

NORSK POLARINSTITUTT
MEDDELELSER NR. 90

GUNNAR ØSTREM og OLAV LIESTØL

GLASIOLOGISKE UNDERSØKELSER I NORGE 1963

(Særtrykk av Norsk Geografisk Tidsskrift, Bd. XVIII, 1961-1962, h. 7-8, 1964)



NORSK POLARINSTITUTT
OSLO 1964

NORSK POLARINSTITUTT

Observatoriegt. 1, Oslo, Norway

Short account of the publications of Norsk Polarinstitut

The two series, Norsk Polarinstitut — SKRIFTER and Norsk Polarinstitut — MEDDELELSER, were taken over from the institution Norges Svalbard- og Ishavsundersøkelser (NSIU), which was incorporated in Norsk Polarinstitut when this was founded in 1948. A third series, Norsk Polarinstitut — ÅRBOK, is published with one volume per year.

SKRIFTER includes scientific papers, published in English, French or German. MEDDELELSER comprises shorter papers, often being reprints from other publications. They generally have a more popular form and are mostly published in Norwegian.

SKRIFTER has previously been published under various titles:

- Nos. 1—11. Resultater av De norske statsunderstøttede Spitsbergen-ekspeditioner.
- No. 12. Skrifter om Svalbard og Nordishavet.
- Nos. 13—81. Skrifter om Svalbard og Ishavet.
 - › 82—89. Norges Svalbard- og Ishavsundersøkelser. Skrifter.
 - › 90— . Norsk Polarinstitut Skrifter.

In addition a special series is published: NORWEGIAN—BRITISH—SWEDISH ANTARCTIC EXPEDITION, 1949—52. SCIENTIFIC RESULTS. This series will comprise 6 volumes, three of which are now completed.

Topographic and hydrographic surveys make an important part of the work done by Norsk Polarinstitut. A list of the published maps and charts is found on the back of SKRIFTER.

A complete list of publications (including maps and charts) is enclosed in SKRIFTER Nr. 123.

ÅRBØKER

- Årbok 1960. 1962. Kr. 15,00.
- Årbok 1961. 1962. Kr. 24,00.
- Årbok 1962. 1963. Kr. 28,00.

Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963

AV

GUNNAR ØSTREM og OLAV LIESTØL

(Med 40 tekstfigurer og en løs kartplansje bak i heftet.)

ÅRET 1962 preges av en sterkt økt aktivitet på det glasiologiske område i Norge. Dette kommer dels av at vi i den siste tid har hatt flere geografistudenter med glasiologi som hovedoppgave enn tidligere, og dels av at Vassdragsvesenet har satt i gang bremålinger for å få opplysninger om en del nedslagsfelt med stor brepresent. Som kjent innvirker bredekkede områder på hydrologien i vassdrag der tilsiget for en stor del består av smeltevann fra permanente is- og snøfelt. Det vil f. eks. være vanskelig å foreta beregninger av overføringstunnellers ønskede kapasitet o. l. uten å vite noe om breområdets hydrologi. Derfor er målinger av en rekke breers materialhusholdning satt i gang i områder hvor kraftutbygging er planlagt eller påtenkt. Konstruktør V. Karlén har utført hoveddelen av disse undersøkelser.

De enkle målinger av bretungens stilling ved en rekke breer som har vært under observasjon i lang tid (for noen breers vedkommende helt fra år 1900, se Øyen 1902, p. 123—134), er også blitt fortsatt i 1963, selv om antall observasjoner denne sommer er noe mindre enn vanlig. For de breer hvor tungen ikke er målt i 1963, vil man neste sommer kunne få målt toårsvariasjonen.

De detaljerte undersøkelser av Storbreenes materialhusholdning og bevegelse som uten avbrudd har pågått siden 1948 i Jotunheimen, er fortsatt også i år. Denne undersøkelsesserie foretas av Norsk Polarinstitutt. Resultatene vil bli publisert i Polarinstituttets årbok og medtas derfor ikke i denne oversikt, men for sammenlikningens skyld omtales dog materialbalansen på Storbreen 1962—63 (se side 306). På oversiktskartet, fig. 1, er breområdene i Norge tegnet inn og stedene for undersøkel-

sene markert. Da de nordnorske breene (i Skjomen-området) danner et tverrprofil sammen med Storglaciären i Kebnekajse, er stedene for de svenske breundersøkelsene også avsatt på kartet.

MÅLINGER AV BRETUNGENS STILLING

Omkring århundreskiftet satte Rekstad og Øyen i gang målinger av bretungens stilling ved en rekke breer i Jotunheimen, på Vestlandet og i Nord-Norge. (Hoel og Werenskiold 1962, p. 17—18). Dette arbeidet ble senere fortsatt av Werenskiold og Fægri, og er nu overtatt av Norsk Polarinstitutt. Det foreligger derfor en lang observasjonsrekke av iskantens variasjon ved et stort antall breer — et materiale som har vært utnyttet av flere forskere ved studier av klimafluktuasjonene (se f. eks. Ahlmann 1953). Det kan derfor være av betydning at de lange observasjonsserier fortsettes, iallfall ved et representativt utvalg av breer.

En variasjon i breens materialbalanse vil ikke umiddelbart kunne observeres som en tilsvarende variasjon i bretungens stilling. Det er alltid en tidsforskyvning, slik at bretungen først reagerer flere år senere. O. Rogstad har studert bretungens variasjon bl. a. ved Briksdalsbreen, en arm av Jostedalbreen, og funnet at det der tar ca. 4 år før en variasjon i materialbalansen gir seg utslag i variasjonen nede ved tungen (Rogstad 1941). For de fleste breer er antakelig tidsforskjellen betydelig større, og for store breer vil mindre variasjoner kunne dø helt ut før de når bresnuten.

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

På oversiktskartet (fig. 1) er beliggenheten av alle de omtalte målesteder markert med røde symboler.

Fig. 1. Oversiktskart over breområdene i Norge og Nord-Sverige. Alle større breer er avsatt som svarte flater, og stedene for breundersøkelser er markert. Alle steder der bretungen måles, er avsatt på kartet, selv om visse breer ikke er observert sommeren 1963. Undersøkelser av materialhusholdningen er foretatt 1962—63 ved alle de breer som er spesielt markert på kartet.

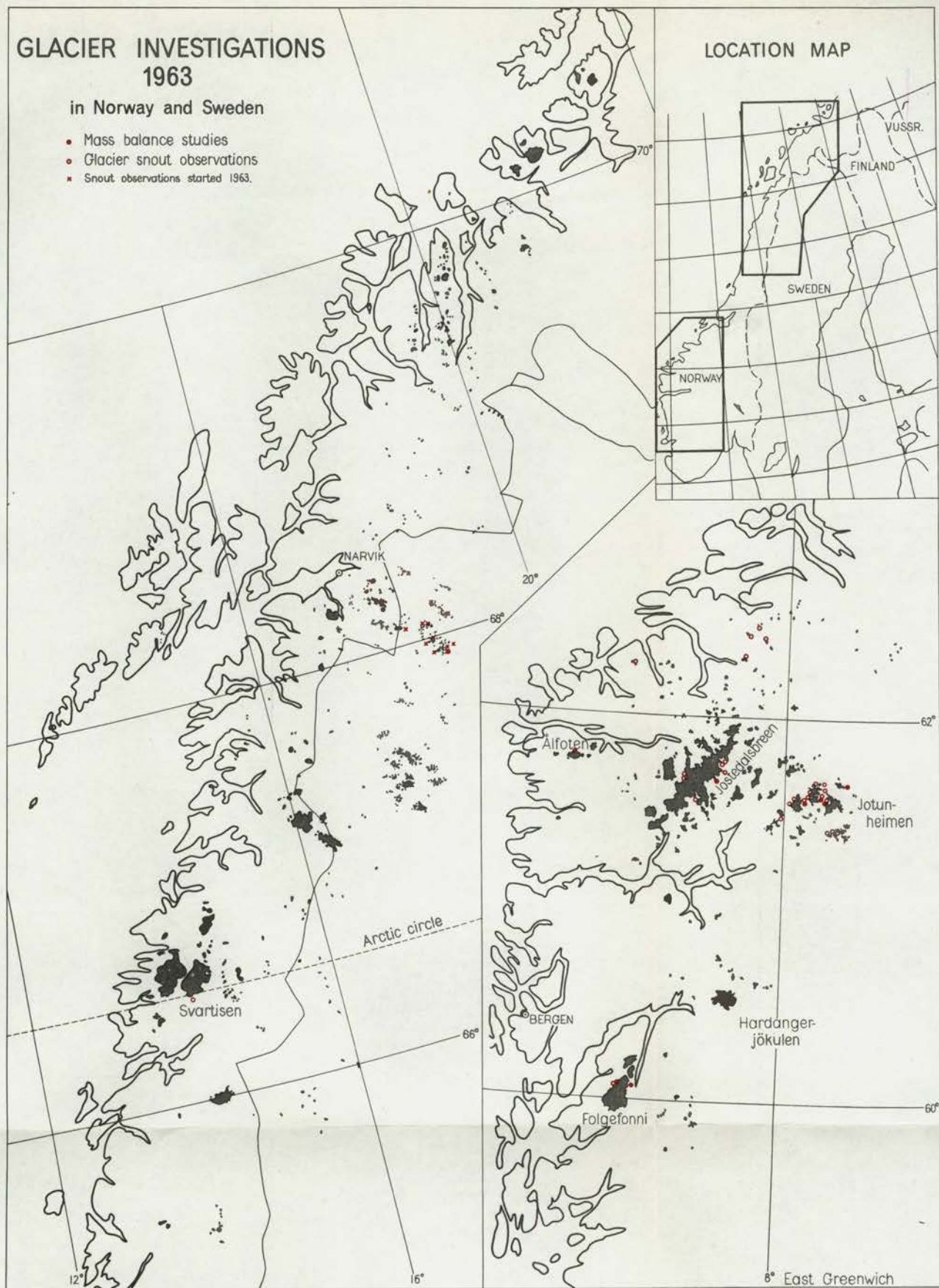
Map showing the distribution of glaciers in Norway and Northern Sweden. Places where, in general, glacier tongue observations are performed annually and places where mass budget studies have been carried out 1962—63, are marked on the map.

GLACIER INVESTIGATIONS 1963

in Norway and Sweden

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

LOCATION MAP



Måling av tungen foretas for tiden ved følgende breer:

	Målt forandring i m:		
	1960—61	1961—62	1962—63
<i>Jotunheimen:</i>			
Storbreen	—25	— 5	—20
Leirbreen	— 7	— 2	— 6
Bøverbreen	—13	×	—48 (2 år)
Storgjuvbreen	—36	×	×
Veslegjuvbreen	— 2	0	— 6
N. Illåbreen	—20	×	×
S. Illåbreen	—16	×	×
Styggbreen	— 8	×	—22 (2 år)
Tverråbreen	—23	— 4	—24
Hellstugubreen	—14	—10	—12
Styggedalsbreen	—10	— 6	—11
<i>Jostedalbreen:</i>			
Åbrekkebreen	+ 7 (2 år)	+ 3	×
Briksdalsbreen	+ 6	—18	—11
Stegholtbreen	—17	—35	—51
Lodalsbreen	—51	— 7	—35
Fåbergstølbreen	—62	—28	—43
Nigardsbreen	—55	—30	—65
Austerdalsbreen	—27	—21	—21
Tunsbergsdalsbreen	—27	×	×
<i>Folgefonna:</i>			
Bondhusbreen	+ 3	— 8	×
<i>På Møre:</i>			
Kolåstindbreen	×	×	×
Trollkyrkjebreen	— 7	0	—11
Veslelangsdalsbreen	— 4	0	—10
Finnebreen	— 1	0	— 9
Høgtungbreen	×	×	×
<i>Svartisen:</i>			
Østerdalsisen	—10	—12	×

(× betyr at ingen observasjon foreligger.)

UNDERSØKELSER AV MATERIALBALANSEN

Som nevnt ovenfor vil observasjoner av bretungen alene ikke kunne gi detaljerte opplysninger om breens materialhusholdning fra år til år, til dette trengs direkte målinger av akkumulasjon og ablasjon på hele breens overflate. Slike målinger er først blitt utført i den senere tid, i Norge fra 1948 da Norsk Polarinstituttt påbegynte målingene på Storbreen i Jotunheimen, i Sverige fra 1946 da Ahlmann, Schytt og Woxnerud igangsatte målingene på Storglaciären i Kebnekajse (Ahlmann 1949, p. 106—107). I årene 1942—48 foretok C. C. Wallén noen liknende undersøkelser på Kårsajökelen i Nord-Sverige (Wallén 1948, p. 530—552), men måleserien er ikke fortsatt senere.

Ved studier av materialbalansen må man måle all den nedbør i fast form som tilføres breen, og deretter måle mengden av den snø og is som fjernes fra breen 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 eller minket i løpet av det glasiologiske år som er observert. I gjennomsnitt kan man regne at det glasiologiske år varer fra omkring midten av september til samme tid neste år. Hvis det er en lang, varm høst, kan det foregå en forskyvning, slik tilfellet var i Nord-Norge i 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 breregnskap. Ved Nigardsbreen er det f. eks. vanlig at smelting skjer meget langt ut over høsten, da tungens nederste deler ligger så lavt. Denne smelting overføres alltid til neste års regnskap.

Videre er det i praksis meget vanskelig å ta med 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 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 gjennom-

ført i praksis. Breens nettobalanse påvirkes heller ikke av en slik nedbør, den måtte eventuelt innregnes både i tallene for akkumulasjon og ablasjon (jfr. Meier 1962, p. 253). Tilnærmet 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, unntatt for Storbreen, der slike beregnede tillegg er medtatt. De utgjør i år dog bare ca. 10 % av de observerte verdier. Det faktiske avløp fra en bre blir derfor *summen* av den målte ablasjon og nedbøren i ablasjonsperioden, eventuelt med et tillegg for kondensasjon og et lite fradrag for avdunstning.

FOLGEFONNI

I samband med aktuelle kraftutbyggingsplaner i Maurangerområdet, der en stor del av nedslagsfeltet dekkes av Folgefonni og dens utløpere, er målinger av breens materialomsetning innledet. Disse undersøkelser, som foretas av cand. mag. R. Pytte, omfatter en ca. 20 km² stor øst-vestlig seksjon av breen. Det er ikke praktisk mulig å måle materialomsetningen på hele Folgefonni som, når alle dens tre deler medregnes, er 213 km² stor (Liestøl 1962 a, p. 49).

Av den nevnte seksjon er spesielt en brearm mot vest, Breidablikkbreen, og en arm mot øst, Blåbreen, samt et område mellom dem blitt gjenstand for detaljerte målinger. Den omtrentlige beliggenhet av disse brearmene framgår av oversiktskartet, fig. 1.

Foruten fullstendige målinger på de to nevnte utløpere fra Folgefonni er det dessuten foretatt undersøkelser av ytterligere to brearmer, nemlig Gråfjellbreen i vest og Ruklebreen i øst. Det er meningen at resultatene som oppnås skal kunne brukes ved avløpsberegninger for de deler av Folgefonni som ligger innenfor nedslagsfeltene til kraftstasjonen. Det er derfor lagt vekt på at de undersøkte områdene skal være så representative som mulig. Derfor har man valgt å foreta målinger både på østsiden og vestsiden av Folgefonni så vel som på dens høyestliggende midtparti.

Akkumulasjonen.

Målinger av akkumulasjonen ble foretatt i slutten av april 1963 ved sonderinger og graving av sjakter. Det viste seg at sommeroverflaten fra 1962 var lett å identifisere med sonden, hvilket gjorde det mulig å bestemme tykkelsen av vinterens snølag i ca. 500 punkter, fordelt

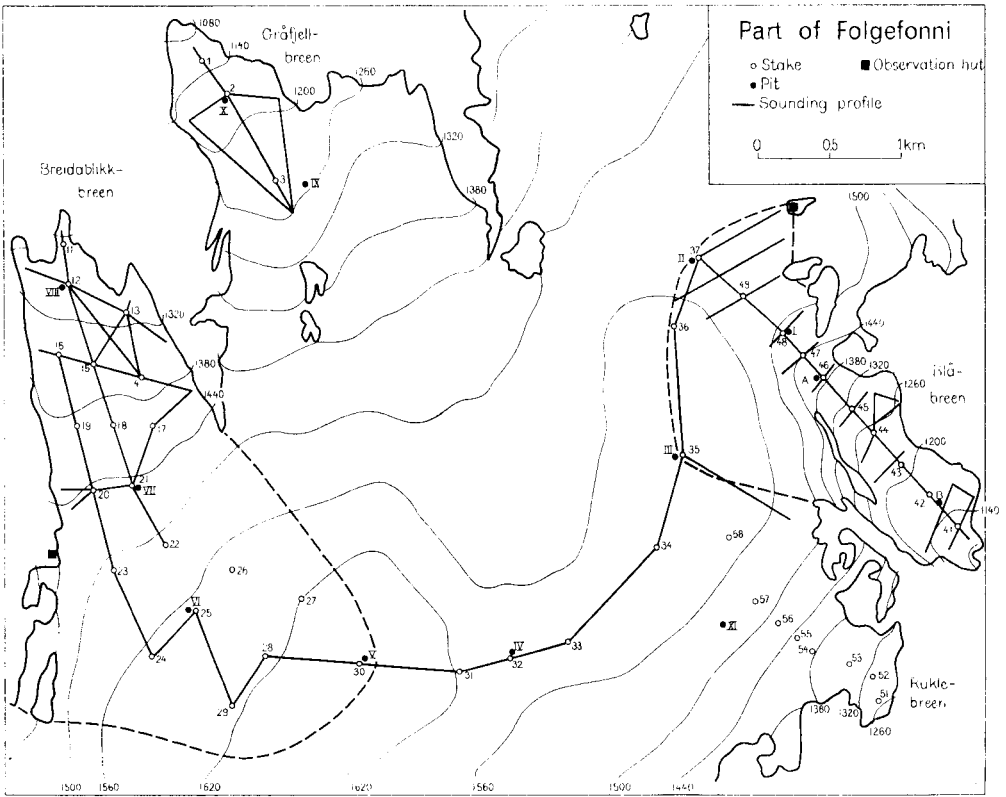


Fig. 2. Kart over den undersøkte delen av Folgefonna med angivelse av beliggenheten for staker, sjakter og sonderingsprofil.

Map of the investigated part of Folgefonna ice cap.

over breen langs de sonderingsprofiler som vises på fig. 2. For å kontrollere at sonderingene virkelig viste dypet til forrige års sommeroverflate, samt for å bestemme snøens tetthet, ble det gravet 13 sjakter jevnt fordelt over det undersøkte området. Bare i én av sjaktene var temperaturen i snøen steget til 0° helt ned, mens temperaturmålingene i alle øvrige sjakter viste at intet smeltevann ennå hadde forlatt breen.

Det viste seg at snøens tetthet var ens over hele breen, og akkumulasjonen varierte lite oppe på breens høyderogg. Nede på Bretungene hadde derimot snøen lagt seg i et mer komplisert mønster (fig. 3).

De største snødyp ble funnet på lesiden (østsiden) av breens høyeste punkt, der godt og vel 3 m snø ble målt i et mindre område. Da snøakkumulasjonen vinteren 1962/63 var usedvanlig liten, må man i et

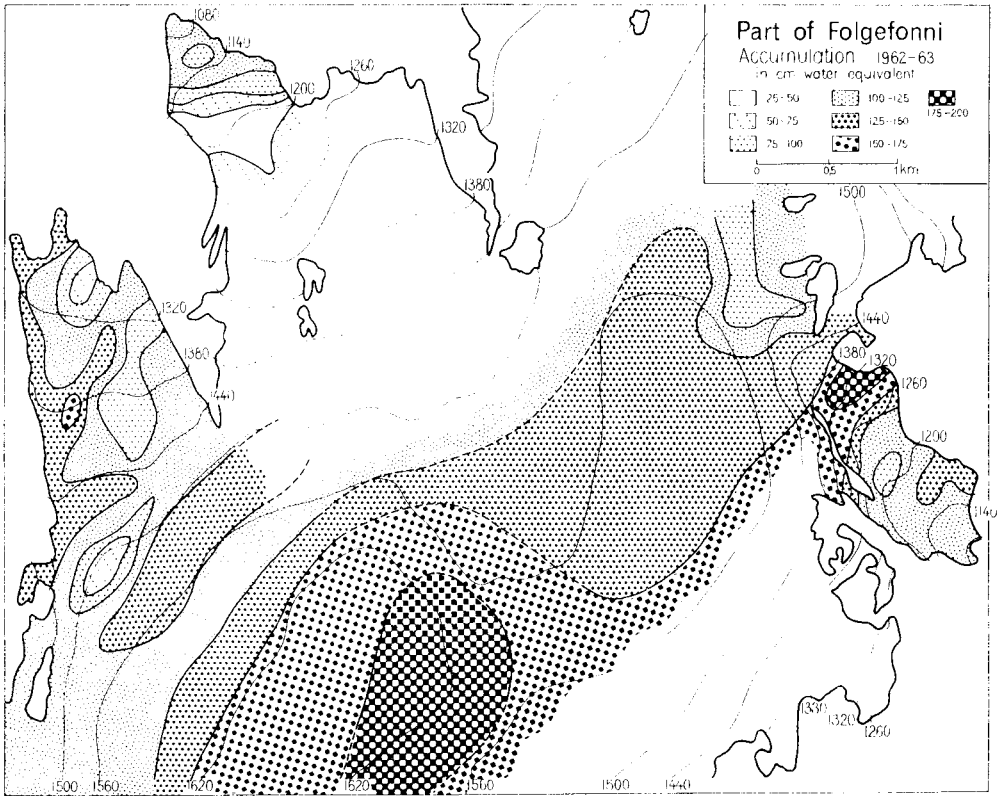


Fig. 3. Akkumulasjonskart over de undersøkte deler av Folgefonna viser at snøen legger seg jevnere oppe på høydepartiet enn nede på bretungene. Akkumulasjonen vil et normalt år antakelig være omtrent dobbelt så stor.

The accumulation map of the investigated part of Folgefonna ice cap shows that the snow distribution is more even on the higher parts of the glacier than on the tongues. A 'normal' accumulation would probably be about double the amount of snow shown on this map.

år med normal vinternedbør antakelig regne med omkring dobbelt så store snømengder.

På samme måte som ved øvrige breer er den midlere akkumulasjon beregnet for bestemte høydeintervall (se tabellen på side 290) og på grunnlag derav er den spesifikke akkumulasjon framstilt grafisk som funksjon av høyden over havet (fig. 4, øverste del).

Sammenliknes spesifikke akkumulasjon for Blåbreen og Breidablikk-

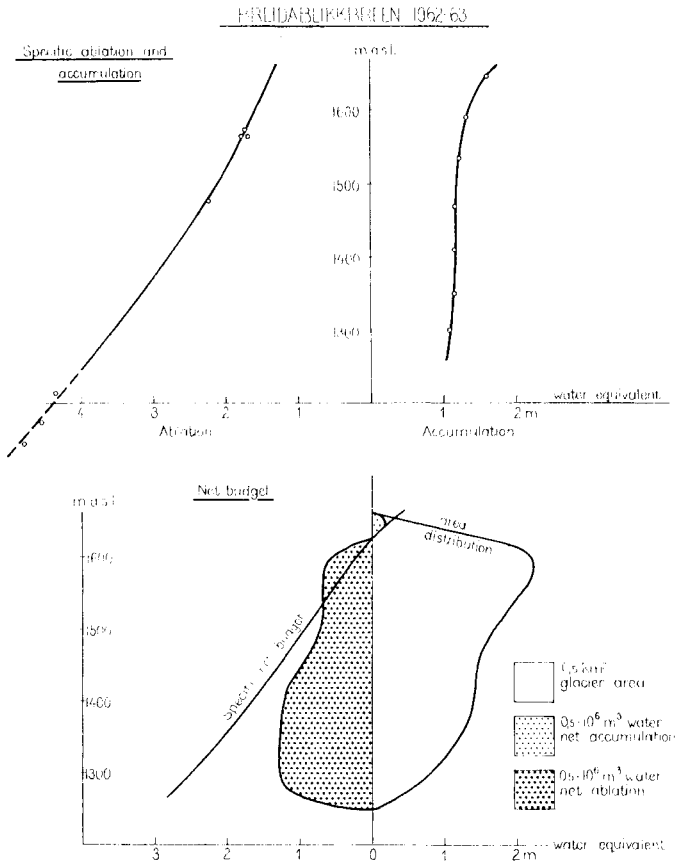


Fig. 4. Det øvre diagrammet viser akkumulasjonens og ablasjonens variasjon med høyden over havet, det nedre diagrammet viser breens nettobudsjet (differansen mellom akkumulasjon og ablasjon) i forskjellige nivåer. Bare på breens høyestliggende parti (over ca. 1620 m over havet) var akkumulasjonen større enn ablasjonen. Størrelsen av breens totale gevinst, resp. tap, illustreres ved grå flater som er et produkt av nettobalansen og brearealet i hvert enkelt høydeintervall (se tabell i teksten).

The top diagram demonstrates the specific accumulation and ablation v. altitude, the bottom diagram demonstrates the net budget. Only on the highest part of the glacier was the accumulation greater than the ablation. The amount of mass gain or mass loss is illustrated by the shaded areas, which are obtained as a product of net balance and glacier area in each altitude interval (see Table in the text).

breen, finner man at den *i samme høydeintervall* nesten alltid er større for den østvendte enn for den vestvendte breen.

Totalt falt det på Blåbreen 3,3 mill. m³ og på Breidablikkbreen 6,3 mill. m³ vann (omregnet snø), hvilket tilsvarer et jevnt lag av 130 cm vann på begge breene, til tross for ovennevnte tilsynelatende større akkumulasjon på den østvendte Blåbreen. På grunn av de to breenes ulike høydefordeling blir nemlig denne tilsynelatende forskjell utlignet.

Ablasjonen.

Aluminiumstaker i et antall av 47 ble satt ut i undersøkelsesområdet i april. Av disse ble 12 plassert på Blåbreen, 20 på Breidablikkbreen, og resten på nærliggende breområder, se kartet, fig. 2.

Ablasjonen ble avlest 4 ganger i løpet av sommeren, men på grunn av storm og nysnø ble mange staker ikke gjenfunnet ved den siste avlesningen (i september). Nederst på Breidablikkbreen er derfor ablasjonen for sommerens siste del bestemt ved interpolasjon mellom stak-avlesninger på Gråfjellbreen og de gjenværende staker på Breidablikkbreen. Ablasjonen på disse to brearmer har nemlig vist seg å være likeartet.

Resultatet av ablasjonsmålingene er satt opp i tabellen på side 290, der middelverdien for hvert 60 m høydeintervall er beregnet for begge brearmer. På fig. 4 (øverst til venstre) er ablasjonen dessuten framstilt grafisk som funksjon av høyden over havet. Også her viser det seg at de spesifikke verdier i *hvert enkelt høydeintervall* blir større for den østvendte Blåbreen enn for den vestvendte Breidablikkbreen. På grunn av Blåbreens spesielle arealfordeling, blir dessuten forskjellen i total ablasjon ytterligere aksentuert. Totalt har Blåbreen avgitt 8,8 mill. m³ vann, tilsvarende et 340 cm tykt vannlag, mens Breidablikkbreen har avgitt i alt 11,4 mill. m³ vann, d.v.s. et vannlag på 230 cm jevnt fordelt over hele breen.

Materialbalansen.

Som ved øvrige breer, er også materialbalansen regnet ut for hvert høydeintervall og satt opp i en tabell, se side 290. På grunnlag av den spesifikke materialbalansen i hvert intervall er det tegnet diagrammer som viser dens variasjon med høyden over havet (fig. 4, nederst).

Blåbreen har hatt et nettotap på 5,4 mill. m³ vann som altså er tilført Blåvatn i tillegg til det tilsig som er betinget av nedbøren i løpet av året. Fordelt på hele breoverflaten blir det et tap av vel 200 cm vann.

Følgefonni, materialbalanse.

Høyde- intervall m.o.b.	BLÅBREEN				BREIDABLIKKBREEN			
	Areal km ²	Akkumu- lasjon m	Abla- sjon m	Netto- budsjett m	Areal km ²	Akkumu- lasjon m	Abla- sjon m	Netto- budsjett m
1080—1140	0,10	1,1	5,3	—4,2	—	—	—	—
1140—1200	0,29	1,2	4,8	—3,7	—	—	—	—
1200—1260	0,22	1,1	4,3	—3,2	—	—	—	—
1260—1320	0,16	1,5	3,9	—2,4	0,39	1,0	3,6	—2,6
1320—1380	0,08	1,5	3,6	—2,1	0,62	1,2	3,2	—2,0
1380—1440	0,13	1,4	3,2	—1,8	0,71	1,1	2,6	—1,5
1440—1500	0,22	1,4	3,2	—1,8	0,74	1,2	2,3	—1,1
1500—1560	0,78	1,2	2,8	—1,6	0,95	1,2	1,9	—0,7
1560—1620	0,61	1,4	2,8	—1,4	1,12	1,3	1,8	—0,5
1620—1680	—	—	—	—	0,53	1,6	1,3	+0,3
Total akkumulasjon		3,3 mill. m ³				6,2 mill. m ³		
Total ablasjon		8,7 mill. m ³				11,4 mill. m ³		
Netto balanse		—5,4 mill. m ³				—5,2 mill. m ³		

Breidablikkbreen har minket med omtrent like meget, og har gitt 5,2 mill. m³ vann «ekstra» til det nedenfor liggende vassdrag. Men da dens breoverflate er større, blir tapet jevnt fordelt over breoverflaten bare 100 cm. Breidablikkbreen ligger i gjennomsnitt høyere enn Blåbreen, og har fått en netto *tilvekst* i sin øvre del, mens Blåbreen har tapt materiale over hele flaten. Et år med normale akkumulasjonsforhold vil selvfølgelig også Blåbreen ha et område med netto tilvekst øverst oppe.

HARDANGERJØKULEN

I samband med planleggingen for utbygging av Osa-, Sima- og Veigvassdragene har Statskraftverkene anmodet om å få foretatt en glasiologisk undersøkelse av Hardangerjøkulen. Dette arbeid ble våren 1963 igangsatt av Norsk Polarinstitutt som valgte å konsentrere målingene på Rembesdalsskåki, dvs. den del av jøkulen som dreneres til Simadalen.

I mangel av et godt, detaljert kart over denne del av breen er det foreløpig konstruert et kart på flyfotogrammetrisk grunnlag i måle-

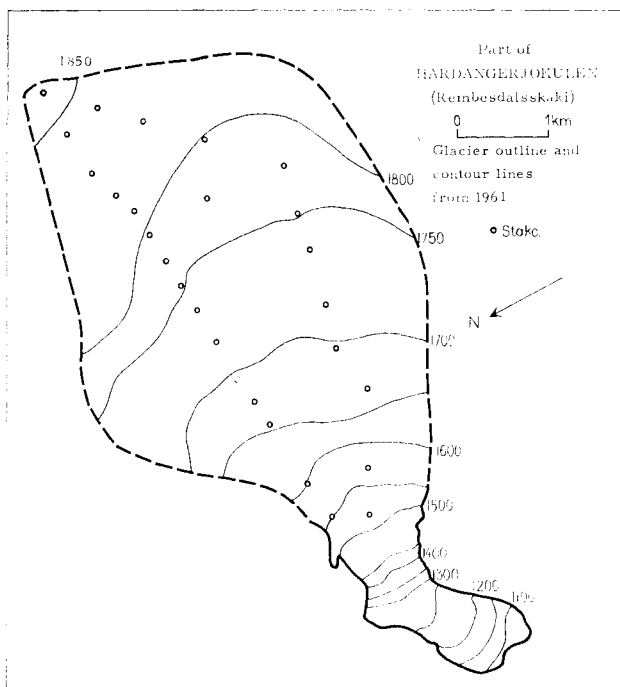


Fig. 5. Kartskisse over den undersøkte del av Hardangerjøkulen med angivelse av stakenes plassering.

Sketch map of the investigated part of Hardangerjøkulen glacier.

stokk 1 : 20 000 og med 10 m høydekurver. Dette kart vil inntil videre bli brukt ved målinger og beregninger.

Den undersøkte delen av Hardangerjøkulen utgjør vel 18 km² av en total breoverflate på 78 km² (Liestøl 1962 a, p. 49). Begrensningen av breens firnområde byr på de samme vanskeligheter som alltid oppstår når man arbeider på en platåbre med flere armer, men i dette tilfelle gir topografien gode holdepunkter. (Firnområdet er gryteformet nesten helt opp til toppen av jøkulen, se fig. 5.)

Akkumulasjon og ablasjon.

På grunn av en dårlig utviklet sommeroverflate fra den kjølige sommeren 1962 var det ikke mulig å få målt akkumulasjonen i 1963 med tilstrekkelig sikkerhet. Aluminiumstakene som ble satt ut våren 1963 for å måle ablasjonen var ikke forsynt med forlengelse av tre eller

plater i bunnen, noe som resulterte i at flere sank i firnen. De kunne derfor ikke brukes for å måle ablasjonen i firnområdet. Ved beregninger av sannsynlig ablasjon på grunnlag av meteorologiske data fra en nærliggende observasjonsstasjon (Slirå) er den totale ablasjon funnet. Det viste seg at beregningene ga god overensstemmelse for de staker som var boret ned i breis og som derfor ikke hadde sunket.

Den således beregnede ablasjon på den undersøkte delen av Hardangerjøkulen beløper seg til 50 mill. m³ vann, tilsvarende et 270 cm vannlag over hele breen.

ÄLFOTBREEN

Norges vestligste bre er Älfotbreen. Den består av 3—4 adskilte større breområder og et par mindre breer (se brekartet i Liestøl 1962 c). Området syd for den ytre del av Nordfjord hører til de nedbørrikeste 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 (Se Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen 1956, samt 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 nedbørrike del av landet. Man bør her vente å finne en større materialomsetning enn ved noen annen bre i Norge.

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

På oversiktskartet, fig. 1, er vist hvor den undersøkte del av breen ligger, og på et detaljkart (fig. 6) er breens form og størrelse nærmere angitt. I alt omfatter undersøkelsesområdet 4,75 km². Det samlede areal av bredekkede felter i Älfoten kan f. t. ikke angis da denne delen av landet ikke er dekket av tidsmessige kart, bortsett fra et mindre område som er kartlagt i samband med utbyggingsplanene for Äskåra kraftverk. Det er disse spesialkart som ligger til grunn for figurene i denne redegjørelse. En limnigraf er montert i elven som kommer fra den

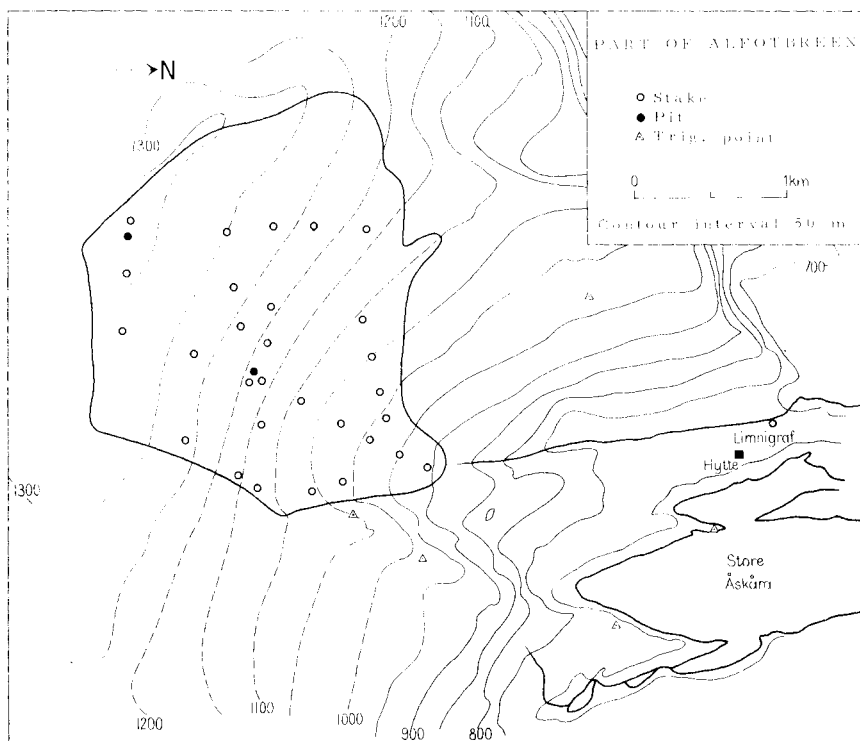


Fig. 6. Den undersøkte del av Älfotbreen med omgivelser, tegnet på grunnlag av et flyfotogrammetrisk detaljkart.

The investigated part of Älfotbreen with surroundings.

undersøkte delen av breen, og en annen limnigraf i en nærliggende elv der nedslagsfeltet stort sett er befritt. Dette er gjort for bl. a. å kunne kontrollere de funne verdier for breens avsmelting.

Akkumulasjon.

Da man kunne vente betydelige snømengder på Älfotbreen, ble akkumulasjonsmålingene igangsatt allerede i november 1962, idet 20 aluminiumstaker ble plassert på breen. Disse staker ble observert i løpet av vinteren. Det viste seg snart nødvendig å fornye dem ofte, da mange enten blåste ned eller snødde ned.

Den 23. mai ble vinterens samlede akkumulasjon målt. Da hadde smeltingen såvidt begynt på breens nedre deler, men snølaget var ennå ikke oppvarmet til 0° tvers igjennom, bortsett fra de aller laveste nivåer.

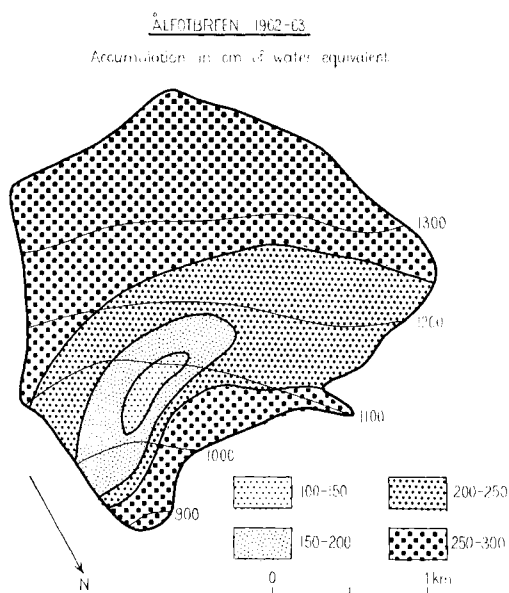


Fig. 7. Akkumulasjonskartet tegnet på grunnlag av snømålinger ved samtlige staker (kfr. fig. 6). Det var ikke mulig å sondere snødyppet på grunn av en dårlig utviklet sommeroverflate fra 1962. Det er mulig at kartet ville vise noen flere detaljer om vanlige sonderinger hadde kunnet utføres.

Accumulation map, based upon snow observation at all stakes shown on Fig. 6. Due to a very poor summer surface from 1962, it was not possible to carry out depth measurements. Possibly the general pattern of this map would be more detailed if such soundings had been made at a large number of points.

Temperaturiakttagelser ble nemlig 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 m dyp, mens snøen i den laveste sjakten (1190 m o.h.) holdt 0° ned til isen.

Snødyppet 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 29 stk., se kartet fig. 6). Det maksimale snødyppet ble funnet nær breens høyeste punkt, det var 6 m snø med en samlet vannverdi av ca. 300 cm. Da Meteorologisk institutts snøakkumulasjonskart (Jakhelln 1951) pr. 30. april 1963 viser en nedbørsprosent i dette område på 60% av det normale i akkumulasjonsperioden (på 1200 m nivå), burde den «normale» snøtykkelse på toppen av breen være i nærheten av 10 m.

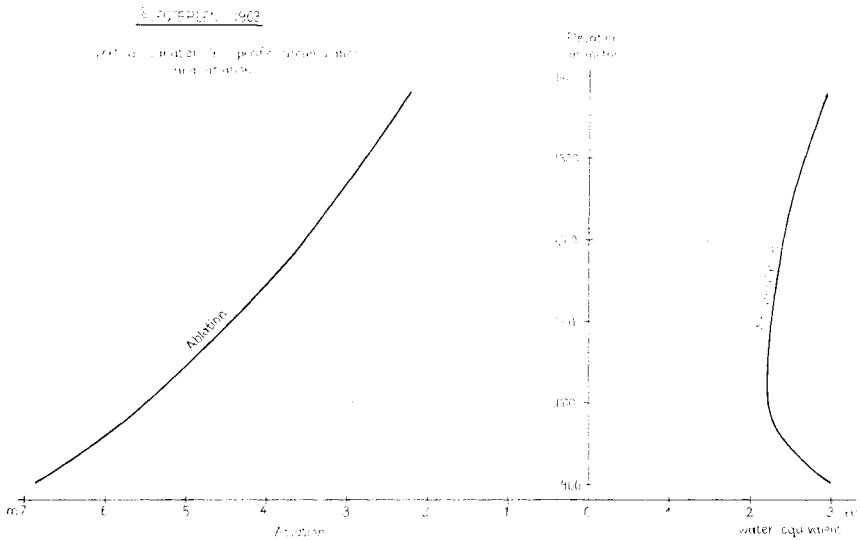


Fig. 8. Akkumulasjonens og ablasjonens variasjon med høyden over havet.

Diagrams for the vertical variation in specific accumulation and ablation.

Den målte akkumulasjonen er, etter omregning til vannverdi, avsatt på et kart (fig. 7) og dens variasjon med høyden over havet framstilt grafisk (fig. 8, 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, 248 cm vann i løpet av vintersesongen 1962/63.

Ablasjon.

For at man skulle kunne måle avsmeltingen av de store mengder is det her kunne bli tale om, ble lange kjeder av sammenlenkede aluminiumstaker satt ned i 20—25 m dype hull i breen, boret med smeltebor. Smeltebor-utrustningen ble på sommeren fløyet opp til Store Åskåra, der en liten observasjonshytte tidligere er oppført. I alt 16 stakerekjeder ble på denne måte satt 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. 8, venstre del.

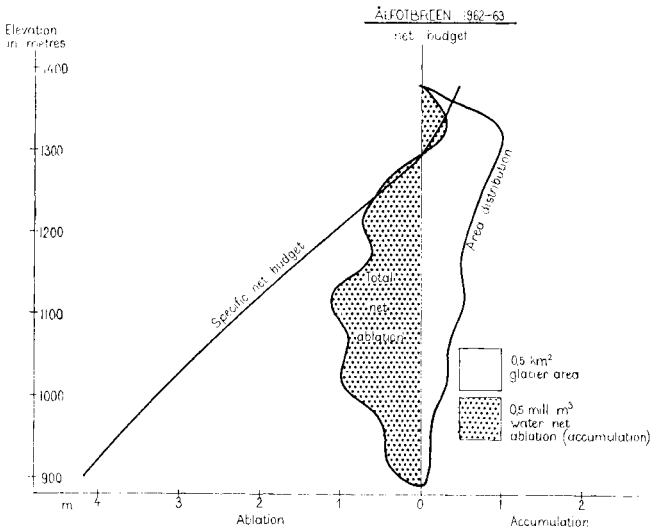


Fig. 9. Materialbalansen på Älfotbreen 1962—63. Firnlinjen ligger ved 1290 m o.h. *Net budget diagram for Älfotbreen 1962—63. The elevation of the firn line was 1,290 m a.s.l.*

I alt ble 17 mill. m³ vann berøvet breen i løpet av sommeren 1963, dette tilsvarer et vannlag på 348 cm. Den maksimale avsmelting på tungen var vel 650 cm vann eller over 700 cm is.

Materialbalansen.

På Älfotbreen er materialbalansen 1962/63 negativ. Nettoresultatet av de ovenfor nevnte «inntekter og utgifter» blir et massetap på ca. 5,2 mill. tonn, tilsvarende et 110 cm tykt vannlag. Denne vannmengde kommer som et tillegg til den normale avrenning i det nedenfor liggende vassdrag.

Som vi ser av fig. 9, har Älfotbreen negativ *netto* balanse opp til 1300 m o.h., dvs. under dette nivå har all vintersnø pluss en del av selve breen smeltet bort. Ovenfor nevnte nivå ligger fremdeles litt av vinterens akkumulasjon igjen på breen.

NIGARDSBREEN

Undersøkelsen av Nigardsbreens materialhusholdning som ble satt i gang 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 i observasjonspunktene, hvorved det bl. a. 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 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 plasert plater av hårdt fibermateriale (huntonitt) på sommerens snøoverflate (altså «sommerflaten» 1962) slik at noen sonderinger allikevel skulle kunne utføres. 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 ved første års undersøkelser hadde vist seg å være noe mangelfullt. 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 å forekomme (som regel betinget av terreng og vindforhold 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 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 artikkel (Østrem og Karlén 1962, p. 169—194), skal vi her kun se på de resultater som er framkommet ved årets målinger.

Akkumulasjonen.

På breens nedre del ble akkumulasjonen bestemt ved sonderinger med 50 m 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 sjakter er angitt på fig. 10.

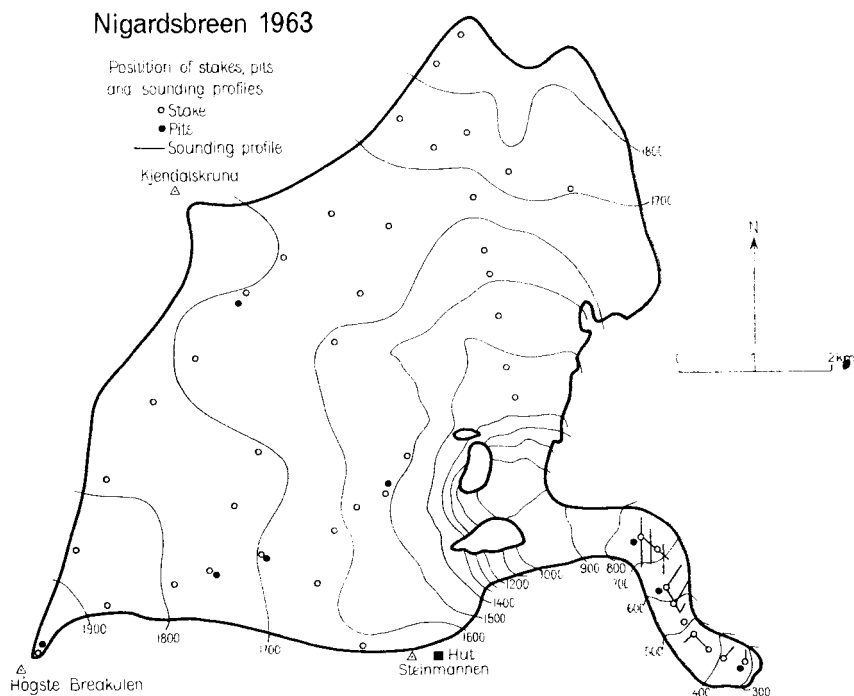


Fig. 10. Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofil på Nigardsbreen. På grunn av vanskelige snøforhold kunne sonderinger bare utføres på tungen. Snødypet i firnområdet er avlest på staker og dessuten bestemt ved kjerneboringer.

Map showing the positions of stakes, pits and sounding profiles. As soundings were impossible in the firn area, the depths to the summer surface 1962 were found by coring.

I firnområdet 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 stormer har bøyd dem ned og at de senere er blitt begravet i snøen (fig. 11). Det er mulig at stålrør bedre vil kunne motstå rimfrostens vekt og vindens påkjenninger, derfor er en utbytting av aluminiumstakene med stålrør nå planlagt.

I mars 1963 ble de ennå synlige stakene (i alt 12 stk.) avlest, men da antallet observasjoner var for lite til å tegne et akkumulasjonskart, måtte avlesningene kompletteres med direkte målinger av snølagets tykkelse. Da sonderinger ikke kunne utføres, måtte snødypet enten bestemmes ved å grave sjakter, noe som i den 3—5 m



Fig. 11. Rimdannelsen på stakene kan iblant bli av imponerende dimensjoner og mangedoble stakenes vindfang. Ved en kontroll i slutten av september 1963 hadde en storm bøyd ned en rekke staker som deretter var blitt dekket av nysnø. Heldigvis kunne de fleste finnes igjen på grunn av små uregelmessigheter som hadde oppstått i den jevne snøflaten som følge av hvirveldannelser o.l. omkring den nedbøyde staken.

The hoar-frost can occasionally form a thick layer on the stakes. During a routine control in September 1963, it was found that a large number of stakes had been bent over during a storm period and nearly buried by newly fallen snow. As the turbulence, caused by the bent stakes, had made irregularities in the smooth snow surface, it was possible to find most of the covered stakes.

dype snøen ville kreve en meget stor arbeidsinnsats, eller på annen måte. Det ble da forsøkt å foreta kjerneboringer ned til fjorårets sommeroverflate. Denne viste seg å kunne identifiseres ganske godt i de opptatte borkjerner, og snødyppet 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 vanligvis fortsetter til langt ut i mai, er det nødvendig å gjøre en ytterligere akkumulasjonsmåling ved denne tid i firnområdet. Snøen på tungen

Nigardsbreen 1963

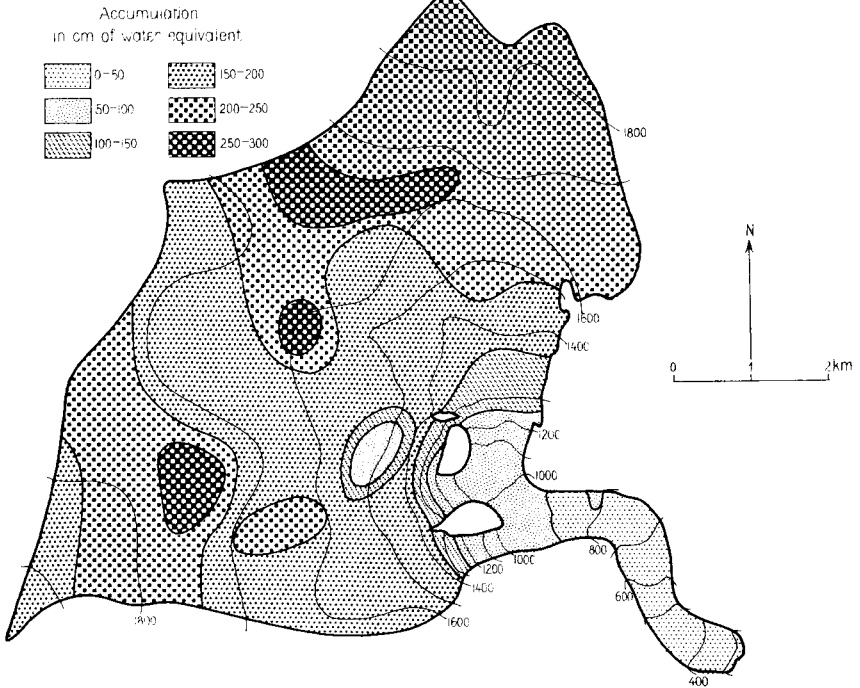


Fig. 12. Akkumulasjonskartet har visse felles trekk med tilsvarende kart fra 1961/62, men mønstret er i år mere detaljert da målingene er bedre fordelt over breen.

The general pattern of the accumulation is similar to the previous year's, but for this year the map is more detailed as it is based upon better observational material.

har da for lengst smeltet. Den såkalte tilleggsakkumulasjon i firnområdet ble lettvisnt bestemt ved at harde fiberplater ble lagt ut på snøen samtidig med hovedmålingene i mars, og ved sonderinger i mai kunne denne tilleggsakkumulasjon bestemmes. Snøens temperatur var i mai fremdeles negativ, bortsett fra et tynt lag i overflaten.

I nivået mellom 800 og 1300 m har Nigardsbreen kraftige brefall, og direkte målinger i dette område er nesten umulig å gjennomføre. Derfor må akkumulasjonen her bestemmes ved grafisk interpolasjon. Da området bare utgjør 6% av hele breoverflaten, blir de feil man derved kan komme til å gjøre relativt små. Den beregnede akkumula-

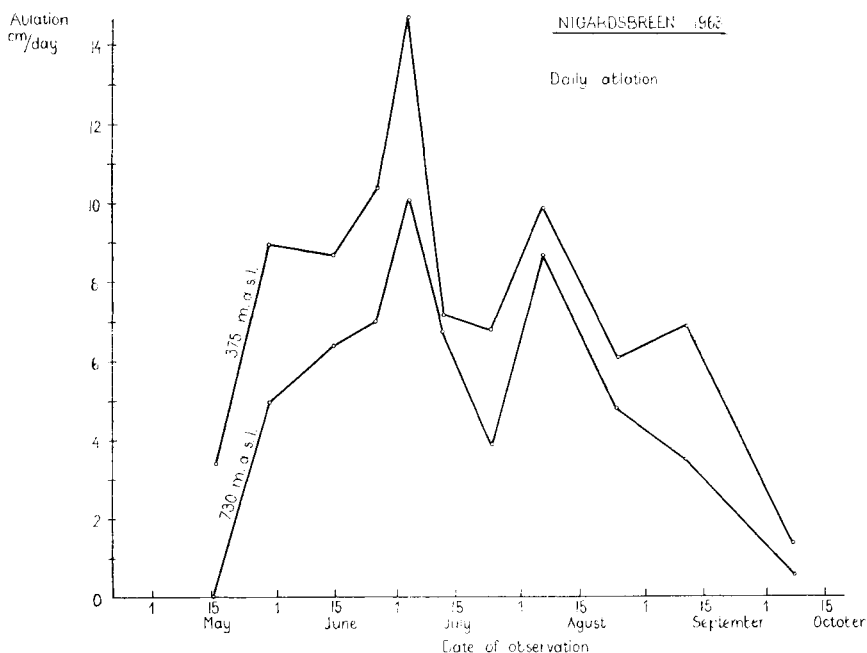


Fig. 13. Figuren viser middeltall for daglig ablasjon beregnet på grunnlag av stakeavlesninger på tungen i løpet av sommeren. Den kjølige juli måned gir seg tydelig utslag ved en kraftig nedgang i ablasjonen.

The mean daily ablation at two stakes on the tongue. The unusually low temperatures in July has caused a considerable decrease in ablation in the middle of the summer.

sjon i nivået 800—1300 m utgjør bare 2,5% av breens totale akkumulasjon dette år. Den totale akkumulasjonen på hele breen er inntegnet på akkumulasjonskartet, fig. 12.

I alt ble det på Nigardsbreen akkumulert en snømengde tilsvarende 79 mill. m³ vann, som jevnt fordelt over hele breen ville gitt et vannlag på 187 cm. Dette er 1 m mindre enn i foregående sesong, eller 65% av akkumulasjonen 1961—62.

Vinternedbøren 1962—63 var relativt liten, ifølge akkumulasjonskartene for 1200 m nivået bare 30—35% av det normale, mens tilsvarende tall for 1961—62 var 85—90%. Disse tall er ikke direkte brukbare for Nigardsbreen på grunn av at firnområdet ligger så høyt, men det er et tydelig samband mellom dem og de virkelig målte verdier.

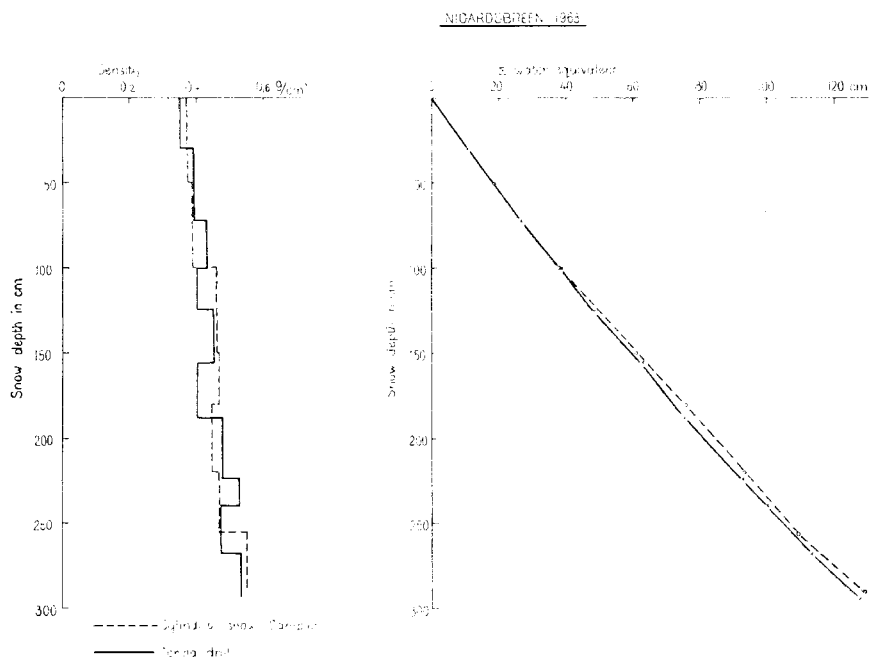


Fig. 14. Sammenlikning mellom to prøvetagningsmetoder for bestemmelse av snøens tetthet. Den strekede linjen viser resultatene av tetthetsmålinger foretatt med vertikal prøvesylinder, den heltrukne kurven de resultater som ble oppnådd ved å veie snøprøver tatt opp med kjernebor. Forsøkene er gjort i oktober 1963 da et lag nysnø dekket den eldre snøen. I helt løs snø kan boremetoden neppe brukes, men den vil spare mye tid ved målinger i godt sammenpakket snø.

Two methods of snow density measurements are compared. In the one case the samples were taken with the ordinary cylindrical steel sampler in a pit, in the other case samples were taken with a coring drill, without digging a pit. The top layer consisted of new snow which had fallen in October 1963, the bottom layers of older snow. Maximum discrepancy between the results is 4 per cent in the total water equivalent (shown on the accumulation curve to the right).

Den «normale» akkumulasjon på Nigardsbreen burde tydeligvis være enda større enn hva som ble funnet det første år (1961—62), da over 7 m snø ble funnet ved toppen av breen!

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. Opp til 730 m nivå ble de avlest 7 ganger i løpet av sommeren (av A. Bjørke-

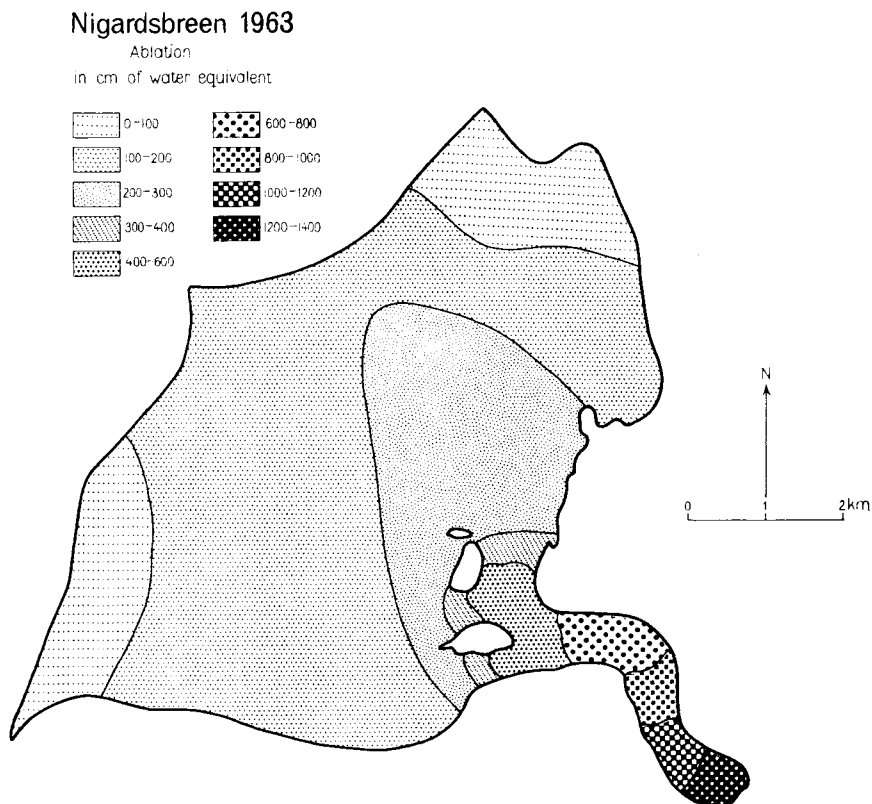


Fig. 15. Ablasjonen var 1963 totalt over tre ganger så stor som 1962 og fordeler seg noe anderledes. Ablasjonen på tungen minker med høyden over havet, men i firnområdet forekommer avvikelser fra denne regel.

The total ablation in the summer of 1963 was three times the ablation in the previous year. Except for some irregularities in the firn area, the ablation decreases with altitude.

haug). Den største observerte ablasjon ble målt i begynnelsen av juli, da den utgjorde 14,6 cm vann pr. døgn ved den nederste staken, 375 m o.h. (fig. 13).

Ablasjonen i firnområdet skulle dette år kontrolleres ved avlesninger på stakene, men kontrollmålinger i sjakter som ble gravd ned til sommerflaten 1962, viste at en del staker hadde sunket i snøen i løpet av sommeren. 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-akkumulasjonen. Foruten van-

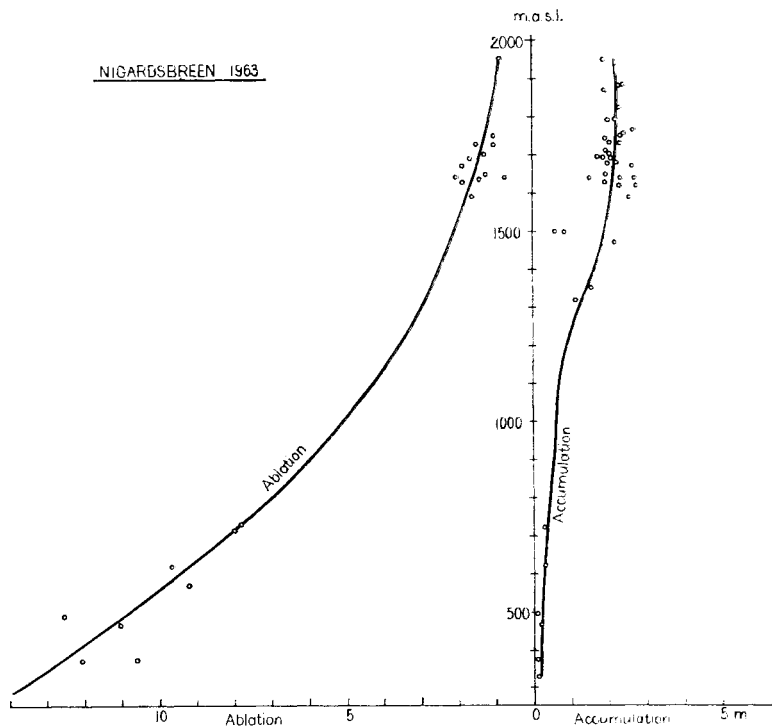


Fig. 16. Den spesifikke akkumulasjon og ablasjon som funksjon av høyden over havet. Kurven er trukket på grunnlag av middelerdier i hvert 100 m høydeintervall. Punktene angir enkeltobservasjoner (for akkumulasjonen på tungen er dog middelerdier av sonderingsprofilene angitt).

Vertical variation in specific accumulation and ablation. The points represent single observations (except for the accumulation on the tongue, where they represent averages of depth-sounding profiles). The drawing of the curves is based upon mean values for each 100-m interval.

lig graving av sjakter, ble det brukt kjerneboring for å finne tykkelsen av denne akkumulasjon. Dessuten var det mulig å bruke de opptatte snøprøver for å bestemme tettheten i forskjellig dyp. Som kontroll ble tettheten også bestemt på vanlig måte, dvs. ved vertikal prøvetagning i to sjakter. Resultatene viste meget god overensstemmelse, den største avvikelsen ble funnet i ca. 2 m dybde der den var 4⁰/₁₀ (fig. 14).

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.

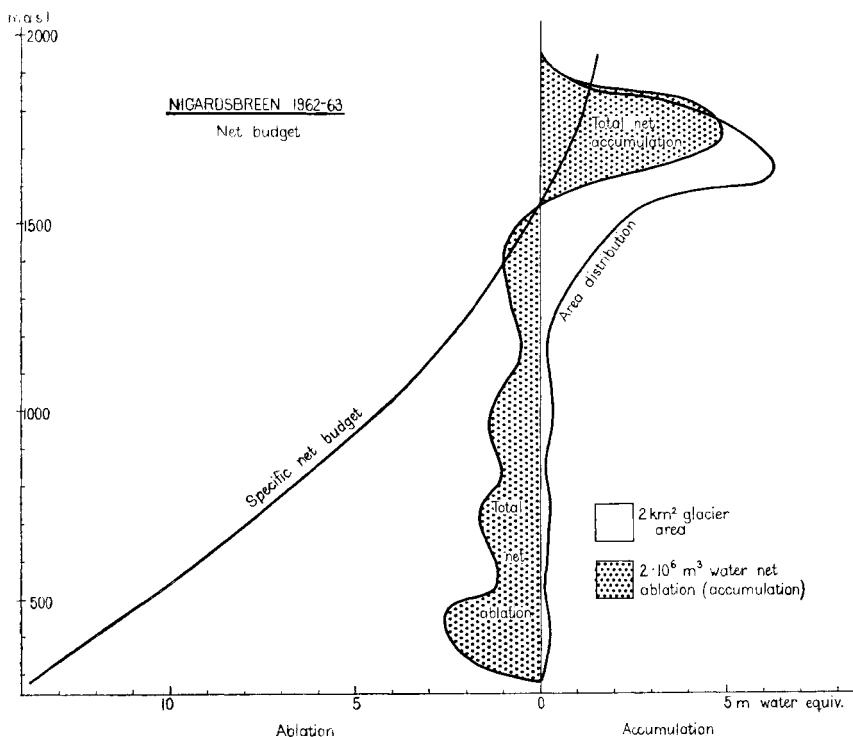


Fig. 17. Nettobalansen (forskjellen mellom akkumulasjon og ablasjon) som funksjon av høyden over havet. Produktet av nettobalansen og breoverflaten gir i hvert enkelt høydeintervall den totale nettoakkumulasjon resp. nettoablasjon. Størrelsen av hele breens totale netto tilvekst (i firno:nrådet) og totale netto tap (nedenfor 1550 m) er illustrert ved de to gråfargede felter.

The specific net budget (the difference between accumulation and ablation) in different altitudes. Multiplying the net budget figures by the glacier area in each altitude interval, the total net accumulation (or ablation) in that interval is obtained. The altitude of the firm line was 1,550 m a.s.l. this year.

I alt avga Nigardsbreen 88,3 mill. m³ vann, tilsvarende et 209 cm tykt vannlag. Ablasjonens faktiske fordeling over breen framgår av ablasjonskartet, fig. 15. Den største målte ablasjon lengst nede på tungen svarer til ca. 14 m vann (fig. 16).

Materialbalansen.

Da den totale ablasjon er større enn den totale akkumulasjon, er materialbalansen også på denne bre negativ.

Nettobalansen blir $-9,3$ mill. m^3 vann, en mengde som jevnt fordelt over hele breen betyr et netto tap av 22 cm vann.

Den virkelige fordeling av breens netto minking (og netto øking i de øverste områder) kunne ha vært inntegnet på et kart, slik det er vanlig for breer i Alpene, der man ofte bare undersøker nettobalansen om høsten (Hoinkes & Rudolph 1962). I vårt tilfelle har vi tegnet de funne verdier for hver 100 m høydeintervall i et diagram og beregnet total netto akkumulasjon og ablasjon, se fig. 17.

Av figuren framgår det at breen hadde likevekt mellom akkumulasjon og ablasjon i en høyde av 1550 m, dvs. dette er firnlinjens høyde i 1963. I et senere avsnitt skal vi nærmere diskutere beliggenheten av firnlinjen på de forskjellige breene.

STORBREEN

På Storbreen i Leirdalen i Jotunheimen, der Norsk Polarinstitutt har sin breforskningsstasjon, er den lange serie materialbalansemålinger fortsatt, samtidig som det er foretatt bevegelsesstudier og andre glasiologiske undersøkelser. Da resultatene av disse vil bli publisert på annen måte, refereres her bare litt om målingene av materialbalansen.

Akkumulasjonen.

Da vinternedbørens normale fordeling over den $5,42$ km^2 store breflaten er ganske godt kjent fra akkumulasjonsmålinger i løpet av de siste 15 år, er det på Storbreen ikke lenger nødvendig å foreta sonderingene fullt så tett som tidligere. Ved at sonderingsprofilene hvert år legges etter et bestemt mønster på breen, er det mulig å foreta snødyppobservasjoner i de samme punkter hver gang.

Årets akkumulasjonskart (fig. 18) er utarbeidet på grunnlag av en rekke sonderinger og snøtetthetsbestemmelser i 2 sjakter. Det kan i denne forbindelse nevnes at man tidligere har benyttet opp til 600 sonderingspunkter, men det har vist seg at langt færre punkter er tilstrekkelig for å gjøre en god akkumulasjonsmåling i et normalt år.

Totalt ble det på Storbreen akkumulert $5,2$ mill. m^3 vann, tilsvarende et vannlag på 96 cm. Dette er den laveste akkumulasjon som har vært målt i de 15 år målingene har pågått. I gjennomsnitt har akkumulasjonen vært 136 cm (1948—63).

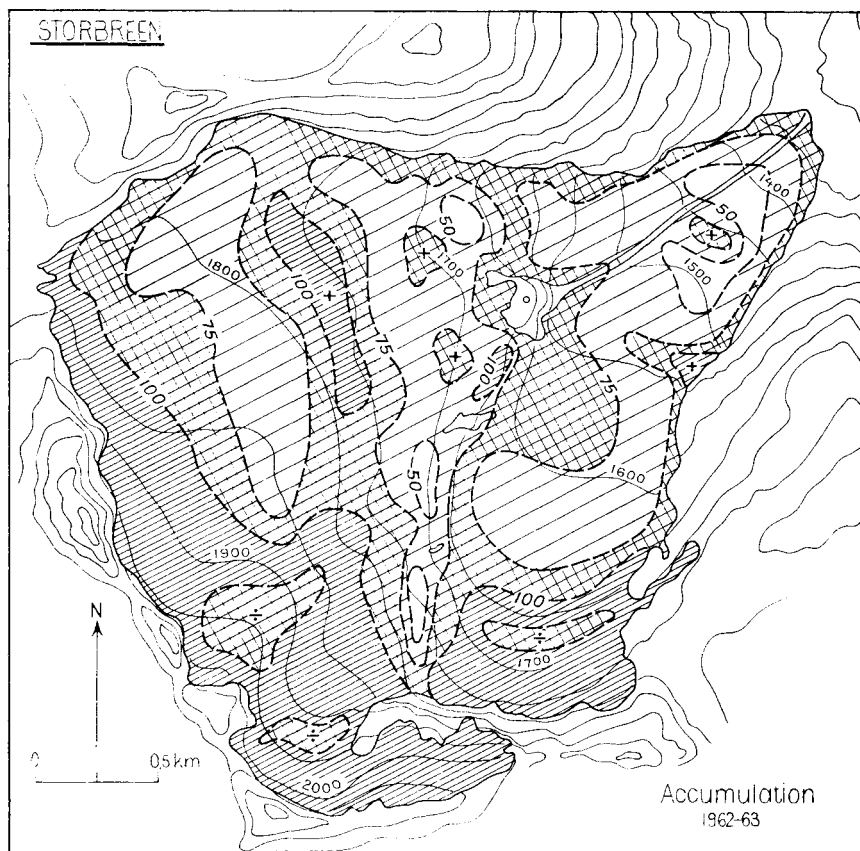


Fig. 18. Akkumulasjonskart over Storbreen i Jotunheimen.

Accumulation map of Storbreen in Jotunheimen.

Ablasjonen.

Ablasjonen er målt på 27 staker jevnt fordelt over de tilgjengelige deler av breoverflaten, se fig. 19. Lengst i syd og i et område nord for observasjonshuset er breen så oppsprukket at det er meget vanskelig å foreta stakemålinger, slik at ablasjonen i disse områder må beregnes. Sommeren 1963 ble alle stakene kontrollert og avlest i alt 8 ganger, siste gang 10. oktober, da breen var dekket av nysnø. Totalt var ablasjonen 11,6 mill. m³ omregnet til vann, svarende til et gjennomsnitt over hele breen på 214 cm. Dette er en relativt stor ablasjon (middeltall for årene 1948—63 er 176 cm). Den kan delvis tilskrives den høye gjen-

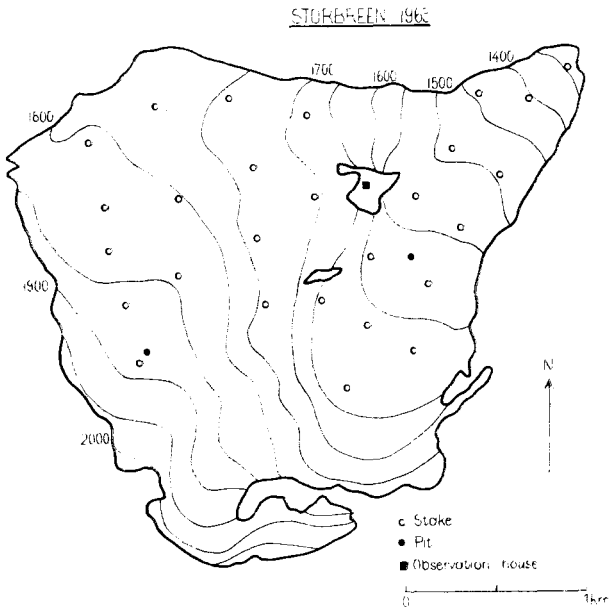


Fig. 19. Kart over Storbreen med angivelse av staker og sjakter. Observasjonshuset er en relativt stor hytte på «nunatak» midt ute på breen.

Map of Storbreen. The observation hut is quite large and placed on a 'nunatak' in the glacier.

nomsnittlige sommertemperatur som for tiden 1/5 til 31/9 var vel 1° over det som har vært normalt for de siste 15 år. Den unormalt lave akkumulasjon forårsaket også at eldre og mørkere snø og is ble blottlagt tidligere enn vanlig, slik at ablasjonen på grunn av solstrålingen ble større.

Materialbalansen.

Det glasiologiske år 1962/63 viser et kraftig negativt budsjett for Storbreen, som dette år har minket med 6,4 mill. m³ vann, tilsvarende 118 cm i gjennomsnitt.

En grafisk framstilling av breens akkumulasjon og ablasjon som funksjon av høyden over havet samt materialbalansen er vist i fig. 20, hvorav det framgår at firnlinjen lå vel 1900 m o.h. Av beregninger bygget på tidligere målinger på Storbreen kan man vise at breen er i likevekt når firnlinjen ligger på 1690 m o.h.

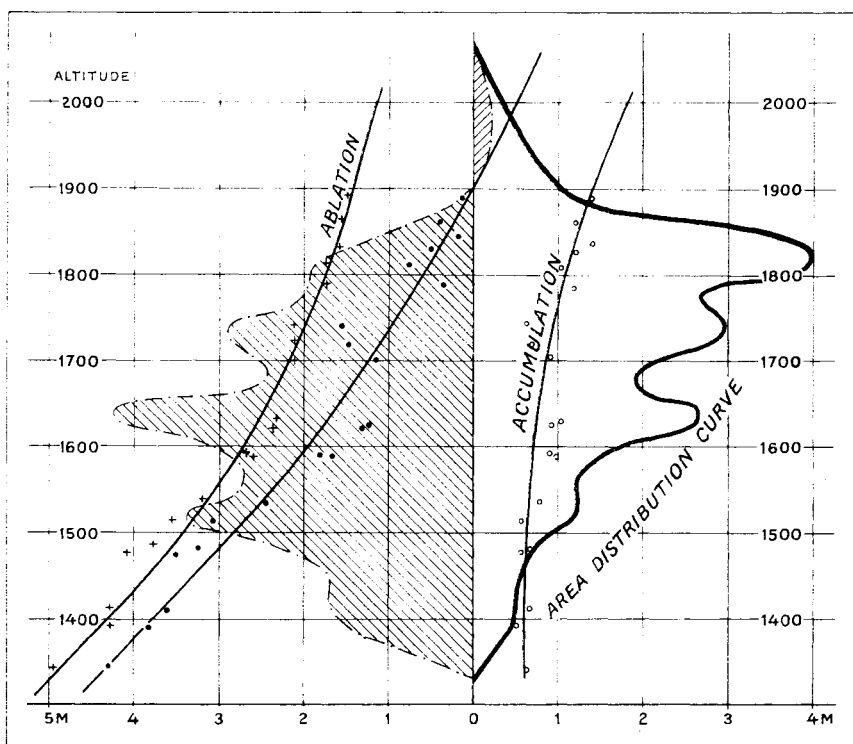


Fig. 20. På dette diagram er sammenført både akkumulasjonens, ablasjonens og nettobudsjettets variasjon med høyden over havet. Diagrammet er konstruert på liknende måte som øvrige figurer i artikkelen, men da breen er oppdelt i flere mindre høydeintervall, blir arealfordelingskurven og dermed også flatene for total netto akkumulasjon og ablasjon noe mer detaljert enn ved tilsvarende diagrammer for andre breer.

In this illustration the vertical variations in accumulation, ablation and net budget are traced on the same diagram. The curves have been constructed similarly to those on corresponding graphs for other glaciers but as this glacier has been divided into very small altitude intervals, the area distribution curve is more detailed than corresponding curves for other Norwegian glaciers.

TVERRÅBREEN

Ved tidligere undersøkelser av breer i Jotunheimen er Tverråbreen blitt viet en ganske stor oppmerksomhet. I 1927 og 1942 ble hele breen kartlagt ved terrestrisk fotogrammetri. Senere er bretungen nøyaktig kartlagt med 1—3 års mellomrom fram til 1946. Liestøl har beregnet breens vertikale minking i tiden 1927—1942 (Liestøl 1962 b, p. 201—

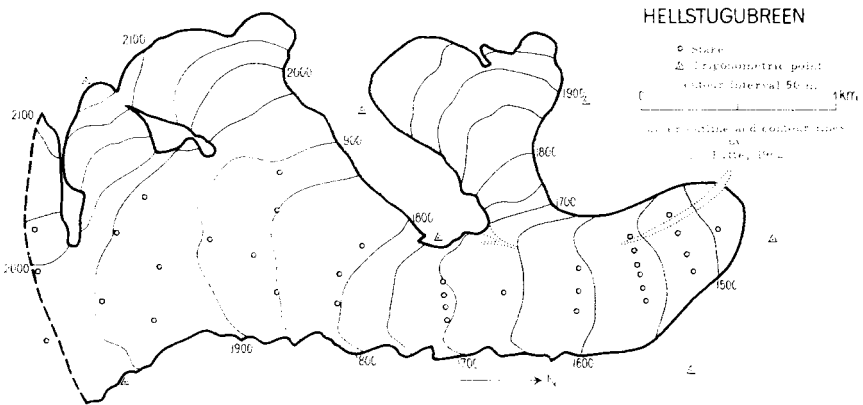


Fig. 21. Kartet over Hellstugubreen er oppmålt av Randi Pytte i målestokken 1:5000 og med 10 m høydekurver. Ovenstående figur er en sterk forenkling av dette kart. *The original map of Hellstugubreen has been made on a scale of 1:5,000 and with 10-m contour lines. This illustration is a rough generalisation of that map.*

202), og i en årrekke har bretungens stilling vært gjenstand for rutine-observasjoner.

Breen har fra 1961 til 1963 vært gjenstand for en inngående undersøkelse av O. Dybvadskog, spesielt med henblikk på materialbalansen. Resultatene av undersøkelsen vil foreligge som en hovedoppgave i geografi i 1964.

HELLSTUGUBREEN

Hellstugubreen kan muligens karakteriseres som en av de best undersøkte breer i Jotunheimen. Foruten at tungens stilling har vært observert, er breen blitt fotogrammetrisk kartlagt i målestokken 1 : 10 000 (med 10 m høydekurver) av Koller, Solheim og Werenskiold i 1941. Liestøl har foretatt en inngående undersøkelse av ablasjon, bevegelsehastighet og materialtransport samt tungens vertikale minking i perioden 1929—1942 (Liestøl 1962 b). Klæboe har undersøkt avløps- og slamtransportforhold i elven nedenfor breen (Klæboe 1951 og 1953).

Sommeren 1962 har R. Pytte kartlagt breen på nytt samtidig som dens materialhusholdning er blitt undersøkt for budsjettårene 1961/62 og 1962/63. Undersøkelsene er et ledd i et hovedfagsarbeide i geografi ved Universitetet i Oslo.

Ved velvillig imøtekommenhet fra R. Pytte kan vi her presentere

HELLSTUGUBREEN 1962-63

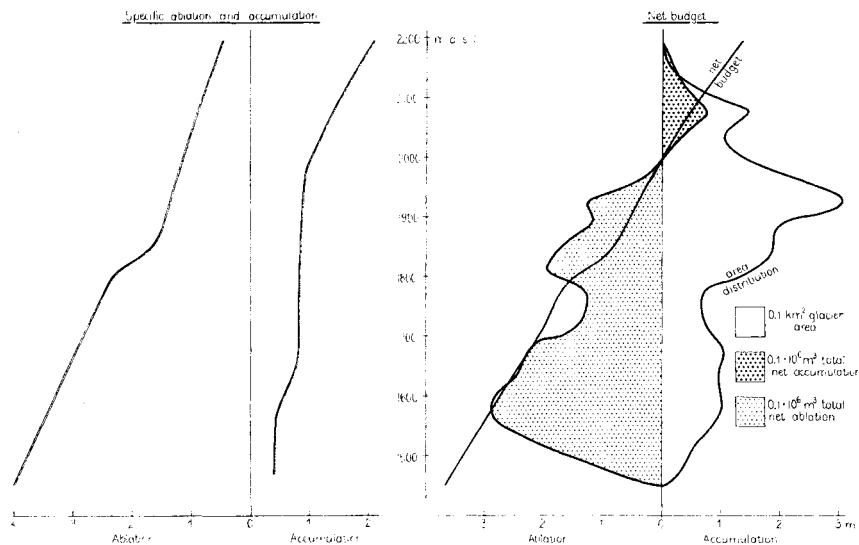


Fig. 22. Akkumulasjonens, ablasjonens og nettobalansens variasjon med høyden på Hellstugubreen. Kurvene er for oversiktens skyld tegnet i hvert sitt aksesystem. For easy reading of the diagram, the curves for accumulation and ablation have been traced separately.

noen tall fra hennes undersøkelser, slik at de kan stilles i relasjon til resultatene fra de andre målinger som omtales i denne oversikt.

Hellstugubreen, som er 3,4 km² stor (se kartet, fig. 21), mottok i akkumulasjonssesongen 1962/63 en materialmengde tilsvarende 3,2 mill. m³ vann, dvs. et jevnt dekke av 94 cm vann på hele breen. Ablasjonen 1963 beløp seg til 6,5 mill. m³, tilsvarende et 192 cm vannlag. Underskuddet ble 3,3 mill. m³, eller 98 cm.

Materialhusholdningen er framstilt grafisk i fig. 22 etter de samme prinsipper som ved de øvrige breer. Av figuren sees at firngrensen lå så høyt som 2000 m o.h. i 1963.

GRÅSUBREEN

Denne bre, som ligger i Jotunheimens nordøstlige del, er ikke tidligere blitt undersøkt, men dens imponerende isfylte endemorener er blitt gjenstand for undersøkelser (Østrem 1960, p. 234—237).

Fra regnskapsåret 1961/62 ble det satt i gang målinger av breens

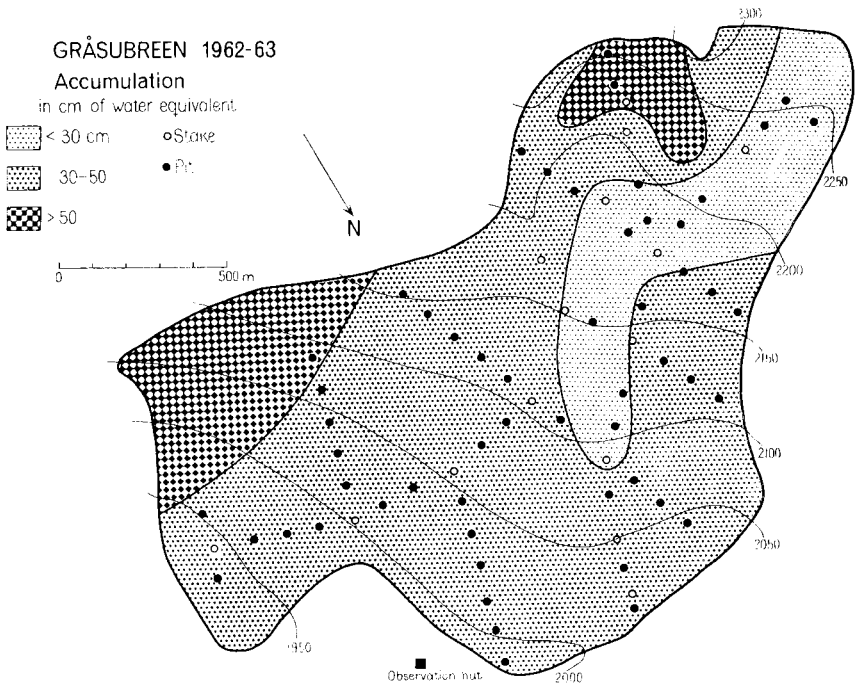


Fig. 23. Akkumulasjonskartet over Gråsubreen med angivelse av stakenes og sjaktes plassering. På grunn av den kjølige sommeren 1962 var det ikke mulig å *sondere* tykkelsen av siste vinters akkumulasjon, så et stort antall sjakter måtte graves. Da breen ligger langs en fjellkam, legger snøen seg fortrinnsvis i le av denne, mens breens nordvestre del blir mere barblåst. Hvert høydeintervall mottar derfor praktisk talt samme gjennomsnittlige akkumulasjon.

Accumulation map of Gråsubreen in Jotunheimen with the location of stakes and pits. As the previous summer (1962) was unusually cold, determination of the last winter's accumulation could not be done by sounding — a large number of pits had to be dug. The distribution of snow on this glacier is due more to topographic conditions than to elevation. There is a mountain ridge on the south side of the glacier (not shown on the map).

materialhusholdning, et arbeid 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 glasio-hydrologiske forhold som knytter seg til en bre i et kontinentalt klimaområde.

GRÅSUBREEN 1962-63

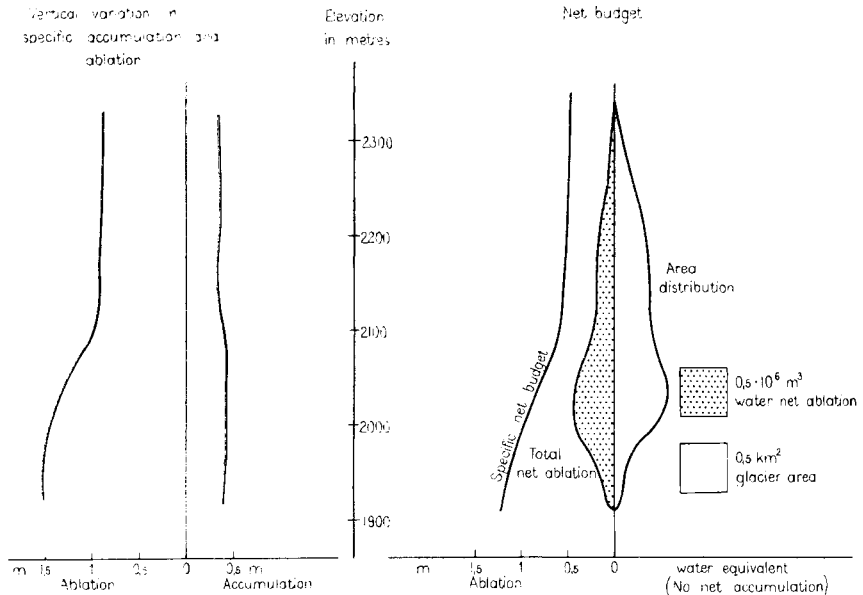


Fig. 24. Til venstre akkumulasjon og ablasjon i forhold til høyden over havet. Som også vist på akkumulasjonskartet (fig. 23) er akkumulasjonen i hver enkelt høyde-seksjon nokså konstant. Ablasjonens minsking med økende høyde over havet burde muligens være mere framtredd enn på den venstre kurven som er bygget på relativt få observasjoner. (Et stort antall staker var blitt skadet eller hadde sunket i firnen.)

Til høyre er materialbalansen framstilt på liknende måte som ved øvrige breer.

As shown on the accumulation map, the accumulation seems to be relatively constant in the different elevation sections. The decreasing of the ablation with increasing elevation would perhaps have been more pronounced if more field observations had been available. (A large number of stakes were destroyed or had sunk into the firn during the summer.)

Akkumulasjonen.

Akkumulasjonen ble målt ved graving ned til forrige års sommeroverflate, hvorved snølagets tykkelse og vanninnhold ble bestemt i 65 punkter (se fig. 23). 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 denne akkumulasjonsbestemmelse ble utført i midten av februar, kom det ytterligere noe nedbør i form av snø fram til begyn-

nelsen av juni, men etter 4. juni var det ingen akkumulasjon. På grunnlag av de målinger som da ble foretatt er akkumulasjonskartet (fig. 23) laget.

Totalt ble det på Gråsubreen akkumulert 0,96 mill. m³ vann i akkumulasjonssesongen 1962/63, svarende til et gjennomsnitt på 40 cm. Til sammenlikning kan nevnes at akkumulasjonen foregående vinter, 1961—62, var 81 cm.

Ablasjonen.

Ablasjonen på Gråsubreen ble målt på vanlig måte ved avlesning av staker nedboret i breen. Da det kom nysnø i slutten av august, og ingen merkbar smelting kunne observeres senere, er 20. august satt som slutt-dato på ablasjonsperioden 1963.

Resultatet av ablasjonsmålingene er framstilt på fig. 24.

Totalt avga breen 2,6 mill. m³ vann i løpet av sommersesongen, svarende til 111 cm i gjennomsnitt. Det tilsvarende tall for sommeren 1962 var bare 0,21 mill. m³ eller knapt 9 cm.

Materialbalansen.

Materialbalansen blir for sesongen 1962/63 negativ, ettersom breens «utgifter» er større enn «inntektene». Totalt har breen minket med 1,69 mill. m³ vann. Jevnt fordelt over hele breflaten (uttrykt som «spesifikk materialbalanse») blir dette et *tap på 71 cm 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 77 cm*. Årets avsmelting har således nesten oppveiet fjorårets overskudd.

BLÅISEN

Omkring 20 kilometer sydøst for Narvik ligger Blåisen som ifølge gradteigskartet 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 selvstendige breer med hvert sitt morenesystem (Østrem 1962, p. 241). Den sydligste av disse breer er valgt som undersøkelsesobjekt for de glasio-hydrologiske målinger som er igangsatt i Skjomenområdet.



Fig. 25. Ved de fleste breer som observeres av Vassdragsvesenet er det nå oppført små hytter der observatøren og hans assistent kan bo mens målingene pågår. Bildet viser hytta ved Blåisen.

At many of the investigated glaciers small huts have been built, for use of the observation crew during the field-work periods. The picture shows the hut at Blåisen.

En annen bre som vil bli nærmere undersøkt er Storsteinsfjellbreen, der endel staker ble boret ned sommeren 1963 (se nedenfor).

Ved begge disse breene har Vassdragsvesenet bygget små hytter som skal tjene som oppholdssted for observatøren i de perioder målingene foretas (fig. 25). 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 brerike område. Av det ca. 600 kvadratkilometer store nedslagsfeltet østenfor en nord-sydgående linje trukket gjennom Skamdalen er nemlig over 10% bredekket.

For de tekniske beregninger av tunnelkapasitet etc. er det også viktig å få opplysning om de *maksimale* vannføringer som kan komme på tale, samt når disse inntreffer. I de fleste tilfelle vil den maksimale avsmelting på breene skje *senere* enn i de ikke bredekkede områdene, men i noen tilfelle kan ekstremt store flommer oppstå ved at bremeltingen når sitt maksimum samtidig med at stor avrenning foregår

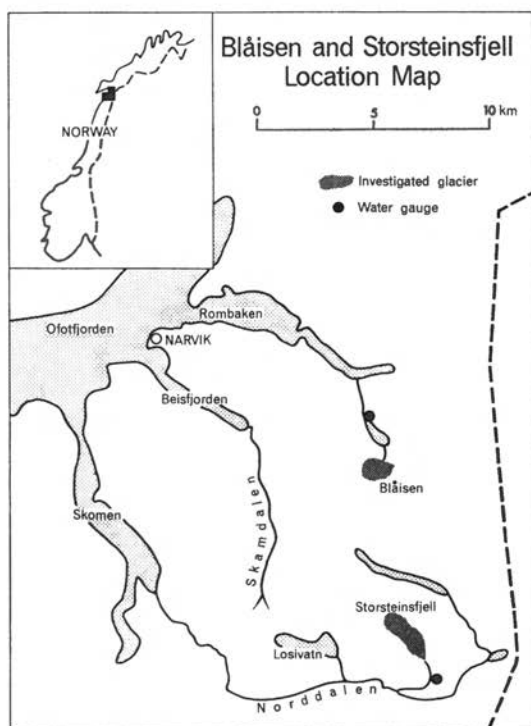


Fig. 26. Kart som viser beliggenheten av de undersøkte breer i Skjomenområdet. For oversiktens skyld er alle andre breer utelatt. Merk de to limnigrafer som er oppsatt nedenfor breene!

Only the investigated glaciers have been marked on this map, the rest of the glaciers have been omitted. Observe that two automatic water gauges have been installed below the glaciers.

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. 26).

Akkumulasjonen.

Da våren normalt kommer relativt sent i dette nordlige og høytliggende område, var akkumulasjonsmålingene planlagt til månedsskiftet mai/juni, i likhet med hva som er vanlig ved Storglaciären på omtrent samme breddegrad (Schytt 1962, p. 332).

Men nå viste det seg at mai måned var usedvanlig varm, med den følge at siste vinters snølag var oppvarmet til 0° tvers igjennom — et forhold som gjør at en del smeltevann kan ha unnsloppet før akkumulasjonsmålingene begynte (jfr. fig. 12 i Østrem og Karlén 1962, p. 179). Størstedelen av dette smeltevann antas dog å være blitt absorbert

BLÅISEN 1962-63

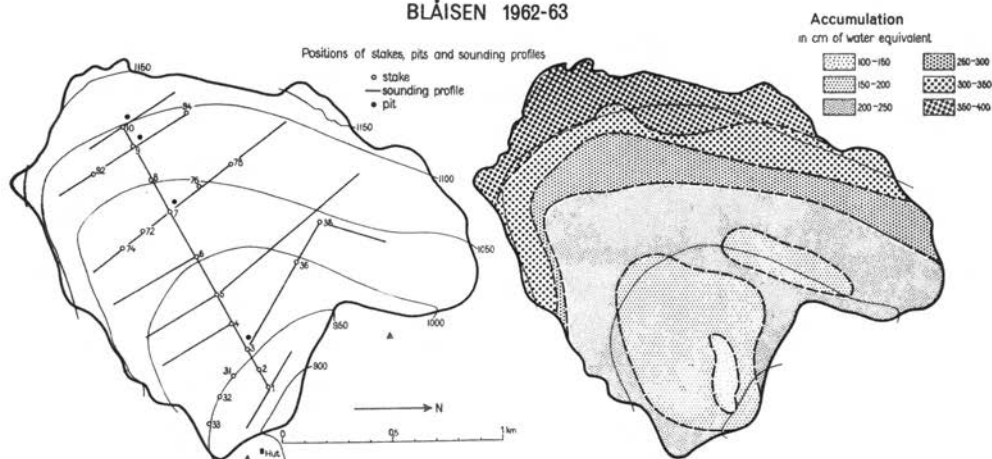


Fig. 27. Til venstre vises beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler på Blåisen, til høyre akkumulasjonskartet som er basert på 135 enkeltobservasjoner av snødypet og tetthetsmålinger i to sjakter.

Maps of Blåisen glacier near Narvik in Northern Norway. The accumulation map is based upon 135 soundings and density measurements in two pits.

i snølagene nærmest isen, og dette lag av mer eller mindre våt snø ble tatt med i beregningen av akkumulasjonen. I alt ble det foretatt sonderinger i 135 punkter fordelt over den 2,2 km² store breen, og tettheten av snøen ble bestemt i to sjakter (fig. 27, venstre del). Da vannverdien i sjaktene ikke viste noen større forskjell (differansen mellom de målte vannverdier var under 3% av totalakkumulasjonen), var det ikke nødvendig å grave flere sjakter. Resultatet av samtlige sonderinger ble omregnet til vannverdi ved hjelp av den middelvannverdikurve som ble tegnet opp på grunnlag av tetthetsmålingene i sjaktene (med ovenfor nevnte tillegg for våt snø i bunnen), og deretter ble akkumulasjonskartet (fig. 27, høyre del) tegnet.

Totalt har Blåisen mottatt en snømengde på nesten 5,6 mill. tonn, tilsvarende 255 cm vann.

Ablasjonen.

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

Ved Blåisen, som ligger så langt borte at det kan være forbundet

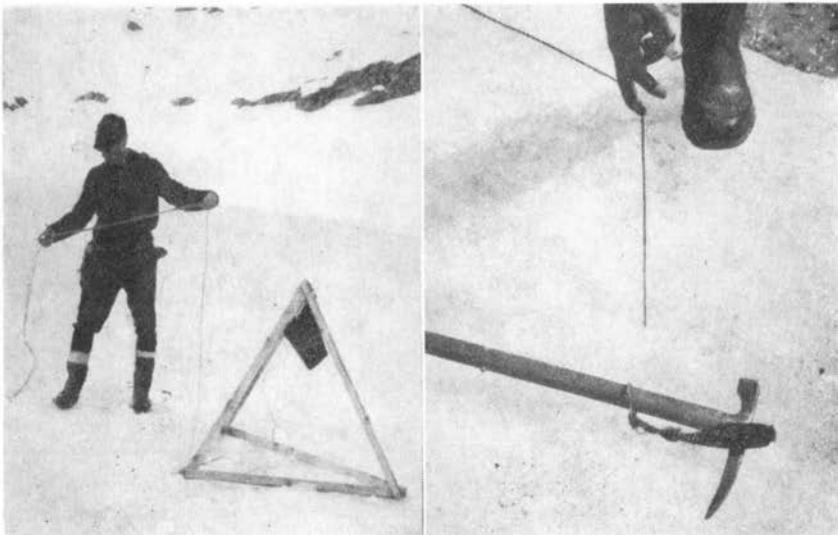


Fig. 28. Til venstre måles den del av wiren som *ikke* er fastfrosset i isen. Merk trekonstruksjonen som er festet til wiren for å markere beliggenheten. Til høyre et detaljbilde av wiren der den står vertikalt fastfrosset i isen.

As a substitute for ablation stakes experiments have been started involving the use of vertical wires frozen into the glacier ice. The positions of the wires are marked with tetragonal wooden constructions (left). Each wire has been placed vertically in a thermo-drilled hole and fixed to the glacier ice by freezing water (right).

med praktiske vanskeligheter å besøke breen mange ganger i løpet av sommeren, ble det i år prøvet en ny metode for ablasjonsmålinger. Med et smeltebor (se Kasser 1960) ble 20—25 m dype hull boret i bretungen på våren, og istedenfor å sette ned aluminiumsrør slik som det ble gjort på Nigardsbreen i 1962, ble det senket ned en lang stålwire i hullet, der den frøs fast. Wirens plassering ble markert med en tetraederformet trekonstruksjon festet til wirens øverste ende. På barsmeltet is-overflate vil konstruksjonen alltid være lett synlig — evt. kan man dessuten markere den med et flagg (fig. 28). Isavsmeltingen kan nå lett måles ved at man måler lengden av den del av wiren som har smeltet fram.

Ablassjonssesongen varte sommeren 1963 til siste halvdel av september. Da hadde Blåisen i alt gitt fra seg vel 5,1 mill. m³, tilsvarende et vannlag på 235 cm.

Det viste seg at avsmeltingen var ganske ujevnt fordelt over breen

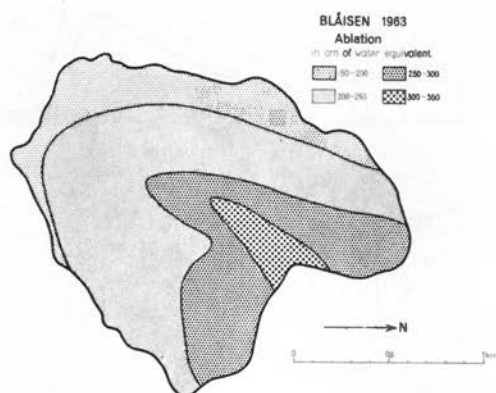


Fig. 29. Hvis ikke spesielle forhold påvirker smeltingen avtar ablasjonen ganske regelmessig med høyden over havet. På Blåisen påskyndes ablasjonen av uren, mørk is i ett område, mens den sinkes av store snømengder i et annet (langs kantene).
Jfr. fig. 30.

Normally the ablation decreases with altitude, except in special cases. On Blåisen glacier the ablation is accelerated by dirty ice in a small area on the tongue and retarded by remaining snow in other areas. Compare with Fig. 30.



Fig. 30. Blåisen fotografert mot vest (fra observasjonshytta) i september 1963. Merk området til høyre der isen er mørkfarget av morenemateriale. Langs brekantene ligger det ennå dyp snø — vesentlig et resultat av vindtransport og tallrike snøras på vinteren.
Blåisen glacier seen from the East. Observe the area of dirty ice to the right and the rim of remaining snow at the glacier outline. Picture taken in September 1963.

og ikke så betinget av høyden som ved de fleste andre breer (fig. 29). Dette forhold har antakelig sin årsak i de relativt store snømengder som samler seg langs brekantene, der avsmeltingen blir langsommere enn på de deler av breen der selve isen hurtig blir blottlagt. Videre påskyndes smeltingen i ett spesielt område der isoverflaten er mørkfarget av morenemateriale (fig. 30).

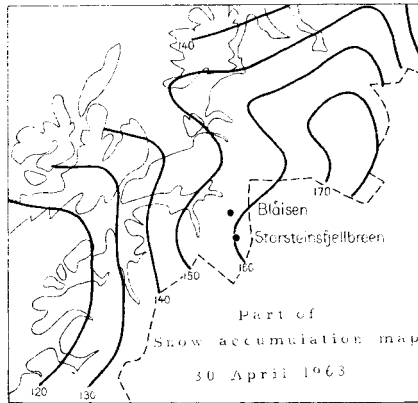


Fig. 31. Utsnitt av Meteorologisk Institutt's snøakkumulasjonskart for 1200 m nivået pr. 30. april 1963. Ofotområdet har i snøakkumulasjonsperioden mottatt en nedbør som er 150—160% av den normale. Den målte akkumulasjon på Blåisen 1962—63 må derfor anses som unormalt stor.

A part of the snow accumulation map for 1,200 metres elevation giving the computed snow precipitation in per cent of normal precipitation during the accumulation season 1962—63. (Such maps are prepared by the Norwegian Meteorological Institute four times every winter, see Jakhelln 1951.) The measured accumulation on Blåisen glacier 1962—63 must be regarded unusually large, 150—160 % of a normal winter's accumulation.

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 (20 cm), er altså blitt holdt tilbake fra vassdraget nedenfor og er isteden blitt lagret i form av is og snø.

Det er tydelig at akkumulasjonen var særskilt stor vinteren 1962—63. Dette framgår av det snøakkumulasjonskart som ble utgitt av Meteorologisk Institutt pr. 30. april 1963 (se utsnitt på fig. 31), der akkumulasjonen i området blir angitt til 150 à 160 prosent av det normale.

Ettersom sommertemperaturen var relativt lav i juni og spesielt i juli, da den største smeltingen normalt foregår (se den grafiske framstilling av månedsmiddeltemperaturen på Bjørnfjell på fig. 32) kunne man kanskje vente at ablasjonen ville bli unormalt liten. Men hvis vi beregner antall positive «grad-dager» på grunnlag av de daglige temperaturobservasjonene ved Bjørnfjell, finner vi at den lange, varme høstperioden antakelig helt har erstattet sommerens svikt i avsmelting.

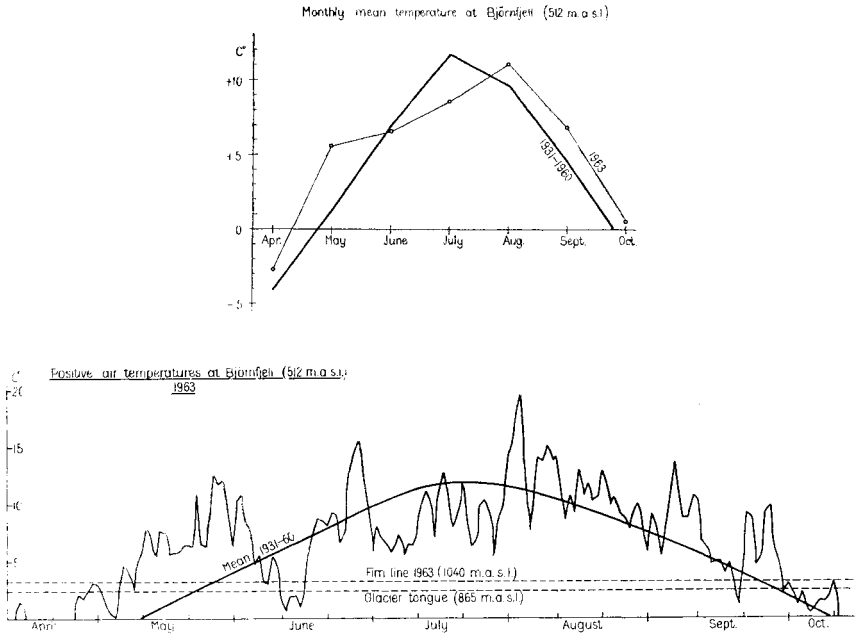


Fig. 32. Øverst: Middelttemperaturen for sommermånedene 1963 sammenliknet med normalen 1931—60. Mai måned 1963 var den varmeste som er målt, mens juli var usedvanlig kjølig. Nedenfor: Daglige positive temperaturer 1963 og normalen 1931—60. Ved en parallellforskyvning av x-aksen og planimetrering kan man finne det omtrentlige antall «grad-dager» i forskjellige nivåer.

Top: The monthly mean temperature April—October 1963 compared with the average for the years 1931—60. May 1963 was the warmest ever recorded, but July was unusually cold. *Bottom:* From this diagram the approximative number of positive degree-days can be computed for desired elevations. Bjørnfjell is situated 14 km NE of Blåisen glacier.

Ved Bretungen var det 884 graddager i 1963, mot «normalt» (for perioden 1931—63) bare 720. Ved firngrensen, 1040 m o. h., var tilsvarende tall 746 og 619, beregnet etter en adiabatisk temperaturkorreksjon på $0,6^\circ$ pr. 100 m. Den totale ablasjonen i 1963 bør derfor ha vært større enn i et «normalår». Tre graddager medfører tydeligvis en avsmelting av 1 cm (vannverdi) på Blåisen.

Blåisens «inntekter» og «utgifter» er satt opp seksjonsvis for 50 m høydeintervall og nettobalansen beregnet for disse (fig. 33).

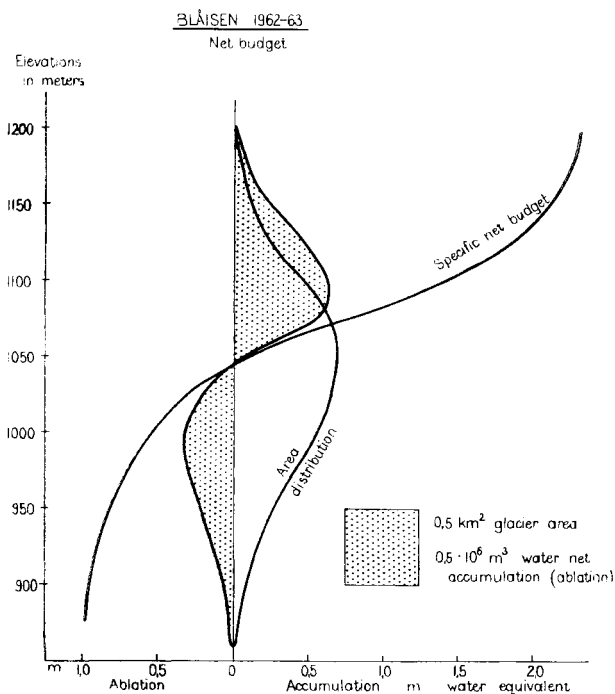


Fig. 33. Netto materialbalanse for Blåisen. Antakelig på grunn av stor materialtilførsel i form av ras langs kanten av den botn der breen ligger, har kurven for nettobudsjettet en uvanlig form, med relativt kraftig positiv materialbalanse på breens høyeste parti.

The net budget curve for Blåisen glacier has a somewhat unusual shape, supposedly due to the large supplies of avalanche snow at the rim of the glacier.

STORSTEINSFJELLBREEN

Da størrelsen av årsnedbøren avtar sterkt fra kysten og innover i Ofoten, vil det ikke være tilstrekkelig å foreta bremålinger på én bre for å belyse de glasio-hydrologiske forhold i Skjomenområdet. Som det framgår av kartet i «Nedbøren i Norge 1895—1943» (Det Norske Meteorologiske Institutt, 1949) avtar den årlige nedbør fra ca. 1000 mm i traktene av Frostisen til ca. 400 mm inne ved grensen. Både Enquist (1916, p. 13) og Ahlmann (1924, p. 263) viser dessuten at den såkalte glasiasjonsgrensen stiger meget sterkt mot øst i dette område, noe som tyder på at breene kan vise høyst forskjellige akkumulasjons- og abla-

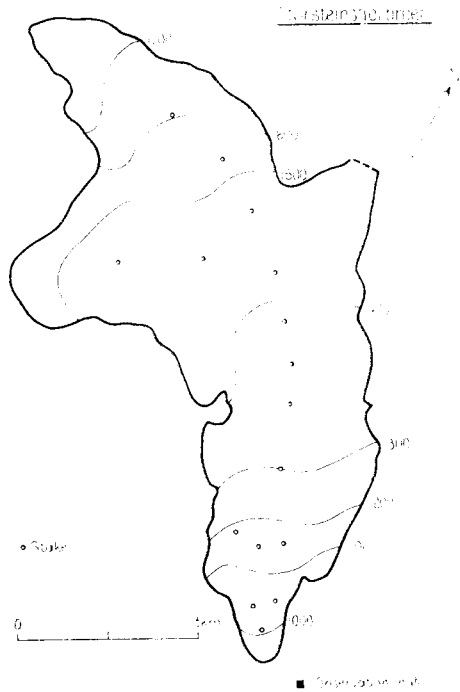


Fig. 34. Kartskisse over Storsteinsfjellbreen med angivelse av stakenes plassering. Stakenettet skal utvides betydelig før ablasjonen begynner i 1964.

Sketch map of Storsteinsfjellbreen with the positions of the stakes. The number of stakes will be considerably increased before the 1964 ablation season begins.

sjonsforhold jo lenger øst man kommer, dvs. 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 (se fig. 34), samtidig med at en langtidslimnigraf ble montert i selve breelven og en observasjonshytte oppsatt like nedenfor bretungen. Se oversiktskartet fig. 26.

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 breenes materialomsetning i relasjon til avstanden fra kysten, på liknende måte som ved den tidligere omtalte øst-vestlige breprofil i Syd-Norge.

GLASIASJONSGRENSE - FIRNGRENSE

Flere forskere har forsøkt å bestemme snøgrensens høyde i Norge. Andr. M. Hansen (1902) har studert høydeforskjellene 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 m lavere enn 0°-isotermflaten for månedene mai—august. I kystområdene finner han dog at snøgrensen ligger noe lavere, et forhold han tilskriver den store nedbør. Holmsen (1916) bestemmer snøgrensens høyde med en hypsografisk metode. Han måler arealet av all snø og is i et område som er angitt på de topografiske kart, og finner høyden som tilsvarende dette areal på den hypsografiske kurve for samme område. Ahlmann (1924) har bestemt glasiasjonsgrensen 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 det. Østrem (1960, p. 230) har for et begrenset område (Jotunheimen) bestemt en temporær snøgrense på grunnlag av samtidige flybilder over området.

Da Ahlmanns undersøkelse delvis bygget på gamle amtskart, der man i dag har mere tidsmessige oppmålinger, har det nå vært mulig å konstruere et nytt kart over glasiasjonsgrensen i Sør-Norge. Til hjelp ved konstruksjonen er brukt det nye brekartet (Liestøl 1962 c) sammen med gradteigskartene og NGO's nymålte, ennå ikke publiserte høydetall for topper i Ytre Sogn og på Møre. Resultatet vises på fig. 35. Glasiasjonsgrensen ligger høyere enn snøgrensen, som igjen ligger høyere enn firngrensen. Man antar at den vertikale høydeforskjell er ca. 200 m mellom glasiasjonsgrense og firngrense, og at snøgrensen ligger et sted imellom.

Man kan også forsøke å bestemme firngrensen på et stort antall breer, og derved bestemme firngrensens generelle høyde fra kysten og innover i landet. Nå er det, som man tidligere har sett, et ganske omfattende arbeide å bestemme firngrensens høyde på en bre i et bestemt år, og det vil derfor være en praktisk talt umulig oppgave å fastlegge firngrensens normalhøyde for et så stort antall breer at man derved kunne lage et godt kart.

En annen måte er å konstruere hypsografiske kurver for et stort antall breer, og fastlegge firngrensen på hver enkelt ved å gå ut fra en empirisk

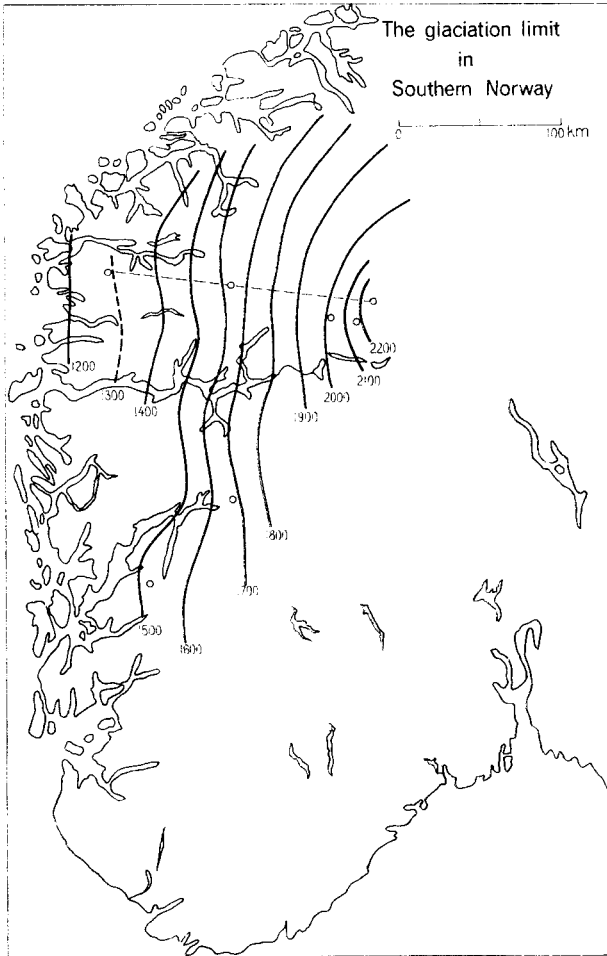


Fig. 35. Glasiasonsgrensens høyde er framstilt ved såkalte isoglacihypser. Et fjell som er høyere enn glasiasonsgrensens på stedet, vil ha muligheter for å få dannet en bre, mens et lavere fjell normalt ikke vil kunne huse en bre. — Beliggenheten av de målte breer er antydnet med ringer, og det i teksten omtalte profil ved en stiplet linje.

Kartet er tegnet på grunnlag av høydebestemmelser ved 78 nåværende breer.

The elevation of the glaciation limit (as defined by Enquist 1916). Compiled from topographic maps and other sources. The locations of investigated glaciers are marked with small circles, and the East-West profile with a broken line.

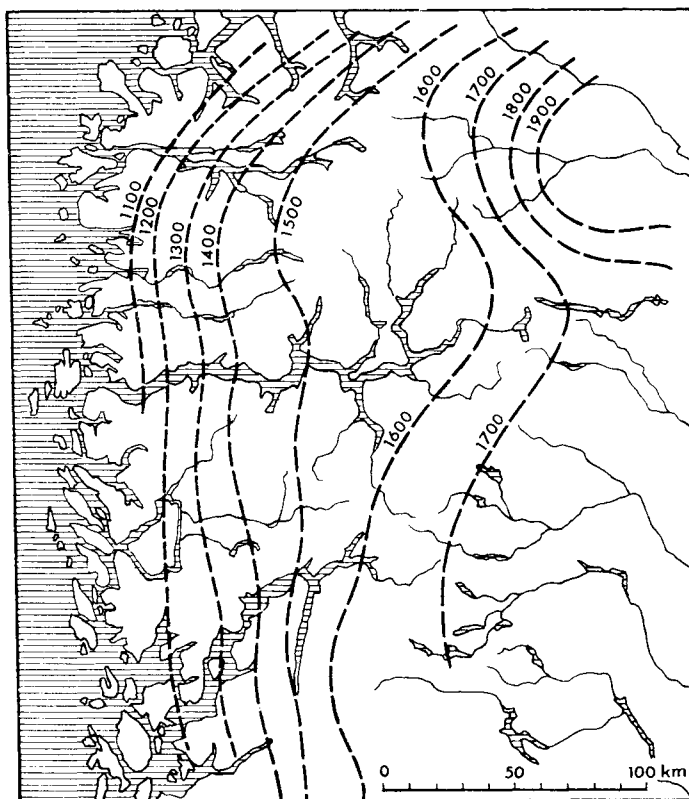


Fig. 36. Firngrensen i Sør-Norge konstruert på grunnlag av beregninger foretatt ved i alt 34 breer. I hvert enkelt tilfelle er en normalkurve for nettobalansen tilpasset breens arealfordeling for å finne nivået for likevekt, dvs. firngrensen for vedkommende bre.

The elevation of the firn line (equilibrium line) in Southern Norway, compiled from calculations made on 34 single glaciers. In each case, a normal shaped net budget curve has been applied to the glacier's distribution curve in order to find the elevation of the firn line.

bestemt nettobudsjettkurve og ut fra denne bestemme den firngrense som gir balanse på hver enkelt bre. En slik bestemmelse av breenes firngrense er foretatt av Norsk Polarinstittutt med utgangspunkt i våre gradteigskart over Sør-Norge (fig. 36).

For å få en oppfatning om hvordan høyden av glasieringsgrensen og høyden av firngrensen ligger i forhold til årets firngrense, funnet ved bremålingene, er et profil lagt fra Älfoten til Jotunheimen slik at en rekke av de undersøkte breene faller på profilet.

Mass budget and firn line on Norwegian glaciers 1962-63

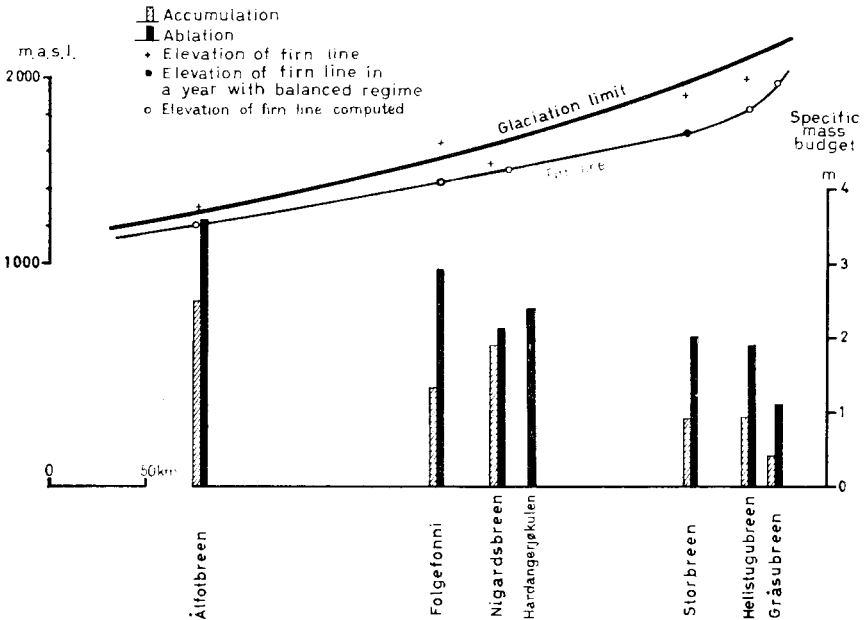


Fig. 37. Et profil lagt fra Alftobreen over Nigardsbreen til Gråsubreen. De øvrige målte breer kan tilnærmet føres inn på dette profil ved å projisere dem parallelt med linjene for lik glasiasonsgrenshøyde, kfr. fig. 35. I figuren er materialbalansen 1962—63 inntegnet som søyler, glasiasonsgrensen og firngrensen som kurver tegnet på grunnlag av kartet fig. 35 samt beregninger for en del av breene.

A profile from Alftobreen to the central part of Jotunheimen crosses Nigardsbreen. The other investigated glaciers may also be placed on this profile by projecting them parallel to the curves of equal glaciation limit (see Fig. 35). The mass budgets for the investigated glaciers are demonstrated by columns, the glaciation limit and the firn line by curves plotted from the map (Fig. 35), and from calculations made for some of the individual glaciers.

Glasiasonsgrensens og firngrensens høyder blir da illustrert ved to kurver som stiger fra kysten og innover i landet. De målte breer er markert ved at deres akkumulasjon og ablasjon er tegnet inn som søyler i diagrammet, se fig. 37. Høyden for årets firngrense er, som tidligere vist, definert som skjæringspunktet mellom nettobudsjettkurven og den vertikale akse, se f. eks. fig. 20. Disse høyder er også satt inn i diagrammet (som kryss).

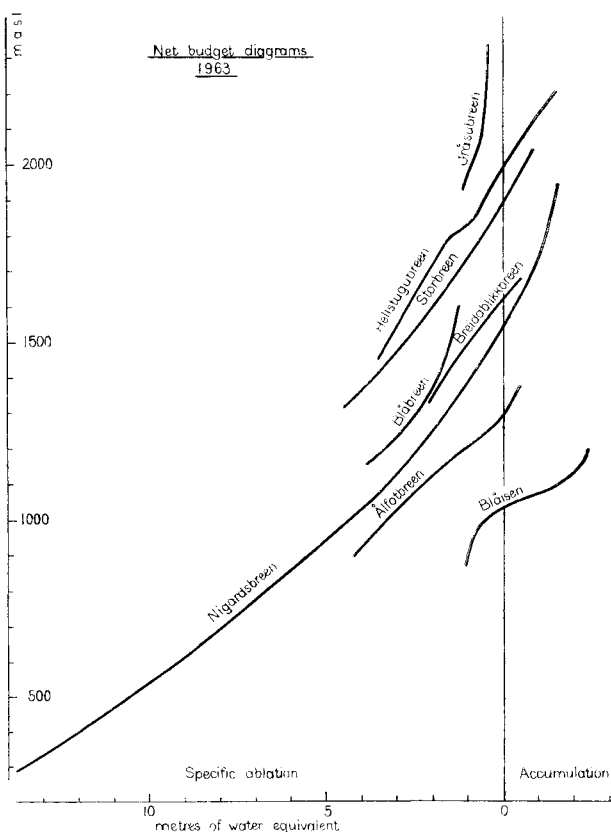


Fig. 38. Alle nettobalanskurver fra 1963 plassert i samme aksesystem.

All the net budget curves for 1963 placed in the same diagram.

Vi ser at høyden for firngrensen i år stort sett ligger 100-200 m høyere enn firnlinjen i et *balansert* år, men da det glasiologiske år 1962/63 er et ganske unormalt år i Sør-Norge (med ekstremt liten akkumulasjon), er de funne verdier ikke representative. Først når bremålingene langs øst-vest-profilet har pågått i noen år kan man beregne firngrensens nivå for et *balansert* budsjett for hver enkelt bre.

Selv om året 1962/63 ikke er representativt, viser fig. 37 tydelig hvordan firnlinjen senker seg vestover med økende materialbudsjett. Fra Storbreen til Alftobreen senker den seg i et normalår 470 m. En del av denne senkning skyldes lavere sommertemperatur (ca. $1,4^{\circ}$ for tiden 1/5—30/9), hvilket skulle svare til ca. 200 m. De resterende 270 m må



Fig. 39. Ved akkumulasjonsmålinger må man bestemme snøens tetthet fra overflaten til bunnen (forrige års sommeroverflate). Da tettheten varierer sterkt, bl. a. på grunn av islag i snøen, bør *kontinuerlige* prøver tas hele vegen ned, noe som er nøyaktigere enn å ta stikkprøver. Ofte er snøen så kraftig sammenpakket at man må *sage* ut blokker som måles og veies. Metoden er meget nøyaktig, men arbeidet tar lang tid.

In accumulation measurements the snow density should be measured continuously from the surface to the bottom of the pit, as ice layers can cause large differences in density at different depths. The 'sawing method', in which rectangular blocks of snow are cut, measured and weighed, has advantages in accuracy, but it is time-consuming.

da i første rekke skyldes økende akkumulasjon, selv om minkingen i strålingens andel på grunn av større skyprosent kan spille en rolle.

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 fram på våre topografiske kart, der «bredekket område» på kartet er langt større enn de bredekede områder i naturen.

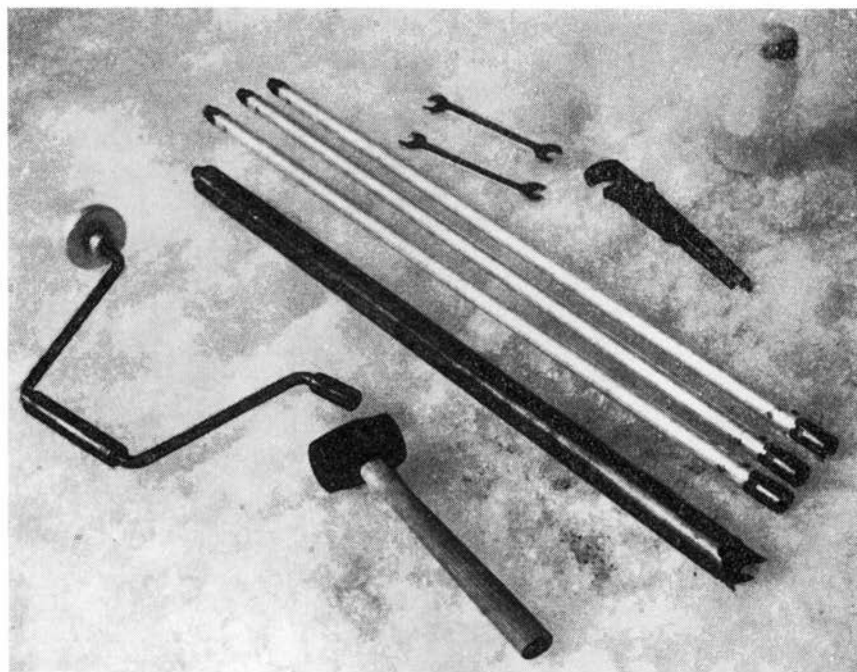


Fig. 40. Et komplett utstyr for å kunne bore opptil 4 m dype hull i isen. Selve boret består av et heltrukket (sømløst) stålrør, forlengelsene av aluminiumrør med 5/8" gjenger i bronse eller messing. Flasken inneholder rødsprit til bruk hvis boret fryser fast i hullet. Gummiklubben brukes når boret skal tømmes.

Complete set of tools for drilling up to 4 m deep holes in the glacier. The drill consists of a seamless steel tube, the extensions are made of aluminium with 5/8" grooves in the brass or bronze end-pieces. The bottle contains alcohol to use if the drill freezes in the hole. The rubber hammer is used when clearing the drill.

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. Hagene 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 snø og is» fortonet seg større enn de virkelig var.

Da måling av flateinnhold av bredekkede områder har betydning ved hydrologiske beregninger av nedslagsfelt med stor breprosent, er det

selvsagt viktig å kjenne den riktige størrelsen av breene. Da gradteigskartene som nevnt ikke er helt pålitelige i denne henseende, har Vassdragsvesenet påbegynt en kartlegging av breenes nåværende utbredelse. I samarbeide med Norsk Polarinstitutt er det utarbeidet et oversiktskart over breene i Sør-Norge i målestokken 1 : 500 000 (se Liestøl 1962 c), og for en del 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 sikte på en detaljert beskrivelse av samtlige breer innenfor et begrenset område. Forutsetningen for at en slik detaljert kartlegging skal være mulig, er at det finnes både 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 størstedelen 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 (Østrem 1960 og 1962).

SUMMARY

Glaciological investigations in Norway 1963

In 1963 glaciological activity has increased considerably in Norway, mainly due to requests from the water-power authorities involving desired mass balance studies on glaciers located in catchment areas of hydroelectric plants. Also an increased interest among students in physical geography has made it possible to study the mass balance on a larger number of glaciers than ever before in Norway.

In earlier years, the position of the glacier tongue has been observed for several Norwegian glaciers and for some of them observations have been made since the beginning of this century (Øyen 1902). The series of tongue measurements has been continued in 1963 (see Table of retreat (in metres) on page 283).

The mass balance studies have been started during the last two years, except for the Storbreen glacier where detailed glaciological investigations have been performed by Norsk Polarinstitut since 1948. Only the results of the mass balance studies on this glacier have been included in this paper, as the results in general will be published in the annual *Årbok* from Norsk Polarinstitut.

The location of the investigated glaciers are marked on the map, Fig. 1, where also the location of the Swedish glacier studies are shown. The observations from glaciers in Northern Norway will make a good basis for comparison with the Swedish results. The location of the observed glaciers in this part of Scandinavia should make it possible to study the influence of continentality on mass balance etc. as have the similar studies made in Southern Norway (see the last part of this paper).

Mass balance studies. The accumulation during the winter and the ablation during the summer have been observed at 10 different Norwegian glaciers in 1962-3, and at most of them the complete mass budget has been calculated and graphed (Fig. 38), in accordance with proposals given by M. Meier (1962). Small amounts of snow which fall during the ablation period will normally melt again in some days. This precipitation, falling as snow, should have been added to the accumulation *and* to the ablation. But as this requires a nearly continuous recording of the possible summer snow falls, such precipitation has usually been

omitted from the calculations, i.e. it is regarded as *rain*. Thus, the figures for total accumulation and total ablation should have been somewhat larger. Only on the Storbreen glacier have calculations been made which do include the summer snow falls in the total ablation figure. This correction is about 10 % of the total accumulation on that glacier. The accumulation on each glacier is measured in May-June and the ablation in September-October, although in many cases several measurements and controls of the stake net were made through the whole year.

On the *Folgefonna* glacier, mass balance studies have been made on an east-west section (approximately 20 km²), forming 1/10 of the total glacier area (Fig. 2). The accumulation was determined by means of snow depth soundings with a steel stick, at approximately 500 points, and at the same time snow density measurements in 18 pits. The result is shown on the accumulation map, Fig. 3. The specific values for the different elevation intervals have been computed and tabulated on page 290 and plotted in a graph, Fig. 4, upper part. The specific accumulation is larger on the east-facing Blåbreen glacier than on the west-facing Breidablikk glacier (two of the outlet arms of the Folgefonna glacier). As an average the observed glacier area accumulated 130 cm of water. According to the 'snow accumulation map', prepared by the Norwegian Meteorological Institute (Jakhelln 1951), the accumulation 1962-3 was only about half of the 'normal' in this part of Norway.

The ablation was measured at 47 aluminium stakes, some of them consisting of several stakes chained together and placed in 20-25 m deep thermo-drilled holes. The result of the ablation measurements is tabulated on page 290 and plotted in the upper left diagram on Fig. 4. On an average, the ablation amounted to 340 cm water on the east-facing Blåbreen glacier and 230 cm water on the west-facing Breidablikkbreen glacier. The difference seems to originate from the large difference in the area distribution with elevation of the two glaciers. The mass balance was strongly negative especially on the east-facing glacier. The net budget curve for the west-facing glacier is shown on Fig. 4, lower part.

On the *Hardangerjøkulen* glacier which is 78 km² (Liestøl 1962 a, p. 49) the west-facing arm (Rembesdalsskåki) with its firn area was investigated, i.e. about 18 km² of the total glacier area. The measurements were carried out by the Norsk Polarinstitutt, but due to very difficult conditions — mainly a badly developed summer crust from the cold summer of 1962 — complete accumulation measurements

could not be made. Also the ablation measurements were partly destroyed by the fact that several stakes had sunk in the firn during the summer. But by calculations based on meteorological data from an observation station (Slirå) near the glacier, it has been possible to approximate the total ablation, which amounted to 270 cm of water.

The *Ålfotbreen* glacier, which is the westernmost glacier in Norway, was expected to give the largest figures for accumulation, as it is situated in the area of largest specific river discharge in Norway, with an average of more than $150 \text{ l} \cdot \text{sec}^{-1} \text{ km}^{-2}$. A limited part (4.75 km^2) of the glacier has been chosen for the investigations (see map, Fig. 6). This part forms the main catchment area for a small river. The run-off is registered at a river gauge, and the mass balance observed in the conventional manner on aluminium stakes. But as the snow falls were expected to be heavy, the stakes in the accumulation area were extended or replaced during the winter. On the highest parts of the glacier about 6 metres of snow was observed, which is probably only 60 % of a 'normal' year's accumulation.

The accumulation is shown on the map, Fig. 7 and the graph Fig. 8, right hand part. The average accumulation amounted to 248 cm of water on the investigated part of the glacier.

The ablation, as measured on stakes placed in thermo-drilled holes, amounted to 358 cm of water as an average. The maximum melting on the tongue was more than 7 metres of ice. The material balance was negative (see Fig. 9).

The *Nigardsbreen* glacier, a part of the large Jostedalbreen ice-cap, has been observed in the same manner as last year (see Østrem & Karlén, 1962), but with an attempt to improve the accuracy of the measurements. As the summer crust from 1963 was very poorly developed, sheets of hard fibre plates were placed on the summer surface and anchored to the stakes. Thus, depth soundings could be made at least at the same points the following spring, although many of the stakes were destroyed by thick layers of hoar-frost and heavy storms during the winter (Fig. 11). Also by means of core drillings the depth to last year's summer surface could be measured. The density of the snow was determined in pits, where continuous vertical sampling was carried out.

The total accumulation was $79 \times 10^6 \text{ m}^3$ water, or 187 cm on average. The accumulation pattern is shown on the map (Fig. 12), which is based on measurements at 157 points. The map is quite similar to the accumulation map from 1962, although the accumulation figures are only about 65 % of that year's measured values.

The ablation was observed by means of stakes on the lower part of the glacier. The maximum observed specific daily ablation, 14.6 cm of water, was measured at 375 m a.s.l.

In the firn area several of the stakes sank in the firn during the summer, and the ablation had to be measured in pits or by core drilling down to the previous summer's crust. The density of the remaining 'old snow' (the rest of last winter's accumulation which had not melted during the summer) could also be determined by weighing of the cores. The maximum discrepancy between density measurements made in pits, where vertical continuous cylindrical samples were taken by a steel sampler, and density determinations made on the drilled cores (taken by a SIPRE-drill) was 4 % (see Fig. 14).

The total ablation was 88×10^6 m³ water, or 209 cm on average. The maximum ablation amounted to more than 12 metres of water on the tongue (see also the ablation map (Fig. 15) and the left-hand part of Fig. 16). The mass balance was negative, with an average loss of 22 cm water.

On the *Storbreen* glacier, where detailed mass balance measurements have been carried out over 15 years by Norsk Polarinstitut, the accumulation is measured every year in about 300 fixed points evenly spread over the 5.42 km² glacier surface. Up to 600 points have been used in selected years, but from experience gained the system of 300 points has proved to be satisfactory for the construction of accumulation maps as in Fig. 18. The total accumulation was 5.2×10^6 m³ water or 96 cm on average. Ten per cent of this figure is due to snow precipitation during the summer. This is the lowest accumulation in 15 years, the average 1948-63 is 136 cm of water.

The ablation was measured at 27 stakes 8 times during the summer. The total amount of ablation was 11.6×10^6 m³ water or 214 cm on average. This is a relatively large ablation figure, the average for the years 1948-63 is 176 cm. The mean summer air temperature (May to September) was in 1963 more than 1°C higher than the average in the last 15 years, as measured at the glacier.

The material balance was strongly negative, with an average mass loss of 118 cm (see also Fig. 20).

The *Tverråbreen* glacier in the Jotunheimen area has been investigated by a geography student, but no results are as yet available.

The *Hellstugubreen* glacier (3.4 km²) has also been studied by a geography student and the results can be summarized as follows: Total

accumulation 3.2×10^6 m³ or 94 cm, total ablation 6.5×10^6 m³ or 192 cm, i.e. a mass loss of 98 cm on average. See also Fig. 22.

The *Gråsubreen* glacier (2.4 km²) is possibly the highest situated glacier in Scandinavia, and it has an imposing end moraine system consisting of ice-cored moraine ridges (Østrem 1960, pp. 234-7). This glacier also has been investigated by a geography student during the last two years. The mass balance is demonstrated by the figures: Total accumulation 0.96×10^6 m³ water or 40 cm which is half the accumulation of the previous year; total ablation 2.6×10^6 m³ water or 111 cm. The average mass loss is 71 cm or about equal to the previous year's mass gain.

The *Blåisen* glacier in Northern Norway, 20 km south-east of Narvik, consists of 3 separate independent glaciers (Østrem 1962, p. 241). The southernmost of these is chosen for the glacier mass balance studies in this area, together with the *Storsteinsfjellbreen* glacier where automatic stream gauges have been installed in the melt water rivers (see the map, Fig. 26).

The accumulation on the *Blåisen* glacier was measured by snow depth soundings in 135 points on the 2.2 km² glacier surface and density measurements in two pits. The result is shown on the map on Fig. 27. The total accumulation was 5.6×10^6 m³ water or 255 cm on average.

The ablation was measured with conventional ablation stakes and with steel wires frozen in deep holes, drilled by a thermal ice drill of the Kasser type. When large ablation is expected or when replacement of stakes is difficult, this method for ablation measurement has proved to be very convenient and accurate (see Fig. 28). The total ablation was 5.1×10^6 m³ water or 235 cm on average.

The mass balance was slightly positive, 20 cm water on average, mainly due to unusually large accumulation (see Fig. 33). From the snow accumulation map from 30 April 1963 (Fig. 31) the accumulation seems to be 150-160 per cent of a 'normal' year's. The July temperature at the nearest wether station, Bjørnfjell, was unusually low, but the temperature in the spring and in the fall was high (see Fig. 32). The number of positive degree-days at the firn line, computed from air temperature observations at Bjørnfjell, amounted to 746 in 1963. The average for the period 1931-60 was only 619 degree-days. Therefore, the ablation figure obtained in 1963 should be regarded as being larger than 'normal'.

The mass balance studies made at the Storglaciären glacier in Sweden (Schytt 1962) and similar measurements which are planned at a glacier between Blåisen and Storglaciären should form an interesting cross-profile from the maritime coastal area in Norway to the continental region of Kebnekajse in Sweden.

The glaciation limit and the firn line. Several attempts have been made in order to determine the elevation of the 'snow line' in different parts of Norway. A. M. Hansen (1902) studied the elevation of the lowest permanent snow and ice — also glacier tongues — and made a map of this lower limit. Rekstad (1907) compared the distribution of permanent snow fields with the temperature during the summer months, and found that the 'snow limit' (determined by Partsch's method and by field observations) was situated 420 m lower than the elevation of the 0° isothermal surface computed from the mean temperatures May-August. In the coastal areas the snow line was even lower, due to large precipitation. Holmsen (1916) determined the snow line by a hypsographic method. Ahlmann (1924) mapped the 'glaciation limit' as defined by Enquist (1916, pp. 10-12). Østrem (1960, p. 230) has mapped the elevation of the temporary firn line on the glaciers in the Jotunheimen area by means of contemporary air photographs of all the glaciers.

As Ahlmann's work was based upon old maps of less accuracy, a new map of the glaciation limit has now been constructed (see Fig. 35). The elevation of the glaciation limit is higher than the firn line on the glaciers, possibly by about 200 metres. The 'snow line' in the field outside the glaciers is expected to be situated somewhere in between the glaciation limit and the firn line.

A map of the elevation of the firn line on the glaciers (in a state of equilibrium) has been made in the following way: When applying a 'normal' shaped net balance curve on the area distribution curve for a glacier, it is possible to move the curves relative to each other and determine the elevation of the firn line so that the ablation equals the accumulation. Such determinations have been made on 34 individual glaciers in South-Norway, and the result is shown in Fig. 36.

From the map of the glaciation limit (Fig. 35) and from some of the above-mentioned calculations, a cross-profile from Älfoten to Jotunheimen has been made, where the elevation of the glaciation limit, the

firn line and some of the mass balance results are demonstrated (se Fig. 37). Generally the firn line 1963 was situated 100—200 m higher than the firn line computed for a balanced budget on the glaciers. The glaciological year 1962-3 is not representative, as the accumulation was unusually low, but it is obvious that the elevation of the firn line and the glaciation limit increases when moving from the coast inland, but the accumulation and ablation are decreasing. From the Ålfotbreen glacier to the Storbreen glacier (in the Jotunheimen area) the computed elevation of the firn line increases 470 m. Only about 200 m of this difference is due to higher summer temperature at the Storbreen glacier (approximately 1.4° C for the months May to September), the rest is caused by smaller precipitation and possibly also caused by a higher amount of incoming radiation, due to less cloudiness in the inner part of the country.

Mapping of Norwegian glaciers. As the topographic maps in many cases are very inaccurate with respect to the glaciers, mapping of all Norwegian glaciers has been started. Norsk Polarinstitut and the Norwegian Water Power and Electricity Board, in co-operation have compiled a glacier map of Southern Norway on a scale of 1 : 500,000 (Liestøl 1962 c). Furthermore, some more detailed maps (with a scale 1 : 100,000) have been made of selected areas where good verticals are available. An example of these maps, the glacier map of the Blåmannsisen — Sulitjelma area, is included with this article as an enclosure (see pocket on the back cover).

The large difference between the glaciated areas, as given by topographic maps, and the true areas as mapped from the air photographs, is not only due to the retreat of the glaciers since the topographic maps were made. In most of the cases the difference is largely due to the bad quality of the old maps, but also to the fact that Norwegian topographic maps do not distinguish areas of permanent snow from real glaciers.

Similar maps have previously been made for the Jotunheimen and the Skjomen districts (Østrem 1960 and 1962).

LITTERATUR

- Ahlmann, H. W., 1924: Le niveau de glaciation comme fonction de l'accumulation d'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. (51 p.)
- Det Norske Meteorologiske Institutt, 1949: *Nedbøren i Norge 1895—1943.*
- Enquist, Fr., 1916: Der Einfluss des Windes auf der Verteilung der Gletscher. *Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. 14,* p. 1—108.
- Hagene, G., 1961: Kartlegging av brecne. *Den norske turistforenings årbok* 1961, p. 159—169.
- Hansen, A. M., 1902: Snegrænsen i Norge. *Det Norske Geogr. Selsk. Aarvog* 13 (1901—02), p. 59—73.
- Hoel, A. og Werenskiold, W., 1962: *Glaciers and snowfields in Norway.* Norsk Polarinstitut, Skrifter Nr. 114. (291 p.)
- Hoinkes, H. and Rudolph, R., 1962: Mass balance studies on the Hintereisferner, Ötztal Alps, 1952—1961. *Journal of Glac.* Vol. 4, p. 266—78.
- Holmsen, G., 1916: Snegrænsen 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.
- Kasser, P., 1960: Ein leichter thermischer Eisbohrer als Hilfsgerät zu Installation von Ablationsstangen auf Gletschern. *Geofisica pura e applicata, Bd. 45,* p. 97—114 (Milano).
- Klæboe, H., 1951: Transport of solid matters in glacier currents. *Ass. Int. d'Hydr. Scient., Ass. Générale de Bruxelles* 1951, Tome III, p. 124—127.
- 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 snowfields in: "Glaciers and snowfields in Norway" by A. Hoel and W. Werenskiold. *Norsk Polarinstitut, 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. *Norsk Polarinstitut, skrifter* Nr. 114, p. 175—207.
- 1962 c: Brekart over Sør-Norge. *Norsk geogr. tidsskr.* 18 (1961—62), p. 246—247.
- 1963: Noen resultater av bremålinger i Norge 1962. *Norsk Polarinstitut. Årbok* 1962, p. 187—190.
- 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.)
- Rogstad, O., 1941: Jostedalsbreens tilbakegang. Norsk geogr. tidsskr. 8 (1940—41), p. 273—293.
- 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 Lapland 1942—1948. Geogr. Ann. 30, p. 451—672.
- Østrem, G., 1960: Breer og morener i Jotunheimen. Norsk geogr. tidsskr. 17 (1959—60), p. 210—243. (Trykt 1961.) *With an English summary.*
- 1962: Litt om breene i Storsteinsfjell-området. Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961—62), p. 239—245. (Trykt 1963.) *With an English summary.*
- og Karlén, V., 1962: Nigardsbreens hydrologi 1962. Norsk geogr. tidsskr. 18 (1961—62), p. 156—202. (Trykt 1963.) *With an English summary.*
- Øyen, P. A., 1902: Bræoscillation i Norge 1901. Nyt Mag. Nat. Bd. 40, p. 123—134.
- 1906: Femten års glaciologiske iagttagelser. Forh. vid.sk.selsk. No. 7, Christiania (17 p.).

BREER OG MORENER

I OMRÅDET VED BLÅMANNSISEN-SULITJELMA

Glaciers and moraines
in the Blåmannsisen-Sulitjelma
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.

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

Større morenerygg
Large moraine ridge

Morenerygg, antakelig med iskerne
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.

MEDDELELSER

Meddelelser Nr. 1—50, see numbers of Meddelelser previous to Nr. 81.

Nr.

51. OSTERMANN, HOTHER: *Bidrag til Grønlands beskrivelse, forfattet av nordmenn før 1814.* 1942. Kr. 7,60.
52. OSTERMANN, HOTHER: *Avhandlingar om Grønland 1799—1801.* 1942. Kr. 6,40.
53. ORVIN, ANDERS K: *Hvordan opstår jordbunnsis?* 1941. Kr. 1,00.
54. STRAND, ANDREAS: *Die Käferfauna von Svalbard.* 1942. Kr. 1,00.
55. ORVIN, ANDERS K: *Om dannelselse av strukturmark.* 1942. Kr. 1,00.
56. TORNØE, J. KR.: *Lysstreif over Noregsveldets historie. I.* 1944. Kr. 9,00.
57. ORVIN, ANDERS K: *Litt om kilder på Svalbard.* 1944. Kr. 1,60.
58. OSTERMANN, HOTHER: *Dagbøker av nordmenn på Grønland før 1814. 2.* 1944. Kr. 5,80.
59. OSTERMANN, HOTHER: *Dagbøker av nordmenn på Grønland før 1814. 3.* 1944. Kr. 1,60.
60. AAGAARD, BJARNE: *Antarktisk 1502—1944.* 1944. Kr. 12,00.
61. AAGAARD, BJARNE: *Den gamle hvalfangst.* 1944. Kr. 1,60.
62. AAGAARD, BJARNE: *Oppdagelser i Sydishavet fra middelalderen til Sydpolens erobring.* 1946. Kr. 5,00.
63. DAHL, EILIF og EMIL HADAČ: *Et bidrag til Spitsbergens flora.* 1946. Kr. 1,00.
64. OSTERMANN, HOTHER: *Skrivelser angaaende Mathis lochimsens Grønlands-Ekspedition.* 1946. Kr. 1,50.
65. AASGAARD, GUNNAR: *Svalbard under og etter verdenskrigen.* 1946. Kr. 1,00.
66. RICHTER, SØREN: *Jan Mayen i krigsårene.* 1946. Kr. 1,50.
67. LYNGAAS, REIDAR: *Oppføringen av Isfjord radio, automatiske radiofyg og fyrbelysning på Svalbard.* 1946. Kr. 1,00.
68. LUNCKE, BERNHARD: *Norges Svalbard- og Ishavsundersøkelsers kartarbeider og anvendelsen av skrå-fotogrammer tatt fra fly.* 1949. Kr. 1,00.
69. HOEL, ADOLF: *Norsk ishavsfangst. En fortegnelse over litteratur.* 1952. Kr. 2,50.
70. HAGEN, ASBJØRN: *Plants collected in Vestspitsbergen in the Summer of 1933.* 1952. Kr. 2,00.
71. FEYLING-HANSSSEN, ROLF W: *Conglomerates formed in Situ on the Gipsbuk coastal plain, Vestspitsbergen.* 1952. Kr. 2,50.
72. OMDAL, KIRSTEN: *Drivisen ved Svalbard 1924—1939.* 1952. Kr. 2,50.
73. HEINTZ, ANATOL: *Noen iakttagelser over isbreenes tilbakegang i Hornsund, V. Spitsbergen.* 1953. Kr. 3,50.
74. ROOTS, ERNEST. F.: *Preliminary Note on the Geology of Western Dronning Maud Land.* 1953. Kr. 2,00.
75. SVERDRUP, HARALD U.: *The currents off the coast of Queen Maud Land.* 1953. Kr. 1,00.
76. HOEL, ADOLF: *Flateinnholdet av breer og snøfonner i Norge.* 1953. Kr. 1,50.
77. FEYLING-HANSSSEN, ROLF W.: *De gamle trankokerier på Vestspitsbergens nordvesthjørne og den formodede senkning av landet i ny tid.* 1954. Kr. 2,00.
78. ROER, NILS: *Landmålerliv i Dronning Maud Land.* 1953. Kr. 2,00.
79. MANUM, SVEIN: *Pollen og sporer i tertiære kull fra Vestspitsbergen.* 1954. Kr. 2,00.
80. THORSHAUG, KNUT, AND ANTON FR. ROSTED: *Researches into the prevalence of Trichinosis in animals in Arctic and Antarctic waters.* 1956. Kr. 1,50.

Nr.

81. LIESTØL, OLAV: *Glacier dammed lakes in Norway*. 1956. Kr. 2,00.
82. FJELDSTAD, JONAS E.: *Harald Ulrik Sverdrup og S. RICHTER: H. U. Sverdrups forfatterskap*. 1958 Kr. 2,50.
83. LØNØ, ODD: *Reinen på Svalbard*. 1959. Kr. 2,00.
84. LØNØ, ODD: I. *Transplantation of the muskox in Europe and North-America*. II. *Transplantation of hares to Svalbard*. 1960. Kr. 4,00.
85. MANUM, SVEIN: *Some Dinoflagellates and Hystrichosphaerids from the Lower Tertiary of Spitsbergen*. 1960. Kr. 2,00.
86. FEYLING-HANSSSEN, ROLF W. AND INGRID OLSSON: *Five radiocarbon datings of Post Glacial shorelines in Central Spitsbergen*. 1959—60 Kr. 2,00.
87. WINSNES, T. S., A. HEINTZ AND N. HEINTZ: *Aspects of the Geology of Svalbard*. 1962. Kr. 2,00.
88. ØSTREM, G.: *Breer og morener i Jotunheimen*. 1961. Kr. 4,00.
89. OLSSON, INGRID and WESTON BLAKE Jr.: *Problems of radiocarbon dating of raised beaches, based on experience in Spitsbergen*. 1962. Kr. 2,00.
90. ØSTREM, GUNNAR OG OLAV LIESTØL: *Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963*. 1964. Kr. 10,00.