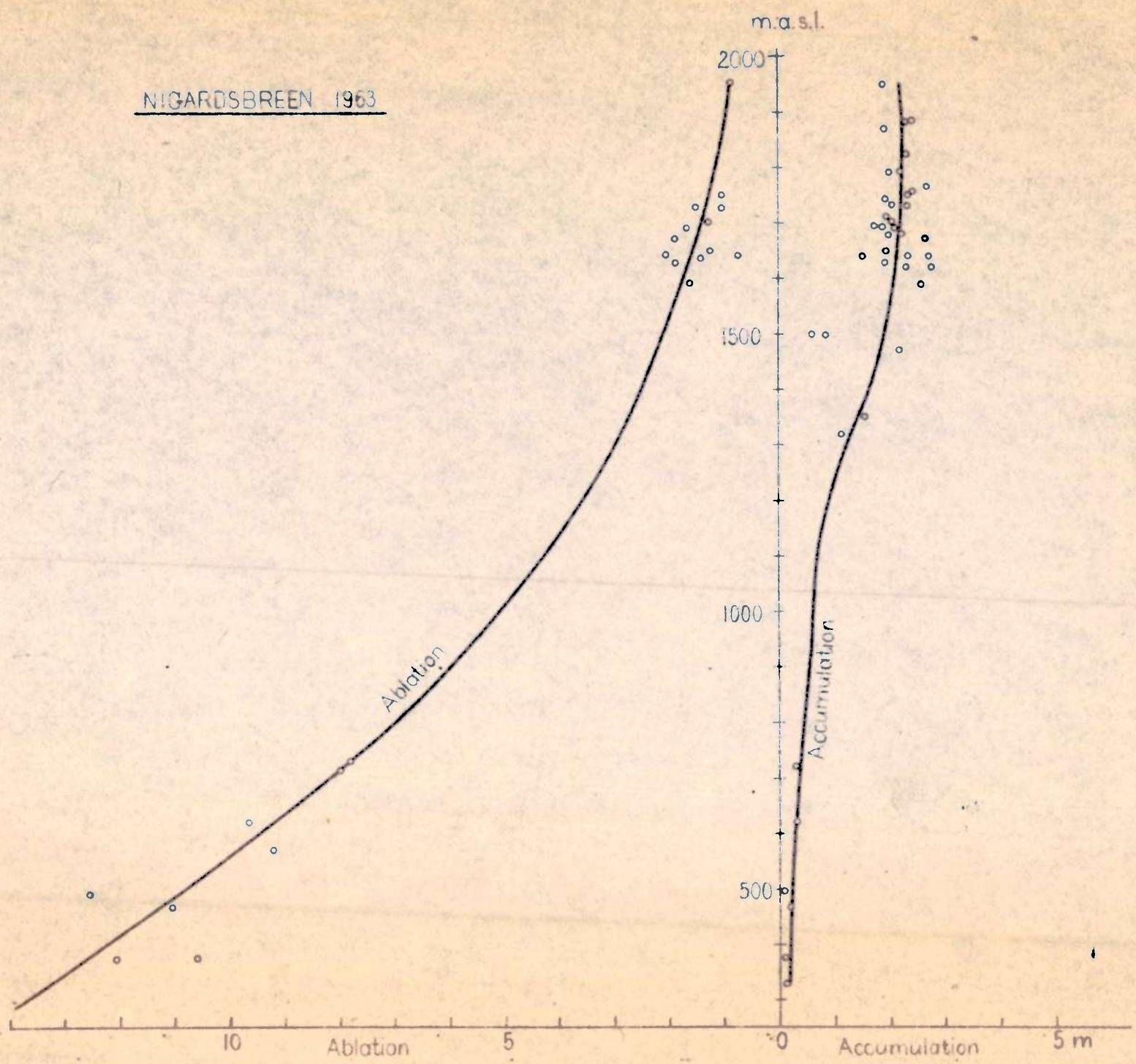


Fig 12

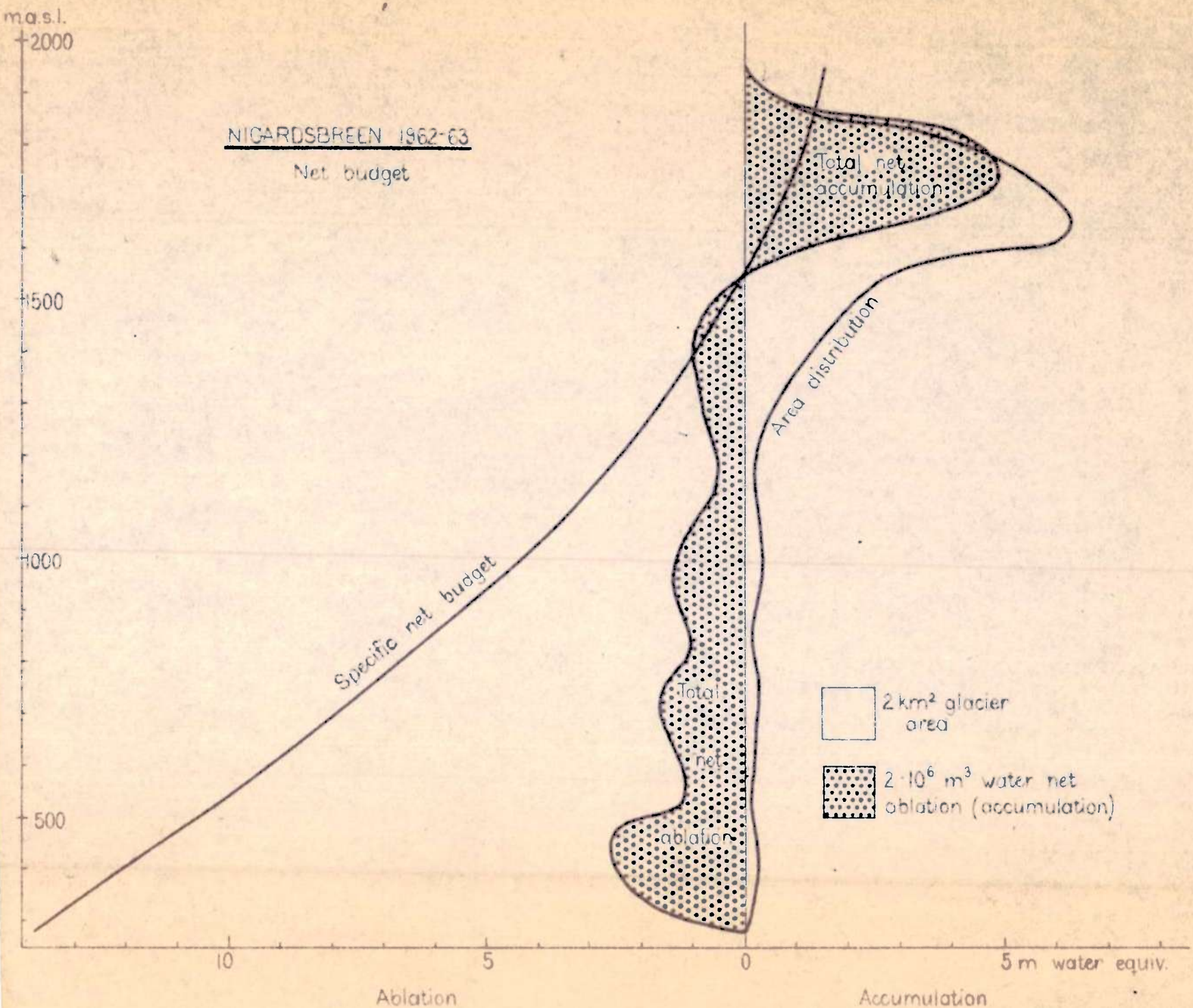


Fig 13

GRÅSUBREEN 1963

Position of stakes and pits

- Stake
- Pit

0 500m

N

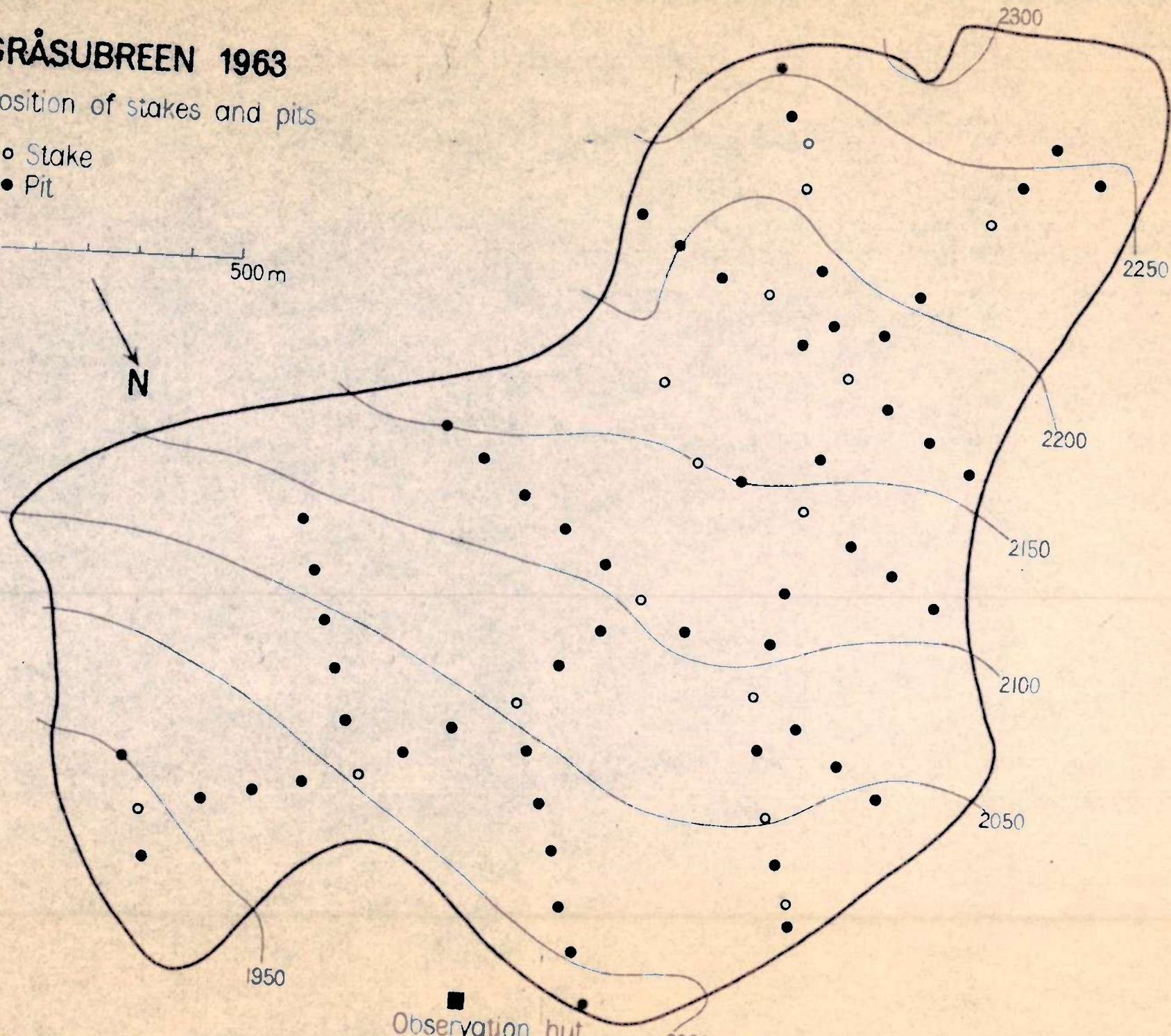


Fig.

Fig 14

GRÅSUBREEN 1962-63

Accumulation

in cm of water equivalent

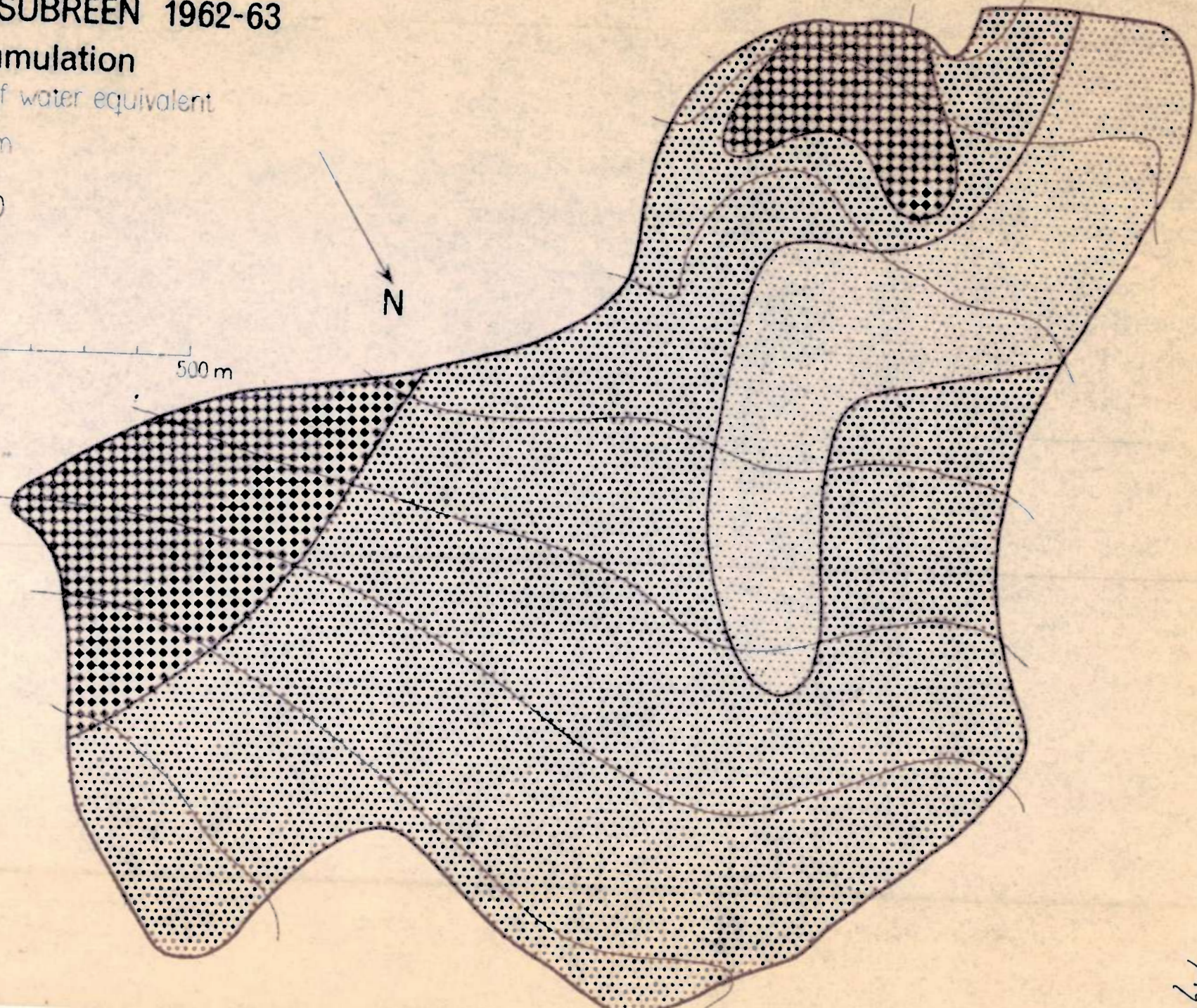
 < 30 cm

 30-50

 > 50

N

0 500 m



GRÅSUBREEN 1963

Ablation

in cm of water equivalent

 < 100 cm

 100-125

 > 125

0 500 m

N

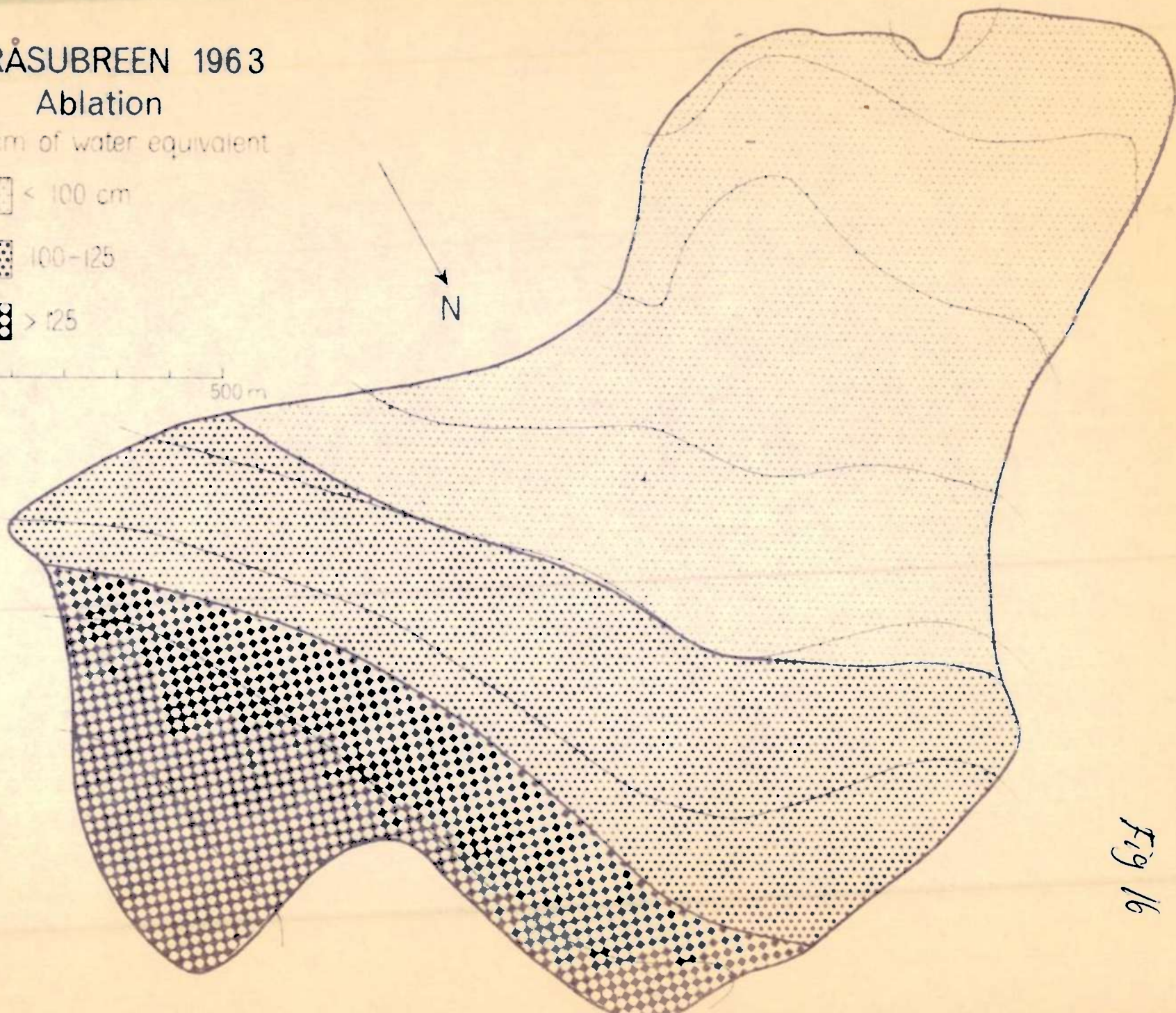


Fig 16

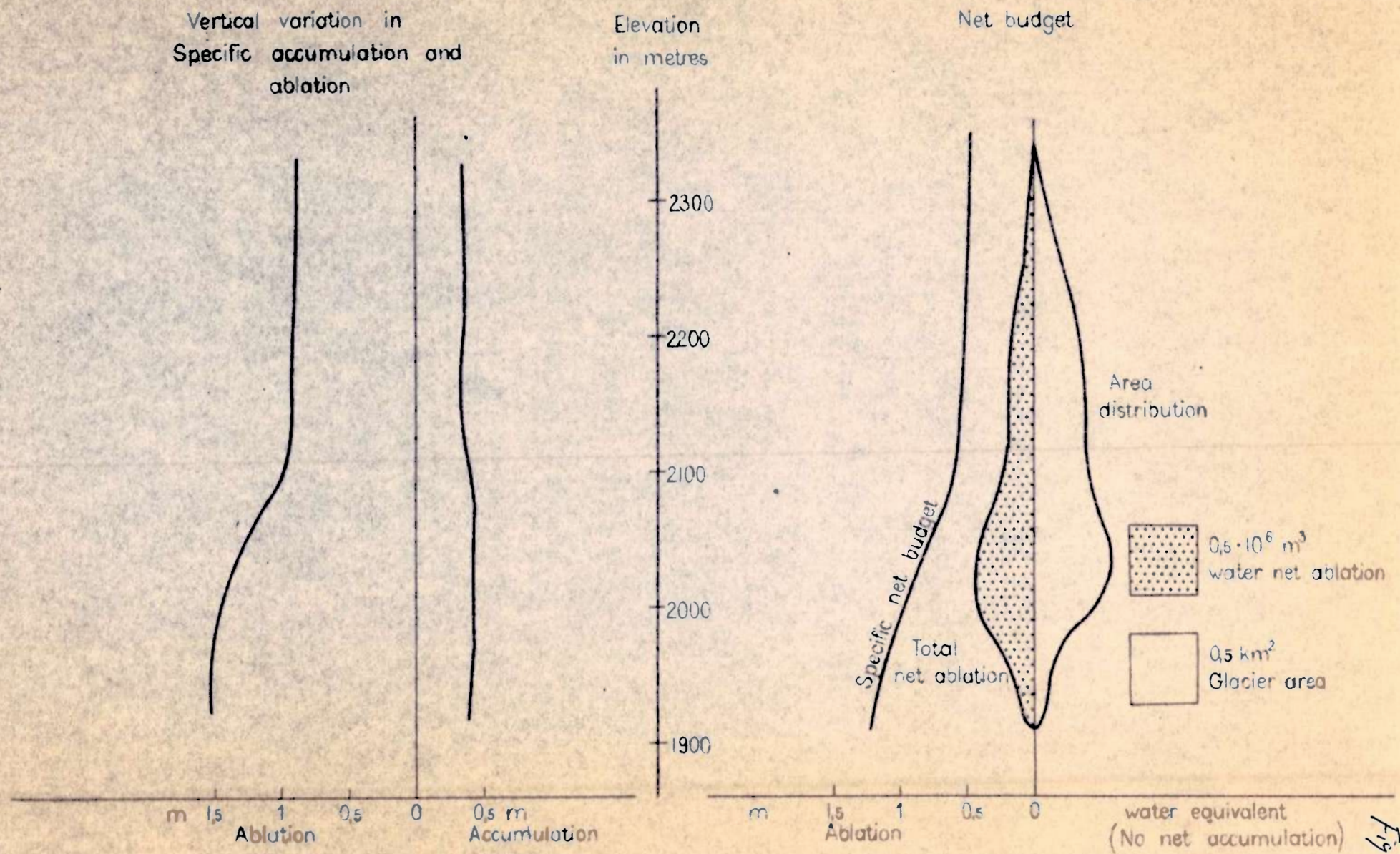
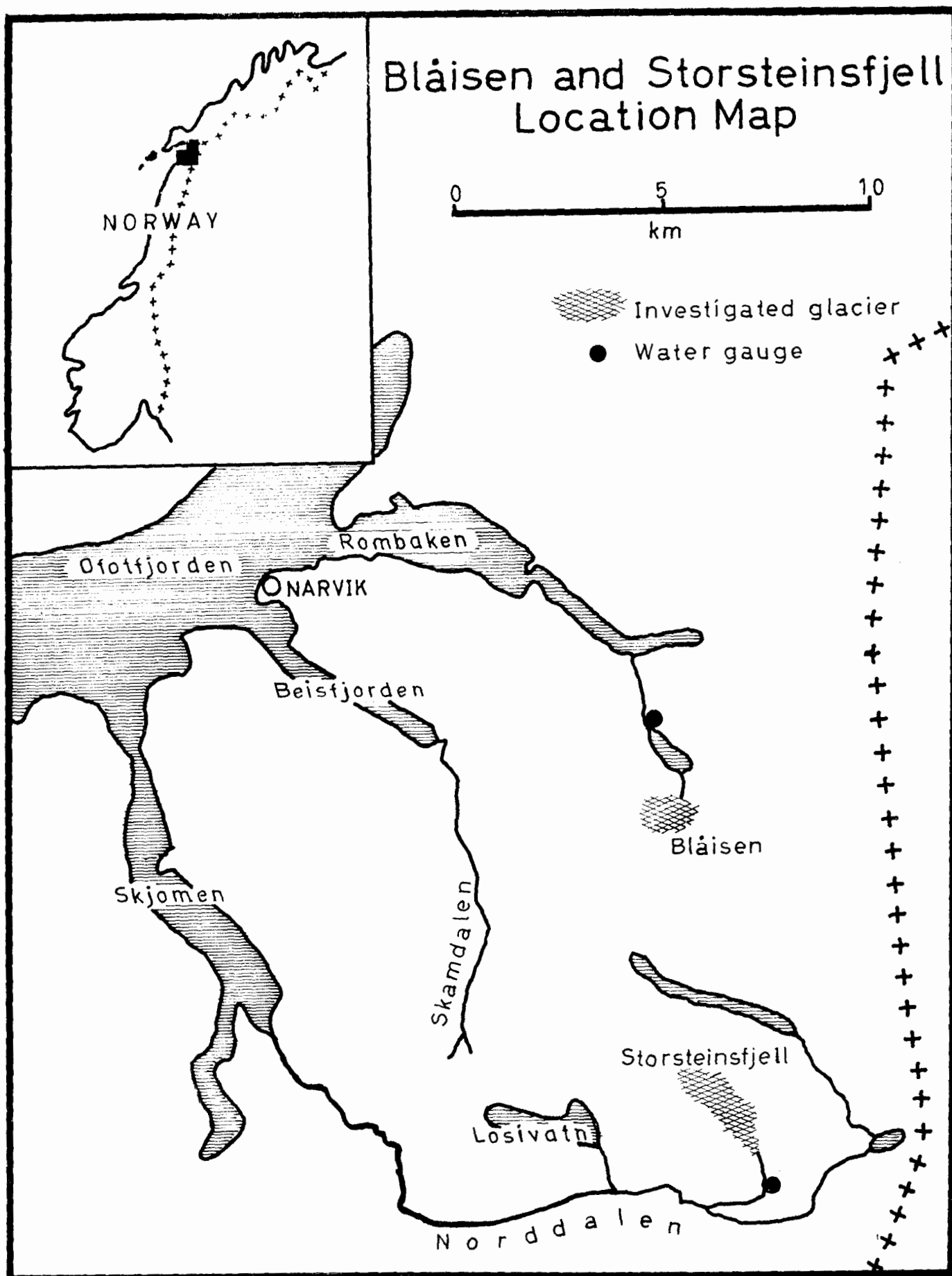
GRASUBREEN 1962-63



Fig. nr. 18. Ved de fleste breer som observeres av Vassdragsvesenet er det nu oppført små hytter der observatøren og hans assistent kan bo mens målingene på breen foretas. Det øverste bildet viser hytten ved Blåisen (Sildvik-feltet), i bakgrunnen til venstre skimtes garasjehuset for snøscooteren, til høyre ser man en del av breen. Det nederste bildet viser et interiør fra hytten. Det er normalt 2 soveplasser i disse hyttene, men ved å utnytte gulvet (og evt. garasjehuset) kan man få plass til 4 personer.



BLÅISEN 1963

Positions of stakes pits and sounding profiles

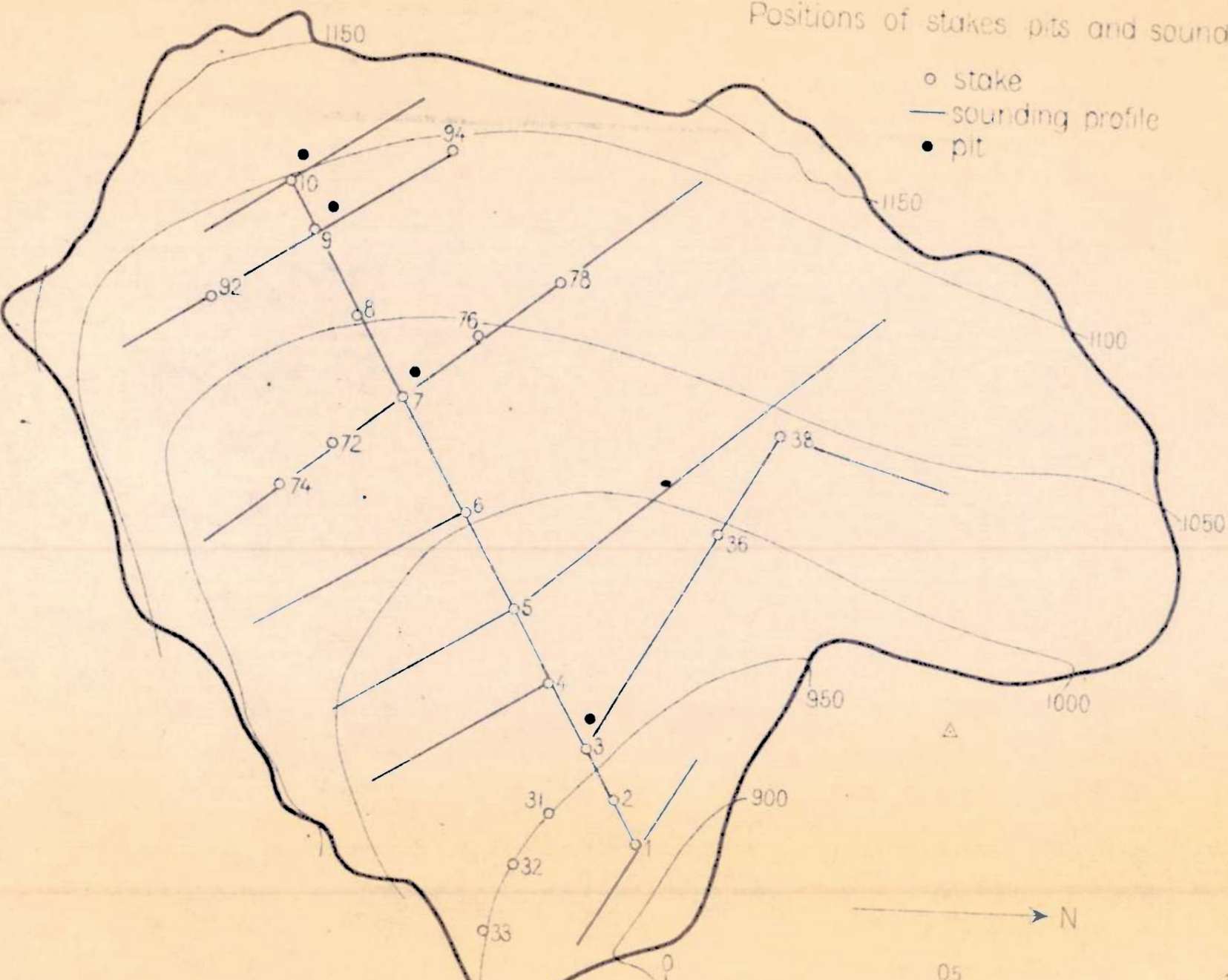


Fig 20

Fig. 21

BLÅISEN 1962-63

Accumulation
in cm of water equivalent

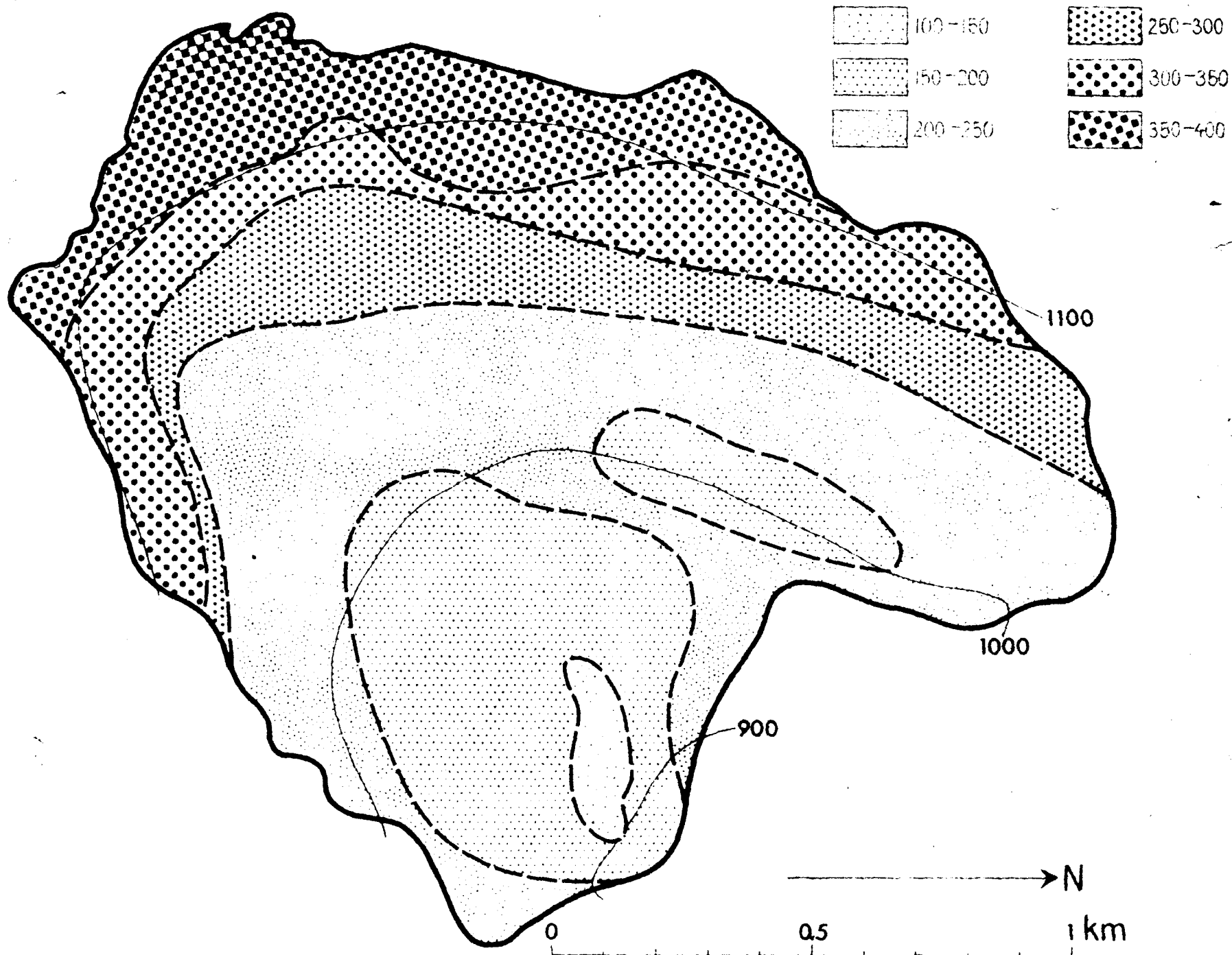




Fig.nr. 22 På breer med vanskelig adkomst eller der en særskilt stor avsmeltning forekommer, har man på forsøk gått over til å bruke en nedboret stålwire istedenfor aluminiumstaker for å måle ablasjonen. Wiren festes til en tetraederformet konstruksjon og kan derfor lett finnes igjen. Ablasjonen finnes ved å måle den del av wiren som har smeltet fram siden foregående måling. Wiren viser breoverflatens senkning med stor presisjon hvis den er plassert vertikalt ved innfrysningen i isen.

BLÅISEN 1963

Ablation

in cm of water equivalent

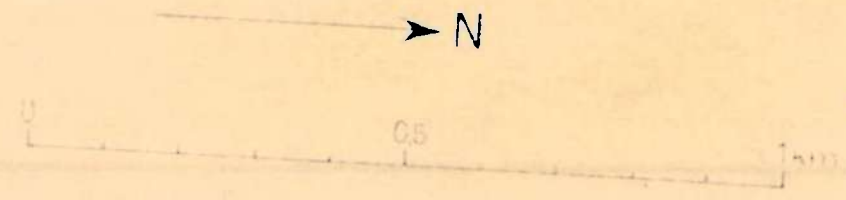
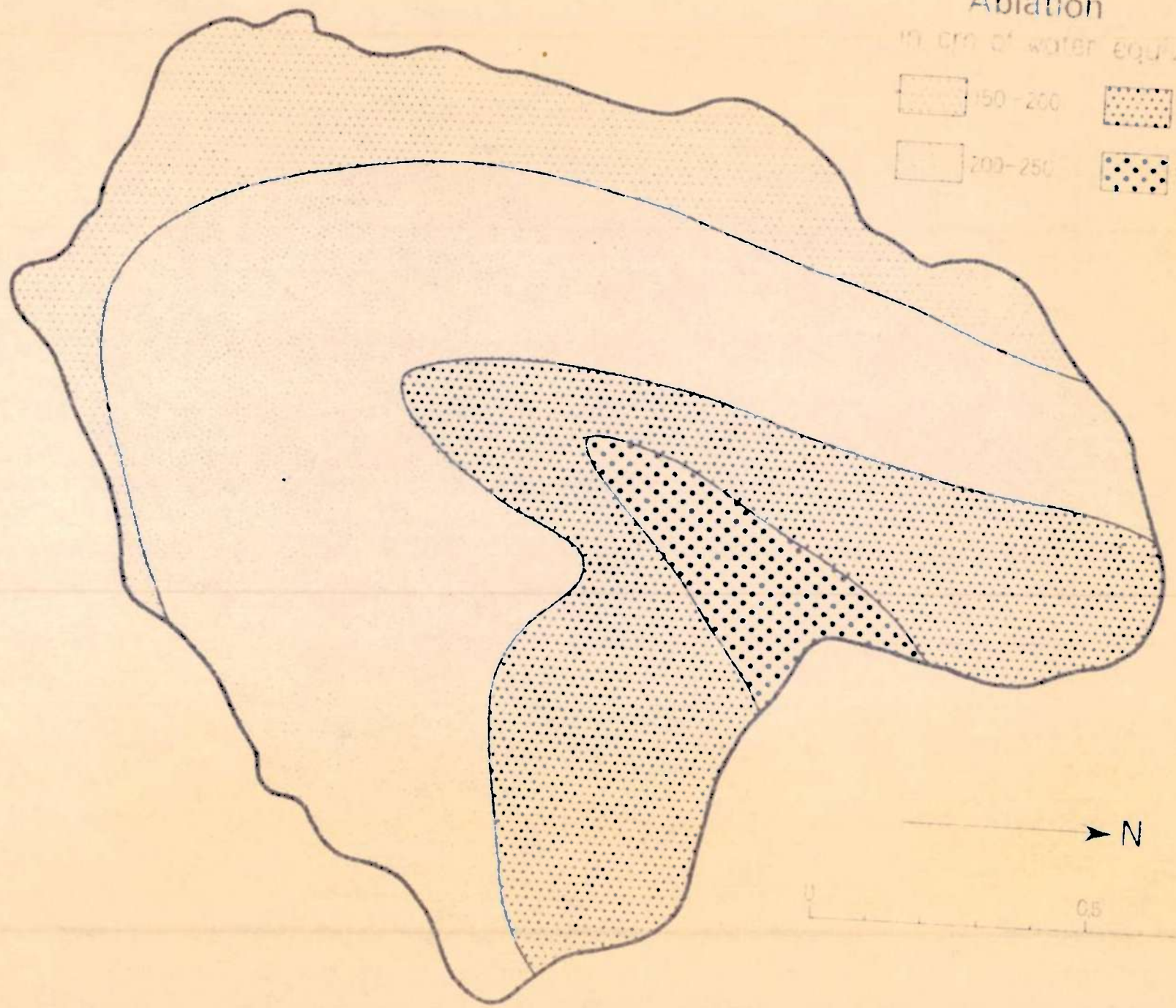
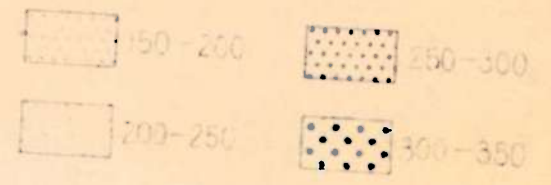


Fig 23



Blåisen, syd for Sildvikvatn i Ofoten-området.

Bildet er tatt i september 1963 da en stor del av isoverflaten var smeltet fram, men langs breens kanter lå det ennå dyp snö - vesentlig et resultat av vindtransport og snöras på vinteren. Til høyre er et område der morenemateriale farger isoverflaten mørk. Så snart vintersnøen har forlatt dette område, får vi en meget kraftig avsmeltning der - langt større enn på de øvrige deler av breen.

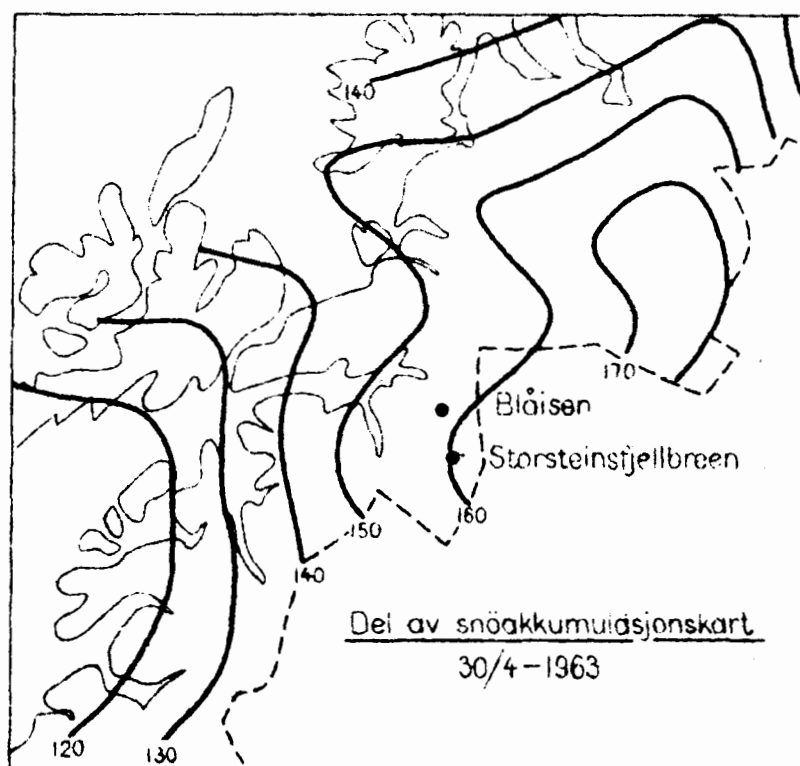


Fig 26

Monthly mean temperature at Björnfjell (512 m.a.s.l.)

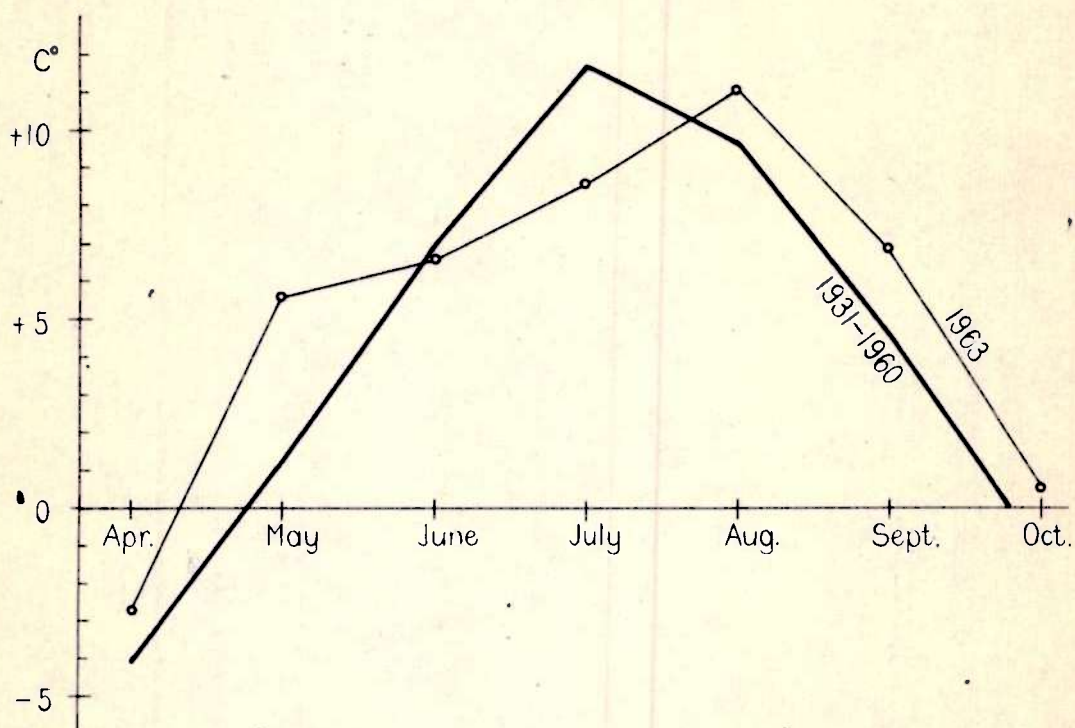
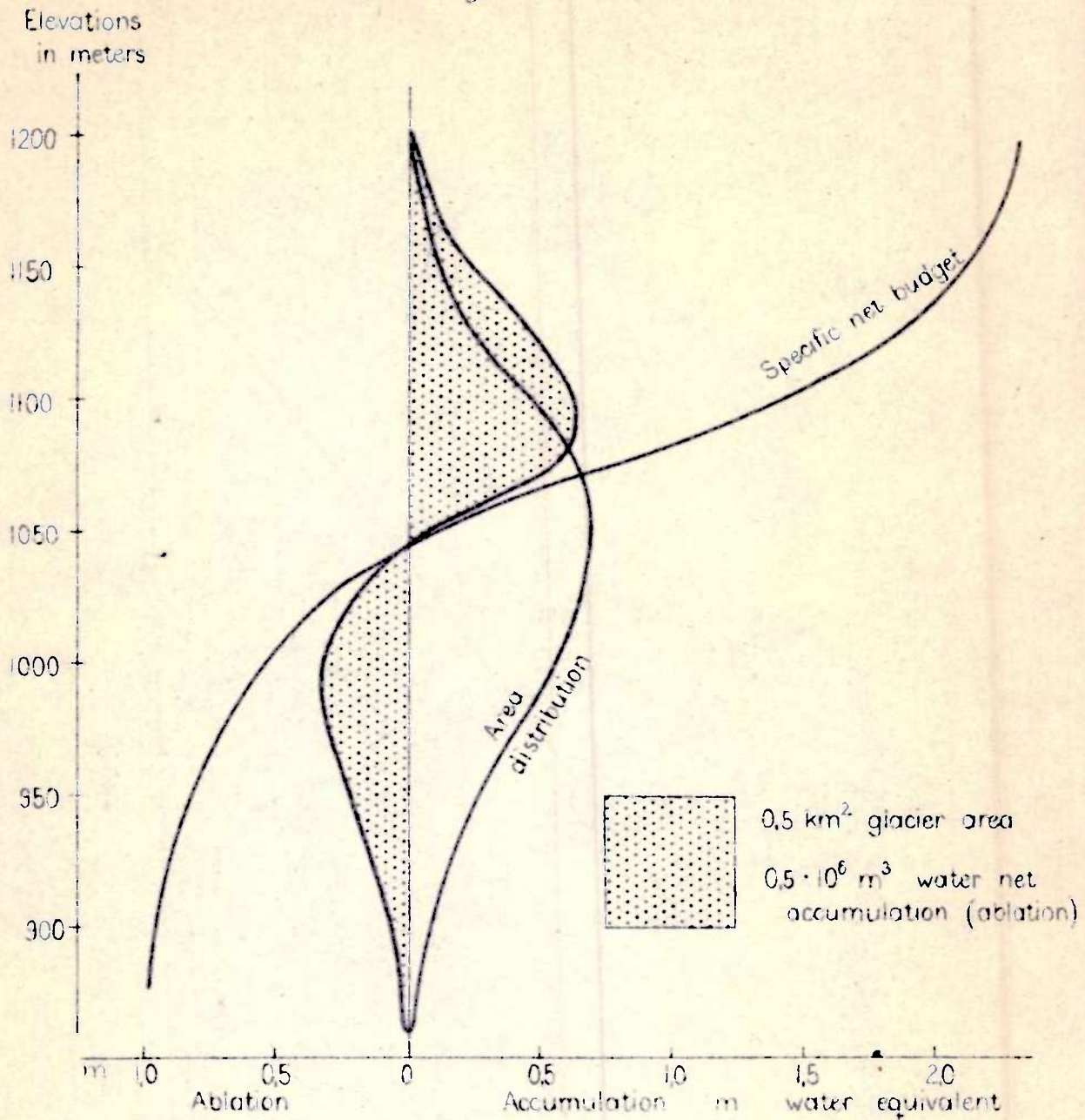


Fig. 27.

BLÄISEN 1962-63

Net budget



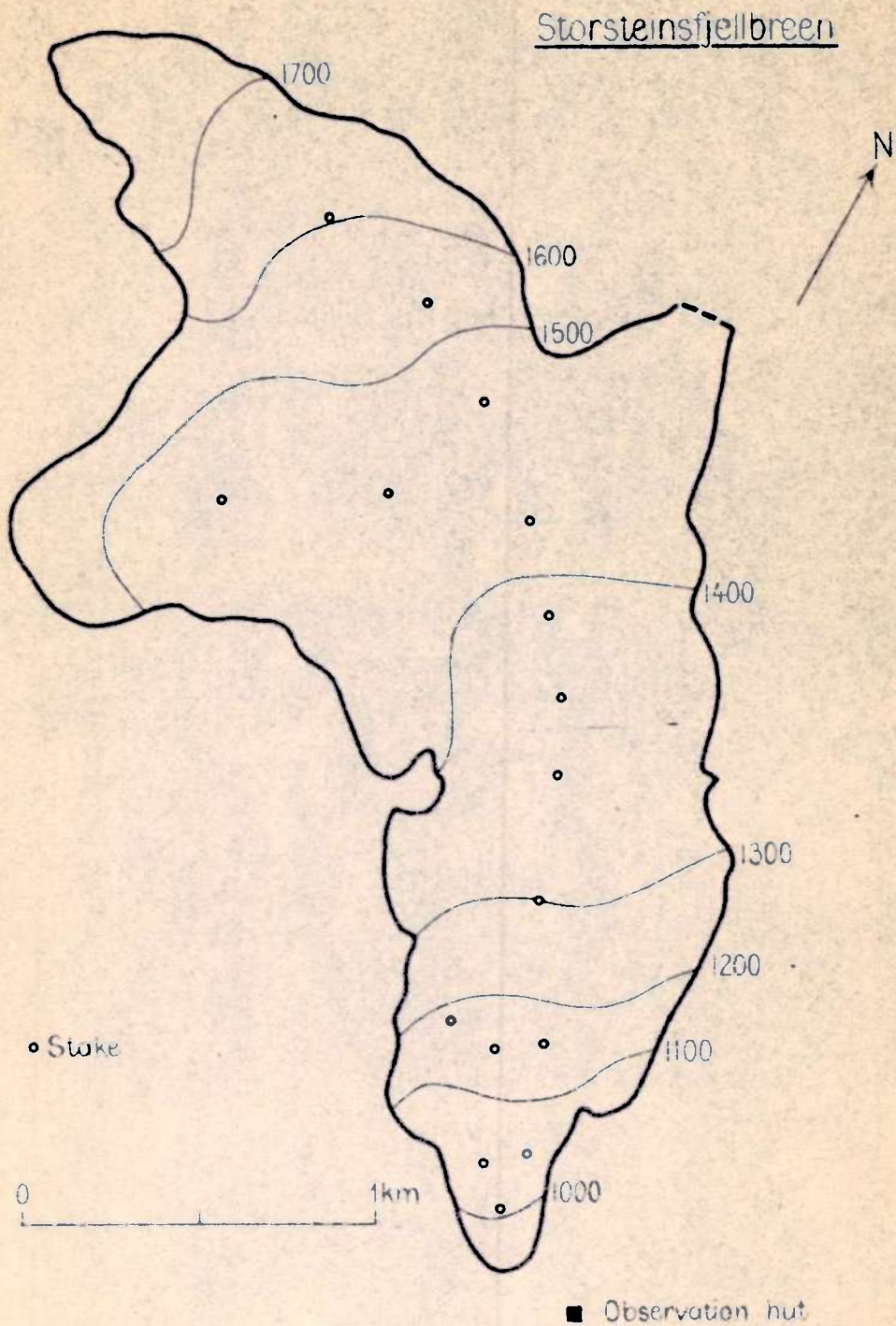
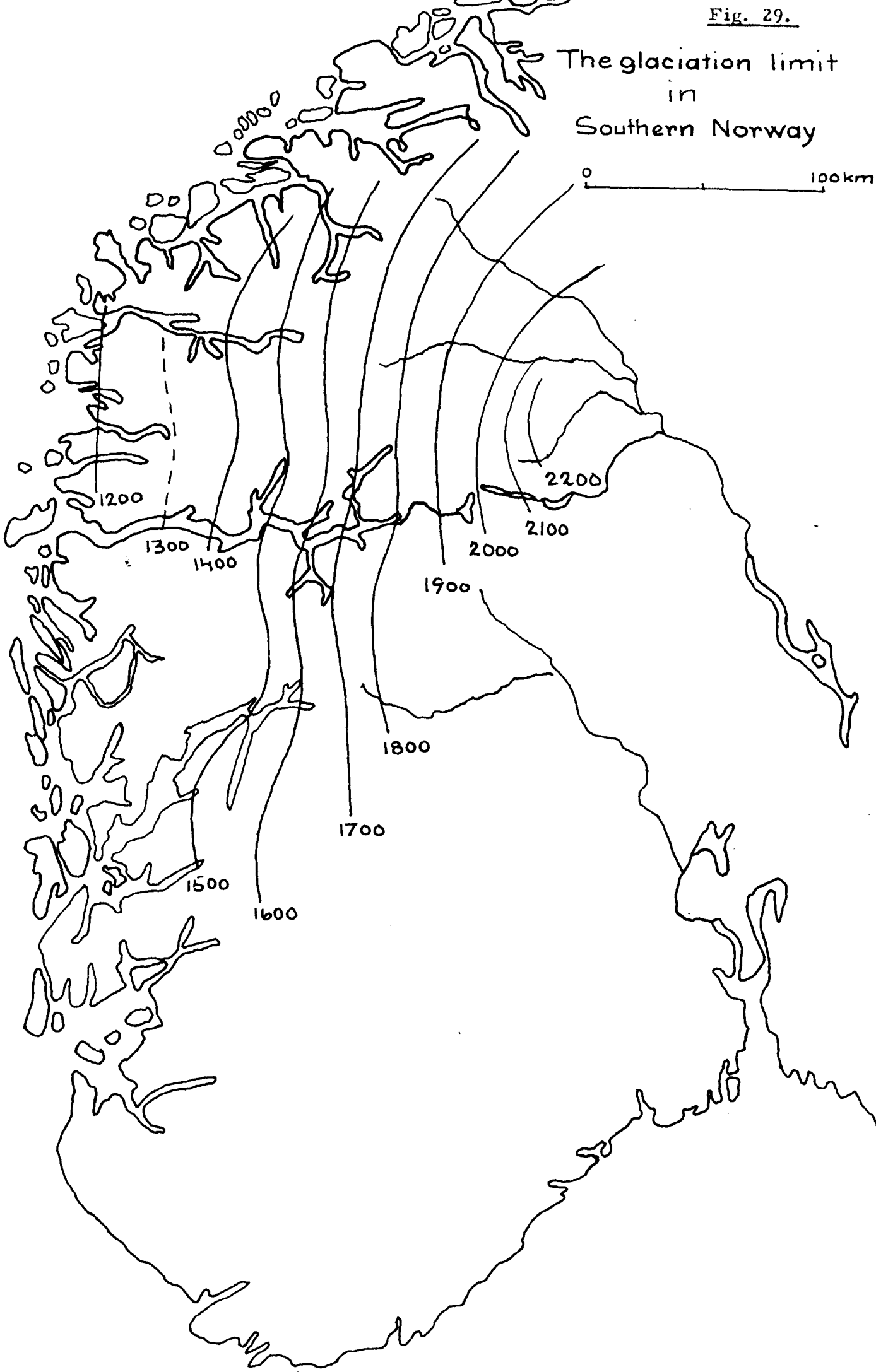


Fig. 29.

The glaciation limit
in
Southern Norway

0 100 km



Mass budget and firn line on Norwegian glaciers 1962-63

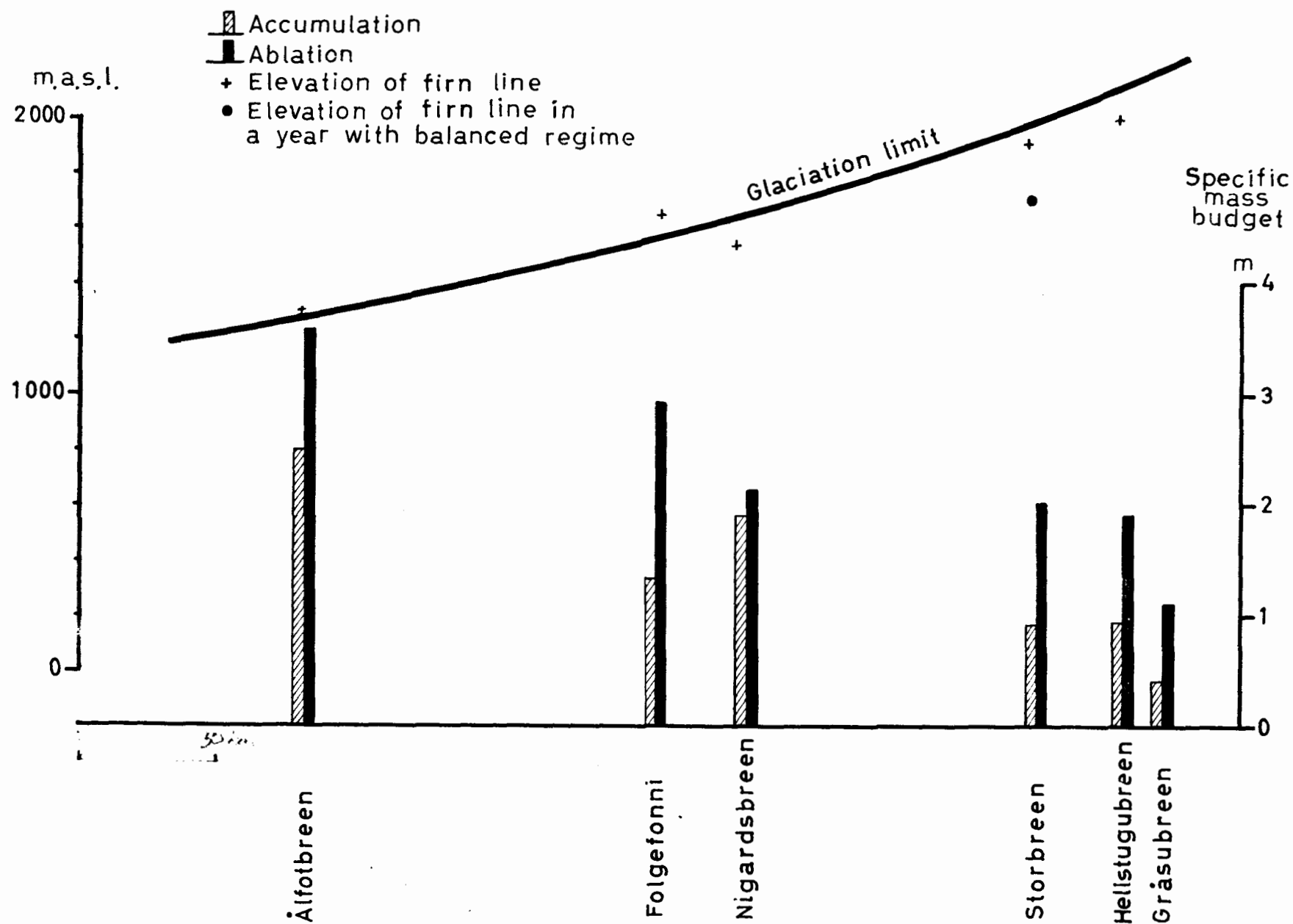


Fig 30

Fig. 31.

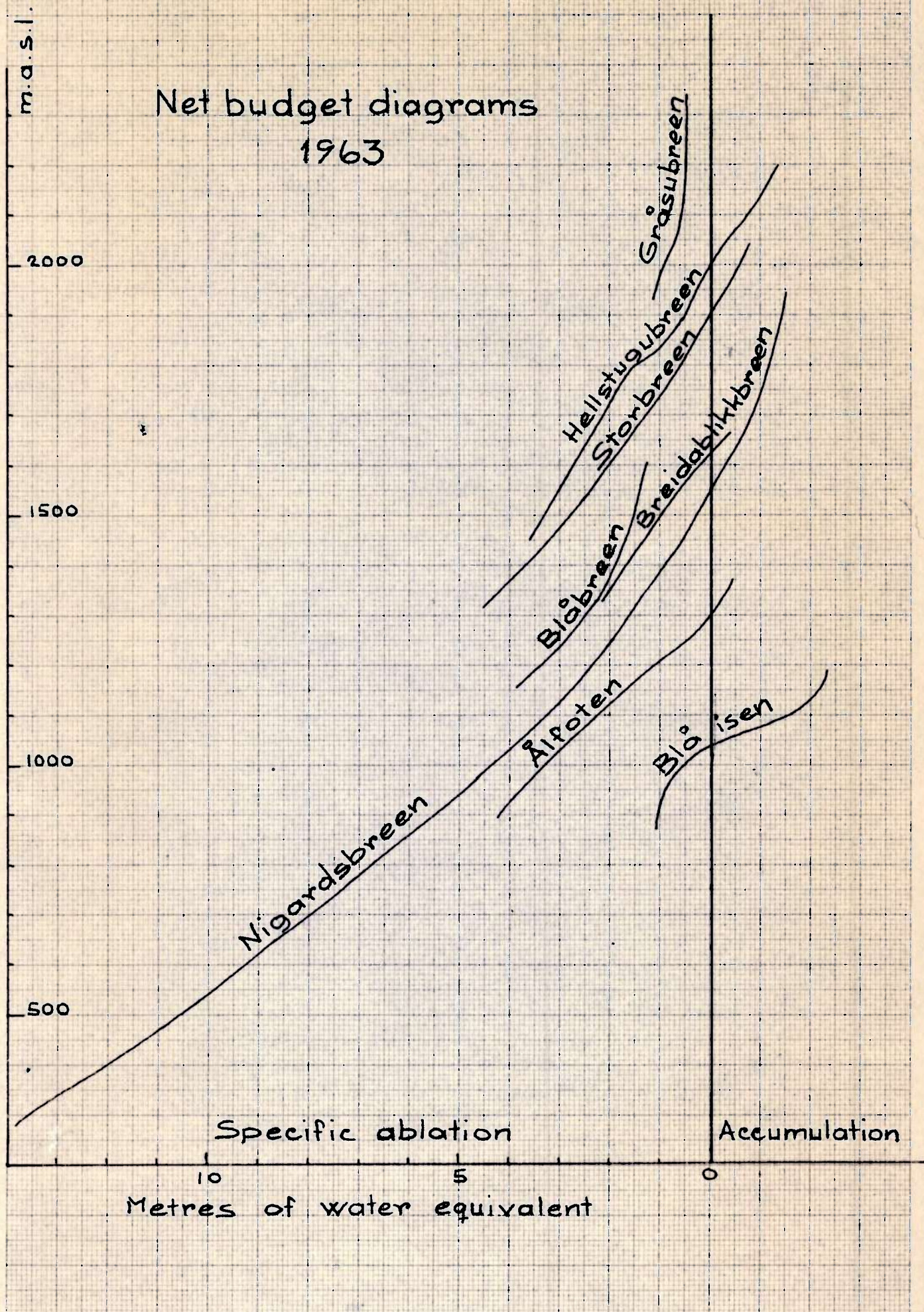




Fig. nr. ³² Fra arbeidet med nedboring av staker på Storsteinfjellbreen. Boret som består av et stålrør med grove tenner (se nederst) må ofte heises opp og tømmes. Ved spesielle temperaturforhold kan dette være en meget tidskrevende og arbeidsom del av boringen. Hvis boret fryser fast i hullet, må man enten hugge det løs- noe som kan ta flere dager hvis hullet er dypt - eller man kan forsøke å helle ned rödsprit, som i de fleste tilfeller vil kunne løse opp isen rundt boret.



En 2,5 cm tykk aluminiumstake kan på noen dager få sin tykkelse mange-doblet av rim. Hvis det begynner å blåse, kan staken lett bøyes ned. Personen i forgrunnen holder på å ta en snöpröve ut av kjerneboret.



En sjakt er gravet ned til sommeroverflaten, og noen prøver er tatt i bunnen av sjakten.

For å prøve om 3 stenger, sammenbundet i toppen (ikke synlig på bildet) vil kunne motstå presset av rimfrost og vind, er noen eksperimenter igangsatt på Nigardsbreen. Platene i bunnen av sjakten er plassert for å markere sommeroverflaten. Til våren (1964) kan man måle snödypet ved å stikke sonden ned til platene.



Fig. nr. ³⁴... . Når smeltevannet trenger seg fra overflaten ned til bunnen av breen kan det ofte oppstå huller i isen.

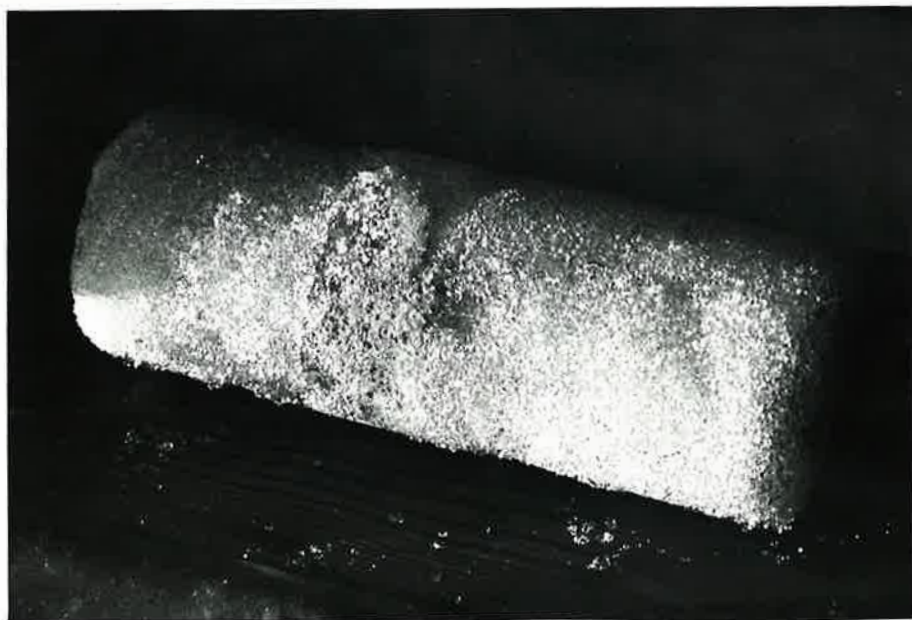
Disse såkalte "brønner" kan bli av imponerende dimensjoner, og da de dekkes av et snölag på vinteren representerer de en skjult fare når man krysser snödekkede deler av breen til fots.

I motsetning til sprekkenes opptrer brønnene enkeltvis spredt ut over bretungen, og de er langt vanskeligere å oppdage når de er dekket av et tynt snölag.



Med et spesielt kjernebor kan man få opp sylinderformede prøver av snöen. Hvis snöen er godt sammenpakket kan det være mulig å få en nesten helt kontinuerlig prøve av akkumulasjonslaget.

Ved å renskjære passende biter av snöcylindrene vil man ved måling og veiing få bestemt snöens tetthet i forskjellige dyp.



Overgangen fra akkumulasjonslag til eldre snö (firn) er ofte vanskelig å bestemme på breens överste deler.

Som oftest vil dog "sommeroverflaten" vise seg som et mørkere skikt eller ved forskjellig krystallstörrelse. Den mørkere fargen stammer fra små fremmedpartikler som blåser ut på breen om sommeren mens skillnaden i krystallstörrelse beror på en öket omkrystallisasjon på sommeren.



Ved akkumulasjonsmålinger i en sjakt må man bestemme snöens tetthet fra overflaten til bunnen (forrige års sommeroverflate). Da tettheten varierer sterkt, bl.a. på grunn av islag i snöen, må kontinuerlige prøver tas hele vegen ned - noe som er nøyaktigere enn å ta stikkprøver.

I steden for å bruke en prøvetagnings-sylinder som drives ned gjennom snölagene, kan man sage blokker som måles og veies. Ofte er snöen så kraftig sammenpakket at dette er den eneste metoden som kan brukes.

Metoden er meget nøyaktig, men det tar lang tid å utføre målingene, i en dyp sjakt i breens firnområde kan arbeidet ta mer enn en hel dag.

BREER OG MORENER

I OMRÅDET VED BLÅMANNSISEN-SULITJELMA

Glaciers and moraines
in the Blåmannsisen-Sulitjelma area,
Norway and Sweden

Bre (eller «evig snø») ifølge norske gradteigskart, oppmålt 1906–1910, og svensk «generalstabskart», oppmålt 1876.
Glacier (or permanent snow field) according to Norwegian topographic maps, surveyed 1906–10 and Swedish maps, surveyed 1876.

Bredekkt område ifølge flybilder fra 1961
Glacier according to air photographs, taken 1961

Større morenerygg
Large moraine ridge

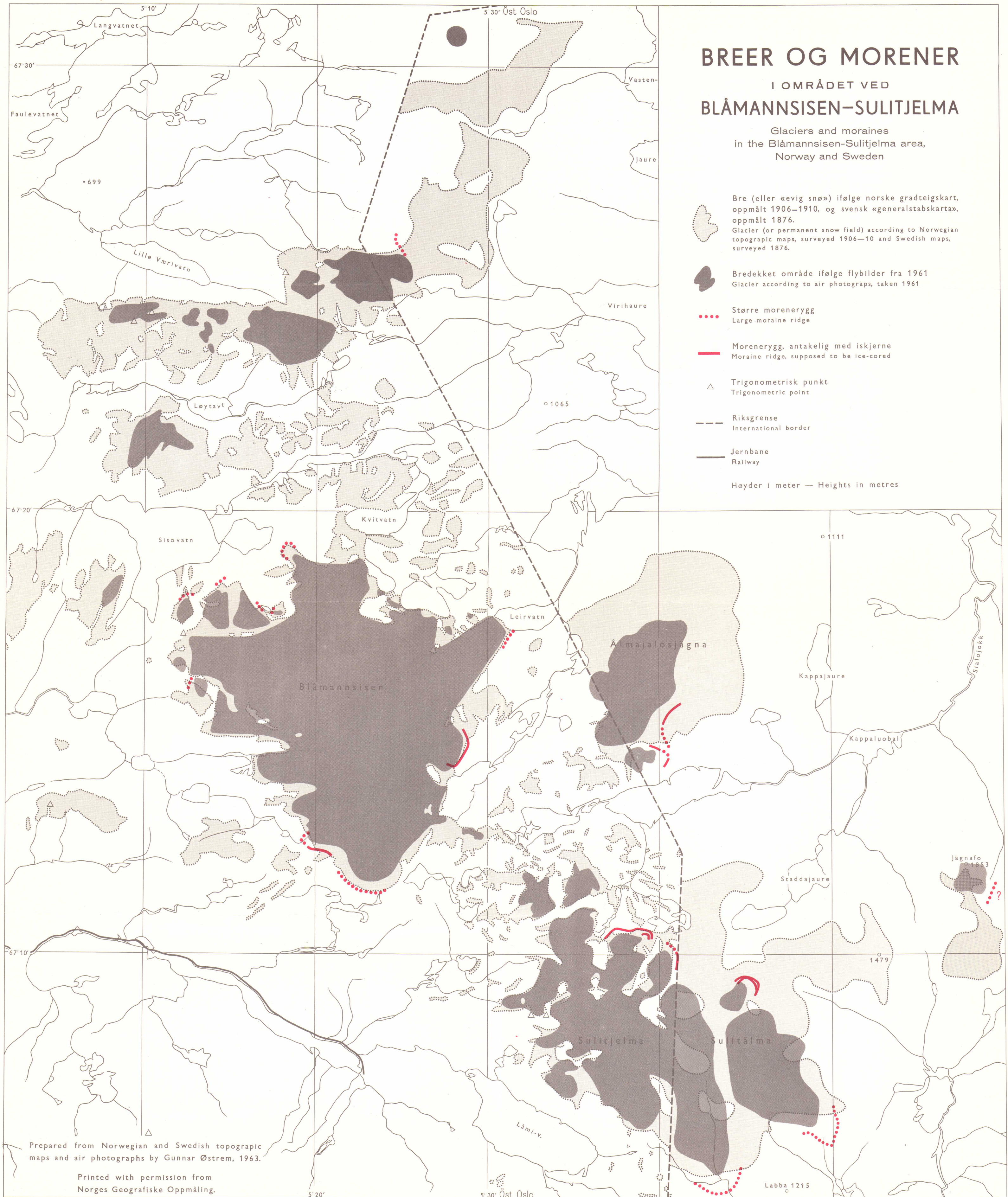
Morenerygg, antakelig med iskjerne
Moraine ridge, supposed to be ice-cored

△ Trigonometrisk punkt
Trigonometric point

--- Riksgrense
International border

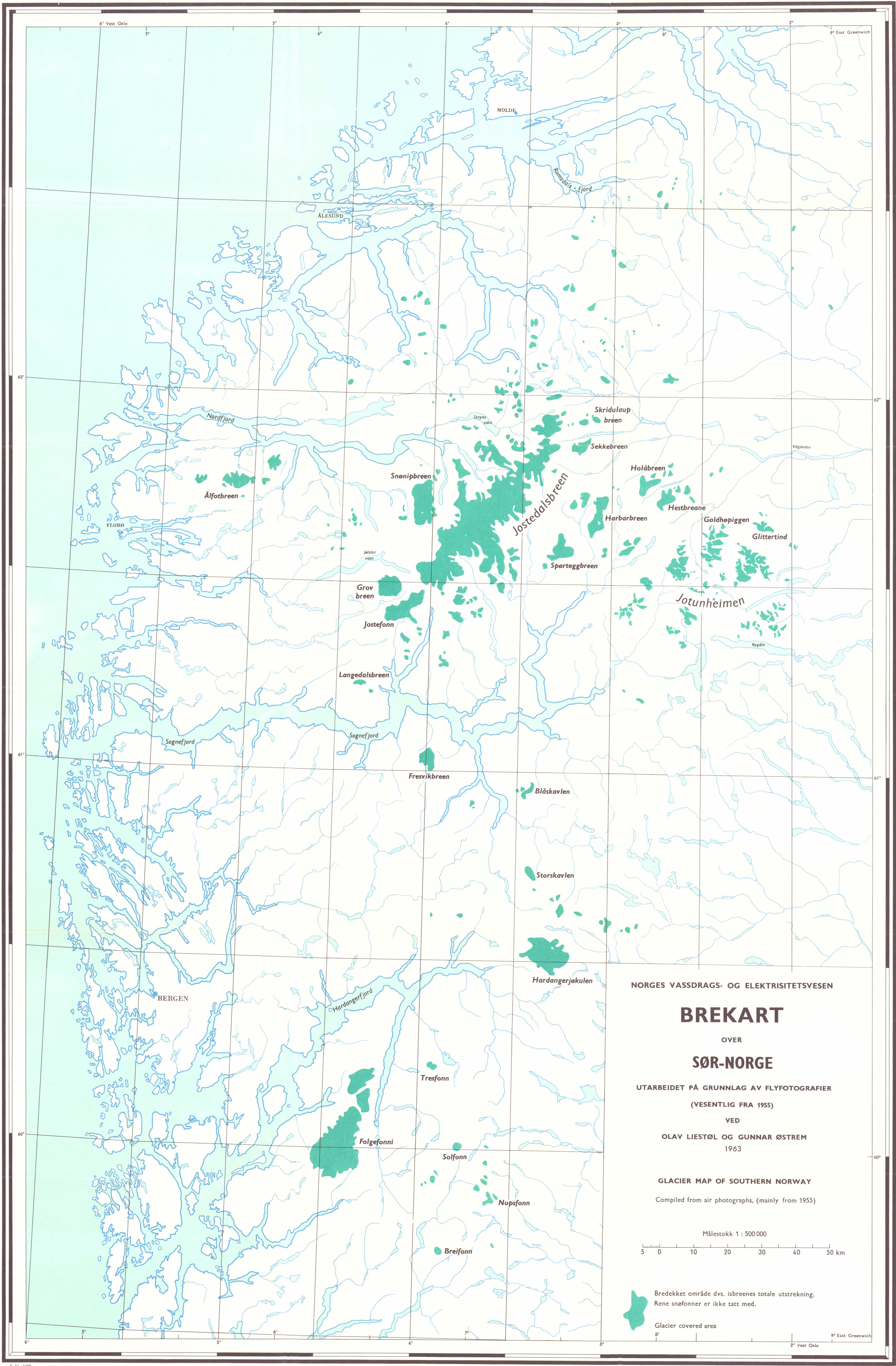
— Jernbane
Railway

Høyder i meter — Heights in metres



Prepared from Norwegian and Swedish topographic maps and air photographs by Gunnar Østrem, 1963.

Printed with permission from
Norges Geografiske Oppmåling.

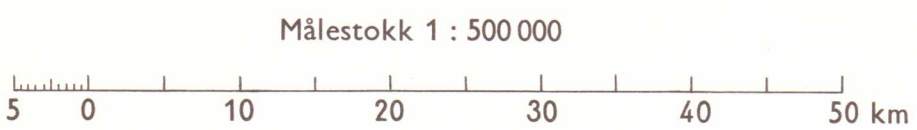


NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN

BREKART
OVER
SØR-NORGE

UTARBEIDET PÅ GRUNNLAG AV FLYFOTOGRAFIER
(VESENTLIG FRA 1955)
VED
OLAV LIESTØL OG GUNNAR ØSTREM
1963

GLACIER MAP OF SOUTHERN NORWAY
Compiled from air photographs, (mainly from 1955)



Bredekkt område dvs. isbreens totale utstrekning.
Rene snøfonner er ikke tatt med.

Glacier covered area