

NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN



**GLASIOLOGISKE UNDERSÖKELSER  
I NORGE 1972**

RAPPORT NR. 1-74

---

VASSDRAGSDIREKTORATET  
HYDROLOGISK AVDELING

OSLO FEB. 1974

NORGES VASSDRAGS-  
OG ENERGIDIREKTORAT  
BIBLIOTEKET



GLASIOLOGISKE UNDERSÖKELSER  
I NORGE 1972

Redigert av Arve M. Tvede

Bidragstyre: Olav Liestøl, Sigmund Messel,  
Arve M. Tvede og Gunnar Östrem

RAPPORT NR. 1-74

---

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO FEB. 1974

NORGES VASSDRAGS-  
OG ENERGIDIREKTORAT  
BIBLIOTEKET

## FORORD

Foreliggende rapport er i likhet med de to foregående glasiologiske rapporter redigert av Arve M. Tvede ved Brekontoret, Hydrologisk avdeling.

Hoveddelen av innholdet behandler undersøkelser av massebalansen på ialt 14 breer (eller deler av breen). Slike undersøkelser har helt fra Brekontorets opprettelse i 1962 vært den primære arbeidsoppgave. Hensikten er å belyse breenes hydrologiske influens, både i enkeltår og over et lengre tidsrom. Etter 10-11 år med observasjoner på noen av de undersøkte breene kan vi nå dokumentere visse geografiske variasjoner i breenes tilskudd til vannføringen i elvene, årets rapport burde understreke dette tydelig.

Av de undersøkte breene utføres arbeidet på 11 av dem ved Brekontoret, hvorav 3 inngår i Svartisprosjektet. De resterende 3 breer undersøkes av Norsk Polarinstitutt. Resultater fra Høgtuvbreen er ikke tidligere publisert av mangel på et brukbart arbeidskart. Dette er nå konstruert og rapporten inneholder derfor resultater fra denne breen både for 1971 og 1972. Varmebalansemålingene er fortsatt også i 1972 og resultatene fra de to breer presenteres i en separat artikkel i rapporten. Det samme gjelder målinger av isens bevegelses hastighet på to av de undersøkte breene.

Innholdsfortegnelsen informerer om hvem som har skrevet de enkelte artikler og av innledningen framgår det hvem som finansierer de enkelte undersøkelser. Som vanlig har Bård Braskerud tegnet de fleste illustrasjoner, Agneta Hertzberg og Ellen Khan har renskrevet manuskriptet, og trykningen er utført i Statskraftverkens hustrykkeri. Tilkomsten av rapporten er også i høy grad et resultat av det grundige feltarbeid som ble utført av hydrologer, teknikere og en rekke sommerassistenter i løpet av balanseåret 1971-72.

Oslo i februar 1974

Gunnar Östrem

## INNHOLD

Side

Materialhusholdningen, meteorologiske og hydrologiske undersøkelser ved utvalgte breer (Arve M. Tvede)	4
Innledning	4
Metodikk	6
Ålfotbreen	9
Blomsterskardbreen	15
Vesledalsbreen	18
Tunsbergdalsbreen	22
Nigardsbreen	25
Hardangerjøkulen (Olav Liestøl)	32
Hellstugubreen	35
Vestre Memurubre	37
Austre Memurubre	39
Gråsubreen	44
Högtuvbreen 1971	47
Högtuvbreen 1972	51
Engabreen	57
Trollbergdalsbreen	64
Nytt brekart over Högtuvbreen (Gunnar Östrem)	69
En sammenlikning av materialhusholdningen på de enkelte breer	70
Glacial-meteorologiske undersøkelser i 1972 (Sigmund Messel)	75
Innledning	75
Metoder og instrumenter	76
Resultater	81
Diskusjon	84
Brebevegelse på Vesledalsbre og Austre Memurubre (Arve M. Tvede)	87
Innledning	87
Vesledalsbreen	87
Austre Memurubre	89



	Side
Summary	91
Mass balance studies, meteorological and hydrological investigations at selected glaciers	91
Special radiation studies	96
Survey and movement studies	96
Litteratur	98
Bilag	
Kart over Høgtuvbreen, 1:10 000	

## MATERIALHUSHOLDNINGEN, METEOROLOGISKE OG HYDROLOGISKE UNDER- SÖKELSER VED UTVALGTE BREER

### Innledning

I 1972 er det av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen foretatt glasiologiske undersøkelser på 8 breer i Sør-Norge (fig. 1). Disse breene faller naturlig i 3 grupper, 1) Ålfotbreen, 2) utløpere fra Jostedalsbreen og 3) breer i Jotunheimen.

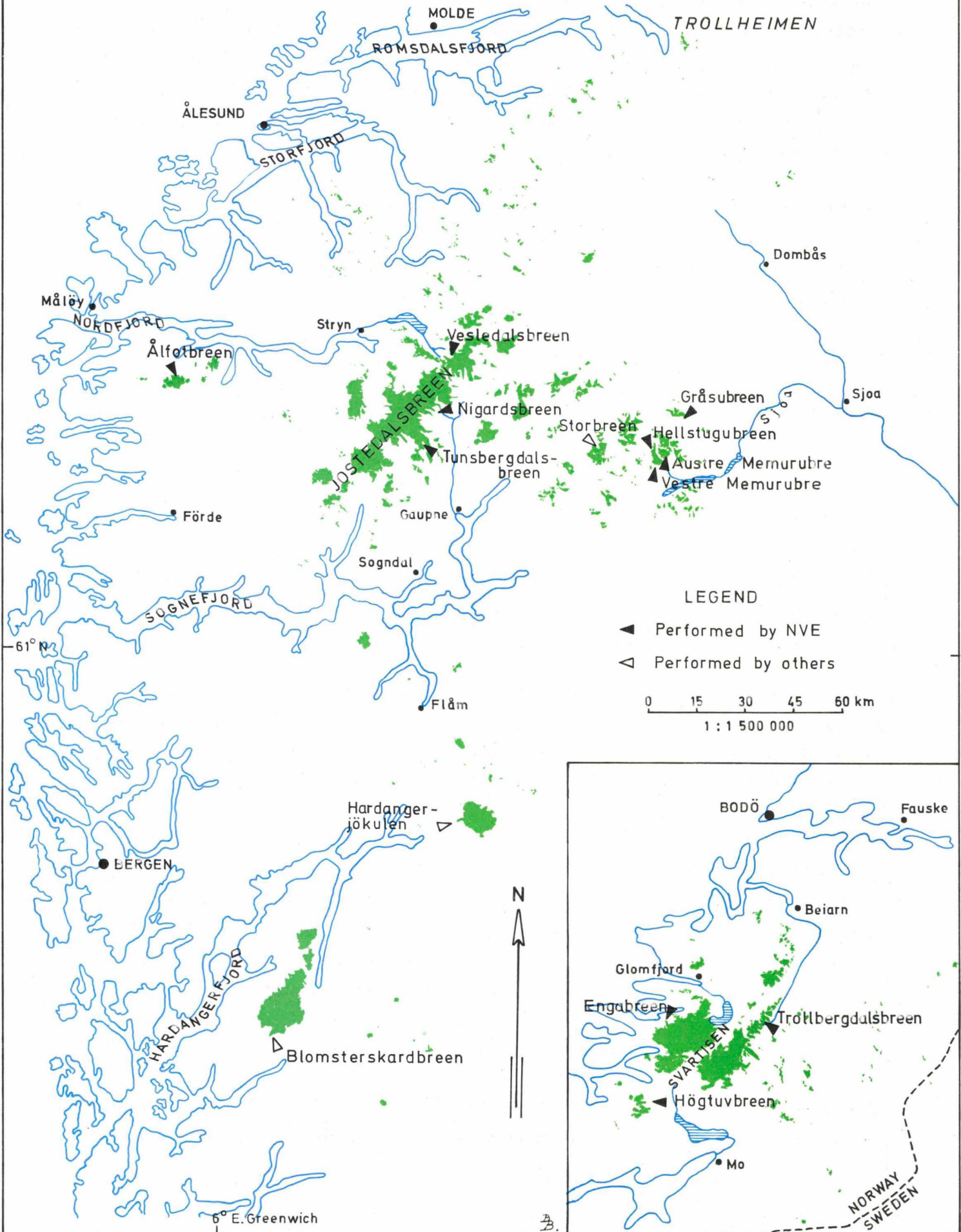
På Ålfotbreen foretas undersøkelsene på en nordvendt brearm. Denne drenerer til Store Åskåra som nå er ferdig utbygd av Sogn og Fjordane fylke. Undersøkelsene her er pålagt utbyggeren ved konsesjon, og utgiftene deles like mellom Elektrisitetsforsyningen i Sogn og Fjordane fylke og Hydrologisk avdeling. Målingene har pågått siden høsten 1962. Foruten materialbalansemålinger er det foretatt endel spesielle meteorologiske målinger.

På Jostedalsbreen er det i 1972 foretatt materialbalansemålinger på 3 forskjellige brearmer, Vesledalsbreen, Tunsbergdalsbreen og Nigardsbreen. På Nigardsbreen og Vesledalsbreen er det dessuten foretatt meteorologiske observasjoner, og avløpet i breelvene er registrert. Arbeidet begynte på Nigardsbreen i 1962. I 1966 ble målinger igangsatt på Tunsbergdalsbreen, og i 1967 på Vesledalsbreen. Undersøkelsene bekostes av Statskraftverkene.

På Hardangerjøkulen er materialbalansen målt på Rembesdalsskåki som drenerer til Simadalen og inngår i Eidfjord-anleggenes interesseområde. Undersøkelsene, som ble igangsatt i 1963, er fra og med 1971 finansiert av Norsk Polarinstitut.

I Jotunheimen er materialbalansen målt på Hellstugubreen, Vestre og Austre Memurubre og Gråsubreen. På Austre Memurubre er det også foretatt meteorologiske observasjoner og avløpet fra breen er registrert. Målingene på Hellstugubreen og Gråsubreen har pågått siden 1962, på Austre Memurubre siden 1967 og på Vestre Memurubre siden 1968. Arbeidet bekostes delvis av Statskraftverkene og delvis av Hydrologisk avdeling. Arbeidene på Jostedalsbreen og i Jotunheimen inngår i forundersøkelsene for generalplanen for utbygging av "Jotunheimen Vest". Disse undersøkelsene er nå i det vesentlige fullført og det glasiologiske måleprogrammet på Vesledalsbreen, Austre og Vestre Memurubre samt Tunsbergdalsbreen ble avsluttet høsten 1972. Måleprogrammet på Nigardsbreen og Hellstugubreen vil derimot fortsette.

Fig. 1 MASS BALANCE STUDIES OF NORWEGIAN GLACIERS 1972



I 1970 ble det satt igang målinger av Engabreen og Trollbergdalsbreen i Svartisområdet, Nordland fylke. Disse ble supplert med undersøkelser av en utløper fra Högtuvbreen i 1971. Undersøkelsene er en del av Svartisundersøkelsene hvis glasiologiske del er underlagt Brekontoret fra høsten 1972. Resultater fra Högtuvbreen er ikke tidligere publisert da en har manglet skikkelig kart over breen. Et brukbart kart er nå konstruert og vedlegges rapporten. Resultater fra målingene på Högtuvbreen i 1971 og 1972 er derfor tatt inn i årets rapport.

For sammenlikningens skyld er det i denne rapport også tatt med resultater av massebalansemålinger på Storbreen i Jotunheimen og Blomsterskardbreen. Storbreen måles av Norsk Polarinstittutt og måleserien går helt tilbake til 1948 (Liestøl, 1967). Blomsterskardbreen på den sørligste delen av Folgefonni, måles etter en noe enklere metode enn de andre undersøkte breene og bare nettobalanseresultater kan presenteres fra denne breen.

Tilsammen er det i 1972 foretatt massebalansemålinger på 14 breer i Norge.

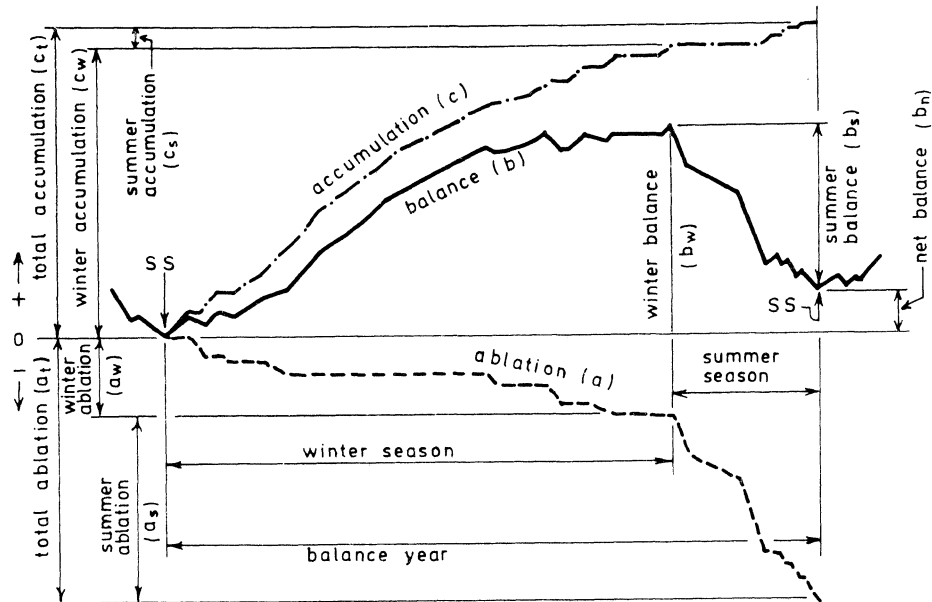
### Metodikk

Metodikken som brukes ved massebalansemålinger av norske breer er utførlig beskrevet i tidligere års rapporter fra Hydrologisk avdeling, se f. eks. Pytte, 1969 og 1970. Arbeidsprosedyrer og måleteknikken som anvendes, bygger i hovedtrekkene på en arbeidsmanual utarbeidet av G. Östrem og A. Stanley. Interesserte henvises til denne (Östrem & Stanley, 1969).

Målingene er i 1972 fortsatt etter tidligere års prinsipper som en har funnet hensiktsmessig ved praktisk bruk. Terminologien bygger på de retningslinjer som er utarbeidet av "Commision on Snow and Ice of the International Association of Scientific Hydrology" og offentliggjort av Unesco i 1969. Betydningen av de forskjellige termer og symboler er illustrert på fig. 2.

Vinterbalansen måles normalt i månedene april og mai ved sondering av snødyppet i flere punkter utover breflaten. Sonderingene refererer seg alltid til forrige års sommeroverflate som kan bestå av breis eller firn, alt etter hvor på breen en befinner seg. I det første tilfellet er det normalt ingen vanskelighet å kjenne sommeroverflaten med sonden, mens det kan være vanskelig og ofte umulig å lokalisere forrige års snøoverflate dersom denne er dårlig utviklet. I slike tilfeller er en avhengig av målinger på staker nedboret i breen.

Ved å ta opp snøprøver med et kjernebor er det også mulig å lokalisere siste sommers snøoverflate dersom denne framstår som en distinkt horisont. Dette



SS=time of formation of a summer surface

Fig. 2 Balansen i et punkt er vist som funksjon av tiden, og den terminologi som benyttes i det stratigrafiske system er angitt.

The balance as measured at a point is illustrated in relation to time. The terms used in the stratigraphic system are indicated in the diagram.

er en meget arbeidskrevende prosess, hvis den må benyttes i mange punkter.

Snøens tetthet måles bare i noen få punkter på breen, og fortrinnsvis i forskjellige høydenivåer. Den vanligste metoden er å grave seg ned til sommeroverflaten og måle volum og vekt av snødekket med en stålsylinder som slås vertikalt ned i snøen. Er snødypet over 4-5 m blir denne arbeidsmåten vanskelig å praktisere og en er nødt til å ta opp snøprøver med et kjernebor for å kunne foreta tetthetsbestemmelse.

Snøens vannverdi kan deretter bestemmes i en rekke punkter utover breoverflaten. Alle punktene plottes over på et kart og breens totale vinterbalanse ( $b_w$ ) kan bestemmes ved å planimetrere dette kartet.

Som oftest vil det akkumulere endel snø på breen også etterat hovedmålingene er foretatt. Denne tilleggsakkumulasjonen kan enkelte ganger måles direkte ved målestakene, men vanligvis må den beregnes ut fra nedbør og temperaturobservasjoner på meteorologiske stasjoner nær breen. I årets resultater er vinterbalansen angitt som balansen målt ved hovedmålingene dersom ikke annet er nevnt i teksten.

Sommerbalansen måles i utvalgte punkter på breen ved at de horisontale forandringer ved stakene registreres gjennom sommeren. Dette gjøres ved å ta



parallele målinger av stakenes lengde over breoverflaten og tettheten i den gjenværende snö og firn. Siste måling foretas normalt etterat neste balanseårs akkumulasjon har startet. Sommerbalansen målt ved stakene, overføres til et kart over det aktuelle breområdet og isolinjer gjennom punkter med lik sommerbalanse kan trekkes. Kartet kan så planimeterbehandles og de søkte verdier  $B_s$  og  $b_s$  beregnes. Sommerbalansen fordeler seg normalt mer regelmessig over breflaten enn vinterbalansen ved at den nesten alltid vil synke med stigende høyde. Særlig utpreget er dette på de maritime breene hvor konveksjon fra varm luft yter et vesentlig bidrag til smelteprosessen. En nøyaktig måling av sommerbalansen kan derfor basere seg på langt færre punktmålinger enn vinterbalansen.

Nettobalansen beregnes som den algebraiske sum av vinterbalansen og sommerbalansen ( $b_n = b_w + b_s$ ) og er positiv i det tilfellet at breen har öket sin masse i löpet av balanseåret, negativ dersom breens masse er blitt mindre. Gjennom de punkter på breen hvor nettobalansen er null kan trekkes en såkalt likevektslinje.

Bearbeiding av målingene. Meget av utregningsarbeidet er tidkrevende når det skal gjøres for hånd. En prøver derfor å la den maskinelle bearbeiding overta planimetreringsarbeidet i størst mulig grad. Et dataprogram utarbeidet av sivilingeniör P. Solberg er tilpasset NVE's dataanlegg. Dette programmet vil planimetrere kartene over vinter- og sommerbalansen etterat disse er ferdig tegnet og beregne de tilhörende verdier. Se nærmere beskrivelse av programmet og dets anvendelse i den glasiologiske rapporten for 1971.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner og beregninger

Disse er stort sett foretatt etter samme mönster som forrige år, men antallet bemannede stasjoner var noe mindre sommeren 1972 enn tidligere år. Det innebar at målingene av strålingsbalansen som i 1970 og 1971 ble utfört på Ålfotbreen og Austre Memurubreen, i 1972 er foretatt på Ålfotbreen og Nigardsbreen. Målingene er ment å skulle danne basis for en beregning av de forskjellige meteorologiske faktorerers innflytelse på smelteprosessen, både som et gjennomsnitt for hele sommeren og i kortere perioder med forskjellige værforhold. Beregninger og presentasjon av materialet er utfört av cand. real. S. Messel og finnes på s. 75 i denne rapport.

Ellers er registreringer av skydekket, vindretning og styrke, lufttemperaturen og nedbör foretatt etter omtrent det samme mönster som tidligere år (se Pytte, 1970). I motsetning til de to siste sommerene var smeltesesongen 1972 relativt

varm både i Sør-Norge og i Svartisområdet. Nedbøren kom vesentlig som regn på breene slik at målinger av nedbørsfordelingen kunne utføres med gunstig resultat på flere breer enn vanlig.

Avløpet fra de breer hvor en har faste observatører blir registrert med limniografer eller vannstandsobservasjoner. Døgnavløpet er beregnet og satt inn i observasjonsdiagrammene sammen med de tilhørende meteorologiske observasjoner. Alle observasjonsdiagrammer er også i år tegnet maskinelt med kurveplotteren på NVE's dataanlegg. Programmet som utfører plottingen er utarbeidet av statshydrolog J. Andersen og metoden er arbeidssparende selv om endel ettertegning alltid vil være nødvendig for publikasjonsøyemed.

### Ålfotbreen

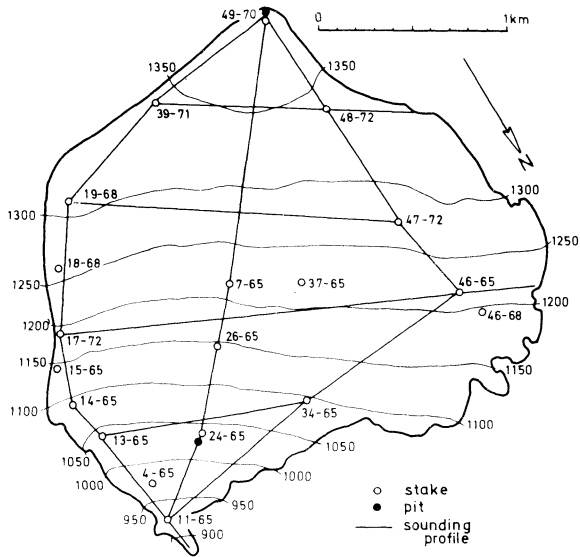
#### Materialhusholdningen

Vinterbalansen. Akkumulasjonsesongen startet rundt månedskiftet september/oktober. Alle høstmånedene hadde nedbørmengder langt over det normale mens årskiftet markerte overgangen til en lang, nedbørsfattig periode. Ved nedbørsstasjonen Davik II kom således 85% av registrert nedbør i akkumulasjonsesongen, før årskiftet. Breen ble besøkt 24. november og 5. januar. Fra januar til neste besøk i midten av april øket snømengden med rundt 2 meter og av 13 synlige staker i januar var bare 4 intakt i april, alle nedbøyet av vind og rim. Vinterbalansemålingene ble utført mellom 14. og 17. april. Ialt ble det tatt 156 sonderinger og snøens tetthet ble målt i 2 punkter, se fig. 3. I tetthetsprofilen kunne en tydelig skille ut snø som var kommet før årskiftet, hvor stadige mildvær hadde dannet flere is- og skarelag, i motsetning til tørr og lettere snø som falt etter årskiftet. Snødypet varierte mellom 5 og 9 meter og fordelingsmønsteret likner tidligere år, men det var en mer markert økning mot breens øvre deler enn vanlig. Dette kan skyldes at en stor del av nedbøren tidlig på høsten falt som regn på breens nedre partier.

Vinterbalansen utgjorde totalt  $18,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , spesifikt fordelt 3,81 meter vann eller  $120 \text{ l/s km}^2$  regnet om til årsavrenning.

Sommerbalansen. Ved første stakemåling 31. mai var ablasjonen kommet igang over hele breflaten. Videre utover sommeren ble breen besøkt hver 3. uke. Ablasjonshastigheten var størst i siste halvdel av juni og ut juli måned. Resten av ablasjonsesongen som varte til rundt 10. oktober, var derimot preget av kaldere vær og mindre smelting. Siste stakeavlesing ble foretatt 28. november og det hadde på dette tidspunkt allerede kommet fra 3 til 4 meter nysnø.

Part of ÅLFOTBREEN 1972  
Position of stakes, pits and sounding profiles



Part of ÅLFOTBREEN 1972  
Winter balance in cm of water equivalent

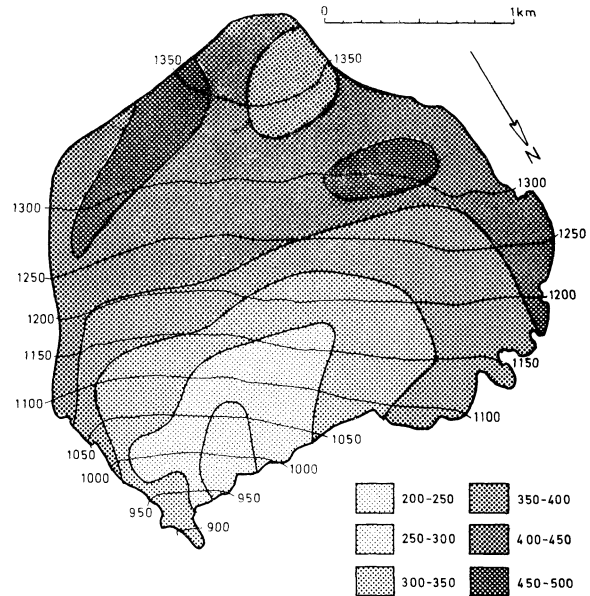


Fig. 3 Beliggenheten av staker sjakter og sonderinger på Ålfotbreen 1972.

The location of stakes, pits and soundings on Ålfotbreen 1972.

Fig. 4 Kart over vinterbalansen 1972.

Map showing the winter balance 1972.



Fig. 5 Ålfotbreen sett fra limnigrafen i Breelva.

Ålfotbreen seen from the limnigraph position. July 1972.

I slutten av august ble det satt ut 8 nye stålstaker på breens øvre partier. Stakene har ytre diameter 57 mm og en godstykkelse på 3 mm mens de ellers anvendte aluminiumstaker har tilsvarende dimensjoner 32 mm og 2 mm. En håper at stålstakene vil klare vinteren bedre enn aluminiumstakene normalt gjør.

Sommerbalansen belöp seg til  $17,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller 3,70 m spesifikt fordelt ( $117 \text{ l/s km}^2$ ).

Nettobalansen. Ålfotbreens budsjett viste for 1972 et lite overskudd på  $0,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann, jevnt fordelt 0,11 meter ( $3 \text{ l/s km}^2$ ) hvilket igjen vil si at breen var meget nær en likevektstilstand dette året. Likevektslinjen lå 1195 m o. h. , et tall som er neste identisk med den verdi en tidligere har beregnet som høyden av Ålfotbreens likevektslinje i et balansert år (steady-state equilibrium line).

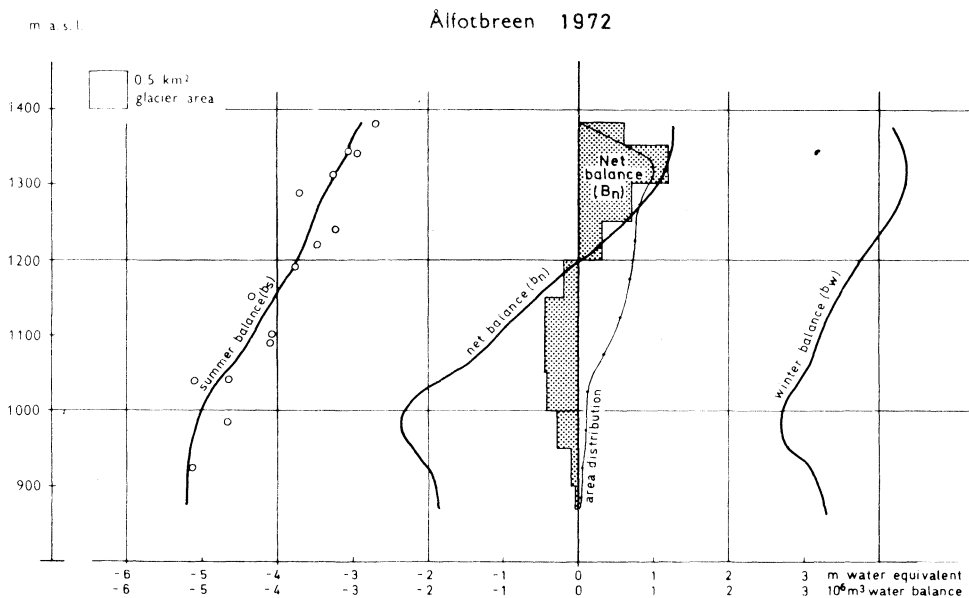


Fig. 6 Variasjonene med høyden over havet av vinter-, sommer- og nettobalanse, samt breens arealfordeling og arealverdier av nettobalansen i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to elevation. Glacier area and areal values of net balance for every 50 m height interval are illustrated.

### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

2 observatører hvis primære oppgave var å foreta vassføringsmålinger ved en del nyopprettete limnigrafer, satte igang meteorologiske observasjoner 1. juni og utførte disse rutinemessig fram til 1. august. Fra denne dato til 28. august gikk termografen og pluviografen ved observasjonshytta uten tilsyn, men med en

## ÅLFOTBREEN 1972

Høyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B <sub>w</sub>	b <sub>w</sub>		B <sub>s</sub>	b <sub>s</sub>		B <sub>n</sub>	b <sub>n</sub>	
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>
1350-1379	0,245	1,015	4,14	131	0,704	2,88	91	0,311	1,26	40
1300-1350	1,015	4,381	4,32	136	3,192	3,12	99	1,189	1,17	38
1250-1300	0,811	3,471	4,28	135	2,777	3,42	108	0,694	0,86	27
1200-1250	0,765	3,014	3,94	124	2,713	3,55	112	0,301	0,39	12
1150-1200	0,649	2,314	3,57	113	2,504	3,86	122	-0,190	-0,29	-9
1100-1150	0,553	1,837	3,32	105	2,296	4,16	131	-0,459	-0,84	-27
1050-1100	0,356	1,117	3,14	99	1,579	4,44	140	-0,462	-1,30	-41
1000-1050	0,216	0,610	2,82	89	1,048	4,86	153	-0,438	-2,04	-65
950-1000	0,125	0,337	2,70	85	0,627	5,01	158	-0,290	-2,31	-73
900- 950	0,047	0,148	3,15	99	0,241	5,13	162	-0,093	-1,98	-63
850- 900	0,004	0,013	3,25	103	0,021	5,13	162	-0,008	-1,88	-59
850-1379	4,786	18,257	3,81	120	17,702	3,70	117	0,555	0,11	3

måneds omløpstid. Instrumentene fungerte tilfredsstillende hele sommeren med unntak for hygrografen som ga registreringer det er grunn til å betvile påliteligheten av. Fuktighetsdata er derfor ikke tatt med i fig. 7 som ellers presenterer visuelt alle døgnverdier av sommerens observasjoner.

For perioden 1. juni-1. august har en også tilstrekkelig med observasjoner til at breens varmebalanse kan beregnes, slik det tidligere er gjort for 1970 og 1971. Sigmund Messel behandler disse beregningene under et eget kapitell i denne rapporten, se s. 75 .

Sky- og vindforhold. I juni og juli var gjennomsnittlig skydekke h. h. v. 7,9 og 6,1. Helt klart var det 3 dager, alle i juli. Halvskyet eller klarere forekom 17 dager mens 19 dager ble notert som helt overskyet eller med tåke. Midlere skydekke for hele perioden ble 7,0.

Vindstyrken var 6,1 m/s i juni og 6,5 m/s i juli mens høyeste registrerte døgnmiddel, 12,2 m/s, ble målt 17. juni. Laveste verdi, 1,1 m/s forekom 7. juni.

Temperaturforhold. Juni hadde middeltemperatur 6,1°C, juli 8,7°C og 1.-28. august, 7,1°C. Middelerdien for hele observasjonsperioden ble 7,3°C ved målestedet 905 m o. h. . Dette er 1,5°C høyere enn tilsvarende verdi foregående sommer. Varmeste dag ble 1. juli (14,1°C) og laveste verdi ble målt 19. juni med 2,7°C. Temperaturgradienten mellom Ålfotbreen og Førde i Sunnfjord ble 0,70°C/100 m i juni, 0,76°C/100 m i juli og 0,60°C/100 m i august, gjennomsnittlig 0,69°C/100m.



## ÄLFOTBREEN 1972

ELEVATION: 910 m

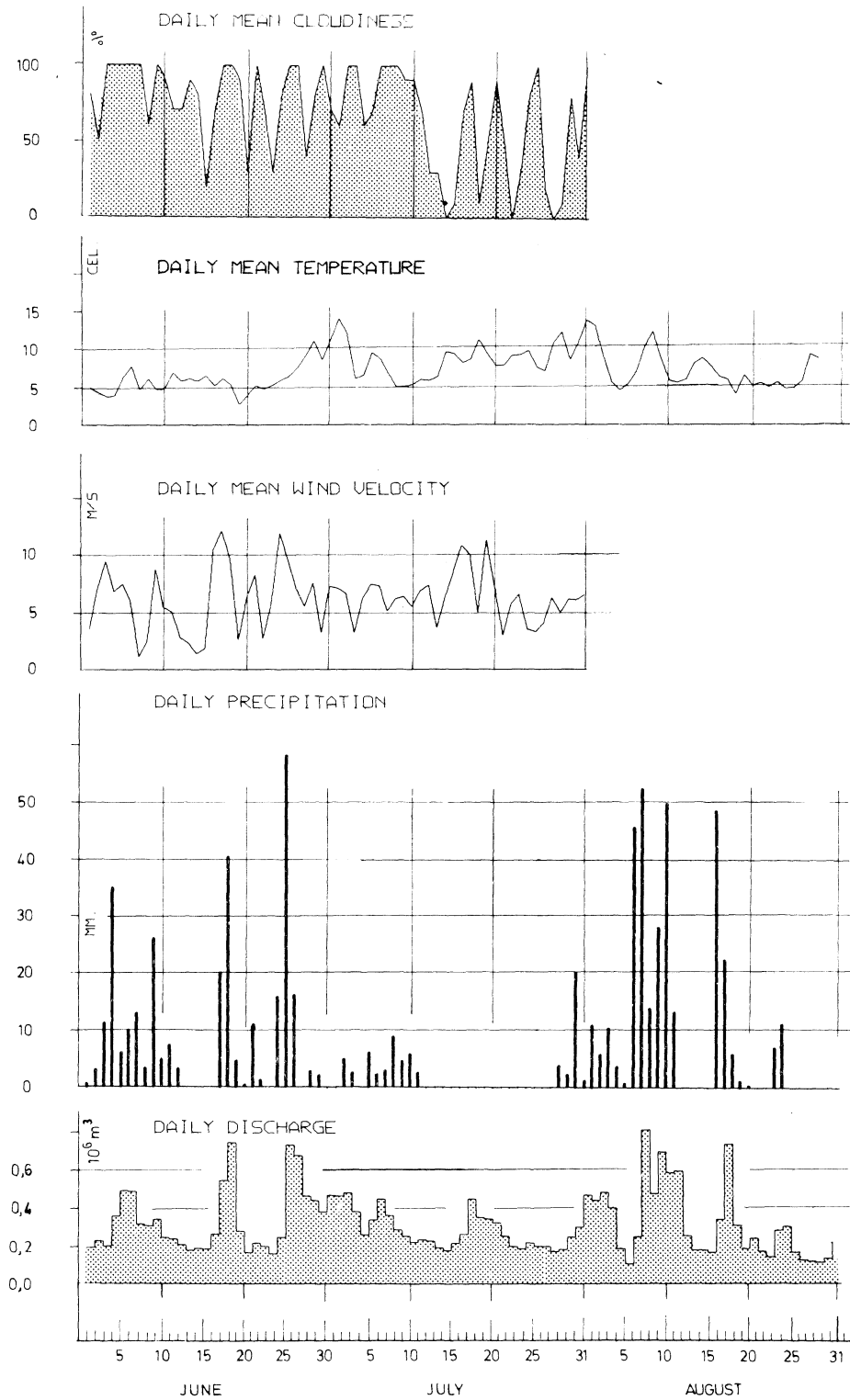


Fig. 7 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene ved observasjonshytta.

The results of the daily meteorological and hydrological observations at Älfotbreen.

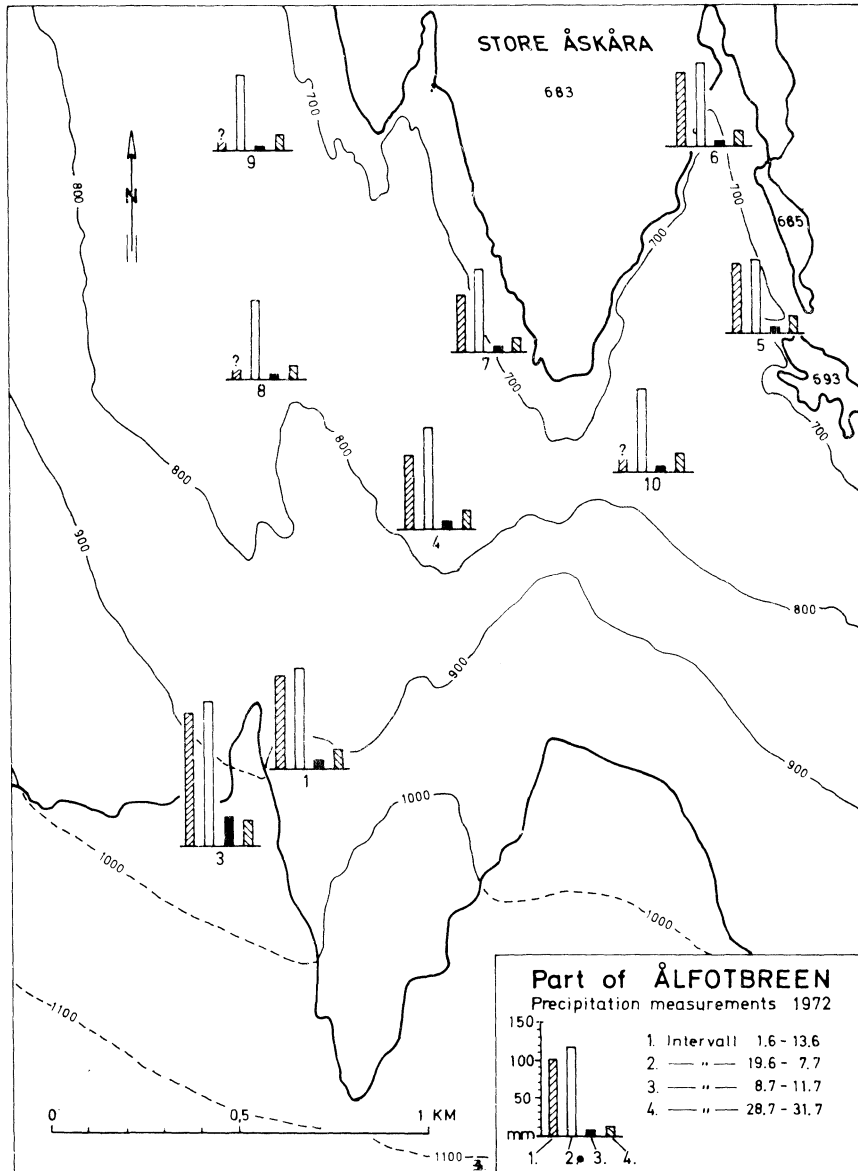


Fig. 8 Beliggenheten av nedbørsmålere i Ålfotbreenområdet sommeren 1972 samt registrerte nedbørshøyder i 4 perioder.

The location of precipitation gauges in the Ålfotbreen area 1972, and the observed precipitation during 4 periods.

Nedbørsforhold. I motsetning til tidligere år ble det sommeren 1972 utført en undersøkelse av nedbørsforholdene i fjellområdet mellom breen og Store Åskårvatn i tillegg til daglige avlesinger ved hytta (målepkt. 1) og ved st. 11 nederst på breen (målepkt. 3). Fig. 8 viser plasseringen av nedbørsmålerne som alle var av typen Pluvius, med unntak for målepkt. 5 hvor det var plassert både en Pluvius og en pluviograf.

4 nedbørsperioder i tiden fra 1. juni til 31. juni kan skilles ut og den målte nedbørsmengde i hver periode ved målepunktene er framstilt i fig. 8. Noen av målerne ble satt ut for seint til at en fullstendig dekning av 1. periode var mulig. Resultatene viser forholdsvis jevnt avtagende nedbør fra brefronten ned til Store Åskåravatn. I vatnets nivå, 700 m o. h., målte en gjennomsnittlig ca. 75% av de nedbørshøyder som ble oppfanget ved observasjonshytta, 905 m o. h. Prosentandelen varierer noe fra periode til periode og fra måler til måler, men variasjonene er mindre enn det en tidligere år har registrert ved målere på selve breen. En årsak til dette kan muligens finnes i de generelt lavere vindstyrker nedenfor breen. Den store forskjellen mellom måler nr. 3 og observasjonshytta som begge ligger i samme høydenivå, kan ihvertfall delvis forklares som et produkt av markert lavere vindstyrker ved ptk. 3 enn ved observasjonshytta.

Det er i år ikke mulig å sammenlikne nedbøren i hele brefeltet med de faste meteorologiske stasjonene Svelgen, Davik og Ålfoten. Sammenlikner en den samlede nedbørshøyde ved brehytta med nedbøren målt i samme tidsrom på de faste stasjonene, finner en at Svelgen fikk 80% av nedbøren målt ved brehytta, Davik 38% og Ålfoten 44%. Også disse prosenttallene varierer betydelig fra periode til periode.

Avrenning. Limnigrafen i Breelva (V. M. 1775) fungerte bra under hele observasjonsperioden. Total avrenning fra 1. juni til 1. september ble  $28,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  med høyeste døgnverdi lik  $0,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  og laveste  $0,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Døgnverdiene er også tatt med i observasjonsdiagrammet i fig. 7.

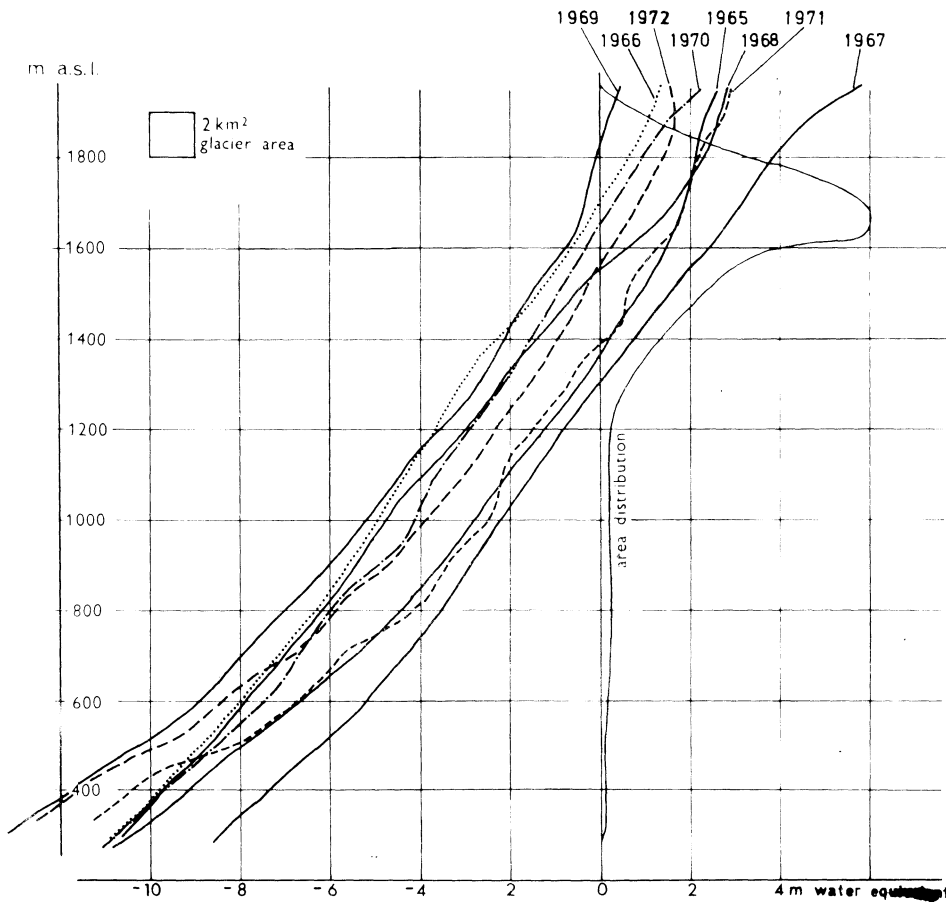
### Blomsterskardbreen

#### Materialhusholdningen

Denne breen som omfatter  $45,7 \text{ km}^2$  på sørsiden av Folgefonni, er beskrevet i forrige års rapport. Massebalansemålingene som i 1970 og 1971 ble utført som et ledd i en hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo (Tvede 1972), er fortsatt etter et forenklet måleprogram i 1972. Målingene som nå bekostes av Norsk Polarinstittutt, utføres ved at et visst antall staker plassert i området rundt firnlinjen, avleses ved budsjettårets slutt. En får derved målt nettobalansen i disse punktene. Ved å forskyve nettobalansekurven til den posisjon hvor målepunktene faller best inn på kurven kan en beregne nettobalansen for hele breen. Metodikken bygger på den forutsetning at nettobalansekurven for en bre har samme form hvert år, men at beliggenheten i diagrammet forskyves fra år til år, avhengig av vinter- og sommer balansens størrelse. Meier and Tangborn (1965)

## NIGARDSBREEN 1965-72

## Net balance curves



## HELLSTUGUBREEN 1964-72

## Net balance curves

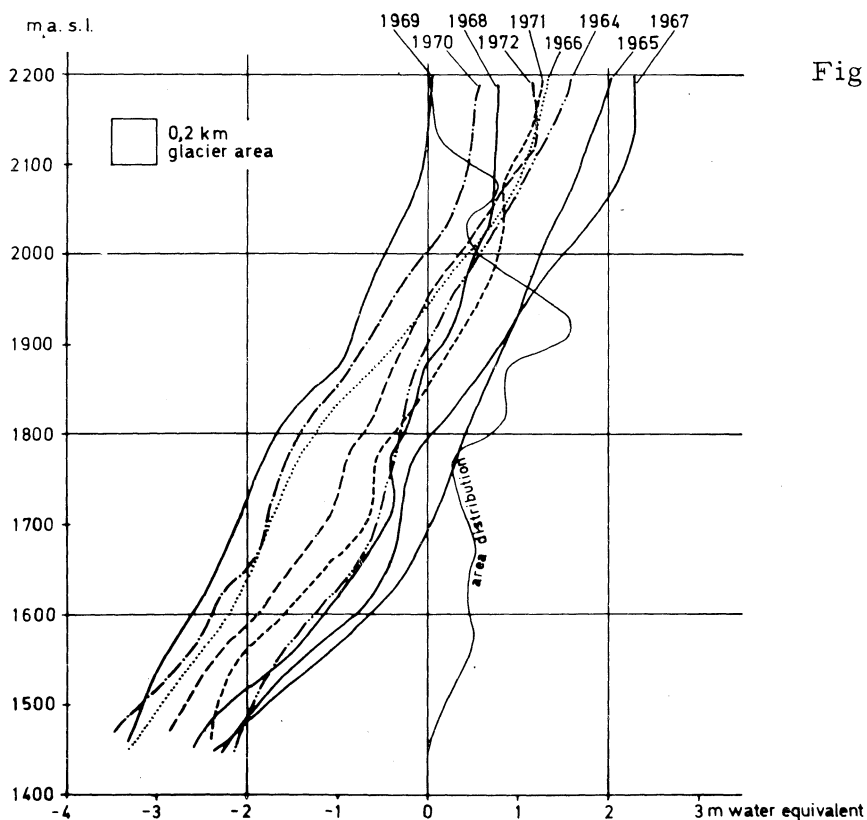


Fig. 9 Alle nettobalansekurver fra Hellstugubreen og Nigardsbreen for årene 1965-72 er plottet i en figur for hver bre. Hensikten er å illustrere den parallelle form kurvene har fra år til år.

Net balance curves representing all the years 1965-72 are presented in one diagram for Hellstugubreen and Nigardsbreen, respectively. Note the parallelism from one year to another.

har vist hvordan dette var tilfelle for South Cascade glacier.

I fig. 9 er plottet sammen nettobalansekurver for Nigardsbreen og Hellstugubreen fra 8 balanseår. En ser at også for disse breene ligger kurvene parallelt. Mindre avvik forekommer, men dette kan ihvertfall lokalt, skyldes forskjellige måleprofiler fra år til år. På Nigardsbreen foregår målingene vanligvis i høydenivået fra 300 til 800 meter og fra 1500 til 1950 meter. I området mellom disse høydenivåene er alle balansekurver normalt beregnet ved interpolasjon. Enkelte år kan det likevel oppstå reelle avvik når vinterseasonen begynner relativt tidligere på breens øvre deler enn i lavere nivåer. Nettobalansekurven vil da kunne få en unormal knekk i den overgangssonen hvor höstnedbøren vekslet mellom snö eller regn. Dette var tilfelle på Nigardsbreen for balanseåret 1967/68 i høydenivået omkring 1500 meter. Slike feilkilder vil en derimot ha gode muligheter for å korrigere ved bruk av meteorologiske observasjoner. En kan fölgelig konkludere med at nettobalansen til en bre kan måles med tilfredsstillende nöyaktighet ved kun å bestemme enkelte punkter på nettobalansekurven. Forutsetningen er da at nettobalansens form er bestemt ved fullstendige målinger tidligere år.

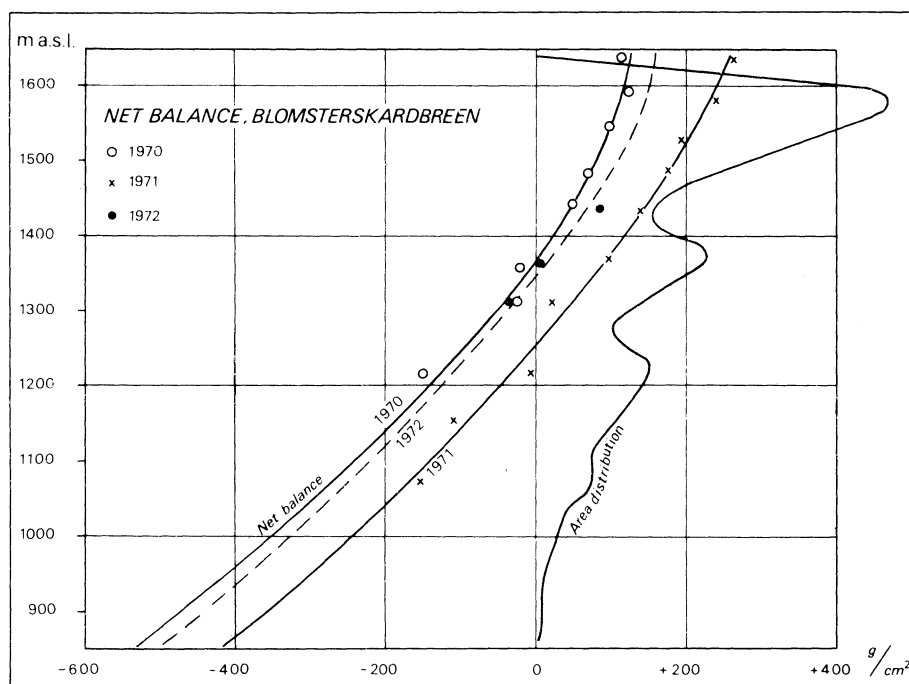


Fig. 10 Nettobalansekurver fra 1970, 1971 og 1972 målt på Blomsterskardbreen.

Next balance curves for the three years 1970, 1971 and 1972 of Blomsterskardbreen.



Målingene på Blomsterskardbreen ble utført 12. september. 3 staker utsatt i 1970 ble målt og høyden av den temporære snögrensen bestemt. Tettheten av årets snø ble målt ved sjaktgraving. Resultatet viser at overskudd i budsjettet lik  $4,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  hvilket spesifikt fordelt ville utgjøre 0,32 m vann. At Blomsterskardbreen virkelig hadde et overskudd viser også høyden av likevektslinjen som i 1972 ble liggende 1340 m o.h. I et år med likevekt er den beregnet til å ligge 1370 m o.h. Fig. 10 viser årets nettobalansekurve sammenstilt med resultatene fra 1970 og 1971.

### Vesledalsbreen

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Etter minimumsmålinger 21. september, ble breen igjen besøkt 31. desember. Bare st. 20 var da synlig. Hovedmålingene ble utført 20.-21. april under gode arbeidsforhold. 150 sonderinger ble utført med total profil-lengde 13,1 km. Snömengdene varierte mellom 3 og 6 meter og fordelingsmønsteret kan leses ut fra fig. 12.

Vinterbalansen er beregnet til  $8,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som spesifikt fordelt utgjør 1,92 m vann ( $61 \text{ l/s km}^2$ ).

Sommerbalanse. Stakene ble avlest og om nødvendig omboret hver 3. uke ut over sommeren. Alle fjorårets staker smeltet etterhvert fram. Siste avlesning ble utført 9. oktober. Det var da fremdeles ablasjon over hele breen, men opp til 30 cm nysnø dekket sommeroverflaten. Ut fra meteorologiske observasjoner på Opstryn kan en se at vintersesongen må ha startet noen få dager etter 9. oktober som følgelig kan markere sommersesongens sluttdato.

Sommerbalansen utgjorde  $9,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann, spesifikt fordelt 2,27 m eller  $72 \text{ l/s km}^2$ .

Nettobalanse. Vesledalsbreen kom for balanseåret 1971/72 ut med et underskudd på  $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann som følgelig tilkom vassdraget nedenfor som ekstra avrenning. Denne vannmengden utgjør et 0,35 m tykt lag og tilsvarer  $11 \text{ l/s km}^2$ . Likevektslinjen ble liggende 1475 m o.h. Se ellers tabellen s. 20 og fig. 14 som presenterer flere detaljer i balanseregnskapet.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

I sommersesongen 1972 var bare nedre hytte på Vesledalsbreen fast bemannet og observasjons sesongen strakte seg fra 7. juni til 1. september. Temperatur

## VESLEDALSBREEN 1972

Position of stakes, pits and sounding profiles

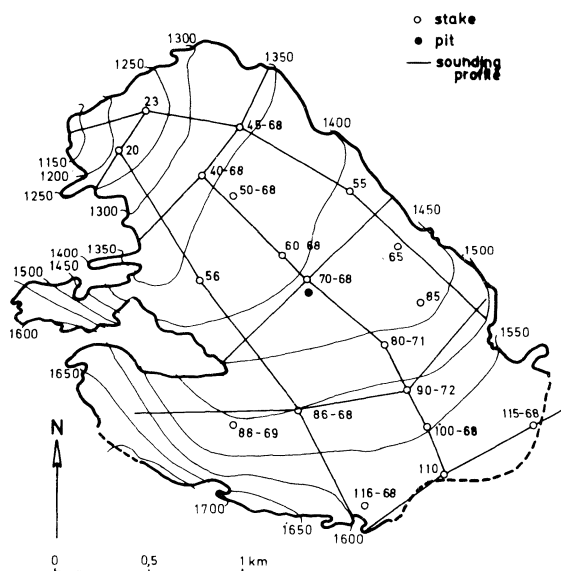


Fig. 11 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

## VESLEDALSBREEN 1972

Winter balance in cm of water equivalent

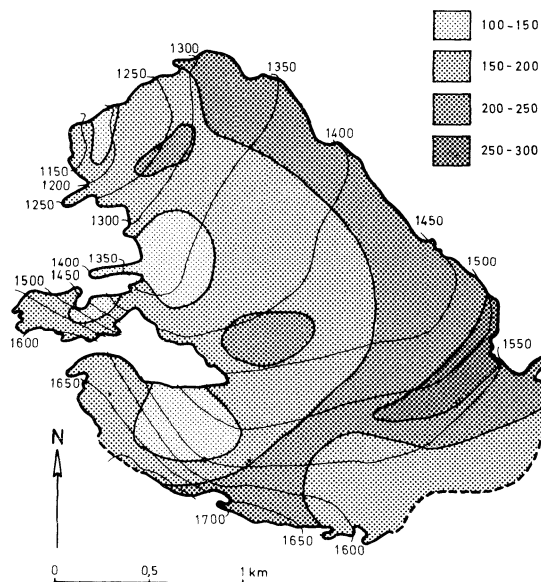


Fig. 12 Kart som viser vinterbalansen 1972.

Map showing the winter balance 1972.



Fig. 13 Vesledalsbreen sett fra Strynekåpa 2. august 1972. Den temporære snøgrensa gjenspeiler snøfordelingsmønsteret vist på figuren ovenfor.

Vesledalsbreen from the mountain Strynekåpa. The temporary snow-line reflects the winter balance distribution seen on Fig. 12.

og vindobservasjonene kom igang noe seinere. Resultatene er presentert i fig. 15.

Sky- og vindforhold. Det var relativt mye pent vær sommeren 1972 og 12 dager var helt skyfrie. 31 dager var det halvskyet eller klarere mens 21 dager er notert som helt overskyet. Midlere skydekke for 84 observasjonsdøgn ble 6,2.

## VESLEDALSBREEN 1972

Höyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w^6$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_w$ l/s km <sup>2</sup>	$B_s^6$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_s$ l/s km <sup>2</sup>	$B_n^6$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_n$ l/s km <sup>2</sup>
1700-1730	0.018	0.036	2.00	63	0.025	1.38	44	0.011	0.62	20
1650-1700	0.132	0.270	2.05	65	0.182	1.38	44	0.088	0.67	21
1600-1650	0.160	0.296	1.85	58	0.264	1.65	52	0.032	0.20	6
1550-1600	0.605	1.104	1.82	57	1.004	1.66	52	0.100	0.16	5
1500-1550	0.585	1.245	2.13	67	1.011	1.73	55	0.234	0.40	13
1450-1500	0.486	0.965	1.99	63	0.984	2.03	64	-0.019	-0.04	-1
1400-1450	0.742	1.490	2.01	64	1.722	2.32	73	-0.232	-0.31	-10
1350-1400	0.703	1.279	1.82	57	1.836	2.61	82	-0.557	-0.79	-25
1300-1350	0.406	0.729	1.80	57	1.195	2.94	94	-0.466	-1.14	-36
1250-1300	0.123	0.228	1.85	58	0.382	3.10	98	-0.154	-1.25	-39
1200-1250	0.150	0.261	1.73	55	0.574	3.83	121	-0.313	-2.10	-66
1150-1200	0.054	0.082	1.52	48	0.232	4.30	136	-0.150	-2.78	-88
1250-1150	0.016	0.028	1.75	55	0.076	4.63	146	-0.048	-2.88	-91
1125-1730	4.180	8.013	1.92	61	9.487	2.27	72	-1.474	-0.35	-11

## VESLEDALSBREEN 1972

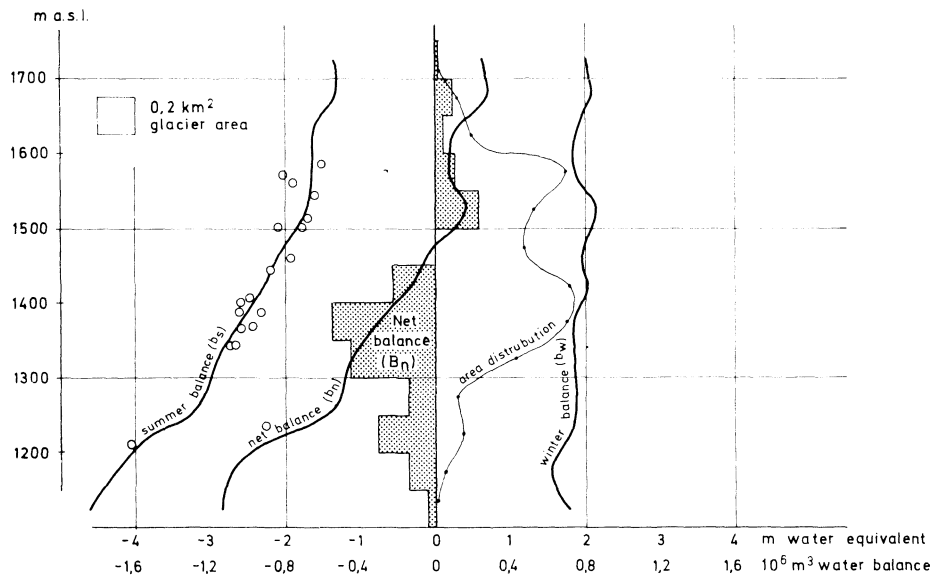


Fig. 14 Variasjonene med höyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

The relation to the elevation of winter, summer and net balances, the area distribution of the glacier and areal values of net balance in every 50 m height interval.

Vindstyrken ved nedre hytte kom aldri høyere enn 8,5 m/s som ble målt 6. august. Laveste døgnmiddelverdi var 1,4 m/s (12. august). Månedsmiddelverdien for juli og august ble h.h.v. 5,1 m/s og 4,2 m/s. En ser at godværsperiodene

## VESLEDALSBREEN 1972

ELEVATION: 1130 m

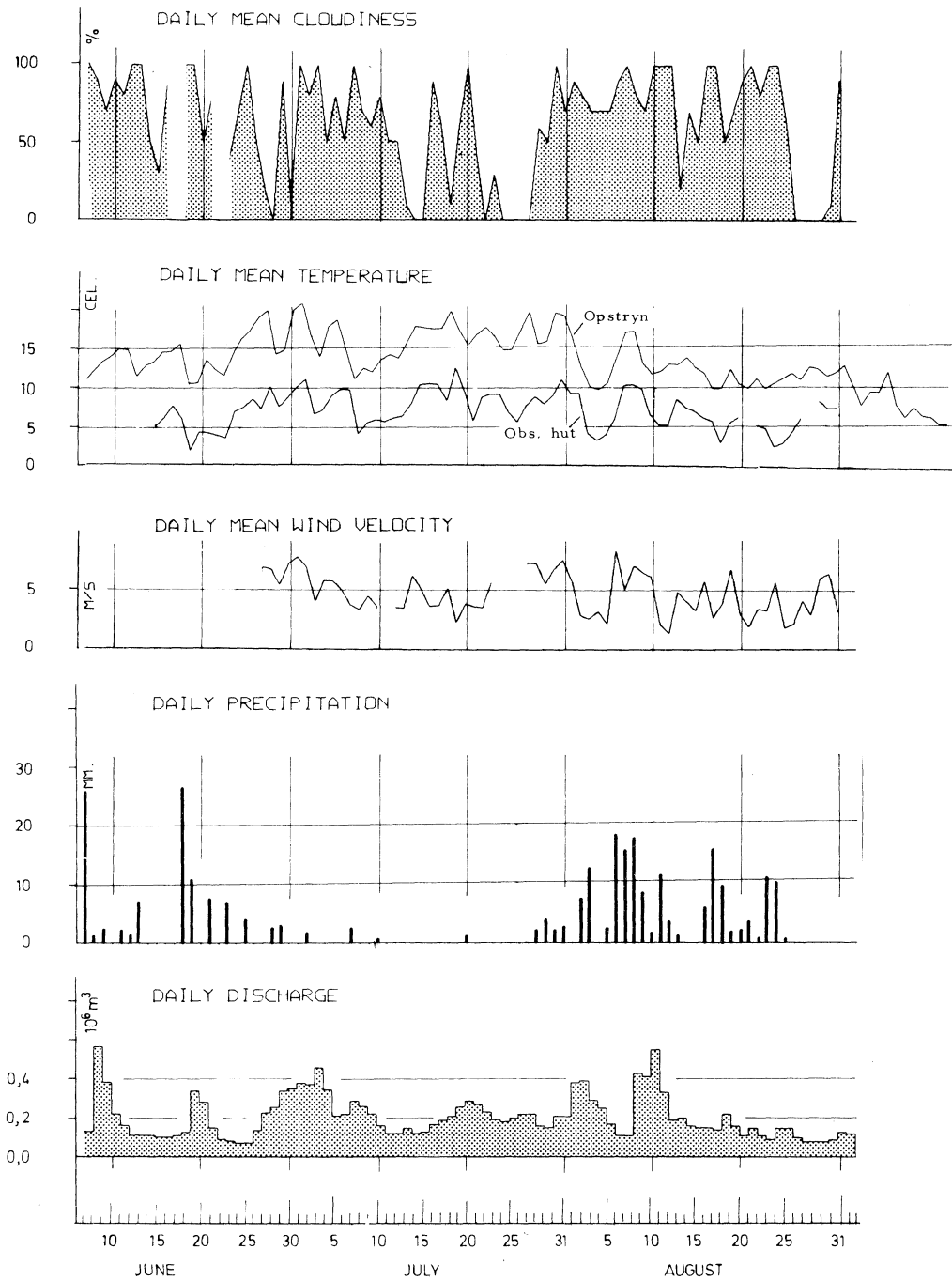


Fig. 15 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjoner fra nedre hytte samt beregnet døgnavløp ved limnigrafen ved utløpet av Vesledalsvatn.

The daily meteorological observations at the lower hut, and computed daily discharge at the outlet of Vesledalsvatn.

i juli forårsaket såpass mye brevind ved nedre hytte at månedsmiddelverdien da ble høyere enn i august som igjen var preget av dårligere værforhold. Ut fra tidligere års målinger må en regne med at det omvendte forholdet har hersket

på selve breplatået.

Temperaturforhold. Døgnlig middeltemperatur fra Opstryn og nedre hytte er plottet sammen i fig. 15. Middeltemperaturen på nedre hytte ble  $7,0^{\circ}\text{C}$  for hele perioden. Fra 15.-30. juni var den  $6,1^{\circ}\text{C}$ , i juli  $8,2^{\circ}\text{C}$  og i august  $6,3^{\circ}\text{C}$ . Høyeste døgnverdi var  $12,5^{\circ}\text{C}$  (19. juli) og laveste  $1,9^{\circ}\text{C}$  den 19. juni. Temperaturgradienten mellom Opstryn og nedre hytte kan beregnes og er sammenstilt med tilsvarende resultater fra tidligere år i tabellen nedenfor.

At gradienten synker utover sommeren, kan forklares ved at stasjonen Opstryn som ligger i en dyp dalbunn, får senket nattetemperaturen og dermed også døgnmiddeltemperaturen, etterhvert som antall soltimer avtar.

Nedbør. Det falt ialt 279 mm ved nedre hytta fra 7. juni til 1. september, av dette kom 162 mm i august. På Opstryn kom det i tilsvarende periode 96 mm hvilket gir et forholdstall mellom nedbøren ved breen og på Opstryn lik 2,9. Juli var meget nedbørsfattig og på Opstryn kom mesteparten av nedbøren denne n åneden iløpet av den 8. juli. Dessverre mangler en nedbørsobservasjoner på Vesledalsbreen denne dagen.

Avrenning. Totalavløpet fra Vesledalsvatn, V.M. 1656, ble  $18,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  for hele observasjonsperioden. Gjennomsnittlig døgnavløp var  $0,204 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  hvilket er 55% over tilsvarende verdi fra 1971 tiltross for 100 mm større sommernedbør sommeren 1971. Den store ablasjonen i 1972 ga følgende avløpsforhold hvor sommernedbøren synes å være av underordnet betydning for det totale avløp.

Temperaturgradienten i  $^{\circ}\text{C}$  pr. 100 m mellom Opstryn og Vesledalsbreen, nedre hytte

År	Juni	Juli	August	September	Observasjonsperiode
1967			0,70		
1968	0,74	0,80	0,71		12.6 - 1.9
1969	0,96	0,78	0,96		10.6 - 1.9
1970	0,97	0,76	0,78	0,85	9.6 - 10.9
1971	0,89	0,90	0,82		3.6 - 1.9
1972	0,89	0,88	0,67		15.6 - 1.9
Middel	0,89	0,82	0,77		

### Tunsbergdalsbreen

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Breen ble ikke besøkt iløpet av vinteren og samtlige staker var nedsnødd da vinterbalansen ble målt. På bretunga steg snødypet jevnt med høyden og det var ca. 4 meter snø rundt 1150 m o. h. da sonderingene ble ut-



## TUNSBERGDALSMBREEN 1972

Position of stakes, pits and sounding profiles

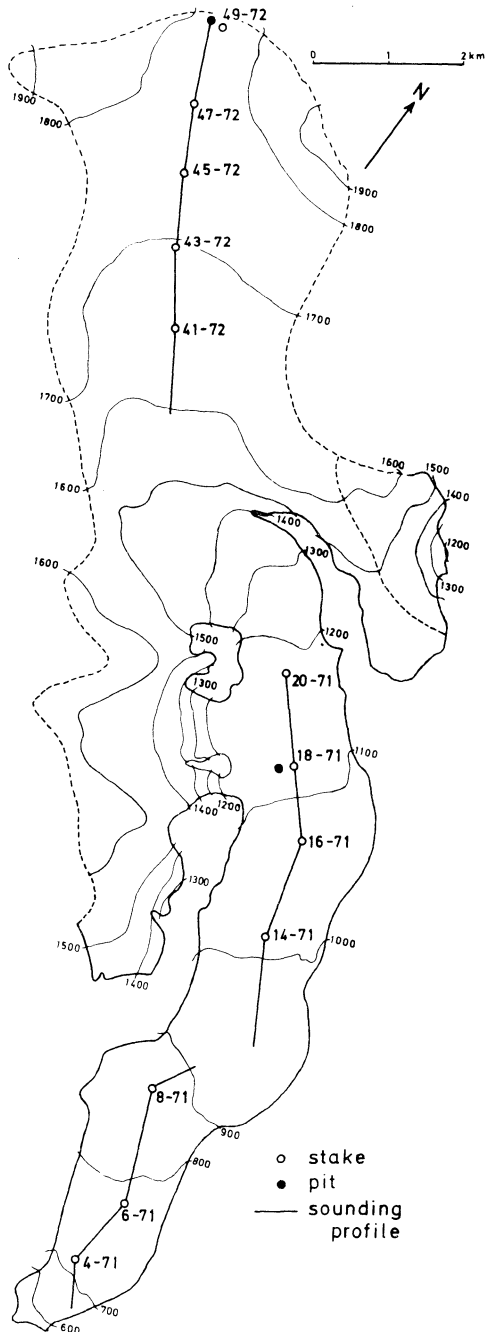


Fig 16 Beliggenheten av staker, sjaker og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

## TUNSBERGDALSMBREEN 1972

Winter balance in cm of water equivalent

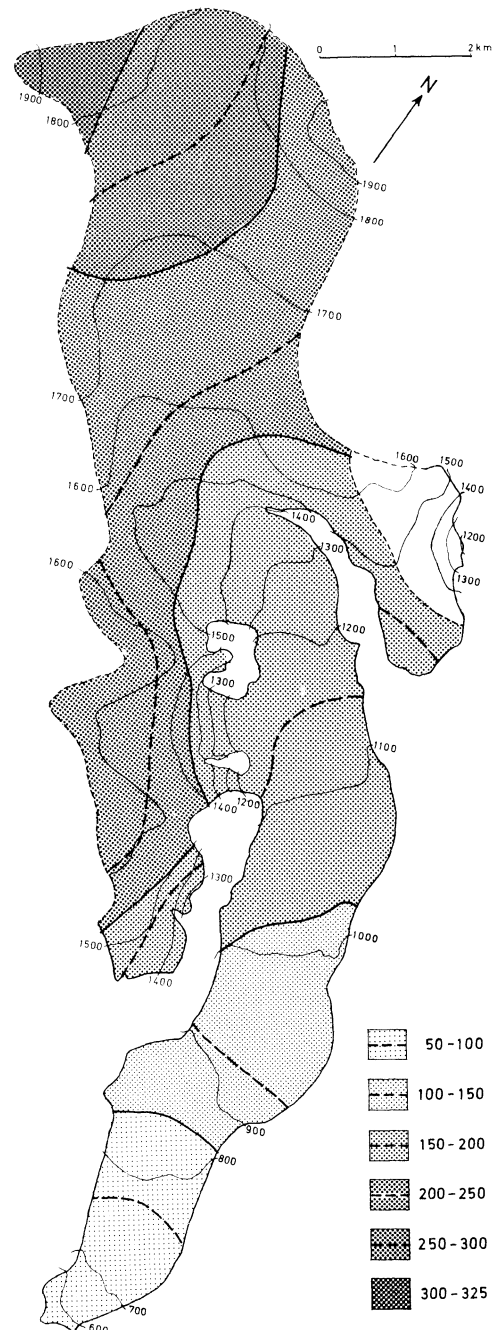


Fig. 17 Kart over vinterbalansen på Tunsbergdalsbreen 1972

Map showing the winter balance on Tunsbergdalsbreen 1972

fört 17. april. På selve breplatået målte en snödypet 3. mai under gode værforhold. Det var delvis vanskelig å lokalisere sommeroverflaten fra 1971 med sonden og verdiene fra de høyere deler av platået må betraktes som noe usikre.

## TUNSBERGDALSMBREEN 1972

Höjde intervall m .o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B^w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b^w$ l/s km <sup>2</sup>	$B^s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b^s$ l/s km <sup>2</sup>	$B^n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b^n$ l/s km <sup>2</sup>
1900-1930	0.41	1.05	2.57	81	0.31	0.75	24	0.74	1.82	57
1800-1900	2.72	7.53	2.78	88	2.76	1.01	32	4.77	1.77	56
1700-1800	8.86	23.44	2.65	84	11.07	1.25	39	12.37	1.40	44
1600-1700	8.01	18.67	2.34	74	11.06	1.38	44	7.61	0.96	30
1500-1600	7.23	15.49	2.18	69	12.64	1.75	55	2.85	0.43	14
1400-1500	4.35	8.30	1.91	60	9.62	2.20	69	- 1.32	-0.29	- 9
1300-1400	1.54	2.83	1.84	58	3.80	2.46	78	- 0.97	-0.62	- 20
1200-1300	1.23	2.17	1.77	56	3.39	2.75	87	- 1.22	-0.98	- 31
1100-1200	3.31	5.84	1.77	56	11.76	3.55	112	- 5.92	-1.78	- 56
1000-1100	3.80	6.04	1.63	51	14.82	3.90	123	- 8.78	-2.27	- 72
900-1000	3.32	4.41	1.38	44	15.00	4.52	143	-10.59	-3.14	- 99
800- 900	2.29	2.37	1.04	33	12.11	5.30	167	- 9.74	-4.26	-134
700- 800	2.16	1.56	0.73	23	12.99	6.03	190	-11.43	-5.30	-167
600- 700	0.44	0.27	0.63	20	2.94	6.70	212	- 2.67	-6.07	-192
540- 600	0.21	0.13	0.63	20	1.55	7.50	237	- 1.42	-6.87	-217
540-1930	49,86	100.09	2.02	64	125.78	2.52	80	-25.69	-0.50	- 16

## TUNSBERGDALSMBREEN 1972

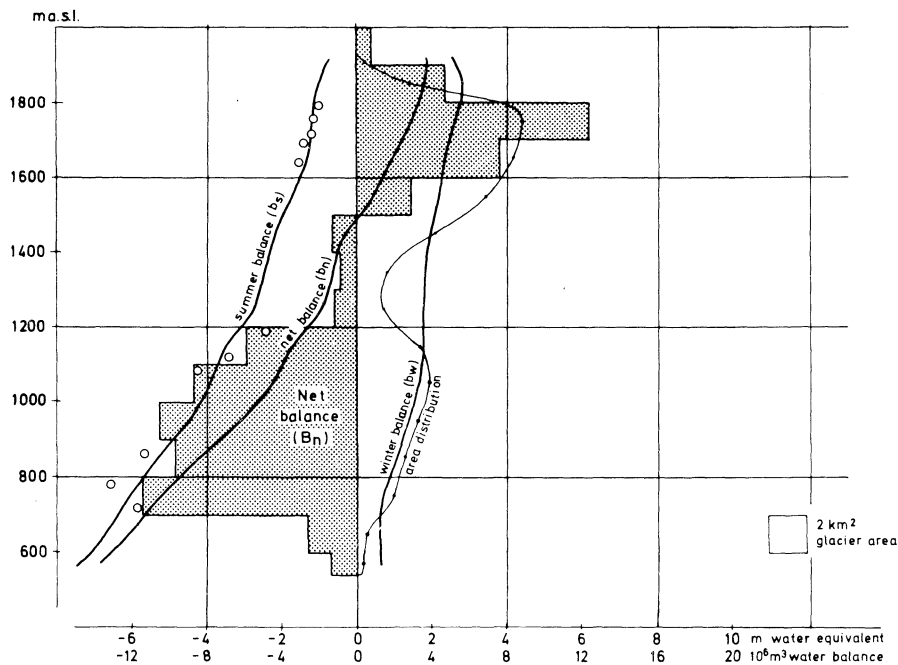


Fig. 18 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balanse med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to elevation. Glacier area and areal values of net balance for every 50 m height interval are illustrated.

Kartet over vinterbalansen, fig. 17, er dels basert på direkte målinger, dels på kartet over gjennomsnittlig vinterbalanse som ble presentert i forrige års rapport.

Ut fra fig. 17 er vinterbalansen beregnet til  $100,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann, spesifikt fordelt  $2,02 \text{ m}$  ( $64 \text{ l/s km}^2$ ).

Sommerbalanse. Stakene på breplatået ble avlest 9. juli, 15. juli, 19. juli og 6. oktober. På tunga ble det foretatt kontroller 14. juli, 3. september og 4. oktober. Ablasjonsforholdene iløpet av sommeren må ha vært omtrent som beskrevet for Nigardsbreen. Ingen av stakene fra 1971 smeltet fram og en sikker kontroll av gjenværende snø kunne derfor ikke utføres.

Sommerbalansen ble  $125,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller  $2,52 \text{ m}$  ( $80 \text{ l/s km}^2$ ).

Nettobalanse. Tunsbergdalsbreen tapte masse tilsvarende  $25,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann. Spesifikt fordelt blir dette  $0,50 \text{ m}$  eller  $16 \text{ l/s km}^2$ . Underskuddet ble noe større enn tilsvarende verdier fra Nigardsbreen. Sammenlikner en nettobalansen på disse to breene for alle år med parallelle målinger, viser det seg at nettobalansen på Tunsbergdalsbreen alltid har vært lavere enn på Nigardsbreen. Forskjellen har vanligvis ligget mellom  $0,2$ - $0,4 \text{ m}$  vannverdi. Det er likevel grunn for å tillegge resultatene fra Tunsbergdalsbreen en noe større usikkerhet i år sammenliknet med tilsvarende resultater fra andre breer.

Likevektslinjen ble liggende  $1490 \text{ m o. h.}$

### Nigardsbreen

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Hösten 1971 var preget av stor syklonintensitet og rikelig nedbør. Da Nigardsbreen ble besøkt 31. desember, ble bare 3 av sommerens 26 staker gjenfunnet. Snødypet på breen må ha vært mellom 3 og 5 meter på dette tidspunkt. Resten av vintersesongen var nedbørsfattig og snömengden øket bare ubetydelig fram til 1. april da vinterbalansen ble målt. Sonderingsprofilene ble som for 1971, lagt meget grovmasket i den hensikt å få dekket alle viktige høydenivåer innen et rimelig tidsrom. Konstruksjonen av vinterbalansekartet, fig. 20, baserer seg derfor på en kombinasjon av direkte målinger og det tidligere utarbeidete kartet over gjennomsnittlig vinterbalanse på Nigardsbreen. Se rapporten for 1970, side 35. Sonderingsforholdene var relativt gode og ialt ble det tatt 100 bestemmelser av snødypet.

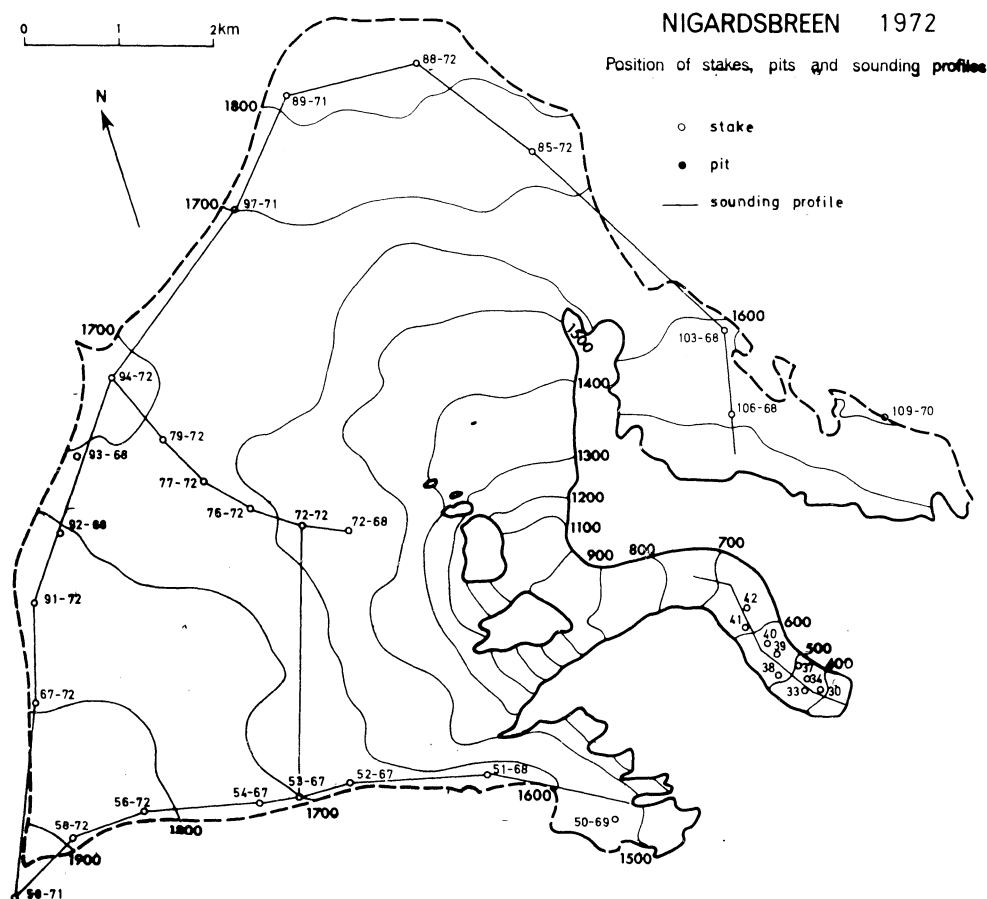


Fig. 19 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderinger på Nigardsbreen 1972.  
The location of stakes, pits and soundings on Nigardsbreen 1972.

Vinterbalansen utgjorde  $87,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller spesifikt fordelt  $1,88 \text{ m}$  ( $59 \text{ l/s km}^2$ ).

Sommerbalansen. Stasjonen på Hauganosi ble bemannet 18. juni og stakene på breplatået kunne avleses forholdsvis hyppig utover sommeren. Ablasjonen var relativt stor i slutten av juni og hele juli måned mens stadig snøfall og kaldere vær i august senket ablasjonshastigheten betydelig. Fjorårets staker smeltet fram ved endel stakeposisjoner og kunne brukes til å korrigere vinterbalansemålingene hvor disse var usikre. Observatørene foretok siste avlesning av stakene 1. september samtidig med at kraftige snøfall satte inn over hele breplatået. En ny måling 6. oktober viste at det da var kommet mellom 10 og 50 cm nysnø. Det hadde heller ikke vært målbar ablasjon siden 1. september som derfor kan betraktes som ablasjonsesongens slutt. På Bretunga ble wirene omboret i midten av juli og en avlesning 7. oktober regnes her som balanseårets sluttdato.

Sommerbalansen beløp seg til  $94,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann eller  $2,02 \text{ m}$  jevnt fordelt ( $64 \text{ l/s km}^2$ ).

Nettobalansen. Sommerbalansen var litt større enn vinterbalansen og følgelig

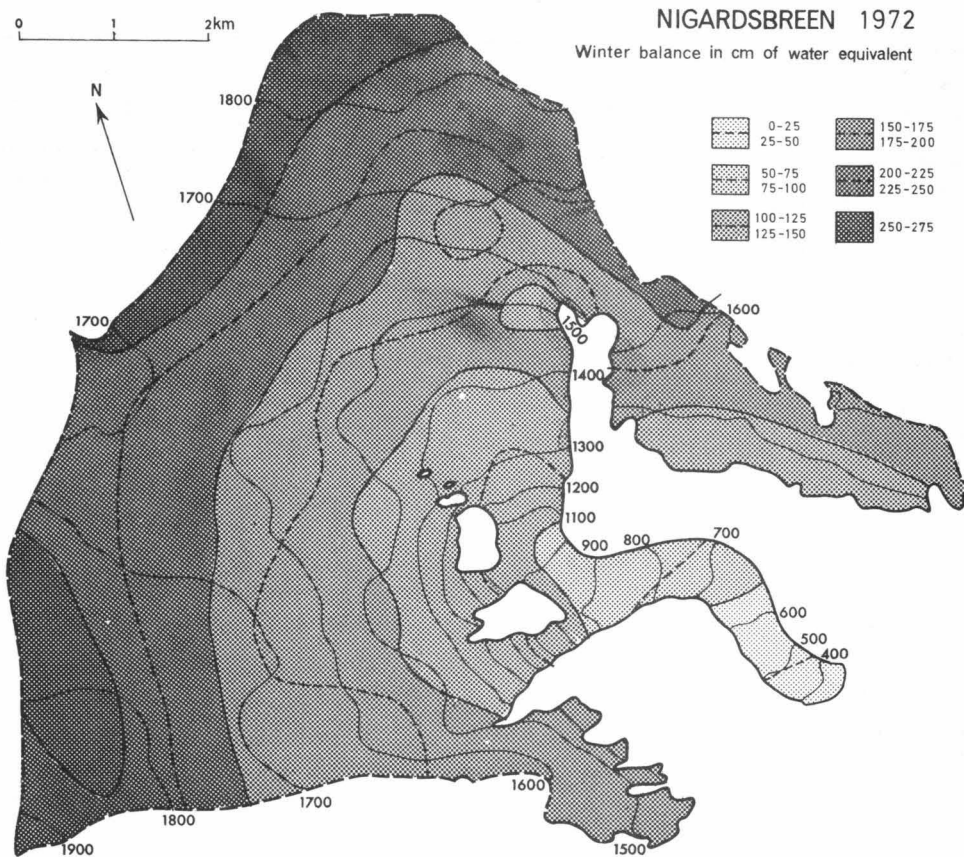


Fig. 20 Kart som viser vinterbalansen på Nigardsbreen 1972.  
Map showing the winter balance 1972.



Fig. 21 Iløpet av sommeren 1972 ble en stor breport utviklet i Nigardsbrens front. Bildet er tatt 1. august.

Meltwater tunnel opening developed on Nigardsbreen during the summer of 1972.



## NIGARDSBREEN 1972

Höyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_w$ m	l/s km <sup>2</sup>	$B_s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_s$ m	l/s km <sup>2</sup>	$B_n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_n$ m	l/s km <sup>2</sup>
1900-2000	0,12	0,28	2,34	74	0,09	0,75	24	0,19	1,59	50
1800-1900	3,78	9,39	2,49	79	3,27	0,68	27	6,12	1,63	51
1700-1800	9,31	21,31	2,29	72	10,99	1,18	37	10,32	1,11	35
1600-1700	12,48	25,45	2,04	65	18,52	1,48	47	6,93	0,56	18
1500-1600	9,34	15,64	1,68	53	17,53	1,88	59	-1,89	-0,20	-6
1400-1500	5,42	8,13	1,50	47	12,39	2,29	72	-4,26	-0,79	-25
1300-1400	2,22	3,68	1,66	52	6,48	2,92	92	-2,80	-1,26	-40
1200-1300	0,72	0,93	1,29	40	2,39	3,32	105	-1,46	-2,03	-64
1100-1200	0,32	0,39	1,22	39	1,24	3,87	122	-0,85	-2,65	-84
1000-1100	0,54	0,64	1,19	38	2,68	4,98	157	-2,04	-3,69	-117
900-1000	0,42	0,46	1,10	35	2,31	5,50	174	-1,84	-4,40	-139
800-900	0,46	0,40	0,87	28	2,99	6,50	205	-2,59	-5,63	-178
700-800	0,33	0,26	0,79	25	2,40	7,21	228	-2,14	-6,42	-203
600-700	0,42	0,21	0,50	16	3,54	8,43	267	-3,33	-7,93	-250
500-600	0,30	0,11	0,37	12	2,80	9,50	300	-2,69	-9,13	-289
400-500	0,20	0,03	0,15	5	2,25	11,26	356	-2,22	-11,11	-351
300-400	0,18	0,02	0,13	4	2,21	12,50	395	-2,19	-12,37	-391
300-2000	46,56	87,38	1,88	59	94,08	2,02	64	-6,70	-0,14	-5

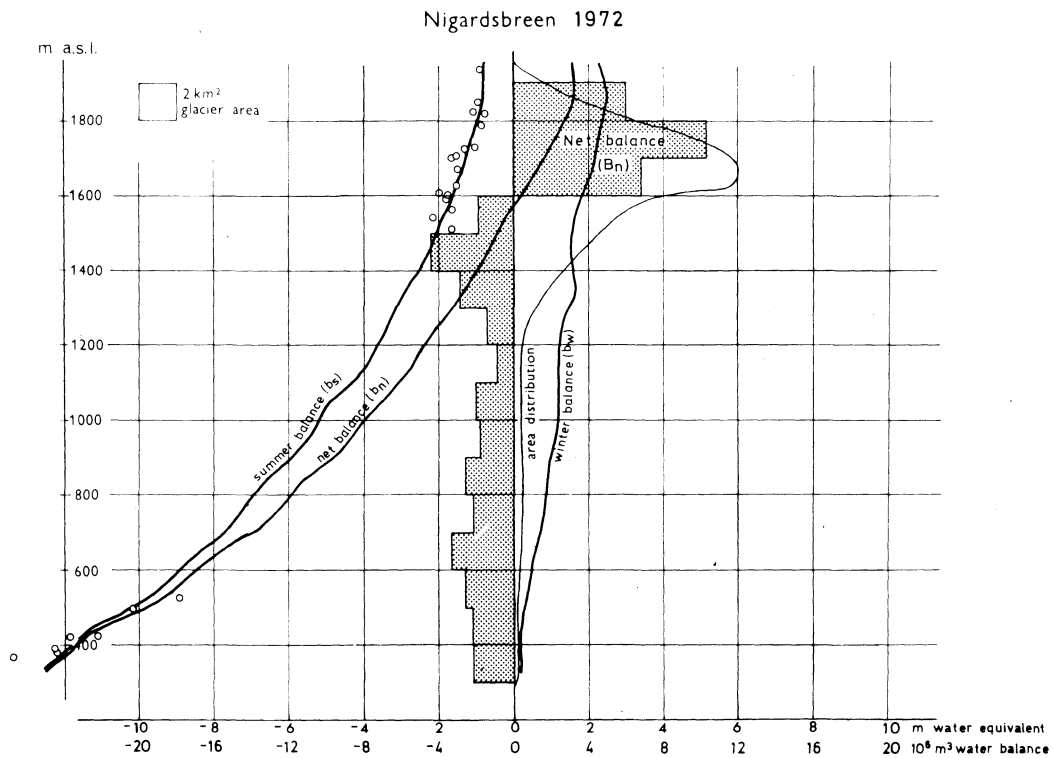


Fig. 22 Variasjonene med høyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

The diagram illustrates winter, summer and net balances in relation to elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height interval.

tapte breen litt masse. Totalt belöp underskuddet seg til  $6,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som igjen utgjör et vannlag på 0,14 m. Usikkerheten tatt i betraktning, kan likevel Nigardsbreen regnes å ha vært i balanse dette året. Likevektslinjen ble liggende 1570 m o.h., meget nær det en tidligere har regnet som høyden av likevektslinjen i et balansert år.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Observasjonene kom igang 18. juni og ble avviklet 6. september. Enkelte avbrekk forekom og stasjonen var ikke bemannet fra 22. til 31. august. Hygrografen fungerte utilfredstillende i lengre perioder og fuktighetsdata er derfor ikke tatt med i fig. 23 som ellers presenterer resultatene av de meteorologiske observasjonene.

En aktinograf ble oppsatt på Hauganosi denne sommeren og beregninger av breens varmebalanse kunne utføres av S. Messel på liknende måte som for Ålfotbreen og Austre Memurubre tidligere sommere, se s. 75 i foreliggende rapport. I denne forbindels måtte arbeidsprogrammet utvides noe, bl. a. ble det tatt regelmessige målinger av snøens frie vanninnhold ved observasjonshytta, 1630 m o.h. En ny termograf ble sommeren 1971 oppsatt 200 meter nedenfor brefronten, ca. 320 m o.h. Termografen gikk sommeren 1972 fra 4. juni til 11. september.

Sky- og vindforhold. Midlere skydekke for hele sommeren, 73 observasjonsdøgn, ble 7,4. 14 dager i juni hadde gjennomsnittlig 8,0, juli 6,5, august 7,6 og de 6 dagene i september alle 10,0. 3 dager var helt klare, 19 dager halvklare eller bedre mens 31 dager ble notert som helt overskyet eller med tett tåke. Gjennomsnittlig vindstyrke var 5,4 m/s. Høyeste døgnmiddel ble målt til 14,0 m/s den 3. september mens laveste verdi, 2,3 m/s, ble registrert 29. juni. Som vanlig var den dominerende vindretning i sektoren fra sør til vest.

Temperaturforhold. Foruten temperaturregistreringen på Hauganosi og ved st. 56 på breplatået (Bur B, 1840 m o.h.) har en også tilgjengelig døgnlig middeltemperatur fra brefronten (320 m o.h.), stasjonen Bjørkehaug (324 m o.h.) samt Fanaråken (2060 m o.h.). Månedsmiddeltemperaturen fra hver stasjon og temperaturgradienten mellom endel av dem er presentert i tabellen nedenfor.

Et par interessante fenomener kommer klart fram. Temperaturgradienten mellom Hauganosi og Fanaråken er liten og sterkt variabel mens gradienten mellom Bjørkehaug og Hauganosi er meget konstant fra måned til måned. Det kan altså se ut som om dalstasjonen Bjørkehaug er bedre temperaturkorrelert med sta-

## NIGARDSBREEN 1972

ELEVATION: 1630 m

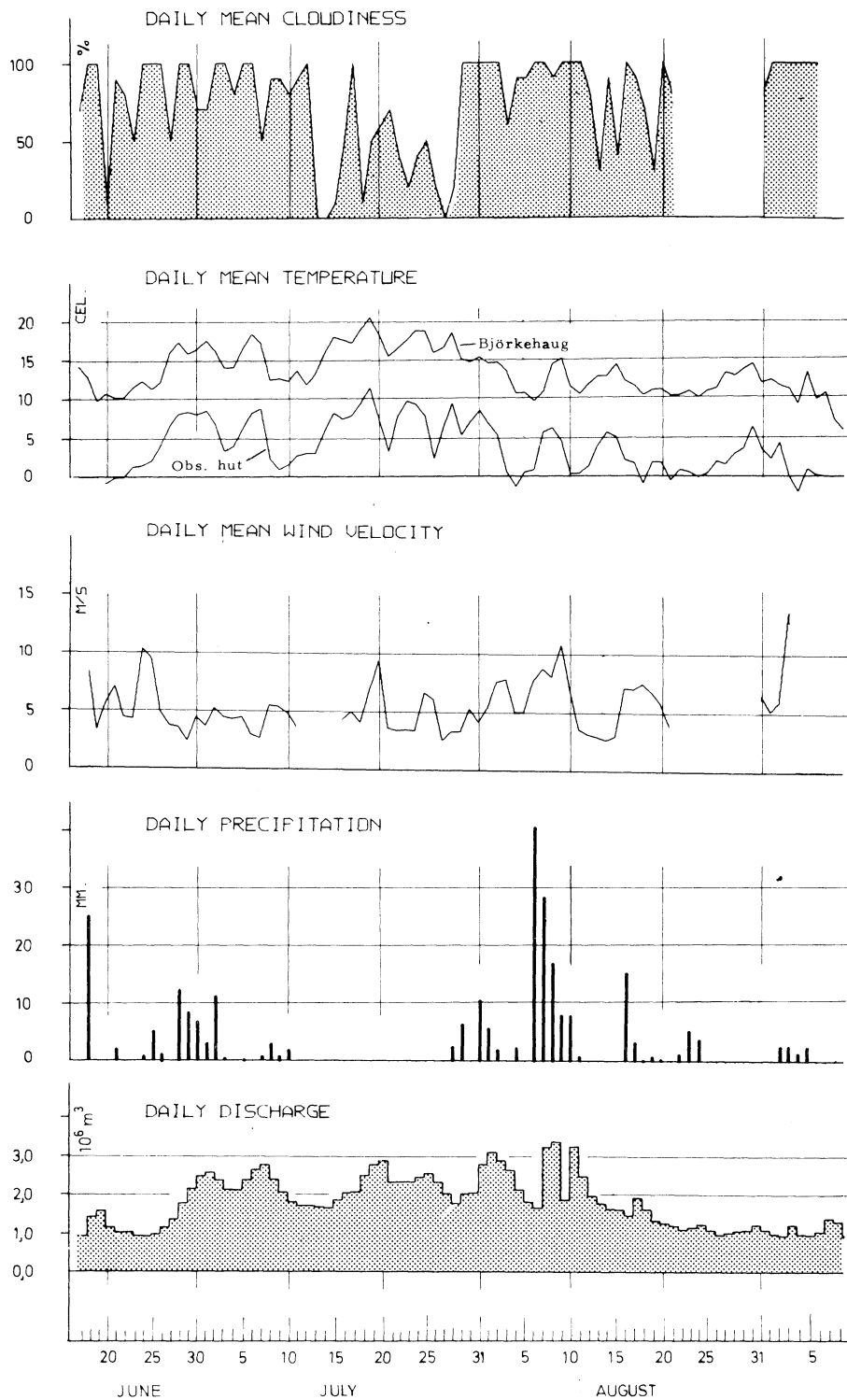


Fig. 23 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene på Nigardsbreen og beregnet døgnavlöp ved limnigrafen i Nigardsvatnet.

The diagram illustrates the daily meteorological observations on Nigardsbreen and computed daily discharge at the stream gauge in Nigardsvatnet.

sjonen på Hauganosi enn høyfjellstasjonen Fanaråken. Ellers vil en se at brevinden foran Bretunga senket temperaturen her gjennomsnittlig  $2,3^{\circ}\text{C}$  sammenliknet med stasjonen Bjørkehaug i samme høydenivå. Forskjellen mellom de to stasjonene endrer seg endel fra dag til dag og er størst på dager med pent vær når brevinden også blir sterkest. Opptil  $5^{\circ}\text{C}$  temperaturforskjell ble målt.

På Hauganosi var middeltemperaturen for hele sommeren  $4,0^{\circ}\text{C}$  eller  $1,1^{\circ}\text{C}$  høyere enn fjoråret. Antall dager med negativ døgnmiddeltemperatur var 6 mens Bur B registrerte 19 slike dager av totalt 62 observasjonsdøgn. I august var temperaturen ved Bur B under frysepunktet halvparten av tiden.

Månedsmiddeltemperaturen (T) og temperaturgradienten ( $\Delta T$ ) i  $^{\circ}\text{C}$  pr. 100 m for noen stasjoner sommeren 1972

Stasjon	H.O.H. m	20. - 30. juni		Juli		August	
		T	$\Delta T$	T	$\Delta T$	T	$\Delta T$
Fanaråken	2060	1,7	0,47	5,0	0,29	2,2	0,05
Bur B	1840			3,7			
Hauganose	1630	3,6	0,71	6,3	1,25	2,4	0,74
Bjørkehaug	324	12,9		16,2	0,74	12,2	0,73
Brefront	320	11,1		13,4		10,0	

Nedbørsforhold. På Hauganosi ble det sommeren 1972 oppstilt en pluviograf slik at en kunne få kontinuerlig registrering av nedbøren også i de perioder hvor observatørene var fraværende. I tillegg ble det som tidligere år, registrert nedbør i en standardmåler og i en "Pluvius". Resultatene i observasjonsdiagrammet, fig. 23, og de tall som refereres i teksten, er tatt fra normalmåleren med unntak for kortere fraværsperioder hvor tall fra pluviografen er benyttet. Forskjellen mellom de 3 målerne viste seg imidlertid å være meget liten og skyldes vesentlig normalmålerens bedre evne til å oppfange nedbør som snø.

Totalt falt det fra 18. juni til 6. september 246 mm ved observasjonshytta, av dette kom 147 mm i august. På Bjørkehaug falt det i samme periode 196 mm. Utover breplatået var det plassert ialt 10 nedbørsmålere som ble tømt forholdsvis regelmessig. I endel perioder, særlig i juli og første halvdel av august, kom nedbøren overveiende som regn over hele breområdet og målingene i disse periodene kan betraktes som relativt pålitelige. Resultatene er presentert visuelt for 4 perioder i fig. 24. Nedbørsfordelingen denne sommeren bekrefter det bildet en har dannet seg fra tidligere år og viser at det gjennomsnittlig faller ca. 50 % mer nedbør på breplatåets høyere deler enn det som registreres ved stasjonen på Hauganosi. Dette forholdstallet varierer likevel endel fra periode til periode og ikke minst fra måler til måler.

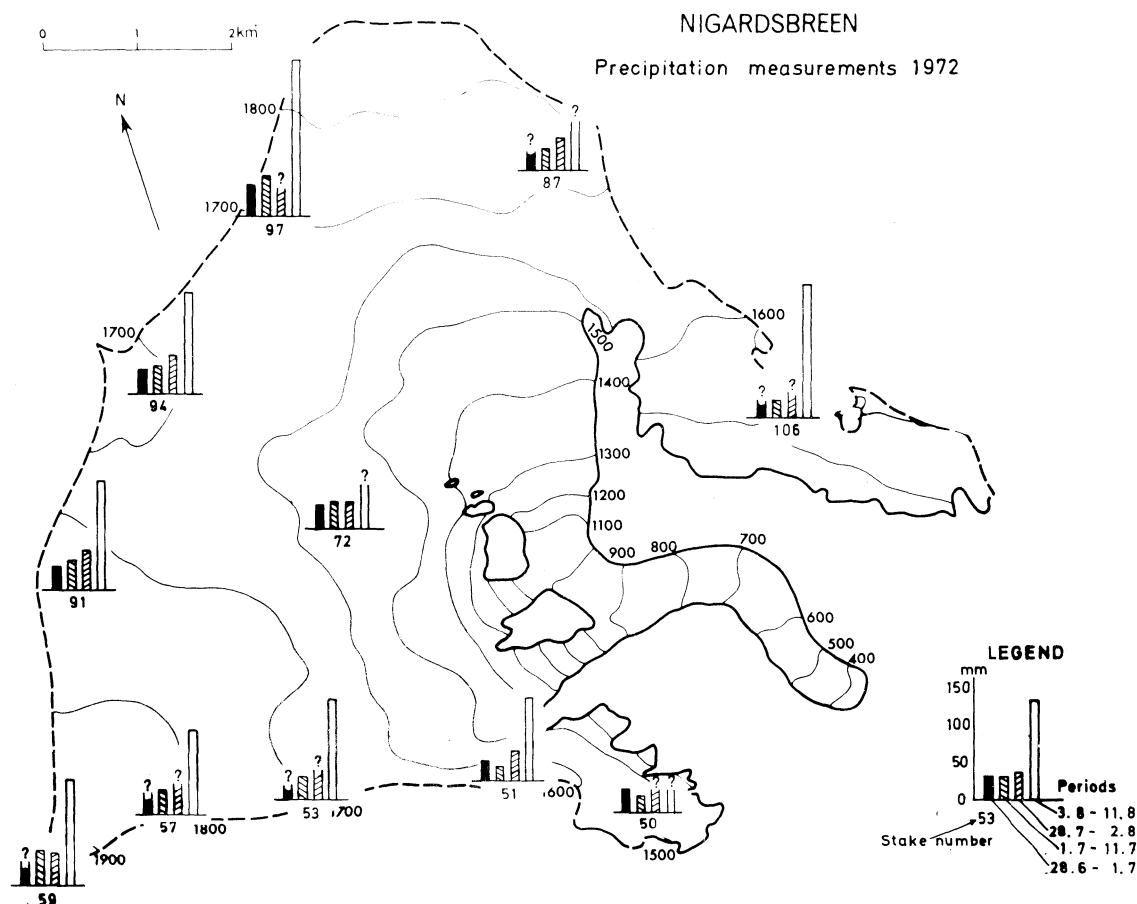


Fig. 24 Beliggenheten av nedbørsmålere på Nigardsbreen sommeren 1972 samt registrerte nedbørshøyder i 4 perioder.

The location of precipitation gauges on Nigardsbreen 1972, and the observed precipitation during 4 periods.

Avrenning. Totalt avløp fra Nigardsvatn, V.M. 1408, ble  $168,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  for perioden 1. juni - 11. september, gjennomsnittlig  $1,64 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  pr. dag. Høyeste døgnavløp var  $3,38 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som ble målt 8. august. Utenom målesesongen var registrert avløp  $31,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  slik at det totale årsavløp for 1972 ble  $199,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  hvilket gir en spesifikk avrenning lik  $99 \text{ l/s km}^2$ .

### Hardangerjøkulen

#### Materialhusholdningen

Nedbøren i de 4 første månedene av vintersesongen var omtrent 200% av normalverdiene mens resten av vinteren var uvanlig tørr. Målingene av vinterbalansen viste følgelig en akkumulert snømengde meget nær den antatte normalverdi for Rembedalskåki. Sommersesongen hadde middeltemperatur nær det normale i alle måneder, unntatt juli som på Fanaråki var  $2,8^{\circ}\text{C}$  varmere enn

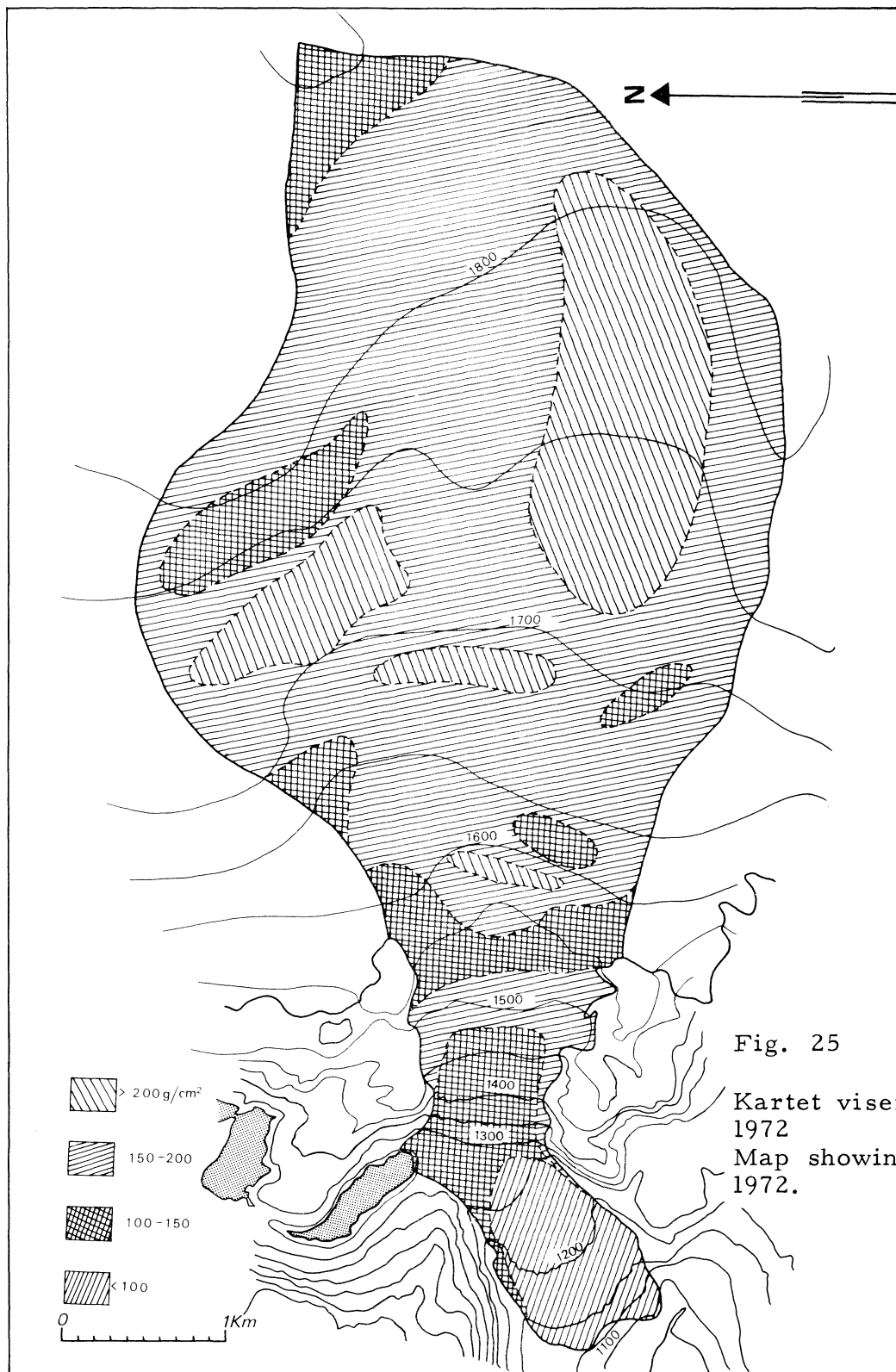


Fig. 25

Kartet viser vinterbalansen 1972  
Map showing winter balance 1972.

normalt. Resultatet ble et ubetydelig underskudd i nettobalansen slik at Rembedalskåki i dette budsjettåret mistet vann tilsvarende 0,08 m. Likevektslinjen som omtrent må tilsvare firnlinjen, ble liggende 1750 m o.h.

Ellers er vinterbalansens fordeling vist på fig. 25 og de kvantitative resultatene kan leses ut av tabellen på neste side.

## HARDANGERJØKULEN 1972

Høyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_w$ l/s km <sup>2</sup>	$B_s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_s$ l/s km <sup>2</sup>	$B_n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_n$ l/s km <sup>2</sup>
1850-1900	0.070	0.098	1.40	44	0.079	1.20	38	0.019	0.20	6
1800-1850	3.375	5.940	1.76	56	4.320	1.28	40	1.620	0.48	15
1750-1800	3.866	7.461	1.93	61	5.141	1.30	41	2.320	0.60	19
1700-1750	3.910	7.624	1.95	62	5.864	1.50	47	1.760	0.45	14
1650-1700	2.084	3.960	1.90	60	3.585	1.42	45	0.375	0.18	6
1600-1650	0.936	1.703	1.82	57	1.853	1.98	63	-0.150	-0.16	-5
1550-1600	0.640	1.165	1.82	57	1.581	2.47	48	-0.416	-0.65	-21
1500-1550	0.542	0.856	1.58	50	1.446	2.83	90	-0.590	-1.25	-40
1450-1500	0.319	0.526	1.65	52	1.204	3.50	111	-0.678	-1.85	-58
1400-1450	0.196	0.255	1.30	41	735	3.75	118	-0.480	-2.45	-77
1350-1400	0.112	0.146	1.30	41	480	4.28	135	-0.334	-2.98	-94
1300-1350	0.084	0.105	1.25	40	385	4.59	145	-0.280	-3.34	-105
1250-1300	0.270	0.275	1.02	32	1.287	4.77	150	-1.012	-3.75	-118
1200-1250	0.315	0.246	0.78	25	1.569	4.98	157	-1.323	-4.20	-132
1150-1200	0.321	0.186	0.58	18	1.694	5.28	167	-1.508	-4.70	-142
1100-1150	0.115	0.057	0.50	16	656	5.71	180	-0.599	-5.21	-164
1050-1100	0.022	0.013	0.60	19	137	6.22	196	-0.124	-5.63	-178
1050-1900	17.18	30.616	1.78	56	32.016	1.86	59	-1.400	-0.08	-3

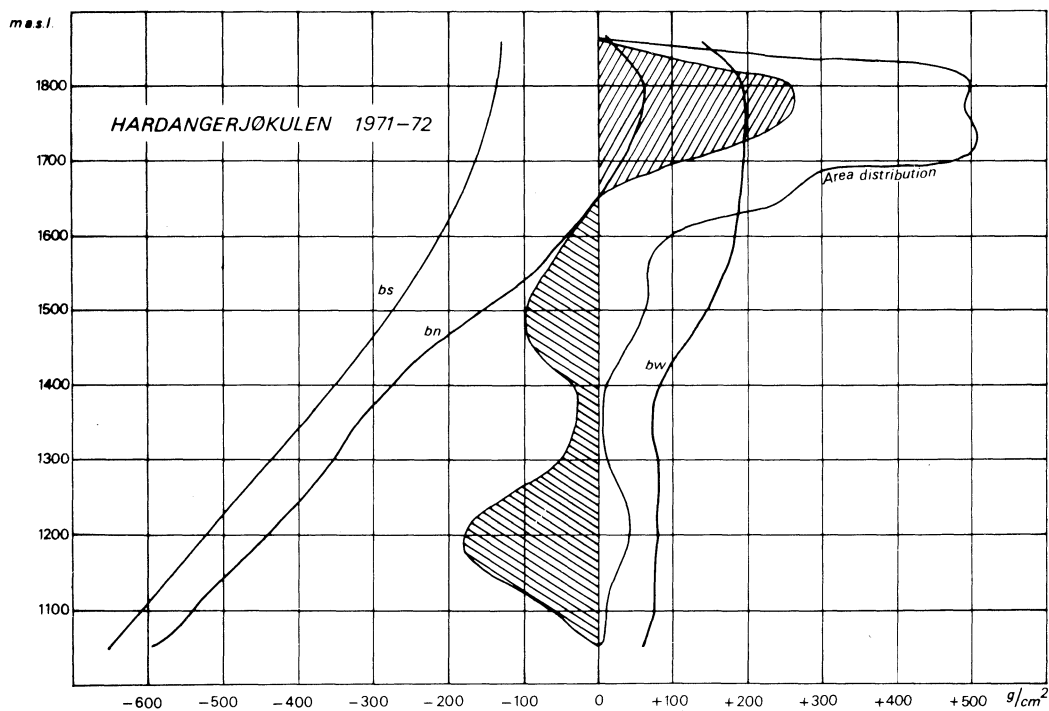


Fig. 26 Diagrammet viser variasjonene av akkumulasjonen, ablasjonen og netto-balansen med høyden over havet.

The diagram illustrates the variation of accumulation, ablation and net balance with height above sea level.

## Hellstugubreen

### Materialhusholdningen.

Vinterbalanse. Noen av stakene øverst på breen ble kontrollert 4. februar. Snødyppet ved disse var da i underkant av 2 meter og øket bare ubetydelig fram til vinterbalansemålingene som ble utført 24. april. 155 sonderinger av snødyppet ble tatt og det ble funnet fra under 1 meter snø nederst på tunga til 3,5 m i gunstige lokaliteter.

Vinterbalansen utgjorde  $3,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller 0,94 m ( $30 \text{ l/s km}^2$ ) spesifikt fordelt.

Sommerbalanse. Målinger 20. juni viste at ablasjonen var kommet igang lavere enn 1800 m o. h. mens de øverste stakene viste litt større balanse enn i

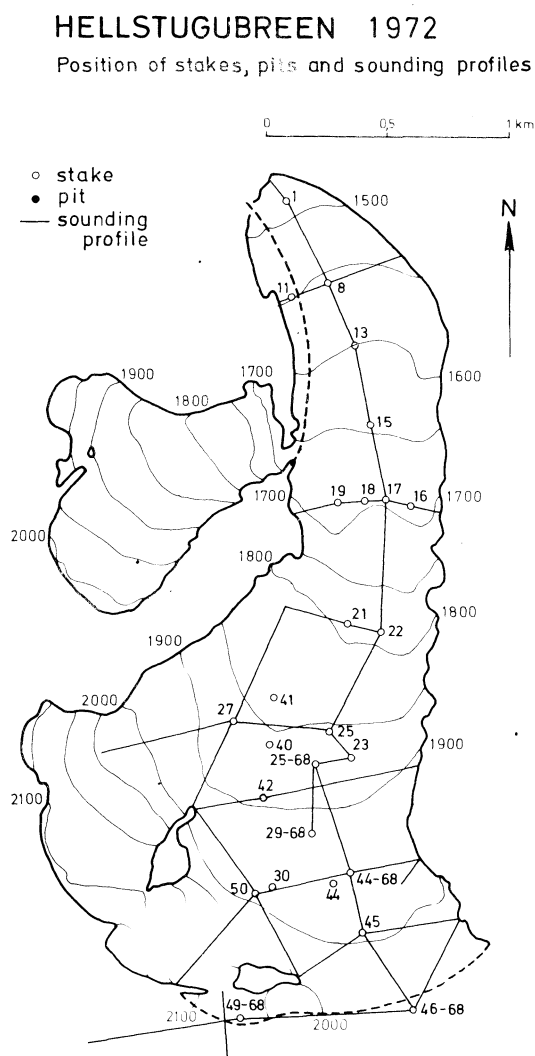


Fig. 27 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

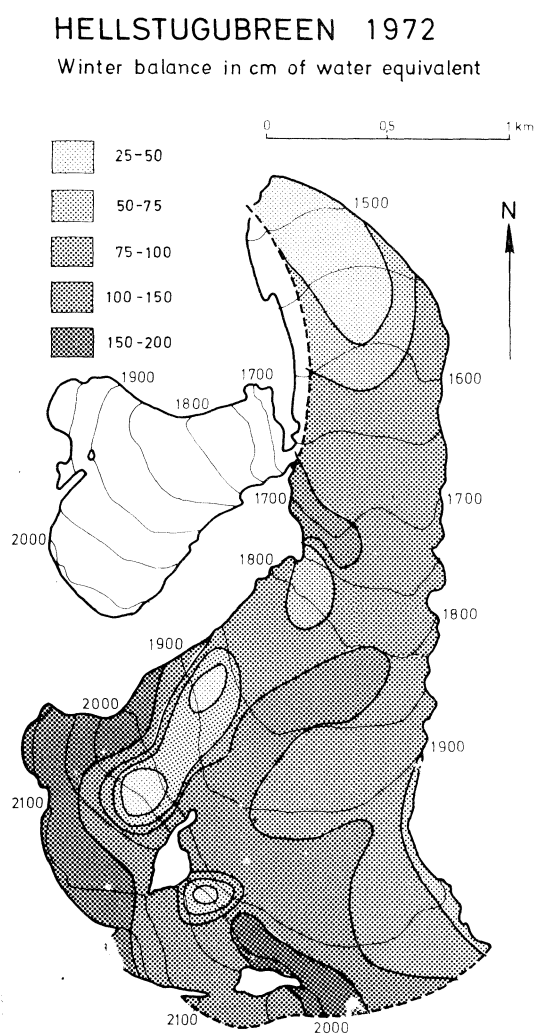


Fig. 28 Kart som viser vinterbalansen 1972.

Map of the winter balance 1972.



## HELLSTUGUBREEN 1972

Höyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w^w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_w$ l/s km <sup>2</sup>	$B_s^s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_s$ l/s km <sup>2</sup>	$B_n^n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	$b_n$ l/s km <sup>2</sup>
2150-2200	0.021	0.033	1.57	50	0.008	0.38	12	0.025	1.19	37
2100-2150	0.088	0.139	1.58	50	0.033	0.38	12	0.106	1.20	38
2050-2100	0.304	0.407	1.34	42	0.144	0.48	15	0.263	0.86	27
2000-2050	0.156	0.184	1.18	37	0.100	0.64	20	0.084	0.54	17
1950-2000	0.370	0.396	1.07	34	0.345	0.93	29	0.051	0.14	4
1900-1950	0.606	0.612	1.01	32	0.677	1.12	35	-0.065	-0.11	-4
1850-1900	0.368	0.313	0.85	27	0.466	1.27	40	-0.153	-0.42	-13
1800-1850	0.348	0.317	0.91	29	0.511	1.47	46	-0.194	-0.56	-18
1750-1800	0.149	0.112	0.75	24	0.250	1.68	53	-0.138	-0.93	-29
1700-1750	0.146	0.127	0.87	27	0.274	1.88	59	-0.147	-1.01	-32
1650-1700	0.213	0.169	0.79	25	0.464	2.18	69	-0.295	-1.39	-44
1600-1650	0.182	0.136	0.75	24	0.447	2.45	77	-0.311	-1.70	-54
1550-1600	0.196	0.106	0.54	17	0.538	2.74	87	-0.432	-2.20	-69
1500-1550	0.110	0.033	0.30	10	0.316	2.87	91	-0.283	-2.57	-81
1450-1500	0.045	0.011	0.24	8	0.139	3.13	99	-0.128	-2.89	-91
1450-2200	3.302	3.095	0.94	30	4.712	1.43	45	-1.617	-0.49	-15

Hellstugubreen 1972

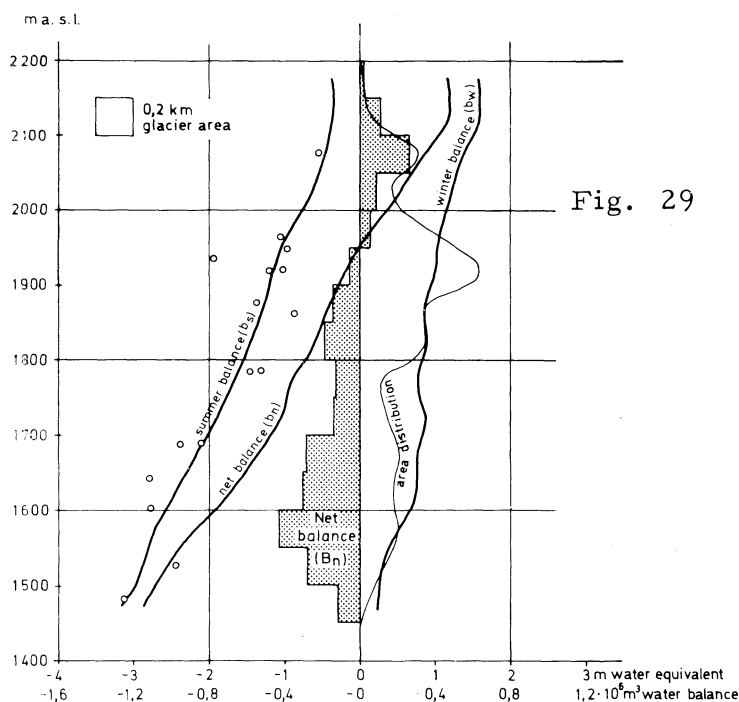


Fig. 29

Variasjonene av vinter-, sommer og netto-balansen med høyden over havet, breens areal-fordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

slutten av april. Stakene ble igjen avlest 12. juli, 26. juli og 8. august. 26. juli lå den temporære snøgrensen 1800 m o. h., men med bare flekker høyere oppe på breen. 8. august var snøgrensen steget til rundt 1900 m o. h., men snødek-  
ket var ujevnt fordelt, sterkt påvirket av vinterbalansens fordelingsmønster. Siste stakeavlesning ble foretatt 9. november på bretunga og 8. desember av

stakene over 1800 meter. Det hadde bare vært liten ablasjon etter 8. august. I desember var det kommet rundt 1,5 m nysnø ved stakene.

Sommerbalansen utgjorde  $4,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann, 1,43 m eller  $45 \text{ l/s km}^2$  spesifikt fordelt.

Nettobalanse. Hellstugubreen avga  $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ekstra vann dette balanseåret og senket følgelig sin overflate gjennomsnittlig 0,49 m. Likevektslinjen ble liggende 1950 m o.h. Se ellers tabellen s.36 og fig. 29.

### Vestre Memurubre

#### Materialhuusholdningen

Vinterbalanse. Også på Vestre Memurubre ble stakene kontrollert 4. februar. Vinterbalansen ble målt 25. april ved at 183 sonderinger av snødyppet ble tatt. Snøens tetthet er bestemt ved å anvende de målinger som ble utført på Austre Memurubre dagen før. Snømengden varierer lite på de flatere partier av breen og lå mellom 2,5 og 3 meter. Lite snø var det i botnen innenfor st. 49-68 i motsetning til tidligere år hvor en har funnet relativt mye snø i dette området.

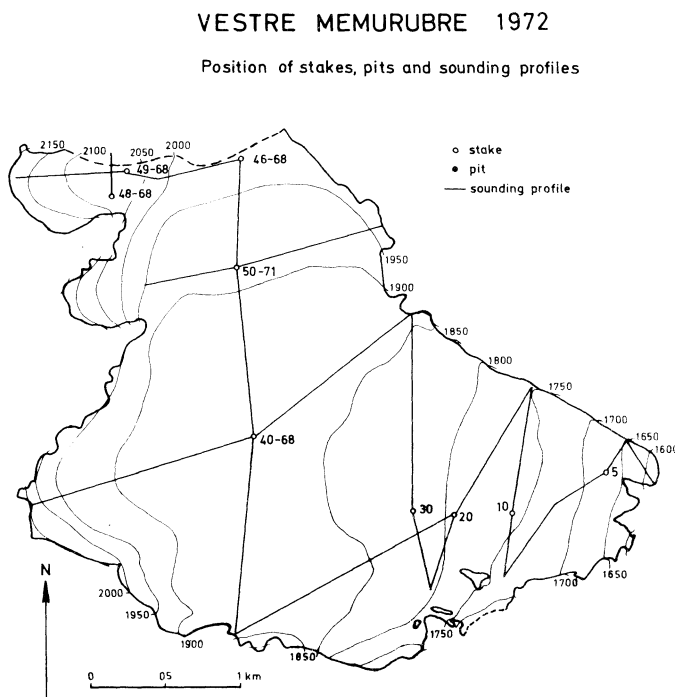


Fig. 30 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler på Vestre Memurubre.

The lokation of stakes, pits and sounding profiles on Vestre Memurubre.

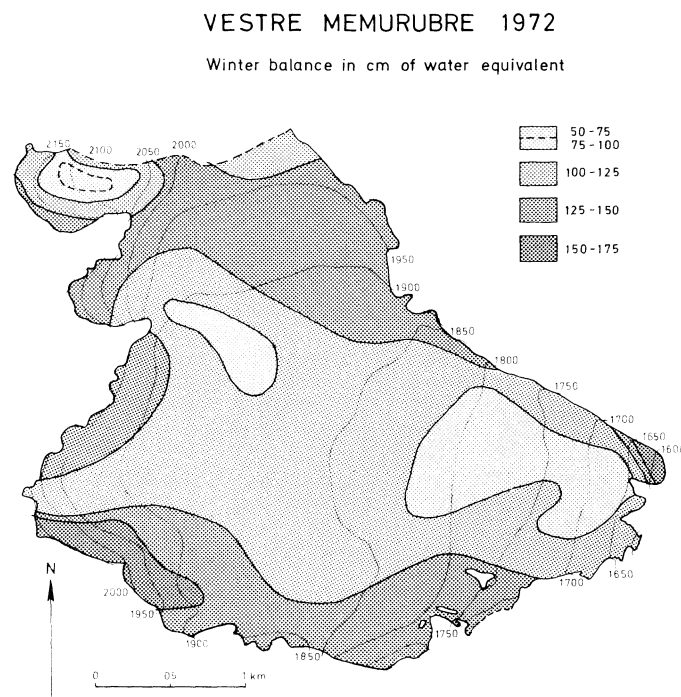


Fig. 31 Kart over vinterbalansen 1972.

Map of the winter balance 1972.

## VESTRE MEMURUBRE 1972

Höyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_w$ m	$b_w$ l/s km <sup>2</sup>	$B_s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_s$ m	$b_s$ l/s km <sup>2</sup>	$B_n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	$b_n$ m	$b_n$ l/s km <sup>2</sup>
2200-2250	0,008	0,011	1,38	44	0,002	0,25	8	0,009	1,13	36
2150-2200	0,086	0,104	1,21	38	0,022	0,25	8	0,082	0,96	30
2100-2150	0,139	0,152	1,09	34	0,136	0,25	8	0,116	0,84	27
2050-2100	0,238	0,259	1,08	34	0,145	0,61	19	0,114	0,47	15
2000-2050	0,281	0,388	1,38	44	0,175	0,63	20	0,213	0,75	24
1950-2000	0,716	0,954	1,33	42	0,799	1,12	35	0,155	0,21	7
1900-1950	1,309	1,776	1,36	43	1,340	1,02	32	0,436	0,34	11
1850-1900	3,274	3,853	1,18	37	4,223	1,29	41	-0,370	-0,11	-4
1800-1850	1,313	1,485	1,13	35	2,470	1,88	59	-0,985	-0,75	-24
1750-1800	0,750	0,808	1,08	34	1,700	2,27	72	-0,892	-1,19	-38
1700-1750	0,495	0,534	1,08	34	1,260	2,54	80	-0,726	-1,46	-46
1650-1700	0,257	0,265	1,03	33	0,705	2,75	87	-0,440	-1,72	-54
1600-1650	0,080	0,096	1,20	38	0,258	3,23	102	-0,162	-2,03	-64
1550-1600	0,013	0,019	1,46	46	0,042	3,25	103	-0,023	-1,79	-57
1550-2250	8,959	10,704	1,19	38	13,177	1,47	46	-2,473	-0,28	-9

## VESTRE MEMURUBRE 1972

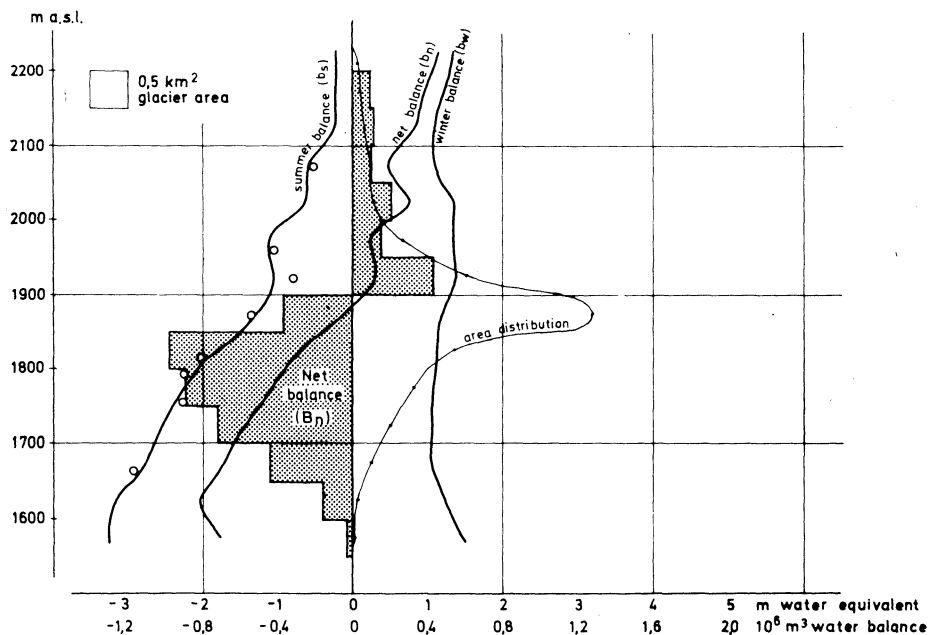


Fig. 32 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balanse med høyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balanse i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

Vinterbalansen utgjorde totalt  $10,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller 1,19 m jevnt fordelt ( $38 \text{ l/s km}^2$ ).

Sommerbalanse. Stakene ble avlest 20. juni, 12. juli, 26. juli og 8. august. Ablasjonsforholdene på Vestre Memurubre var ellers stort sett som beskrevet for Hellstugubreen og Austre Memurubre. Den temporære snögrensen lå 8. august ca. 1875 m o. h. Siste stakeavlesning foregikk 8. desember og 1,5 m nysnø dekket da breen.

Sommerbalansetallene belöp seg til h. h. v.  $13,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , 1,47 m og  $46 \text{ l/s km}^2$ .

Nettobalanse. Også Vestre Memurubre hadde underskudd i budsjettet og tapte  $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann som spesifikt fordelt blir 0,28 m eller  $9 \text{ l/s km}^2$ . Underskuddet er likevel mindre enn for Hellstugubreen og Austre Memurubre og kan tilbakeføres til en noe større vinterbalanse på Vestre Memurubre. Dette forholdet har en forövrig observert også tidligere år. Likevektslinjen i 1972 ble liggende 1885 m o. h.

### Austre Memurubre

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Breen ble besøkt 2. februar og samtlige staker ble funnet og om nødvendig forlenget. Snödypet på breen varierte rundt 2 meter. En ny kontroll av stakene 31. mars viste bare ubetydelig ökning i snödyp siden februar. Vinterbalansemålingene ble utfört fra 23. til 25. april og 210 sonderinger ble tatt langs 23,1 km profillengde. Mest snö var det som vanlig innerst i botnene, hvor over 4 meter var akkumulert. På de flatere områdene av breen var det vesentlig mellom 2 og 3 meter.

Vinterbalansen som refererer seg til målingene i april, er totalt beregnet til  $8,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Spesifikt fordelt blir dette 1,02 m eller  $32 \text{ l/s km}^2$ .

Sommerbalanse. Stakene ble kontrollert 4 ganger ilöpet av sommeren og siste gang 9. august. Ablasjonen etter denne dato og fram til sommersesongens slutt er beregnet ut fra målinger på Hellstugubreen og Vestre Memurubre. Det var liten smelting etter 9. august, fra 0 cm høyere enn 2100 m o. h. til 100 cm ca. 1500 m o. h. 22. juni var det kommet 20-30 cm nysnö over hele breen, ved seinere besök ble det ikke registrert sommerakkumulasjon.

Sommerbalansen utgjorde  $12,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som jevnt fordelt blir 1,42 m vann eller  $45 \text{ l/s km}^2$ .

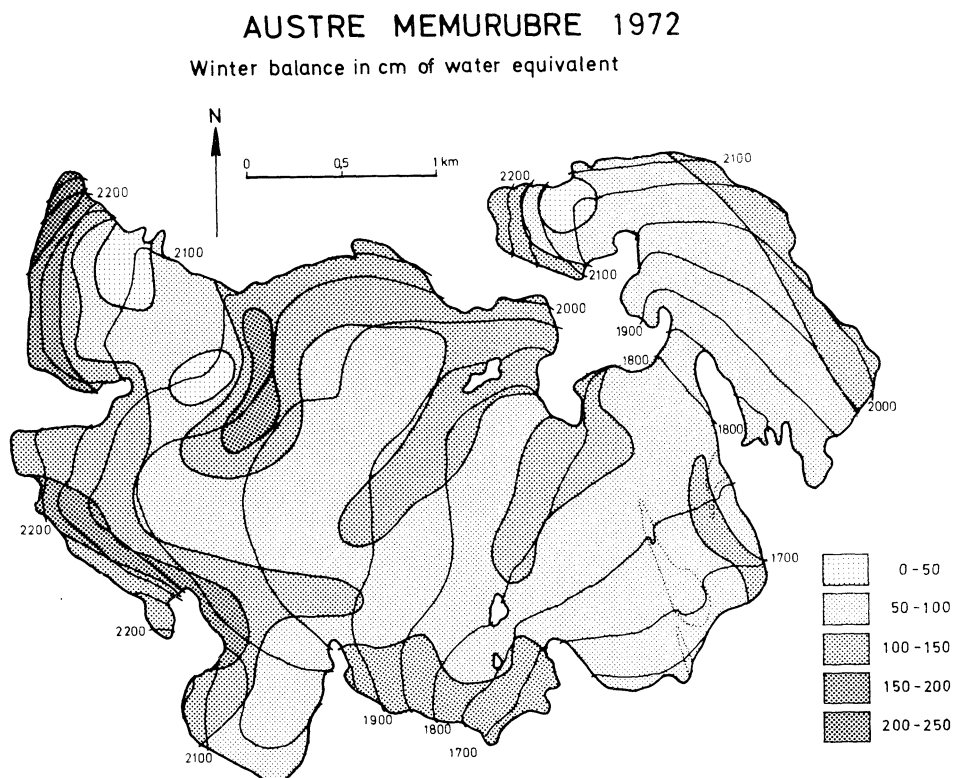


Fig. 33 Kart som viser fordelingen av vinterbalansen på Austre Memurubre 1972.

Distribution of the winter balance on Austre Memurubre 1972.



Fig. 34 Austre Memurubre 3. august 1972. Breen var på dette tidspunkt meget nær en balansetilstand og den temporære snögrensa på bildet skulle omtrent tilsvare firnlinja i et nøytralt balanseår.

Austre Memurubre photographed on a date when the glacier was very near an equilibrium state, August 3., 1972.



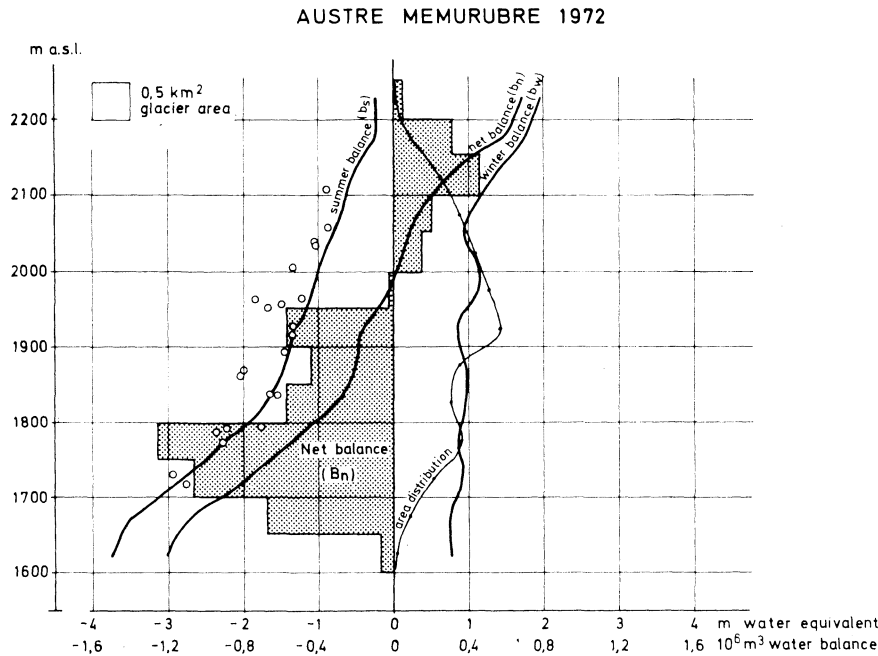


Fig. 36 Variasjonene av vinter-, sommer og netto-balansen med høyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balances in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

Nettobalanse. Austre Memurubre kom i 1972 ut med et underskudd på  $3,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig senkning av breflaten med 0,40 m vann og ga et ekstra tilsig til vassdraget på  $13 \text{ l/s km}^2$ . Likevektslinjen lå 1985 m o.h. Ellers kan mer detaljerte resultater leses ut av tabellen s. 41 og fig. 36.

Se også s.87 i denne rapport hvor bevegelsesmålinger på Austre Memurubre i perioden fra 1968 til 1972 behandles.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Observasjonene ved nedre hytte, 1550 m o.h., kom igang 22. juni og gikk kontinuerlig til 4. september. Resultater av temperatur, nedbør, vindstyrke og skydekkeobservasjonene er fremstilt i fig. 37 sammen med døgnlige avløpstall fra limnigrafen i elva fra Austre Memurubre, V.M. 1698.

Sky- og vindforhold. Det var lange perioder med stort sett pent vær i Jotunheimen denne sommeren og midlere skydekke for 74 observasjonsdøgn ble såpass lavt som 5,7. Juli hadde middelveiden 5,0 og august 5,8. 4 dager var helt skyfrie, 34 er notert som halvskyet eller klarere mens 11 dager hadde helt tett skydekke.

## AUSTRE MEMURUBRE 1972

ELEVATION: 1530 m

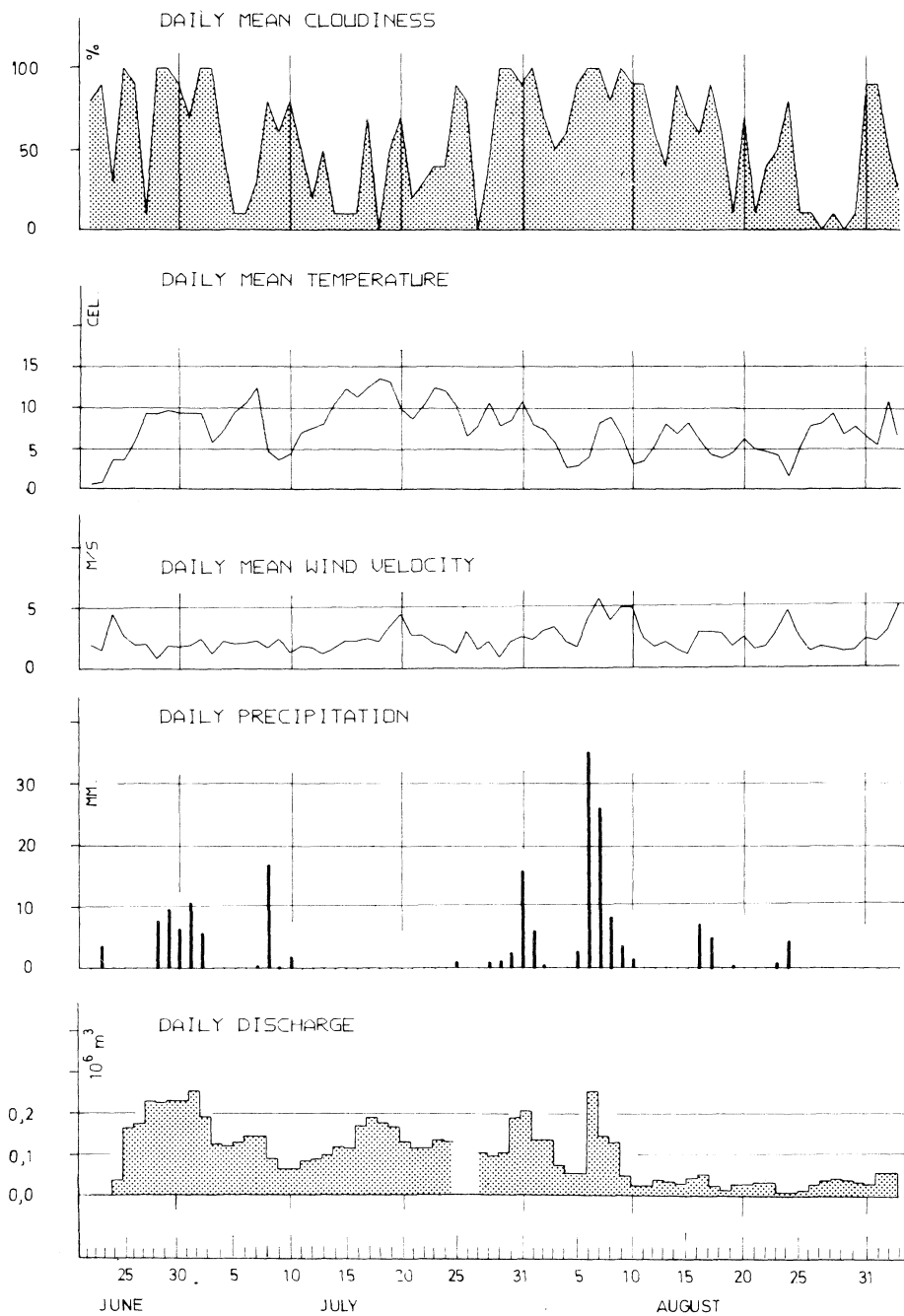


Fig. 37 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene ved observasjonshytta og beregnet døgnavlöp i Breelva.

The meteorological observations at Austre Memurubre and computed daily discharge in the glacier river.



Vindstyrken var hele tiden lav og nådde som døgnmiddelverdi aldri over 5,7 m/s som ble målt 7. august. Midlet for hele perioden ble 2,4 m/s og alle månedsmidlene lå mellom 2 og 3 m/s. Vindretningen svinger i godværsperioder ofte fra en svak bris ned dalen om morgenen til en tilsvarende bris oppover dalen om ettermiddagen.

Temperaturforhold. Middeltemperaturen for hele observasjonsperioden ved nedre hytte, ble  $7,3^{\circ}\text{C}$  eller  $2,0^{\circ}\text{C}$  høyere enn sommeren 1971. Månedsmiddelverdiene for juli og august ble h. h. v.  $9,3^{\circ}\text{C}$  og  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Høyeste døgnmiddeltemperatur ble målt 18. juli til  $13,6^{\circ}\text{C}$  mens laveste verdi,  $0,5^{\circ}\text{C}$ , forekom 22. juni.

Nedbørsforhold. Ved nedre hytte ble nedbøren målt i en pluvius hele perioden og i en pluviograf fra midten av juli. Parallelle registreringer i de to målerne viste svært liten forskjell, under 1% summert for hele perioden. De moderate vindstyrkene ved nedre hytte er da heller ikke egnet til å skape særlige mikrolokale variasjoner, slik en har registrert ved andre stasjoner.

Totalt falt det 185 mm fra 22. juni til 4. september. Av dette kom 28 mm de 9 dagene i juni, 57 mm i juli og 100 mm i august. Mest nedbør kom 6. august da en målte 35 mm ved nedre hytte. Ut fra målinger tidligere sommere vet en at nedbøren oppe på breen gjerne ligger ca. 25% høyere enn verdiene som registreres ved nedre hytte.

Avrenning. Total avrenning for hele måleperioden ble  $15,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller  $0,203 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  pr. dag. Størst avrenning var det først i perioden da også en god del smeltevann fra de brefrie deler av feltet passerte limnigrafen. Høyeste døgnavløp ble målt til  $0,510 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  den 7. august i forbindelse med sterk nedbør og relativ høy temperatur.

### Gråsubreen

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Vinterbalansen ble målt 29. og 30. mai. Snølaget var på dette tidspunkt oppvarmet til  $0^{\circ}\text{C}$  ned til ca. 1 meters dyp, men var frosset herfra ned til fjorårets sommerflate. Det var også snøvær under målingene, slik at ingen avrenning kunne ha funnet sted på dette tidspunkt. Det ble tatt 107 sonderinger jevnt fordelt over breflaten, fig. 38. Snødyper varierte fra 20 cm på de mest avblåste kulene til over 2 meter under botnveggen i sørvest.

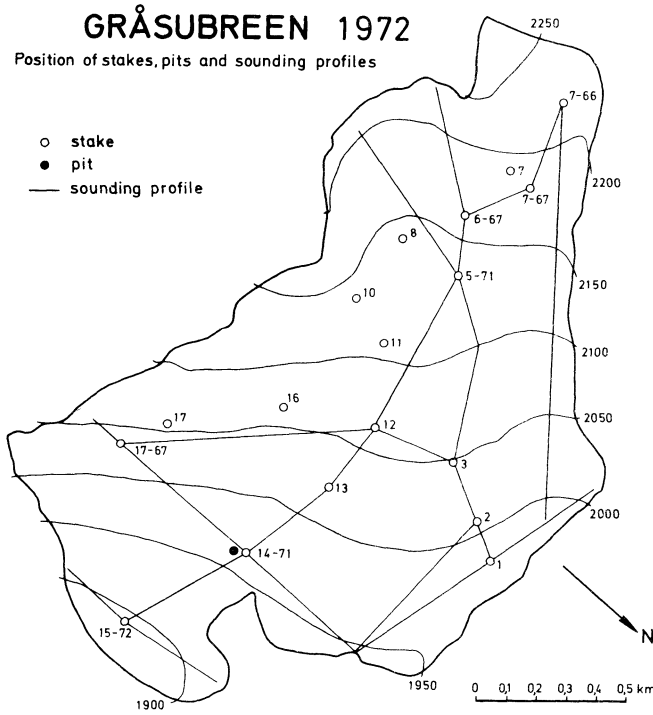


Fig 38 Beliggenheten av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

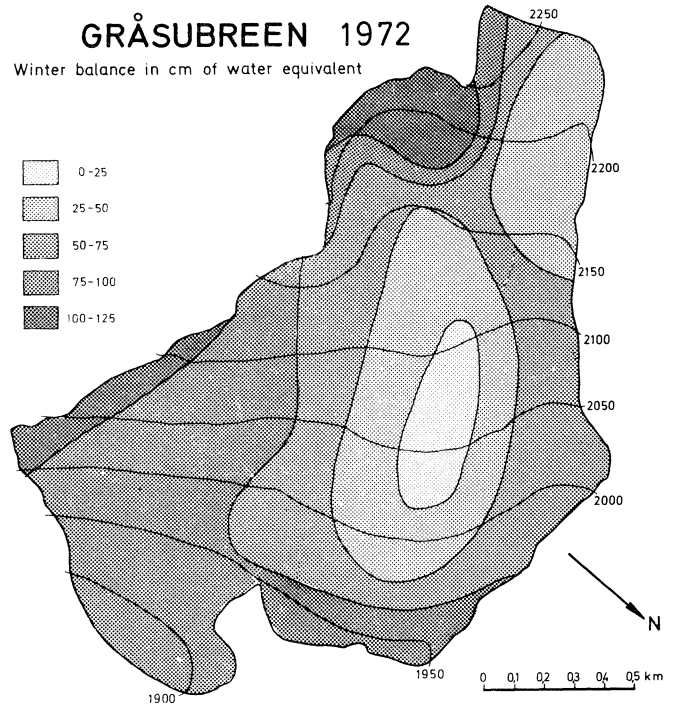


Fig 39 Kart som viser vinterbalansen 1972.

Map of the winter balance 1972.



Fig. 40 Under sterk smelting kan en få utviklet store smeltevannsbekker på de kalde, sprekkfrie breene i Øst-Jotunheimen. Det tynne, gjennombløtte snølaget kan da lokalt bli revet med av bekkevannet og ført nedover og delvis bort fra breflaten. For breen som helhet vil en slik ablasjon likevel være uten betydning. Fra Gråsubreen 4. juli 1973.

Slush avalanches can be found locally on the cold glaciers in East-Jotunheimen where the snow cover is thin and the surface free from crevasses. The photo shows part of Gråsubreen.

## GRÅSUBREEN 1972

Høyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B <sub>w</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>w</sub> m	l/s km <sup>2</sup>	B <sub>s</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>s</sub> m	l/s km <sup>2</sup>	B <sub>n</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>n</sub> m	l/s km <sup>2</sup>
2250-2280	0,031	0,025	0,81	26	0,019	0,63	20	0,006	0,18	6
2200-2250	0,180	0,124	0,69	22	0,150	0,83	26	-0,026	-0,14	-4
2150-2200	0,307	0,198	0,64	20	0,333	1,08	34	-0,135	-0,44	-14
2100-2150	0,383	0,229	0,60	19	0,476	1,24	39	-0,247	-0,64	-20
2050-2100	0,410	0,233	0,57	18	0,556	1,36	43	-0,323	-0,79	-25
2000-2050	0,471	0,289	0,61	19	0,648	1,38	44	-0,359	-0,77	-24
1950-2000	0,464	0,326	0,70	22	0,655	1,41	45	-0,329	-0,71	-22
1900-1950	0,216	0,189	0,88	28	0,351	1,63	51	-0,162	-0,75	-24
1870-1900	0,063	0,055	0,87	27	0,102	1,63	51	-0,047	-0,76	-24
1870-2280	2,525	1,668	0,66	21	3,290	1,30	41	-1,622	-0,64	-20

GRÅSUBREEN 1972

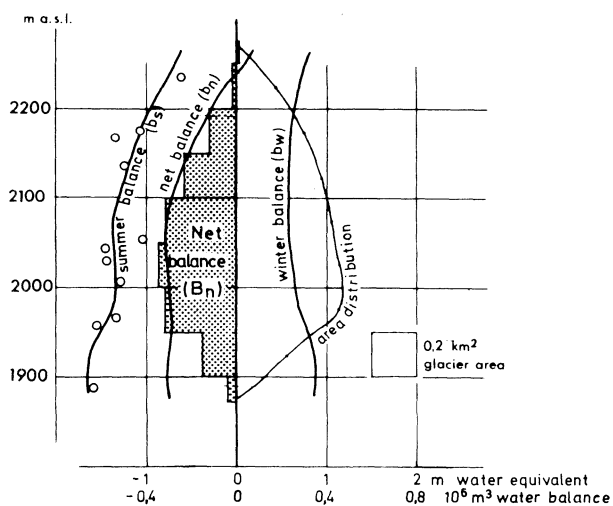


Fig 41 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med høyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

Vinterbalansen belöp seg totalt til  $1,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som utgjör et jevnt vannlag på 0,66 m tykkelse eller  $21 \text{ l/s km}^2$ .

**Sommerbalanse.** Ut fra de meteorologiske observasjonene på Fanaråken kan en se at ablasjonen neppe kom skikkelig igang för de siste dagene i juni, men fra da av og fram til august var det varmt vær og stor ablasjon. 15. juli var halve breen fremdeles snödekket mens målingen 10. august viste at ingen steder hadde positiv balanse. Fra 10. august til minimumsmålingene som ble utfört 3. september, var det liten ablasjon. Evt. ablasjon etter 3. september må også ha vært helt ubetydelig.

Sommerbalansen ble  $3,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , spesifikt fordelt 1,30 m eller  $41 \text{ l/s km}^2$ .

Nettobalanse. Gråsubreens budsjett viser også for 1972 et relativt stort underskudd.  $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann forsvandt fra breen i tillegg til vinternedbøren. Dette gir en gjennomsnittlig senkning lik  $0,64 \text{ m}$  vann ( $20 \text{ l/s km}^2$ ). Bare ubetydelige områder var snødekket ved sommersesongens slutt og likevektslinja lå 2240 m o. h.

### Högtuvbreen 1971

Som omtalt i rapporten for 1971 ble massebalansemålinger på Högtuvbreen igangsatt våren 1971, men resultatene kunne ikke beregnes før et tilfredstillende kart var konstruert. Dette er nå gjort, se egen omtale av kartet s. 69 og vedlegg på 3. omslagside. Resultatene fra 1971 og 1972 behandles hver for seg i foreliggende rapport.

### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Högtuvbreen ble første gang besøkt 24. april og 4 staker ble satt ut. Vinterbalansemålingene foregikk i midten av mai og 160 sonderinger

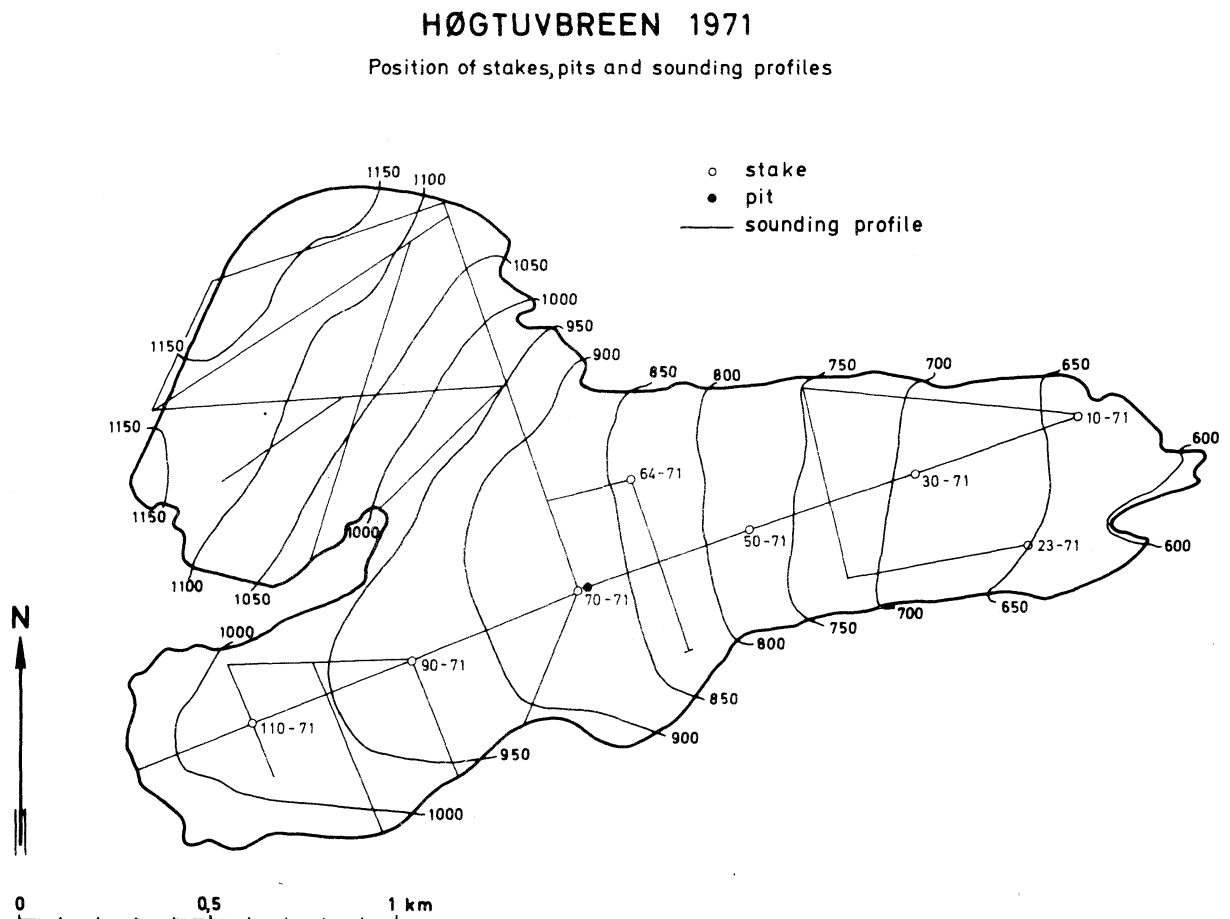


Fig. 42 Beliggenheten av staker, snøsjaker og sonderingsprofiler på Högtuvbreen.

The location of stakes, pits and sounding profiles on Högtuvbreen.

## HØGTUVBREEN 1971

Winter balance in cm of water equivalent

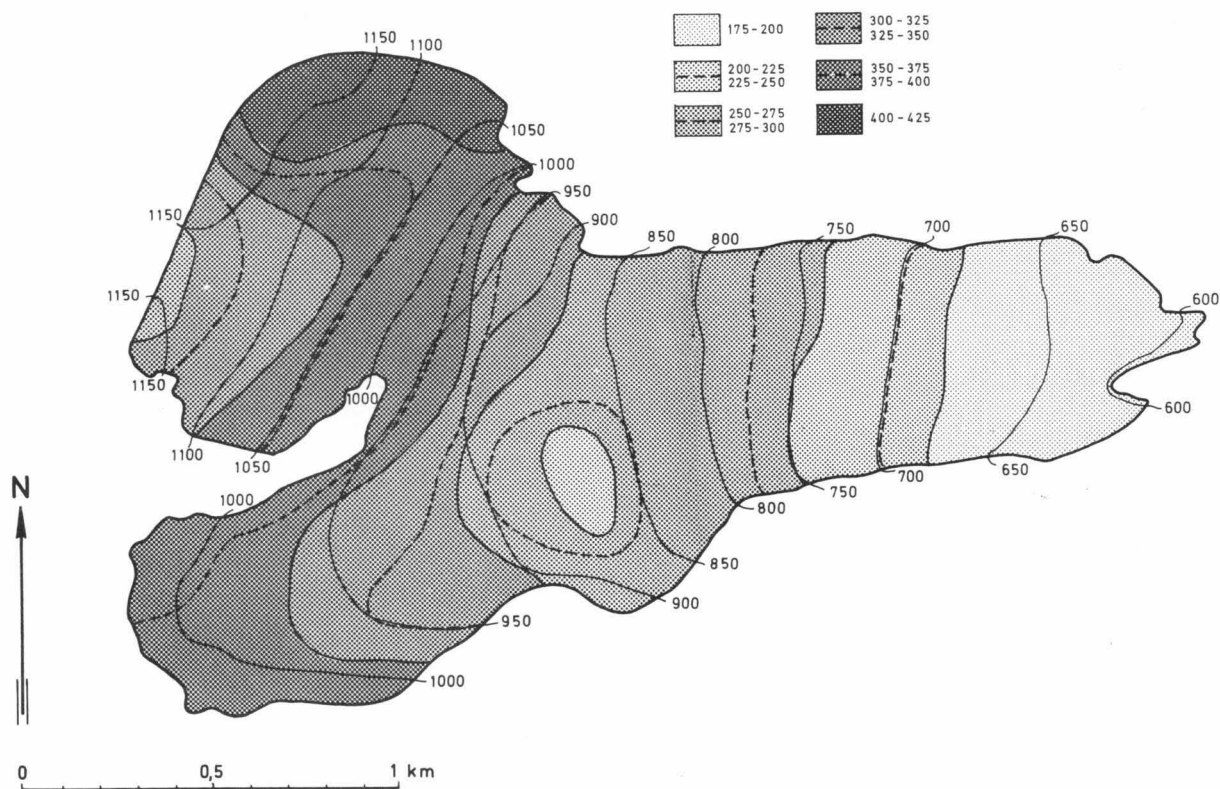


Fig. 43 Vinterbalansens fordeling på Høgtuvbreen 1971.

Distribution of the winter balance on Høgtuvbreen 1971.

ble tatt etter 14 km profillengde, hvilket gir 64 sonderinger pr. km<sup>2</sup>. Det var lett å sonde på selve bretunga samt i det sørligste firnområdet, mens sommeroverflaten fra 1970 var mer utydelig i det nordlige firnområdet. Snødyptet varierte fra vel 3 meter nederst på bretunga til over 8 meter like under breens høyeste partier. Langs høyderyggen som begrenser Høgtuvbreen mot nabobreen i nordvest, er det igjen mer avblåst slik at snømengdene avtar noe, se fig. 43. I alt 8 staker var plassert som vist på fig. 42 ved vintersesongens avslutning.

Vinterbalansen er beregnet til  $7,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  hvilket spesifikt fordelt utgjør 3,05 m eller 97 l/s km<sup>2</sup>. Dette er litt mindre enn tilsvarende tall fra Engabreen samme år, men vesentlig over Trollbergdalsbreen.

Sommerbalanse. Stakene ble avlest første gang 24. juni og deretter ca. hver uke til ut august. Ablasjonen sank forholdsvis jevnt oppover breen, men en mangler målinger fra det nordlige, høyestliggende firnområdet. Vinterens akkumulasjon smeltet bort ved alle stakene, men observasjoner av det nordlige firnområdet viste områder med gjenværende snø ved sommersesongens slutt.

## HÖGTUVBREEN 1971

Höyde over havet	Areal km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	$B_s$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	$B_n$ 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>
1160-1150	0,103	0,376	3,66	116	0,297	2,88	90	0,079	0,78	25
1150-1100	0,220	0,780	3,55	112	0,632	2,88	90	0,148	0,67	21
1100-1050	0,207	0,764	3,59	117	0,647	3,12	99	0,117	0,56	18
1050-1000	0,238	0,910	3,82	121	0,780	3,28	104	0,131	0,53	17
1000- 950	0,310	1,114	3,60	114	1,045	3,37	107	0,069	0,22	7
950- 900	0,305	0,987	3,24	102	1,084	3,56	113	-0,097	-0,32	-10
900- 850	0,320	0,889	2,78	88	1,194	3,74	118	-0,305	-0,95	-30
850- 800	0,172	0,494	2,88	91	0,665	3,87	123	-0,176	-1,00	-32
800- 750	0,158	0,434	2,75	87	0,671	4,25	135	-0,237	-1,50	-48
750- 700	0,160	0,383	2,40	76	0,765	4,78	152	-0,382	-2,38	-76
700- 650	0,220	0,432	1,96	62	1,128	5,13	163	-0,696	-3,16	-100
650- 588	0,165	0,308	1,87	59	0,866	5,25	167	-0,554	-3,40	-108
1160- 588	2,583	7 871	3,05	97	9.754	3,78	120	-1,883	-0,73	-23

## HÖGTUVBREEN 1971

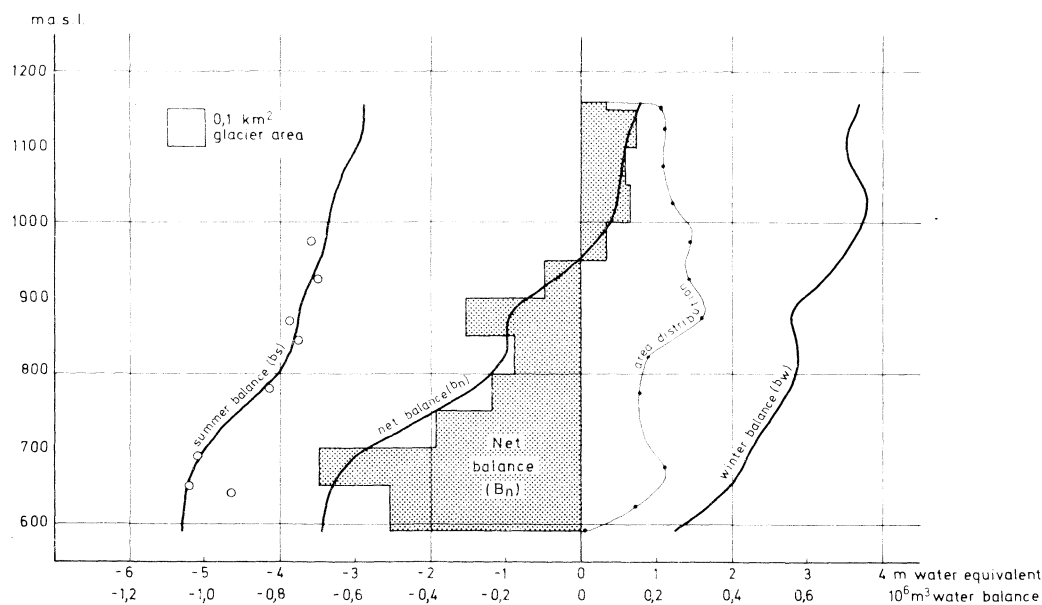


Fig. 44 Variasjonene med høyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

The diagram illustrates winter, summer and net balances in relation to elevation, the area distribution and the areal net balance in every 50 m height interval.

Siste stakekontroll foregikk 19. november. Det hadde da kommet opptil 2,5 m nysnø.

Sommerbalansen utgjorde  $9,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller 3,78 m (120 l/s km<sup>2</sup>).

Nettobalanse. Högtuvbreens budsjett viste for 1971 et underskudd på  $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Dette tilsvarer et gjennomsnittlig massetap lik  $0,73 \text{ m vann (23 l/s km}^2\text{)}$ . Resultatet avviker radikalt fra Engabreens nettobalanse som dette året viste et overskudd på  $1,01 \text{ m}$ . Derimot hadde Trollbergdalsbreen underskudd i nettobalansen, men dette var  $0,4 \text{ m}$  mindre enn på Högtuvbreen. Det er vanskelig å finne feilkilder som kan forklare en så stor spredning mellom enkeltresultatene. En må derfor konkludere med at klimaforholdene i balanseåret 1970/71 påvirket breene i Svartisområdet ulikt, uten at en idag kan si hvilke faktorer som var utslagsgivende.

Likevektslinjen på Högtuvbreen ble liggende  $950 \text{ m o. h.}$

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Observasjonene ble utført ved en nyoppført hytte like ved brefronten, ca.  $600 \text{ m o. h.}$  Målingene kom igang 1. juli og pågikk til 27. august. Døgnlige skydekke, vindstyrke, nedbør og temperatur er presentert i fig. 45. En limnigraf ble i midten av juni bygget ca.  $1 \text{ km}$  nedenfor brefronten. En pålitelig vannføringskurve ble derimot ikke etablert før en flom den 19. august fullstendig endret måleprofilen. Noen beregninger av døgnlige vannføring eller totalavløp for sommeren 1971 er derfor ikke utført.

Sky- og vindforhold. Av ialt 56 observasjonsdøgn var 2 helt skyfrie, 8 halvskyet eller klarere mens 20 dager hadde helt overskyet himmel. Midlere skydekke ble  $7,9$ .

Døgnlige vindstyrke varierte mellom  $11,8 \text{ m/s}$  (19. august) og  $1,2 \text{ m/s}$  (22. august). Middelverdien for hele perioden ble  $4,8 \text{ m/s}$ . Vindretningen er påvirket av dalens øst-vest retning og breens beliggenhet like vest for observasjonshytta. Den dominerende vindretning er derfor fra vest både i nedbørsituasjoner og i perioder med klart vær og brevind.

Temperaturforhold. Middelttemperaturen for 26 dager i juli ble  $6,8^\circ\text{C}$  og for like mange dager i august  $7,1^\circ\text{C}$ . Høyeste døgnmiddeltemperatur ble målt til  $13,7^\circ\text{C}$  den 31. juli og laveste  $2,0^\circ\text{C}$  (19. juli).

Nedbørsforhold. Juli og august 1971 var usedvanlig nedbørsrike på Helgelandskysten, stasjonen Nordfjordnes  $15 \text{ km}$  nordvest for Högtuvbreen, fikk h. h. v.  $275\%$  og  $316\%$  av normalverdiene for disse månedene. Ved Högtuvbreen registrerte en  $334 \text{ mm}$  i juli og  $576 \text{ mm}$  fra 1. til 27. august, totalt falt det altså  $910 \text{ mm}$  på 57 dager. 19. og 25. august hadde h. h. v.  $119 \text{ mm}$  og  $138 \text{ mm}$ . Sammenliknet med stasjonen ved Engabreen ser det ut som om Högtuvbreen totalt fikk  $10\%$  mer nedbør denne sommeren.

## HØGTUVBREEN 1971

ELEVATION: 620 m

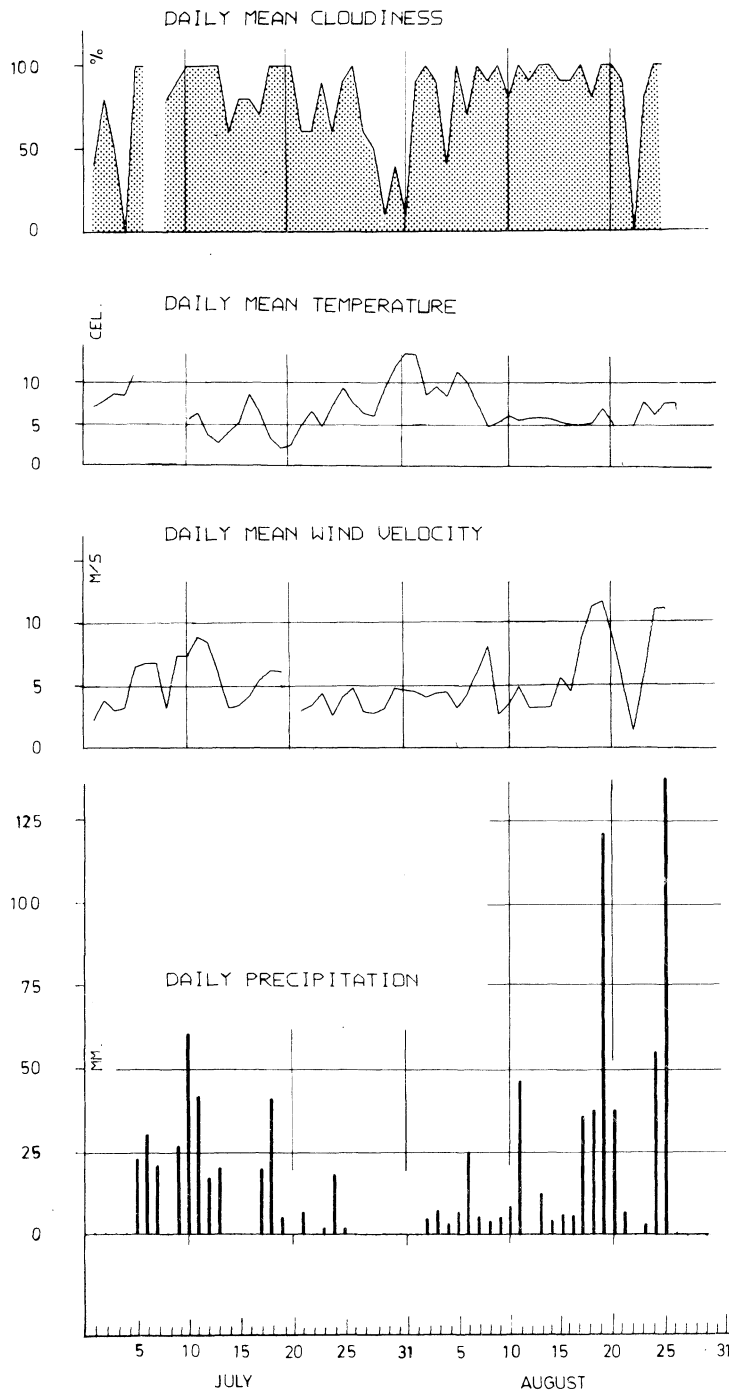


Fig. 45

Resultatene av de meteorologiske observasjonene ved observasjons-hytta sommeren 1971.

The daily meteorological observations at the observation hut.

Høgtuvbreen 1972Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Etter 19. november ble ikke breen besøkt for vinterbalanse-målingene ble utført i månedskiftet april/mai. Ca. 130 sonderinger ble da tatt fordelt som vist på fig. 46. Snødyppet lå mellom 4 og 9 meter og fordelings-



## HØGTUVBREEN 1972

Position of stakes, pits and sounding profiles

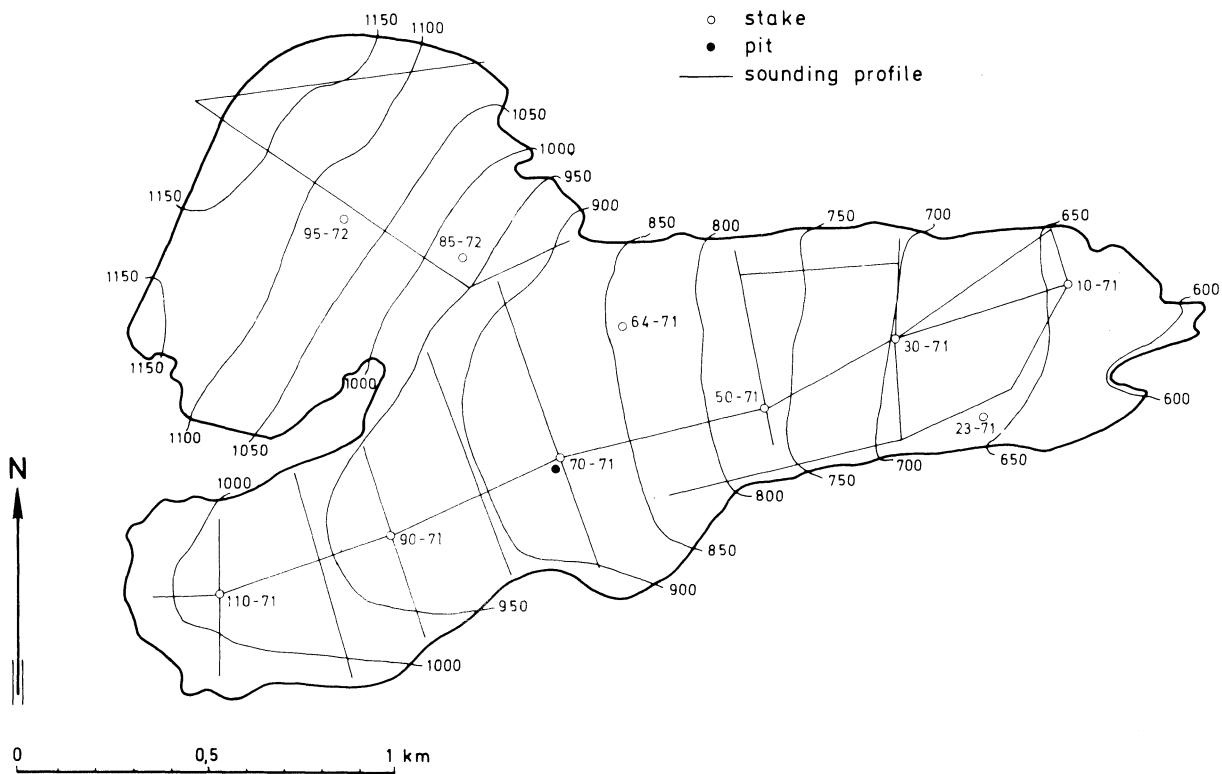


Fig. 46 Beliggenheten av staker, snøsjakter og sonderingsprofiler på Høgtuvbreen.

The location of stakes, pits and sounding profiles on Høgtuvbreen.

mønsteret var i store trekk det samme som året før. Også i 1972 var det vanskelig å få en sikker bestemmelse av snømengdene øverst i det nordlige akkumulasjonsområdet.

Vinterbalansen utgjorde totalt  $8,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller  $3,34 \text{ m}$  ( $105 \text{ l/s km}^2$ ) jevnt fordelt.

Sommerbalanse. Stakenettet ble utvidet med to nye staker plassert i det nordlige firnområdet, se fig. 46. Første avlesning ble foretatt 25. juni og videre fram til slutten av august ble stakene kontrollert ialt 14 ganger. Som på de andre undersøkte breene i Svartisområdet var ablasjonshastigheten stor fram til midten av juli, men moderat for resten av sommersesongen. Siste stakeavlesning ble utført 22. september, seinere kontroller viser at det bare kan ha vært ubetydelig ablasjon etter denne tid. Den store ablasjonen tidlig på sommeren eksponerte breisen forholdsvis raskt på de lavere deler av bretunga. I slutten av juli lå den temporære snøgrensen ca. 800 m o.h., men med bare flekker

## HØGTUVBREEN 1972

Winter balance in cm of water equivalent

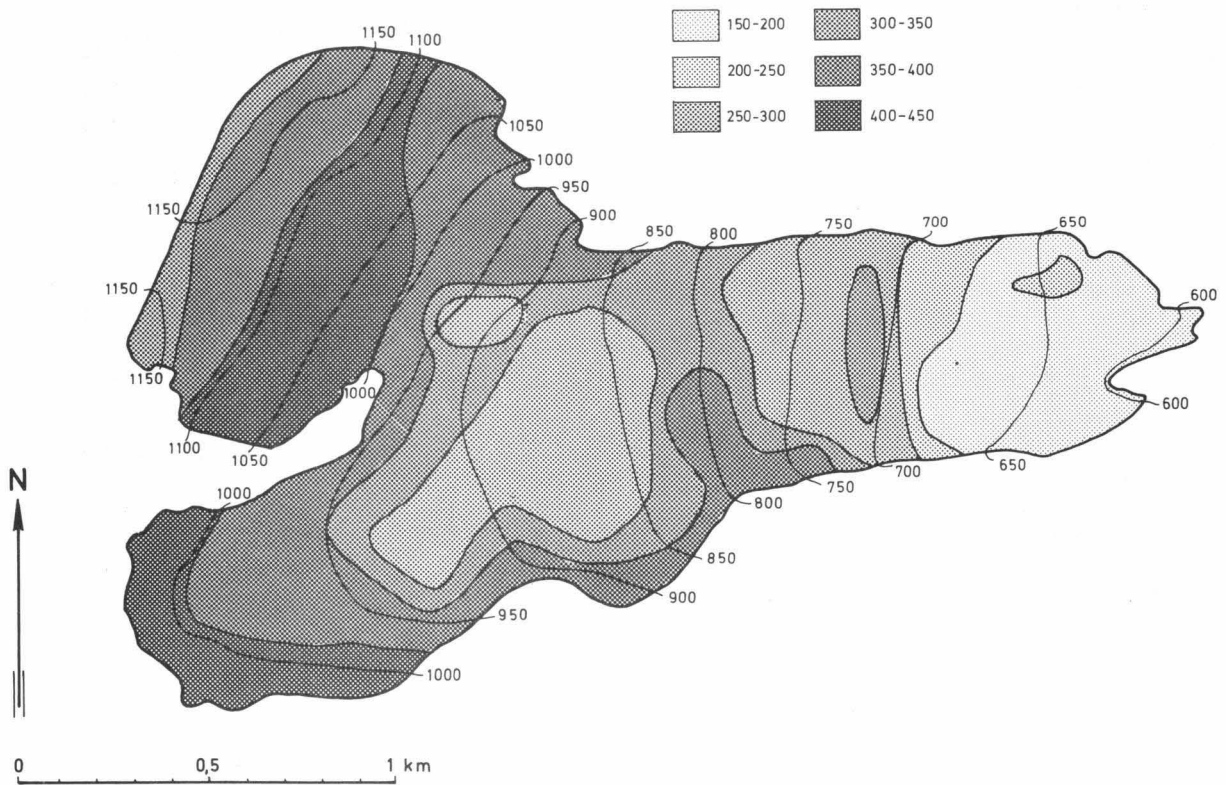


Fig. 47 Vinterbalansens fordeling på Högtuvbreen 1972.

Distribution of the winter balance on Högtuvbreen 1972.



Fig. 48 Den undersøkte delen av Högtuvbreen er en dalbreen som får sin tilførsel fra to akkumulasjonsområder. Denne breen har hatt en sterk tilbakegang i nyere tid og etterlot seg da store områder dekket med løst morenemateriale.

The investigated part of Högtuvbreen consists of a valley glacier fed from two accumulation areas. A rapid retreat in recent years has uncovered large areas with loose moraine material.

## HÖGTUVBREEN 1972

Höyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$	$b_w$		$B_s$	$b_s$		$B_n$	$b_n$	
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>
1150-1170	0,103	0,358	3,48	110	0,347	3,37	106	0,011	0,11	4
1100-1150	0,220	0,836	3,80	120	0,741	3,37	106	0,095	0,43	14
1050-1100	0,207	0,855	4,14	131	0,751	3,63	114	0,104	0,51	17
1000-1050	0,238	0,987	4,14	131	0,923	3,88	123	0,064	0,26	8
950-1000	0,310	1,250	4,03	127	1,227	3,96	125	0,023	0,07	2
900- 950	0,305	1,039	3,41	107	1,293	4,24	134	-0,253	-0,83	- 27
850- 900	0,320	0,988	3,09	97	1,474	4,61	145	-0,486	-1,52	- 48
800- 850	0,177	0,580	3,28	104	0,849	4,80	152	-0,269	-1,52	- 48
750- 800	0,158	0,580	3,21	101	0,770	4,87	154	-0,262	-1,66	- 53
700- 750	0,160	0,479	2,99	94	0,780	4,87	154	-0,301	-1,88	- 60
650- 700	0,220	0,445	2,02	64	1,100	5,00	158	-0,655	-2,98	- 94
588- 650	0,165	0,293	1,78	56	0,845	5,12	162	-0,552	-3,34	-106
588-1170	2,583	8,618	3,34	105	11,100	4,30	136	-2,481	-0,96	- 31

## HÖGTUVBREEN 1972

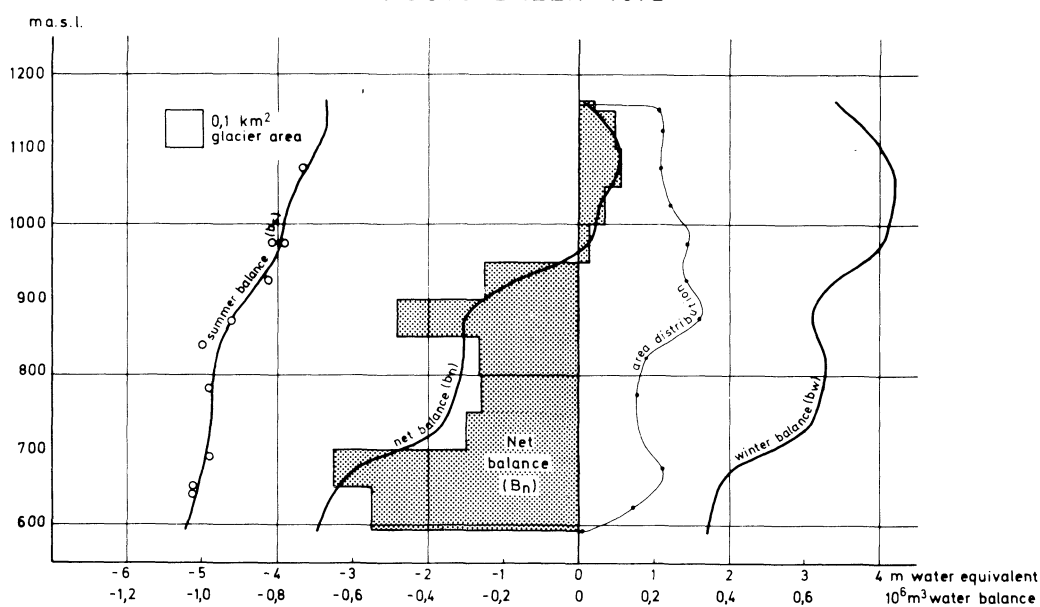


Fig. 49 Variasjonene med høyden over havet av vinter-, sommer- og netto-balansen, samt breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

The relation to the elevation of winter, summer and net balances, the area distribution of the glacier and areal values of net balance in every 50 m height interval.

også høyere oppe på breen.

Sommerbalansen belöp seg til  $11,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som spesifikt fordelt utgjör 4,30 m eller  $136 \text{ l/s km}^2$ .

Nettobalanse. Selv med vinterbalanseverdier antagelig godt over normalen,

kunne en ikke kompensere for den uvanlig store smeltingen en opplevet sommeren 1972. Högtuvbreen mistet masse tilsvarende  $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann som jevnt fordelt ville tilsvare 0,96 m o. h. Se ellers fig. 49 og tabellen s. 54 for mer detaljerte informasjoner.

Resultatene fra 1972 viser at Högtuvbrens nettobalanse også dette året viste større underskudd enn Engabreen, men mindre enn Trollbergdalsbreen. Det er følgelig bedre samsvar mellom enkeltresultatene dette året enn for 1971.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Måleprogrammet sommeren 1972 var det samme som er beskrevet for 1971, men måleperioden var lenger og strakk seg fra 19. juni til 1. september, ialt 74 observasjonsdøgn. Dessverre forekom det perioder hvor assistentene ikke var tilstede og kunne foreta nedbør-, sky- og vindobservasjoner slik at kontinuiteten dels mangler for disse værparameterene.

Sky- og vindforhold. Av ialt 52 observasjonsdøgn var ett helt skyfritt (30. august), 13 halvskyet eller klarere mens 17 dager ble notert som helt over- skyet. Midlere skydekke for hele perioden ble 7,2.

Anemometeret sviktet en periode i juli, slik at antall døgn med vindmålinger bare ble 42. Middelerdien for hele perioden ble 3,8 m/s med høyeste døgnverdi 9,6 m/s (17. juli) og laveste 1,1 m/s (29. august).

Temperaturforhold. Termografen fungerte tilfredstillende, også i de perioder hvor stasjonen ikke var fast bemannet. Middelerdien for 19. -30. juni, juli og august ble h. h. v.  $10,1^{\circ}\text{C}$ ,  $9,0^{\circ}\text{C}$  og  $7,7^{\circ}\text{C}$ . Høyeste døgnverdi ble målt til  $16,2^{\circ}\text{C}$  den 2. juli og laveste verdi var  $3,6^{\circ}\text{C}$  (20. juni). Temperaturgradienten mellom Högtuvbreen og klimastasjonen Nerdal i Rana er beregnet. Resultatet viser at gradienten var  $1,11^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$  i juli og  $0,84^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$  i august. Den høye gradienten må i stor grad skyldes brevindens lokale avkjøling av termografen.

Nedbørsforhold. Ved observasjonshytta falt det 434 mm fordelt på 51 døgn mens stasjonen Nordfjordnes registrerte 377 mm i samme periode. I første halvdel av juli falt nedbøren vesentlig som lokale ettermiddagsbyger. Det var også satt ut nedbørsmålere på breen ved st. 50 og 90. Registreringer fra disse antyder en vesentlig økende nedbørsmengde oppover breen. Neste sommer vil antallet nedbørsmålere utvides noe slik at nedbørsfordelingen bedre kan kartlegges i feltet.

## HØGTUVBREEN 1972

ELEVATION: 620 m

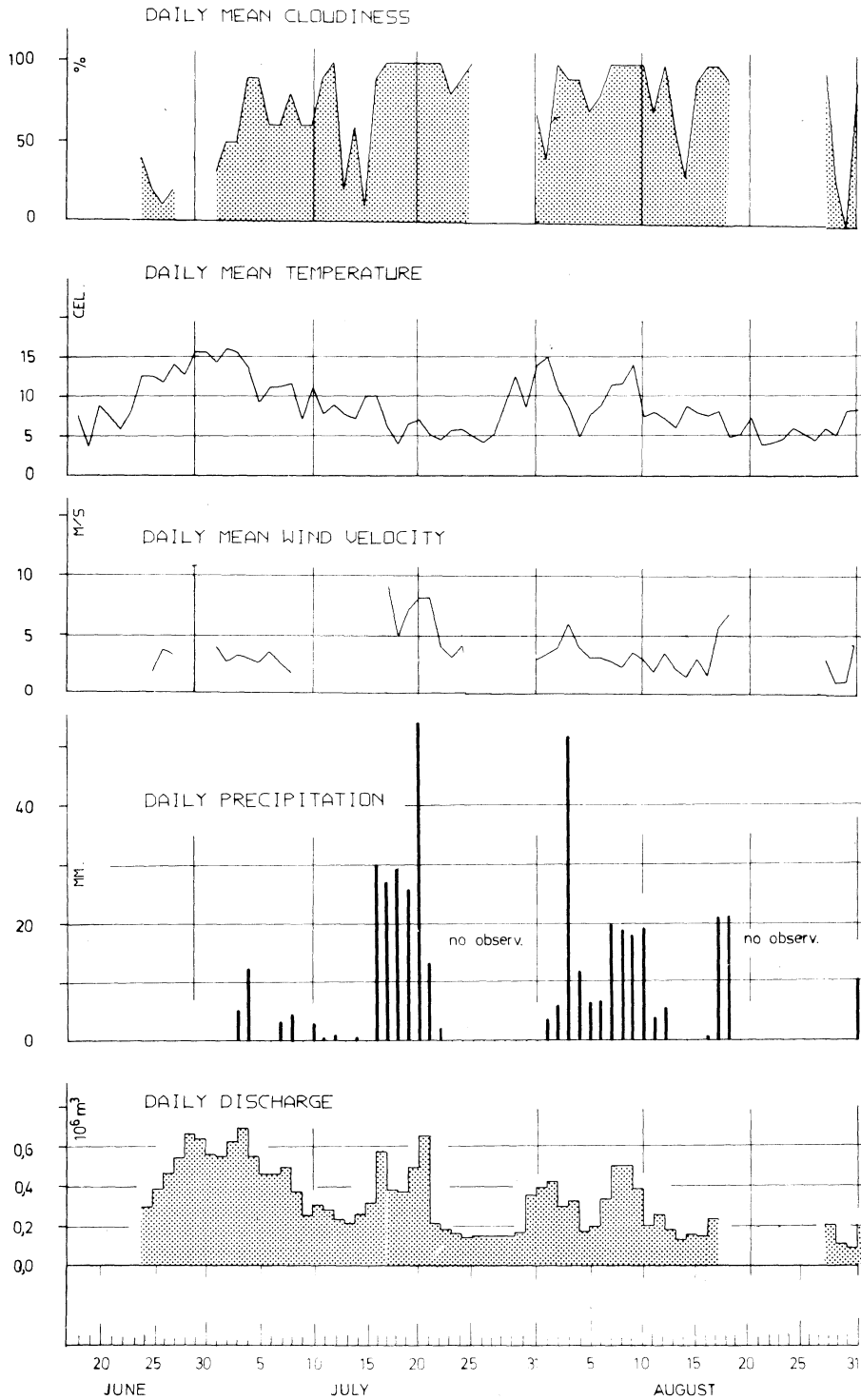


Fig. 50 Resultatene av de meteorologiske observasjonene ved observasjonshytta samt beregnet døgnavløp i breelva.

The daily meteorological observations and computed daily discharge in the glacier river.

Avrenning. Et vannmerke er opprettet ved slamprøvestedet ca. 700 meter nedenfor brefronten og en tilfredstillende vannføringskurve er oppmålt for dette vannmerket. Døgnlige avløpsverdier er beregnet for feltet som drenerer til vannmerket, ialt  $7,1 \text{ km}^2$  og resultatene er framstilt i fig. 50. Totalavløpet for 58 døgn ble  $24,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  med midlere døgnverdi lik  $0,336 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### Engabreen

#### Materialhusholdningen

Vinterbalanse. Breen ble ikke besøkt i løpet av vinteren og da vinterbalansen ble målt 28. april - 7. mai var ingen av stakene synlige. Nedbøren var stor, særlig i høstmånedene og snømengdene på Engabreen var omtrent like store som våren 1971. Sonderingsarbeidet på de øvre deler av breplatået var vanskelig p.g.a. store snødyp og en lite markert sommeroverflate fra 1971. Flere av fjorårets staker smeltet likevel fram iløpet av sommeren og sonderingsresultatene kunne da kontrolleres ved disse punktene. Vinterbalansekartet, fig. 52 er utarbeidet på grunnlag av 270 sonderinger. Da vinterbalansemålingene ble ut-

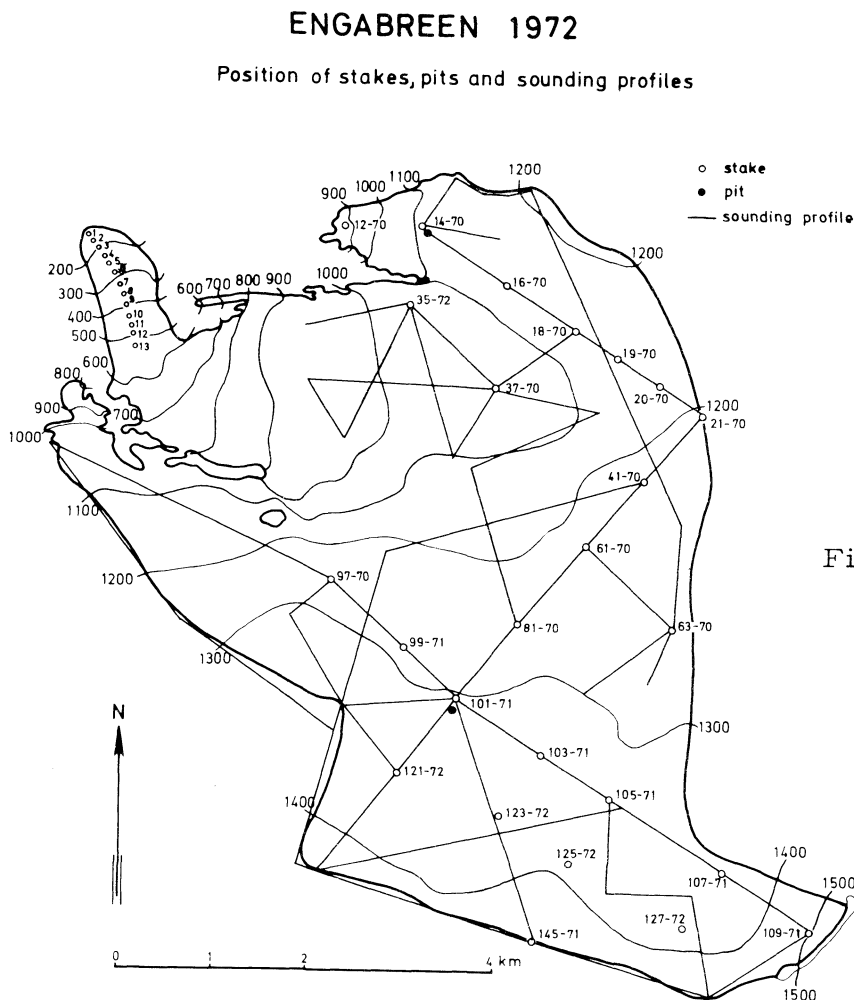


Fig. 51 Beliggenhet av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

## ENGABREEN 1972

Winter balance in cm of water equivalent

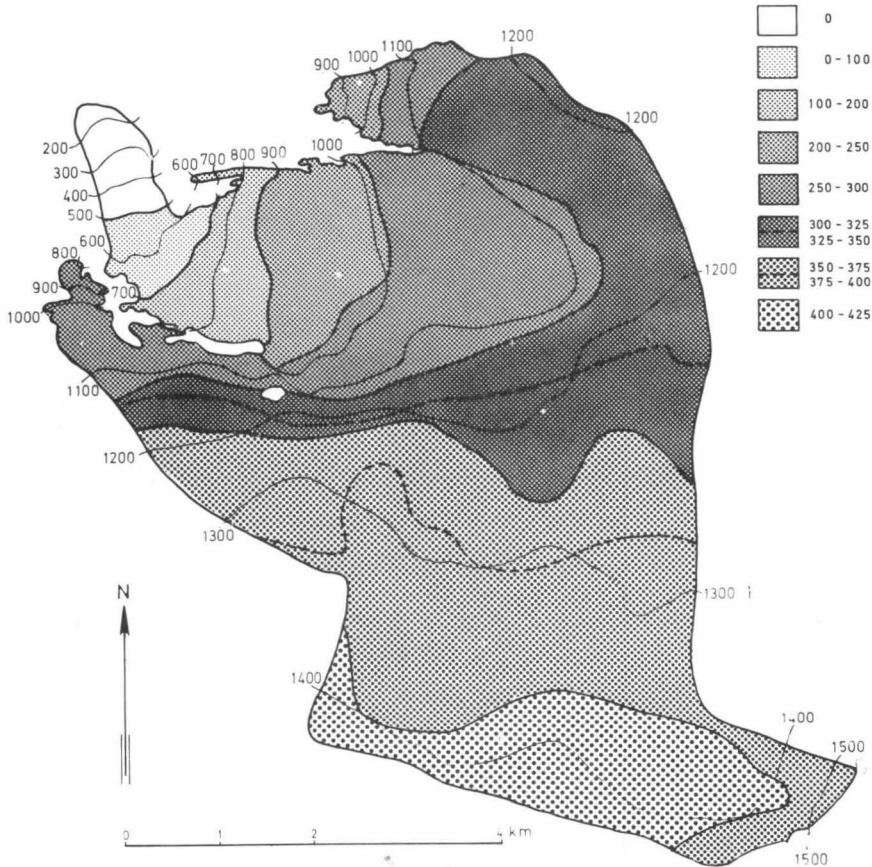


Fig. 52 Kart som viser vinterbalansen 1972

Map of the winter balance 1972.

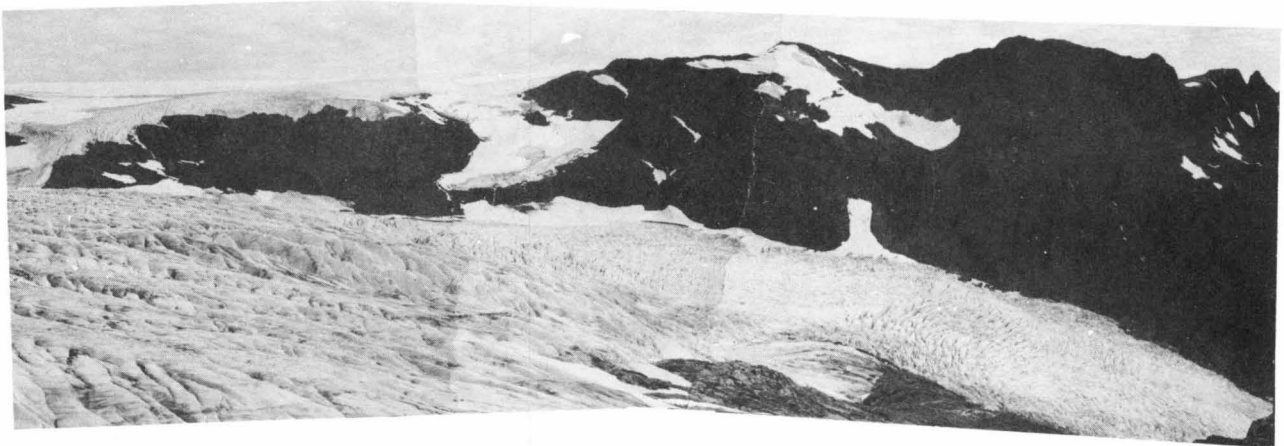


Fig. 53 I høydenivået fra 400 til 900 meter har Engabreen et meget oppsprukket brefall hvor direkte målinger ikke kan utføres.

Direct measurements in the icefall between 400 and 900 metres on Engabreen is impossible. This area is, however, small compared with the whole drainage area.

ført såvidt seint, var Bretunga allerede snøfri lavere enn ca. 500 m o.h. Visuelle observasjoner iløpet av vinteren tyder på at det samler seg svært lite snø på denne nederste delen av Bretunga og at den snøen som kommer, gjerne blåser ned i sprekken. En har derfor satt vinterbalansen lik 0 for dette området.

Vinterbalansen beløp seg totalt til  $122,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann, spesifikt fordelt 3,22 m ( $102 \text{ l/s km}^2$ ). Dette er meget nær verdiene fra 1971.

Sommerbalanse. Stakene ble avlest igjen 21. juni og det hadde da smeltet ca. 2 meter snø siden 6. mai. Ablasjonen var stor under varmeperioden i slutten av juni og fram til midten av juli. Resten av sommeren var det mer vekslende værforhold og ablasjonshastigheten gikk noe ned. Fjorårets staker kom etterhvert fram ved de fleste stakeposisjonene unntatt de mest høytliggende nær Snötind.

Endel snø falt i nivået over 1000 m o.h. fra 20.-25. juli og 4. august. På grunnlag av målinger ved stakene er denne sommerakkumulasjonen beregnet til  $1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Fordelt over breflaten høyere enn 1000 m gir dette en spesifikk akkumulasjon lik 6 cm vann. Endel nysnø må også ha kommet i slutten av august, men ble ikke målt. Siste stakekontroll foregikk 21.-22. oktober. Det hadde da kommet fra 1 til 2,5 m nysnø.

På Bretunga ble wirene nyboret i slutten av juli. Ablasjonen fram til denne tid måtte en derimot beregne ved å sammenligne med tidligere års målinger. Evt. usikre verdier fra dette området vil likevel virke lite inn på breens totale budsjett da arealene er små (under 3% av totalarealet).

Totalt utgjorde sommerbalansen  $125,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  som igjen tilsvarer 3,29 m spesifikt fordelt ( $104 \text{ l/s km}^2$ ).

Nettobalanse. Engabreen tapte masse tilsvarende  $2,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann. Spesifikt fordelt ville dette utgjøre 0,07 m ( $2 \text{ l/s km}^2$ ). Medregnet usikkerhet i målingene er det likevel grunnlag for å si at breen var i en likevektstilstand dette balanseåret. Likevektslinjen ble liggende 1150 m o.h. Se ellers fig. 54 og tabellen s. 60.

#### Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Ved øvre hytte, 880 m o.h., utførte en denne sommeren samme meteorologiske måleprogram som i 1971. Observasjonsperioden varte fra 17. juni til 29. august mens stasjonen ved Engavatn, 10 m o.h., var bemannet fra 1. juni til 18. september.



## ENGABREEN 1972

Höjde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		$B_w$	$b_w$	$l/s km^2$	$B_s$	$b_s$	$l/s km^2$	$B_n$	$b_n$	$l/s km^2$
		$10^6 m^3$	m		$10^6 m^3$	m		$10^6 m^3$	m	
1500-1594	0,124	0,48	3,87	123	0,36	2,88	91	0,12	0,97	31
1400-1500	2,508	10,16	4,04	128	6,83	2,72	86	3,33	1,33	42
1300-1400	9,348	36,78	3,94	125	25,12	2,68	85	11,66	1,25	40
1200-1300	8,548	30,24	3,54	112	25,25	2,95	93	4,99	0,58	18
1100-1200	7,600	23,57	3,10	98	23,47	3,09	98	0,10	0,01	0
1000-1100	4,662	12,86	2,76	87	16,00	3,43	108	-3,14	-0,67	-21
900-1000	2,460	5,67	2,30	73	9,74	3,96	125	-4,07	-1,65	-52
800-900	0,940	1,72	1,82	58	4,38	4,66	147	-2,66	-2,83	-90
700-800	0,500	0,61	1,22	39	2,75	5,50	174	-2,14	-4,28	-135
600-700	0,370	0,27	0,73	23	2,41	6,50	206	-2,14	-5,78	-183
500-600	0,270	0,07	0,26	8	2,03	7,50	237	-1,96	-7,26	-230
400-500	0,216	0	0	0	1,79	8,50	269	-1,79	-8,50	-269
300-400	0,165	0	0	0	1,57	9,50	300	-1,57	-9,50	-300
200-300	0,220	0	0	0	2,31	10,50	332	-2,31	-10,50	-332
80-200	0,095	0	0	0	1,09	11,50	364	-1,09	-11,50	-364
80-1594	38,020	122,43	3,22	102	125,10	3,29	104	-2,67	-0,07	-2

## ENGABREEN 1972

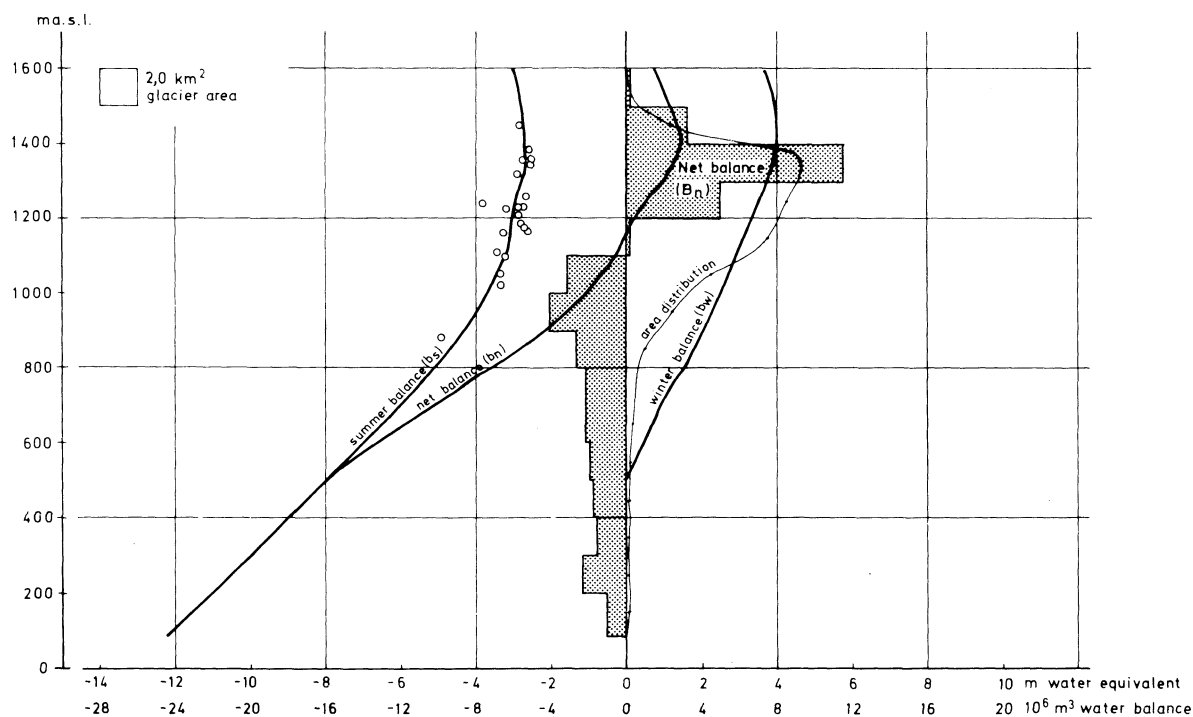
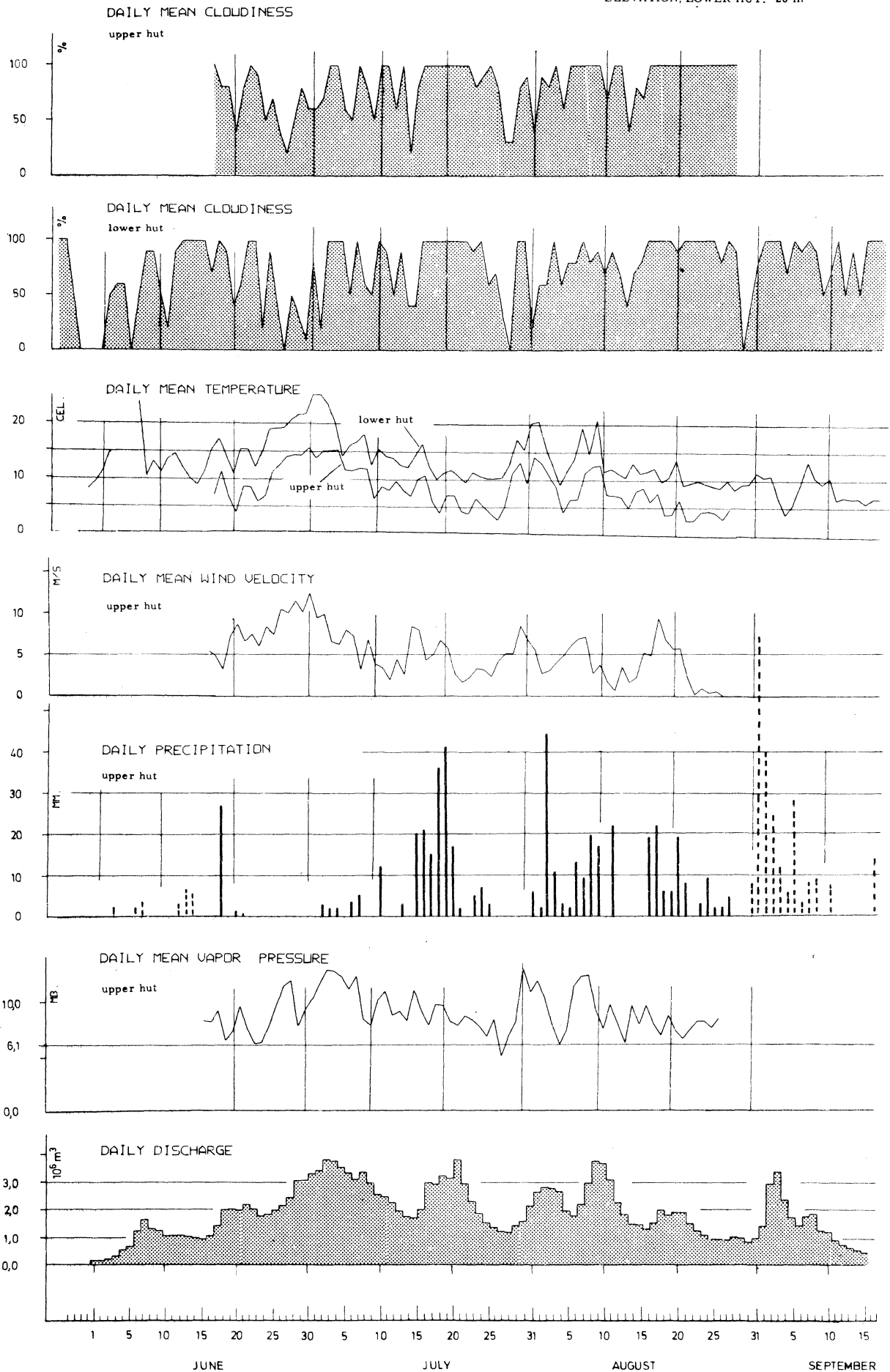


Fig. 54 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med höyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m höydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

ENGABREEN 1972

ELEVATION, UPPER HUT: 900 m  
 ELEVATION, LOWER HUT: 20 m



Sky- og vindforhold. Ingen dager var helt skyfrie ved övre hytte, 12 dager var halvskyet eller klarere mens 37 dager er notert med tett skydekke eller tåke. Midlere skydekke for juni, juli, august og hele observasjonsperioden ble h. h. v. 6, 7, 7, 9, 9, 6, og 8, 2. Ved Engavatn ble det for alle disse periodene notert lavere tall og midlet fra 1. juni til 18. september var 7, 4.

Dögnlig middelvindstyrke ved övre hytte varierte mellom 12, 5 m/s (3. juli) og 0, 2 m/s (25. august). Middelvindstyrken for hele måleperioden ble 5, 4 m/s. Av observasjonsdiagrammet vil en ellers se at de störste vindstyrkene gjerne måles i perioder med høy temperatur. Vindretningen er da ned fra breen og har karakter av brevind.

Temperaturforhold. Höyeste dögnmiddeltemperatur ved övre hytte var 15, 2°C (30. juni) mens stasjonen ved Engavatn målte 25, 5°C den 2. juli. Månedsmiddeltemperaturen for juni, juli, august og hele observasjonsperioden ble 9, 7°C, 8, 6°C, 7, 0°C og 8, 1°C ved övre hytte. Dette er 2, 0°C høyere middeltemperatur enn foregående sommer. Temperaturgradienten mellom stasjonen ved breen og ved Engavatn ble 0, 80°C/100 m i juni, 0, 69°C/100 m i juli, 0, 64°C/100 m i august og 0, 67°C/100 m for hele måleperioden. Tilsvarende gradient mellom hytta ved breen og stasjonen Glomfjord lå hele tiden 0, 14°C høyere enn de ovenfornevnte verdier.

Nedbörforhold. Utenom daglige registreringer ved de to observasjonshyttene var det også plassert endel målere rundt på breplatået. Det lyktes å få tilfredsstillende resultater for 3 avgrensede nedbörspenoder fra ialt 7 nedbörsmålere. Verdiene er framstilt visuelt i fig. 56. Måler nr. 1 og 2 representerer h. h. v. hytta ved Engavatn og ved brekanten. En har ennå ikke nok målepunkter til å kunne utarbeide nedbörsfordelingskart over hele breplatået, men årets resultater antyder en fordobling av nedbörsmengden fra havnivået til breplatået i 1300-meters nivået.

Ved observasjonshytta ble det registrert 476 mm fra 17. juni til 38. august. Stasjonen ved Engavatn fikk i samme tidsrom 417 mm. Det var også kraftig ned-

Fig. 55 (previous page)  
Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene samt beregnet dögnavlöp ved utlöpet av Engavatn.

The daily meteorological observations and computed daily discharge at Engabreen.

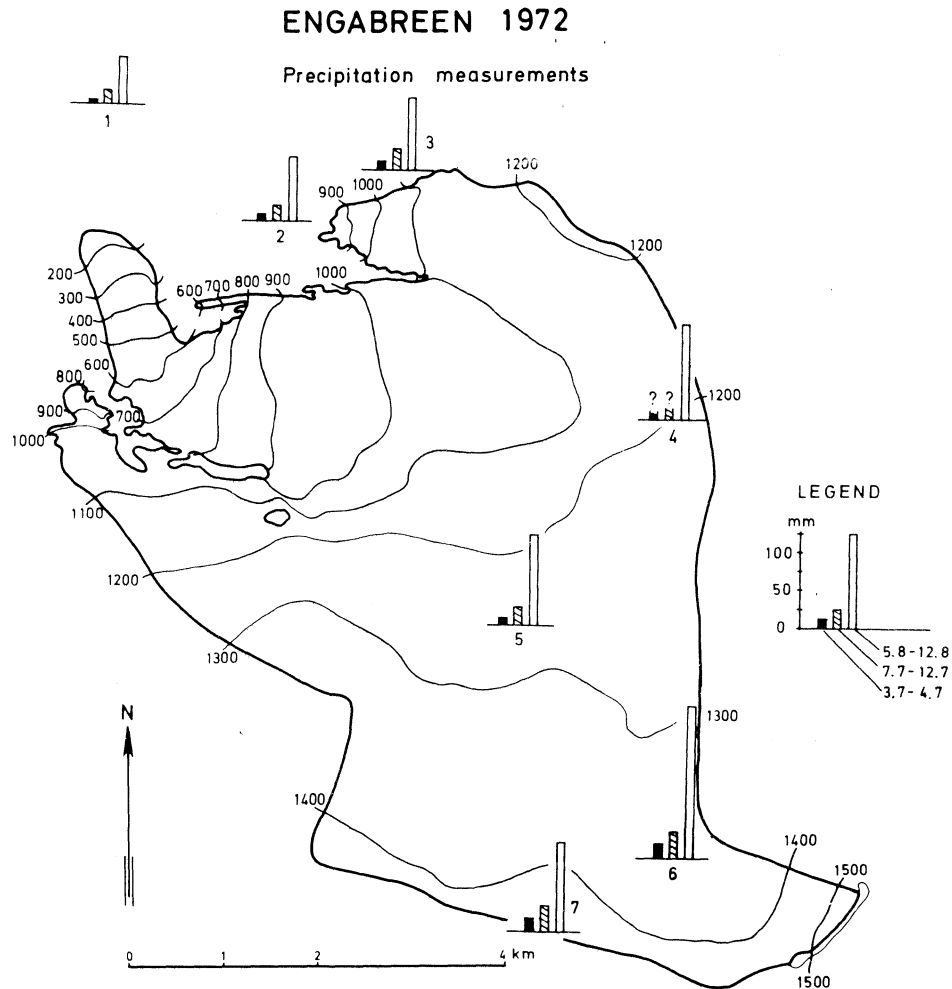


Fig. 56 Beliggenheten av nedbørsmålere på Engabreen sommeren 1972 samt registrerte nedbørshøyder i 3 perioder.

The location of precipitation gauges on Engabreen 1972, and the observed precipitation during 3 periods.

bør første halvdel av september og ved Engavatn kom det 212 mm fra 1. til 17. september. I fig. 55 er nedbøren ved Engavatn angitt med stiplede søyler i de perioder hvor øvre hytte var ubemannet.

Luftfuktigheten. Midlere vandamptrykk for hele perioden ble 8,9 mb. Juni hadde 8,3 mb, juli 9,4 mb og august 9,0 mb. Bare en dag (28. juli) var vandamptrykket under 6,1 mb som er metningstrykket ved en smeltende snöflate, mens to andre dager hadde akkurat denne dognverdien.

Avrenning. Totalavløpet fra Engavatnet mellom 1. juni og 18. september ble  $206 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Størst avløp var det under varmeperioden i overgangen juni/juli samt første halvdel av august hvor både nedbør og temperatur var relativ høy. Den kraftige nedbøren de første dagene i september ga også tydelige utslag på avrenningen. Døgnlign middelavrenning ble  $1,89 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

## Trollbergdalsbreen

### Materialhusholdningen

**Vinterbalanse.** Vinterbalansemålingene ble utført i månedskiftet april/mai ved at 190 sonderinger ble tatt jevnt fordelt over breflaten. Det var enkelt å lokalisere fjorårets sommeroverflate og snødypet varierte mellom 3 og 7 meter, se fig. 58. Vinterbalansen er beregnet til  $4,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann som jevnt fordelt tilsvarer 2,44 m eller  $77 \text{ l/s km}^2$  som årsavrenning. Dette er litt mer enn fjorårets vinterbalanse.

**Sommerbalanse.** Både mai og juni var langt varmere enn normalt i Svartisområdet og ved første stakekontroll 18. juni hadde det allerede smeltet 1,5-2,5 m snø siden 1. mai. Den kraftige ablasjonen fortsatte til midten av juli mens smeltehastigheten var moderat resten av sommeren. Den temporære snøgrensen krøp raskt oppover breen og lå i overgangen juli/august ca. 1100 m o. h. Bare st. 96 hadde positiv balanse ved sommersesongens slutt. Siste stakeavlesning ble foretatt 14. september og hele breen var da dekket av nysnø.

Sommerbalansen utgjorde  $7,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  eller h. h. v. 3,68 m og  $116 \text{ l/s km}^2$  spesifikt fordelt.

### TROLLBERGDALSBBREEN 1972

Position of stakes, pits and sounding profiles

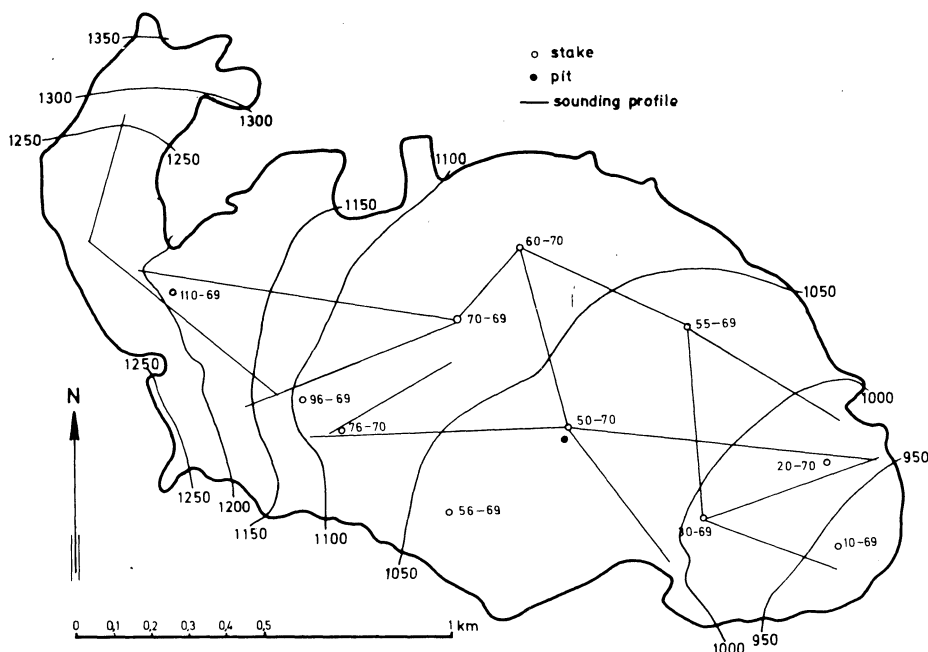


Fig. 57 Beliggenhet av staker, sjakter og sonderingsprofiler.

The location of stakes, pits and sounding profiles.

## TROLLBERGDALSBREEN 1972

Winter balance in cm of water equivalent

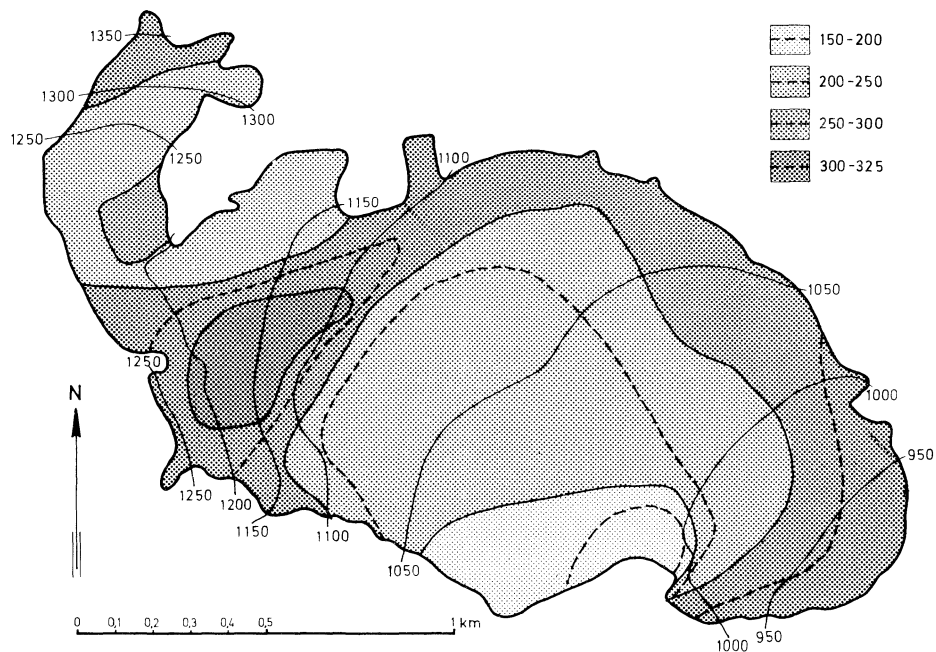


Fig. 58 Kart som viser vinterbalansen 1972.

Map showing the winter balance 1972.



Fig. 59 Trollbergdalsbrens front 31. juli 1972. Lokal snöoppsamling langs brekanten fører til seinere eksponering av breisen enn høyere oppe på breen.

On Trollbergdalsbreen local accumulation of snow near the glacier edges will delay the exposing of glacier ice.

## TROLLBERGDALSBREEN 1972

Høyde intervall m o. h.	Areal S km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse		
		B <sub>w</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>w</sub>		B <sub>s</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>s</sub>		B <sub>n</sub> 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	b <sub>n</sub>	
			m	l/s km <sup>2</sup>		m	l/s km <sup>2</sup>		m	l/s km <sup>2</sup>
1350-1375	0,003	0,008	2,67	85	0,008	2,67	85	0	0	0
1300-1350	0,039	0,099	2,54	80	0,107	2,75	87	-0,008	-0,21	-7
1250-1300	0,049	0,121	2,47	79	0,135	2,76	88	-0,014	-0,29	-9
1200-1250	0,189	0,476	2,52	80	0,522	2,76	88	-0,046	-0,24	-8
1150-1200	0,170	0,477	2,80	89	0,470	2,76	88	+0,007	+0,04	+1
1100-1150	0,128	0,355	2,77	88	0,416	3,25	103	-0,061	-0,48	-15
1050-1100	0,556	1,320	2,38	75	1,912	3,44	109	-0,592	-1,06	-34
1000-1050	0,615	1,362	2,21	70	2,554	4,15	131	-1,192	-1,94	-61
950-1000	0,199	0,502	2,52	80	0,925	465	147	-0,424	-2,13	-67
900-950	0,063	0,184	2,92	92	0,342	5,43	172	-0,158	-2,51	-80
900-1375	2,011	4,904	2,44	77	7,391	3,68	116	-2,487	-1,24	-39

## TROLLBERGDALSBREEN 1972

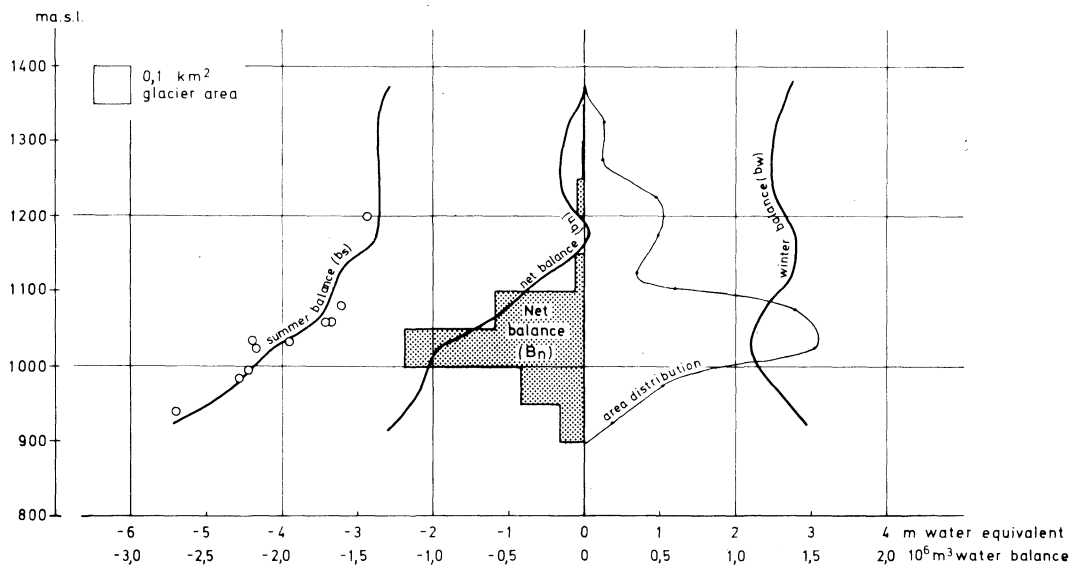


Fig. 60 Variasjonene av vinter-, sommer- og netto-balansen med høyden over havet, breens arealfordeling og arealverdier av netto-balansen i hvert 50 m høydeintervall.

Winter, summer and net balance in relation to the elevation, the area distribution and areal net balance in every 50 m height interval.

Nettobalanse. Trollbergdalsbreen tapte også i 1972 masse. Underskuddet utgjorde  $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann som igjen tilsvarer et lag på 1,24 meters tykkelse. I høydenivået mellom 1150 og 1200 meter var det en svak positiv nettobalanse og likevektslinjen ble liggende 1160 m o. h. Områdene over 1200 m hadde igjen negativ nettobalanse, men disse områdene har mer karakter av permanente snøfonner og tilhører sannsynligvis ikke den egentlige bremassen. Se ellers fig. 60 og tabellen ovenfor.

## TROLLBERGDALSBREEN 1972

ELEVATION: 960 m

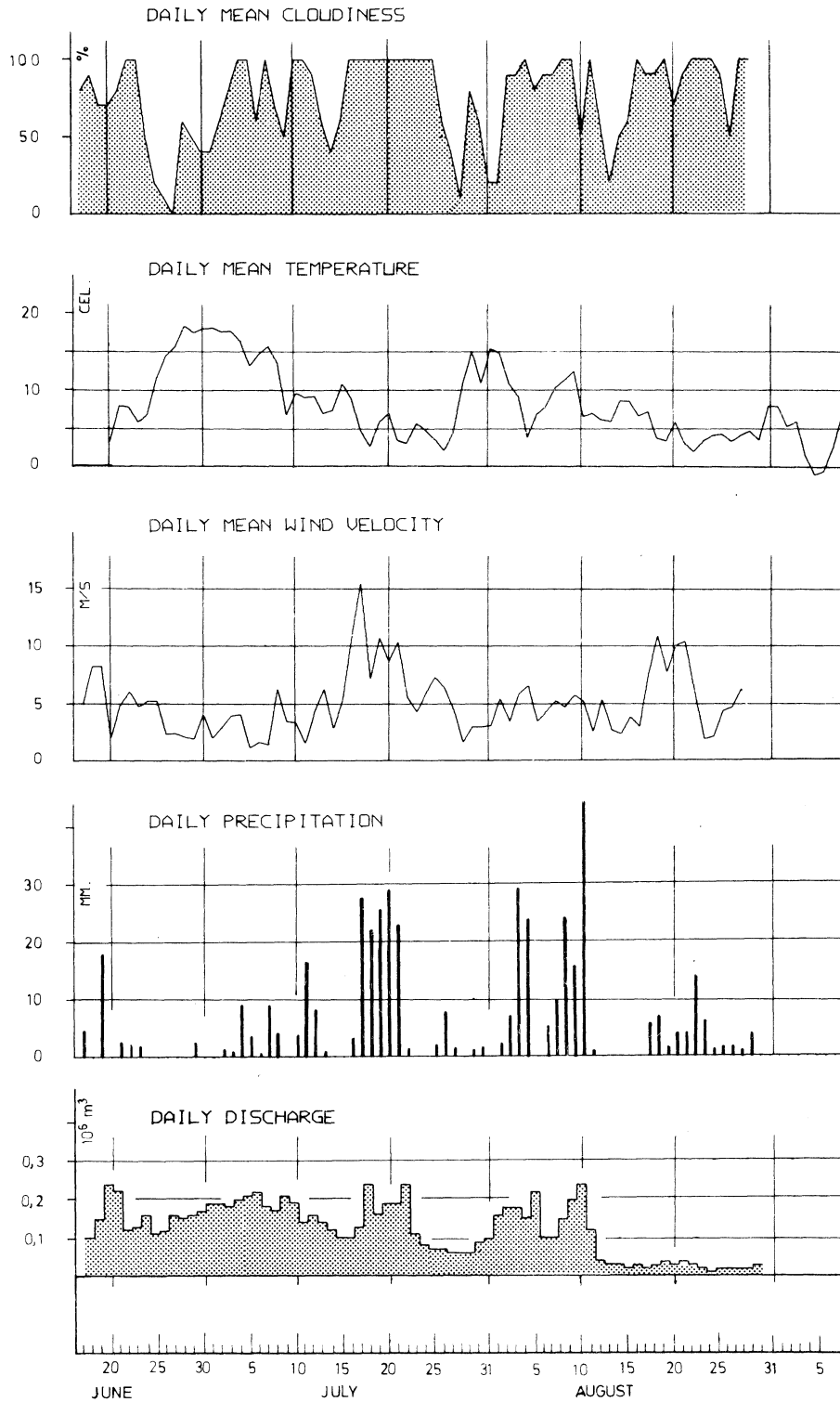


Fig. 61 Resultatene av de daglige meteorologiske observasjonene samt beregnet døgnavløp i breelva.

The daily meteorological observations and computed daily discharge in the glacier river.



## Meteorologiske og hydrologiske observasjoner

Stasjonen ved Trollbergdalsbreen (950 m o. h.) var fast bemannet i tidsrommet 17. juni - 29. august og temperatur, nedbør, skydekke samt vindhastighet ble registrert. Disse værparametrene er presentert i fig. 61.

Sky- og vindforhold. Midlere skydekke for hele perioden ble 7,5. Juni hadde 5,9, juli 7,7 og august 8,4. Bare en dag var helt skyfri, 17 dager var halvskyet eller klarere mens 28 dager hadde tett skydekke eller tåke.

Midlere vindstyrke ble 5,0 m/s med ekstremale døgnerverdier lik 15,4 m/s (17. juli) og 1,1 m/s (5. august). Alle månedsmidlene lå mellom 5 og 6 m/s. I motsetning til hytta ved Engabreen, er vindstyrkene på Trollbergdalsbreen lavest i godværsperioder med høy temperatur. Brevind synes altså å spille en liten rolle ved denne målestasjonen.

Temperaturforhold. Termografen gikk til 8. september og middeltemperaturene for perioden 17. juni - 8. september ble  $8,0^{\circ}\text{C}$  eller  $2,0^{\circ}\text{C}$  høyere enn foregående sommer. 14 dager i juni hadde middelverdi  $11,1^{\circ}\text{C}$ , juli  $9,4^{\circ}\text{C}$  og august  $6,6^{\circ}\text{C}$ . Høyeste døgnerverdi ble målt til  $18,4^{\circ}\text{C}$  den 28. juni mens laveste ble  $-1,0^{\circ}\text{C}$  (4. september). Under den uvanlig sterke varmebølgen i overgangen juni/juli lå døgnermiddeltemperaturen godt over  $10^{\circ}\text{C}$  i 14 dager.

Nedbørsforhold. Totalt oppfanget nedbørsmåleren ved brehytta 438 mm i måleperioden. Av dette kom 31 mm i juni, 198 mm i juli og 218 mm i august. Dette er omtrent det samme som ble målt i Glomfjord i samme periode og bare 10% mindre enn registreringene fra stasjonen ved Engabreen. Den store forskjell i nedbørsmengde en fant mellom Engabreen og Trollbergdalsbreen sommeren 1971 finner en derfor ikke denne sommeren.

Avrenning. Under den sterke nedbørsperioden 8. - 10. august skiftet breelva til et nytt leie ved limnigrafen. Et nytt vannmerke ble raskt etablert, men vannføringskurven for dette vannmerket er basert på færre målepunkter enn ønskelig. Døgnetlig vannføring er presentert i observasjonsdiagrammet, fig. 61. Resultatene etter 10. august må betraktes som mindre pålitelige enn for den første delen av sommeren. Totalavløpet er beregnet til  $8,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  for perioden 17. juni - 29. august.

### Nytt brekart over Høgtuvbreen

I samband med de glasiologiske undersøkelser som er satt igang i Svartisen-området har det vært nødvendig å utarbeide spesielle detaljkart over de utvalgte breer. Slike brekart er tidligere (1970) blitt konstruert over Engabreen og Trollbergdalsbreen, og de fulgte som bilag til rapporten "Glasiologiske undersøkelser i Norge 1970" (Hydrologisk avdelings rapport nr. 2/71).

Konstruksjonen av det nye kartet over Høgtuvbreen ble foretatt av oppmålingstekniker H. M. Berntsen i Norges Geografiske Oppmåling på grunnlag av flybilder tatt av Fjellanger Widerøe A/S den 29. juli 1972 (oppgave nr. 4079).

Det geodetiske grunnlaget i området er relativt svakt; bare 2 aerotriangulerte punkter lå innenfor stereomodellen, helt i øst. Disse punktene skal f. ø. danne

### LOCATION MAP

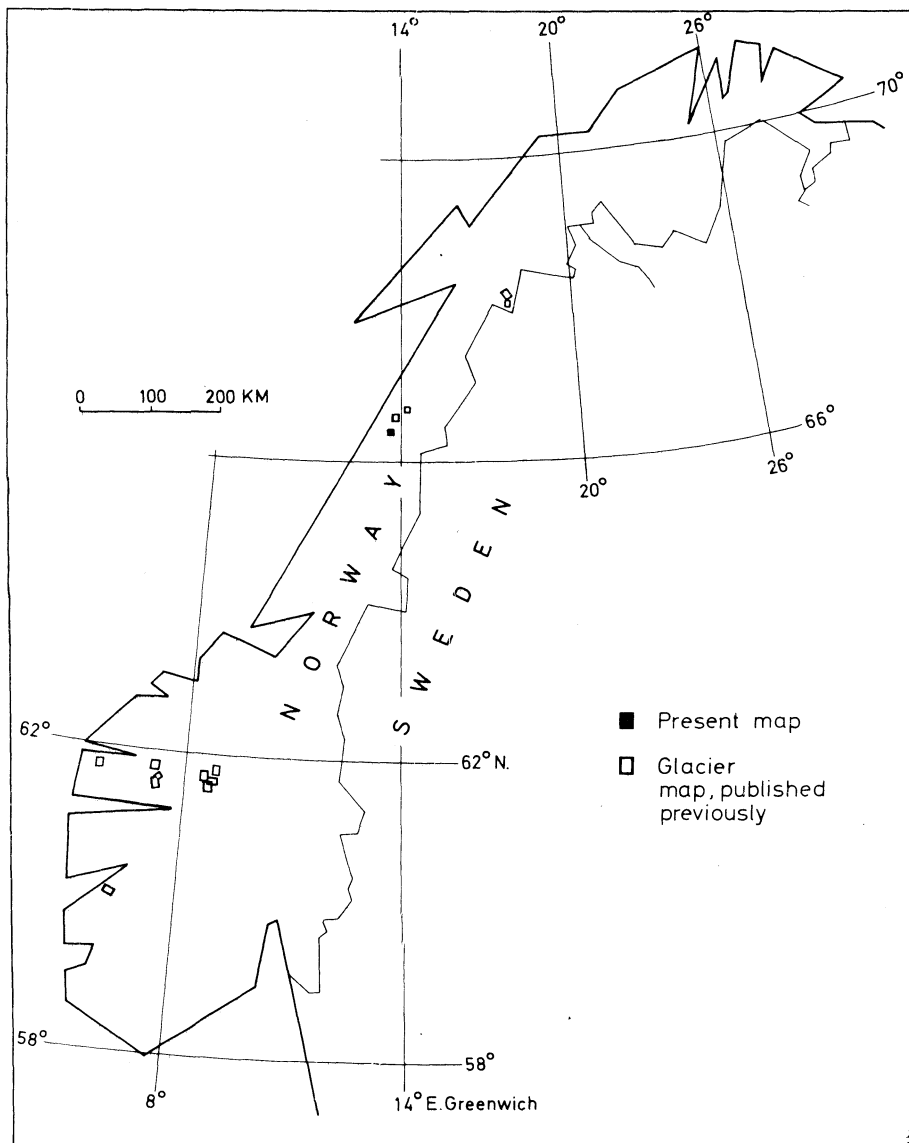


Fig. 62

Oversikt over brekart utarbeidet av NVE. Kartet over Høgtuvbreen er angitt med en sort rute.

Index map showing location of glacier maps published by NVE.

grunnlag for topografisk kartblad 1927-I, Nord-Rana, i den nye kartserien M 711. For å rette opp stereomodellens vestre del måtte man benytte noen små vann som er gjengitt på det gamle topografiske kart J-15 Svartisen. Det foreligger derfor en viss usikkerhet i absoluttorienteringen av stereomodellen men feilen i absoluttangivelse, horisontalt og vertikalt, er antakelig under 10 m. De relative side- og høydebestemmelser har en nøyaktighet bedre enn 5 m.

Ved konstruksjonen ble det lagt vekt på å markere bresprekker og høydepunkter i terrenget for å gjøre kartet så nyttig som mulig for de feltarbeider som skal utføres. Alle smeltevannbekker og små vannflater er tatt med på kartet, selv om noen av dem ofte tørker inn og forsvinner i løpet av sommeren. Målestokken, 1:10.000, og ekvidistansen, 10 m, er den samme som på de fleste andre brekart NVE har utgitt. Dette er også i overensstemmelse med de internasjonalt foreslåtte standarder for slike kart. Av samme grunn er også UTM koordinater angitt ved 1 km ruter, men geografiske koordinater er også markert i kartets ramme. Kartografisk skiller dette kartet seg lite fra tidligere utgitte brekart, den hvite breflaten med lysegrønne høydekurver har vist seg praktisk ved bruk ute, og "våtsterkt" kartpapir ble benyttet for om mulig å øke levetiden ved feltbruk.

Kartet ble trykt på et ark som er noe større enn strengt tatt nødvendig, men dette ble gjort for å få med de trigonometriske punktene på Leirådalsryggen og Høgtuva. Et lokalt triangelnett som bl. a. skal brukes som basis for måling av ishastighet, ble opprettet og delvis inntriangulert i 1973 men disse punkter er ikke avmerket på kartet.

På baksiden av kartet er det trykt utsnitt av flybilder tatt med 10 års mellomrom. Dette er gjort for å vise breens tilbakegang fra 1962 til 1972. Brefronten har gått tilbake omtrent 300 m, altså i gjennomsnitt 30 m pr. år i denne periode. Det nye kartets beliggenhet i forhold til tidligere utgitt brekart vises på fig. 62.

#### En sammenlikning av materialhusholdningen på de enkelte breer

I alt 14 breer ble undersøkt i balanseåret 1971/72, av disse ligger 11 i Sør-Norge og de resterende 3 tilhører Svartiskomplekset. Se fig. 1 for en nærmere lokalisering.

Undersøkelsene bekostes ved 3 breer over Norsk Polarinstitutt's budsjett mens de resterende 11 hører inn under Brekontorets arbeidsoppgaver. Under innledningskapitlet er det redegjort nærmere om bekostningsmåten for hver enkelt

	Areal km <sup>2</sup>	Vinterbalanse			Sommerbalanse			Nettobalanse			Likevekts- linje m o. h.
		B <sub>w</sub>	b <sub>w</sub>		B <sub>s</sub>	b <sub>s</sub>		B <sub>n</sub>	b <sub>n</sub>		
		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m	l/s km <sup>2</sup>	
Ålfotbreen	4,79	18,26	3,81	120	17,70	3,70	117	0,56	0,11	3	1195
Blomsterskardbreen	45,72							14,43	0,32	10	1340
Vesledalsbreen	4,18	8,01	1,92	61	9,49	2,27	72	-1,47	-0,35	-11	1475
Tunsbergdalsbreen	49,35	100,09	2,02	64	125,78	2,52	80	-25,69	-0,50	-16	1490
Nigardsbreen	46,40	87,38	1,88	59	94,08	2,02	64	-6,70	-0,14	-5	1570
Hardangerjøkulen	17,79	30,62	1,78	56	32,02	1,86	59	-1,40	-0,08	-3	1650
Storbreen	5,40	7,50	1,39	44	9,18	1,70	54	-1,68	-0,31	-10	1770
Hellstugubreen	3,27	3,10	0,94	30	4,71	1,43	45	-1,62	-0,49	-15	1950
Vestre Memurubre	8,96	10,70	1,19	38	13,18	1,47	46	-2,47	-0,28	-9	1885
Austre Memurubre	8,72	8,90	1,02	32	12,38	1,42	45	-3,48	-0,40	-13	1985
Gråsubreen	2,53	1,67	0,66	21	3,29	1,30	41	-1,62	-0,64	-20	2240
Högtuvbreen	2,58	8,62	3,34	105	11,10	4,30	136	-2,48	-0,96	-31	970
Engabreen	38,02	122,43	3,22	102	125,10	3,29	104	-2,67	-0,07	-2	1150
Trollbergdalsbreen	2,02	4,90	2,44	77	7,39	3,68	116	-2,49	-1,24	-39	1160

bre.

Balanseresultatene fra alle breene er presentert samlet nedenfor. Fra Blomsterskardbreen har en bare tall for nettobalansen. Denne breen måles etter en noe forenklet metodikk, se nærmere omtale på s.15 . Som i tidligere rapporter er resultatene framstilt grafisk i fig. 63 . Fig. 64 viser alle nettobalansekurvene plottet i samme diagram, en ser tydelig hvordan kurvenes gradienter synker fra de vestligste breene mot mer kontinentale områder i Jotunheimen. På Ålfotbreen endres spesifikk nettobalanse med 1,00 meter for hver 100 meter stigning mens tilsvarende tall for Gråsubreen ble 0,25 m. Nettobalansekurvenes gradient bestemmes vesentlig av strålingens betydning contra andre smeltefaktorers innvirkning. Strålingen er stort sett uavhengig av høyden og en økende andel strålingsablasjon i sommerbalansen vil resultere i en lavere gradient både på sommer- og nettobalansekurvene. Fig. 64 kan følgelig til en viss grad gi informasjon om strålingens andel i smelteprosessen på hver bre.

Fig. 65 viser middelverdier av vinter- og sommerbalansen for de 10 år massebalansemålingene har pågått ved et større antall breer. Middelverdiene kan også sammenliknes med beregnede normalverdier og årets resultater. Bare Nigardsbreen har øket sin masse i denne 10-årsperioden. Det ser ellers ut til at sommerbalansen har vært noe større og vinterbalansen litt mindre enn det beregnet normale ved alle de andre breene.

Balanseåret 1971/72 var karakterisert ved stor nedbør i høstmånedene langs hele vestkysten av Norge. Etter årskiftet kom det derimot svært lite nedbør på Vestlandet og i Nordland, noe mer på Östlandet. Målingene av vinterbalansen

## MASS EXCHANGE ON GLACIERS IN SOUTHERN NORWAY 1972

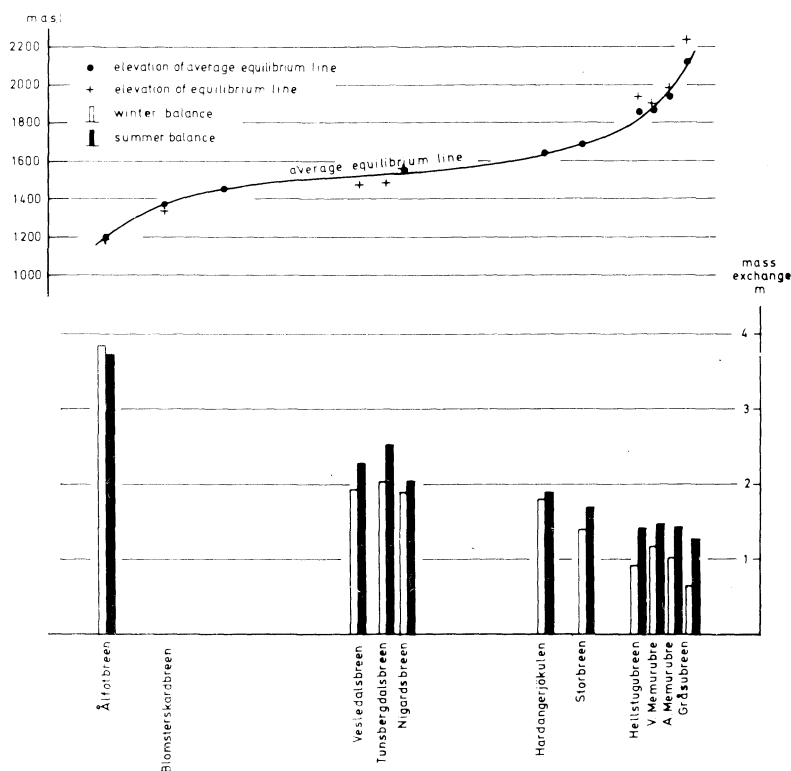


Fig 63

Materialomsetningen på de undersøkte breene i Sør-Norge. Et profil er lagt fra Ålfotbreen til Gråsusbreen, og de øvrige breer er plassert i forhold til likevektslinjens høyde et år breene er i likevekt.

The mass exchange on glaciers in Southern Norway. The glaciers are placed on a profile from Ålfotbreen to Gråsusbreen according to the height of the equilibrium line calculated for steady state conditions on the glaciers.

ble utført i april og første del av mai. Resultatene viste snømengder over normalen på de aller vestligste breene, omtrent normalverdier på Jostedalsbreen, men godt under normalen i Øst-Jotunheimen. På Svartisen fikk Engabreen og Høgtubreen relativt mer nedbør enn Trollbergdalsbreen og absoluttverdiene må ha ligget noe over normalverdiene skal en dømme ut fra registreringer ved faste nedbørstasjoner.

Sommeren i Sør-Norge hadde omtrent normaltemperatur i juni, 1-2°C over normalen i juli, men 1-2°C kaldere enn normalt i august og september. Det vesentlige av ablasjonen foregikk derfor før 1. august, men relativt rikelig nedbør i august førte til et par flomsituasjoner i breelvene første halvdel av måneden. Vintersesongen startet ca. 10. september i 1500 meters nivået. I Svartisområdet var juni meget varm og Glomfjord hadde da 4°C høyere middeltemperatur enn 30-årsnormalen. Særlig en periode omkring månedskiftet juni/juli

## NET BALANCE DIAGRAMS 1972

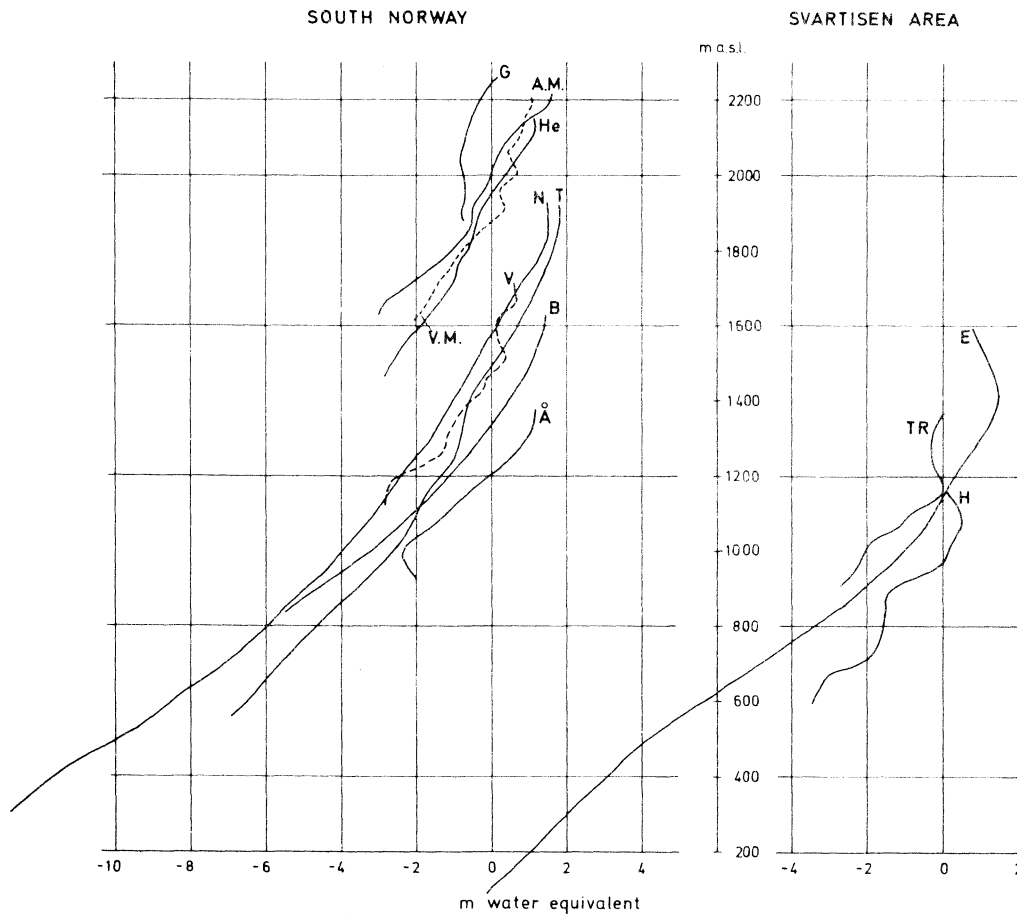


Fig. 64 Nettobalansekurvene for 1972 Å - Ålfotbreen, T - Tunsbergdalsbreen, V - Vesledalsbreen, N - Nigardsbreen, Ha - Hardangerjøkulen, S - Storbreen, He - Hellstugubreen, VM - Vestre Memurubre, AM - Austre Memurubre, G - Gråsúbreen, B - Blomsterskardbreen, E - Engabreen, H - Høgtuvbreen og TR - Trollbergdalsbreen.

Net balance curves for 1972. For code explanation, see above.

hadde uvanlig høye temperaturer og ablasjonen var følgelig stor på alle breene fram til midten av juli. Resten av sommersesongen var omtrent som beskrevet for Sør-Norge. September var kald og nedbørsrik i Svartisområdet.

Nettobalanseresultatene viste at bare de to vestligste breene, Ålfotbreen og Blomsterskardbreen, hadde overskudd i budsjettet. Årsaken er å finne i den relativt store vinternedbøren disse ekstremt maritime breene fikk. Hardangerjøkulen og Nigardsbreen var begge meget nær en likevektstilstand mens alle de resterende breene i Sør-Norge hadde moderate underskudd i budsjettet. Den glasiologiske situasjonen i balanseåret 1971/72 har forøvrig mange paralleller til forrige års resultater. Breene i de maritime kystområdene greier seg også dette året relativt bedre enn de mer kontinentale breområdene i Jotunheimen.

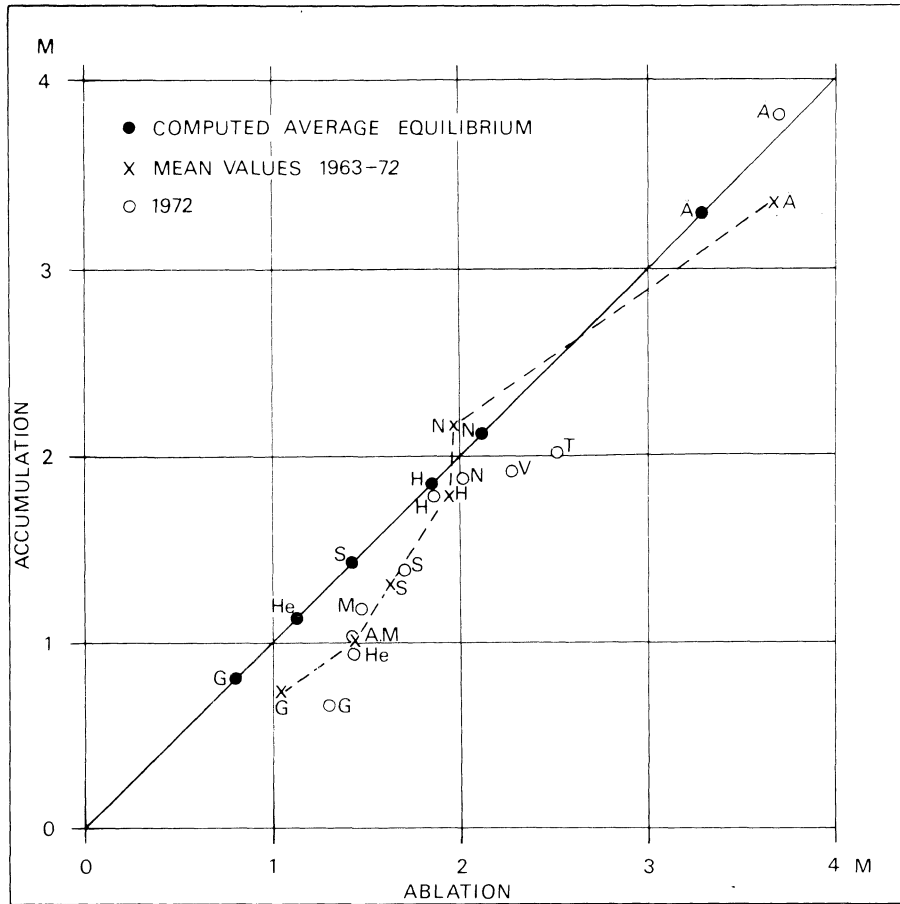


Fig. 65 Diagrammet viser forholdet mellom vinter- og sommerbalansen i 1972 sammenliknet med middelverdiene av de siste 10 års målinger og et år med beregnet "normal" materialomsetning.

Å = Ålfotbreen, N = Nigardsbreen, T = Tunsbergdalsbreen, V = Vesledalsbreen, H = Hardangerjøkulen, S = Storbreen, VM = Vestre Memurubreen, AM = Austre Memurubre, He = Hellstugubreen og G = Gråsubreen.

Relation between winter- and summer balance in 1972 compared to the mean of the previous ten years and also to that of a year with a computed "normal" mass exchange. For code explanation, see above.

I Svartisområdet kan Engabreen sies å ha vært omtrent i balanse mens både Høgtuvbreen og Trollbergdalsbreen hadde forholdsvis store underskudd. Målingene fra dette året bekrefter følgelig det inntrykket en har fått de to foregående år og viser at de glasio-klimatiske forholdene i Svartisområdet kan variere betydelig over relativt korte avstander.

Høgtuvbreen som har omtrent like stor vinternedbør som Engabreen, hadde både i 1971 og 1972 nettobalanseresultater såvidt forskjellig fra sistnevnte bre at resultatene herfra ytterligere kompliserer det regionale bildet.

## GLASIAL-METEOROLOGISKE UNDERSÖKELSER

Innledning

De klimatiske forhold ved bre-avsmeltingen blir av glasiologer over hele verden viet stadig større oppmerksomhet. Problemet er nemlig at før man får avslørt hvilken sammenheng det er mellom klimafluktuasjoner og brevariasjoner -for man kjenner det relativt kompliserte samspill mellom de meteorologiske faktorer og breene's volumvariasjon, bevegelse osv. -kan man ikke til fulle bruke breene som de følsomme klima-indikatorer de i virkeligheten er. Studier av energibalansen i sommersesongen kommer her inn som et sentralt ledd i de glasioklimatiske undersøkelser.

De glasioklimatiske undersøkelsene har i stor utstrekning vært drevet for å bedre forståelsen av tidligere nedisinger og klimatiske svingninger; det vitenskapelige aspekt har stått i fokus. Imidlertid, etter som man nå i stadig stigende grad søker mot bre-områdene for å tilfredstille behovet for vann til ulike formål, har de glasiologiske undersøkelsene fått en mer og mer praktisk hydrologisk interesse.

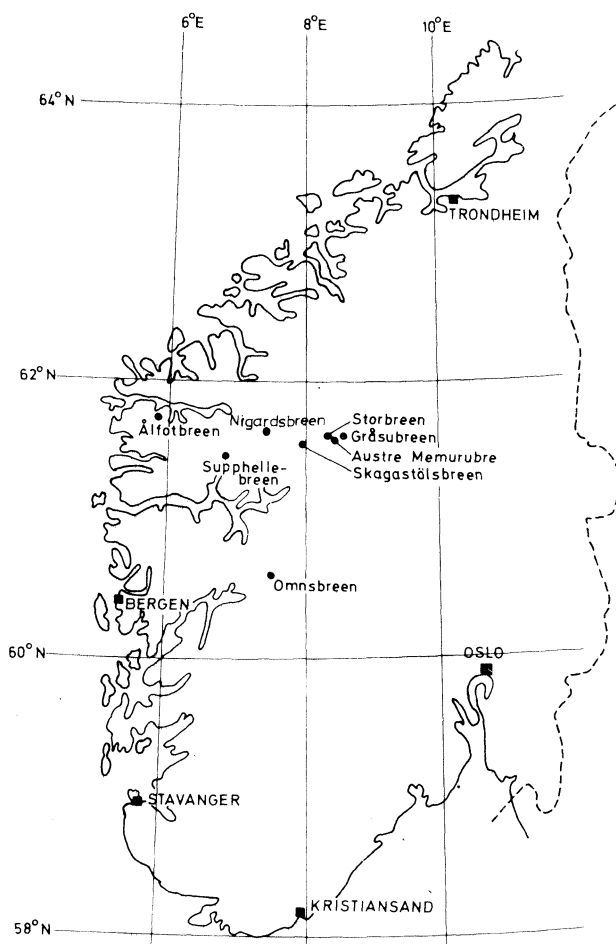


Fig. 66

Kart som viser beliggenheten av de breer hvor energibalanseundersøkelser er foretatt. Ålfotbreen og Nigardsbreen er undersøkt i 1972.

Map of Southern Norway, containing the location of glaciers where heat balance investigations have been performed. Ålfotbreen and Nigardsbreen are the two glaciers examined in 1972.



De undersøkelser som er gjort på Ålfotbreen og Nigardsbreen pretenderer ikke å være komplette energibalanseundersøkelser. Slike undersøkelser ville kreve langt flere og mer detaljerte målinger av tetthet og fritt vann i bremassen, av albedo og av de meteorologiske parametre i lufta like over breflaten. Kostnadene ville bli vesentlig større, og siktemålet ville forskyves adskillig mot det teoretisk vitenskapelige. Både på Ålfotbreen og Nigardsbreen har man lagt vekt på å få gjennomført et enkelt arbeidsprogram, hvor registreringen av ablasjon og stråling greitt lar seg kombinere med Hydrologiske avdeling's årvisse målinger av massebalanse, hydrologiske forhold i breelvene og de vanlige meteorologiske parametre. Innholdet i denne artikkelen må altså sees i sammenheng med det som for övrig presenteres i foreliggende rapport. Imidlertid er undersøkelserne som er gjort på Ålfotbreen og Nigardsbreen også lagt opp slik at de föyer seg inn i rekken av de bestrebelsler som gjöres på breer over hele verden for å få oversikt over de ulike meteorologiske faktorerers innflytelse på bre-avsmeltingen.

Teori, feltarbeid og beregninger er stort sett i samsvar med hva som ble beskrevet fra Ålfotbreen og Austre Memurubre for sesongen 1970 og 1971. Litteraturhenvisninger o. l. er derfor ikke tatt med i denne artikkelen (jfr. NVE/Rapport Nr. 2/71, s. 69-80 og NVE/Rapport Nr. 2/73, s. 72-83).

På Ålfotbreen arbeidet observatörene fra 1. juni til 2. august. På Nigardsbreen varte observasjonsperioden fra 15. juni til 6. september. På fig. 66 er Ålfotbreen og Nigardsbreen tegnet inn på et kart over Sör-Norge sammen med de breene hvorfra energibalanseundersøkelser er beskrevet tidligere.

#### Metoder og instrumenter

Ved hjelp av 3 stålstenger nedboret i breen måles breoverflatens synking,  $h$ , hver dag gjennom hele observasjonsperioden. Ablasjonen beregnes så etter at tettheten av våtsnöen,  $\rho_w$ , og det frie vanninnholdet i våtsnöen er fastsatt. Tettheten av den snöen som smelter (törrsnöen) er nemlig uttrykt ved

$$\rho_d = \frac{\rho_w - p}{1 - p}$$

der  $p$  er den vekt-del fritt vann som snömassen inneholder. Ablasjonen gis da som  $a = h \cdot \rho_d$ .

Den totale strålingsenergi som utveksles mellom atmosfære og breflate kan man få registrert med de såkalte balansemålere. Disse er imidlertid relativt kostbare og dessuten kompliserte i bruk på breen. Både på Ålfotbreen og Nigardsbreen brukte man derfor Robitzsch-aktinografer til å registrere den

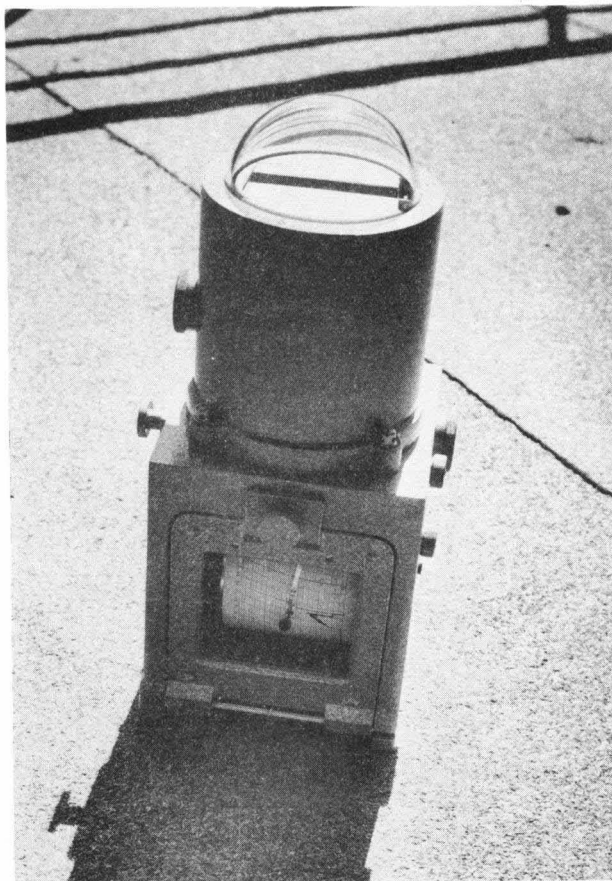


Fig. 67

Robitzsch aktinograf, brukt til måling av globalstrålingen, blir her testet for bruk på breen.

The global radiation was registered by this model of the Robitzsch actinograph, here tested before use on the glacier.



Fig. 68

Måling av albedo med Star solarimeter på Nigardsbreens øvre partier; i bakgrunnen sees en stake hvor daglig ablasjon avleses.

Registrering of the albedo, here on the upper part of Nigardsbreen; a Star solarimeter is used.

kortbølgete strålingen mot breen (globalstrålingen), mens et star solarimeter ble benyttet til albedomålinger (se fig. 67 og fig. 68). Den langbølgete strålingen beregnes etter en forsøkestestet matematisk formel basert på skydekkeobservasjoner.

Globalstrålingen er summen av den direkte solstrålingen,  $I_s$ , den diffuse himmelstrålingen,  $I_h$ , og den reflekterte strålingen fra bratte fjellsider rundt breen,  $I_r$ . Dersom breflatens albedo betegnes  $a$ , kan kortbølget strålingsenergi som tilføres bremassen gjennom en horisontalt beliggende breoverflate uttrykkes som

$$I = (1 - a)(I_s + I_h + I_r).$$

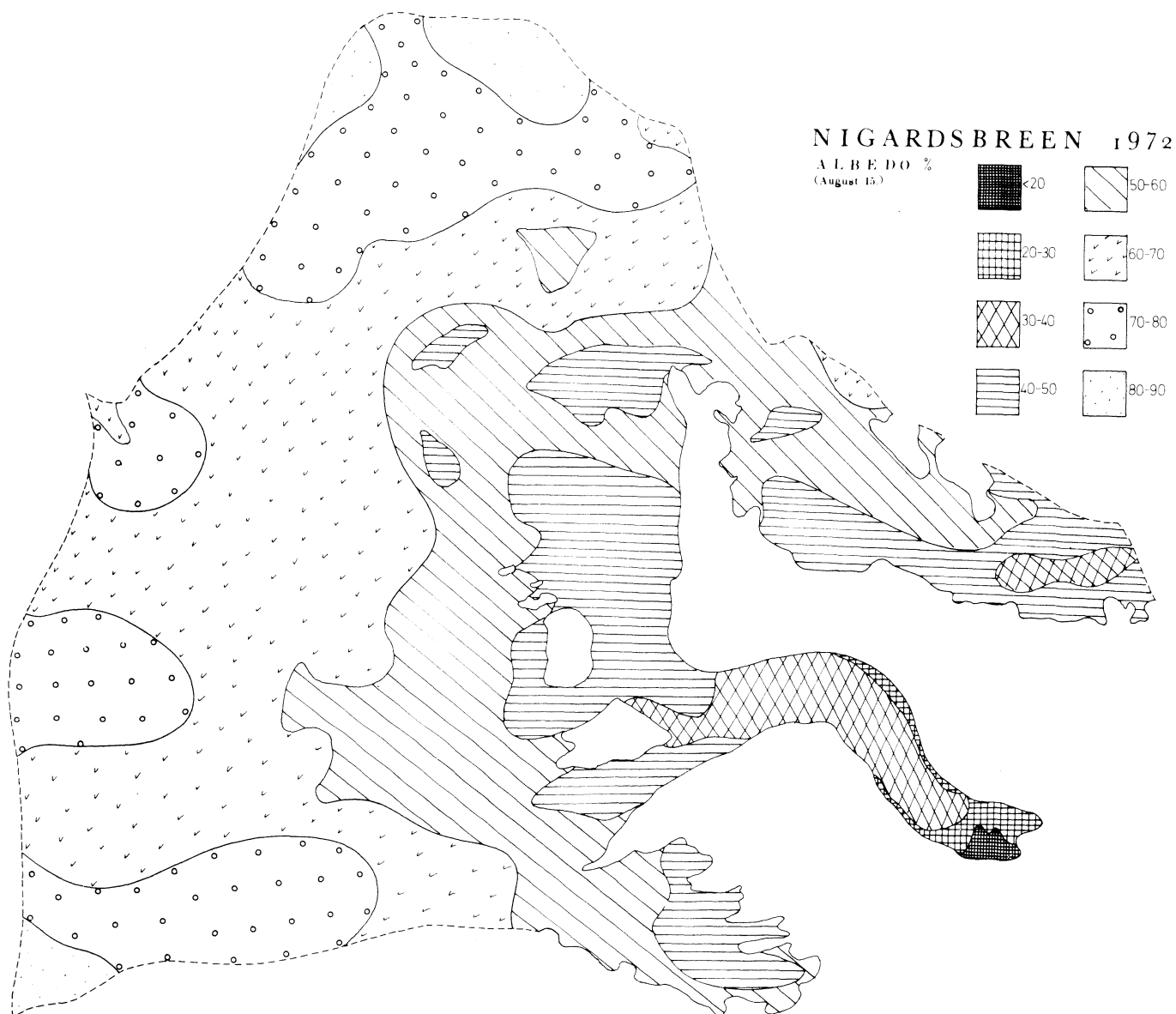


Fig. 69 Albedoen på Nigardsbreen, målt 15. august, etter døgn med nedbør - som snø på breens øverste partier. Våt snø og is over hele breen; et karakteristisk bilde for størstedelen av sommeren 1972.

The albedo of Nigardsbreen as measured Aug. 15., fairly representative for the summer conditions in 1972; wet new fallen snow entail high albedo in the upper parts of the glacier. The low albedo of the glacier tongue is a consequence of exposed morainic material and atmospheric dust.

På Ålfotbreen har man forsøkt å beregne energibalansen for hele breen sett under ett. Foruten at målingene ved de tre stålstengene er jamført med målingene ved de øvrige staker på breen, er globalstrålingen justert etter breoverflatens helning. På Ålfotbreen er helningen tilnærmet  $10^{\circ}$  mot NNE. Strålingen direkte fra sola får dermed mindre intensitet mot breflaten, avhengig av i hvor stor grad globalstrålingen er dominert av den direkte solstrålingen. Uten å komme nærmere inn på teorien, gis uttrykket for den kortbølgete strå-

lingsenergien breflaten mottar som  $I_{\text{eff}} = I(1-st)$ , der  $s$  symboliserer solstrålingens andel i globalstrålingen og  $t$  står for den relative endring i solstrålingsintensiteten på grunn av breoverflatens helning. På Ålfotbreen får aktinografverdiene således et fradrag på 1% ved tett overskyet vær, og fradraget kan beløpe seg til 5% ved klarvær. Disse verdiene er beregnet på basis av detaljerte målinger med et Star solarimeter fram gjennom sommeren 1970.

På Nigardsbreen er alle verdier gitt for en tilnærmet horisontal breflate i 1620 meters høyde; målingene på denne stasjonen (Steinmann) burde gi et brukbart bilde av midlere ablasjonsforhold på Nigardsbreen. Den relativt store klimatiske ulikhet som åpenbart eksisterer mellom breplatå og bretunge må dog understrekes. For å få et kvantitativt mål på denne, ble innledningsvis albedoen målt over hele breen i august (se fig. 69). Kommentarer utover de figuren uttrykker skal ikke gis i denne rapport, men de klimatiske variasjoner på Nigardsbreen vil bli kommentert utførlig i neste rapport da man har mer omfattende datagrunnlag.

Den langbølgete strålingen, som i det vesentlige er avhengig av skytettheten, beregnes etter formelen

$$R_c = R_o \left(1 - k \left(\frac{c}{10}\right)^2\right).$$

$R_o$  er strålingen ved klar himmel, og er ut fra direkte målinger fastsatt til  $-0,085 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ . Minustegnet angir at strålingsenergi som emitteres fra breflaten dominerer; breen tappes altså for energi og avkjøles. Sky-faktoren,  $k$ , er i beregningene for Ålfotbreen og Nigardsbreen gitt verdier fra 1,1 til 1,7 - alt etter hvor tynt skydekket er og hvor høyt skybasis befinner seg over breflaten. Dette medfører (når man bruker formelen for  $R_c$ ) at breflaten mottar mer langbølget strålingsenergi enn den emitterer dersom skydekket er tynt og dekker mer enn 9,5 tideler av himmelen. Ved tunge og lave skyer vil breflaten ha langbølget strålingsgevinst dersom skytettheten er over 7,6 i ti-del skalaen.

Observatørene på breen observerte skydekket 6-10 ganger hvert døgn, og observasjonene vil nødvendigvis bli noe subjektive. En god del av disse mangler er rettet opp ved å benytte globalstrålingskurvene til å justere skytettheten med, da man ved målinger i tidligere sesonger har funnet fram til relativt gode korrelasjonskurver mellom globalstråling og skytetthet.

Registrering av nedbør og temperatur inngår i det årvisse program for feltarbeid på breene. Data herfra er benyttet til å beregne nedbørens rolle i ablasjonen. Dersom det har falt  $r$  mm nedbør med temperaturen  $t_r$ , vil energien

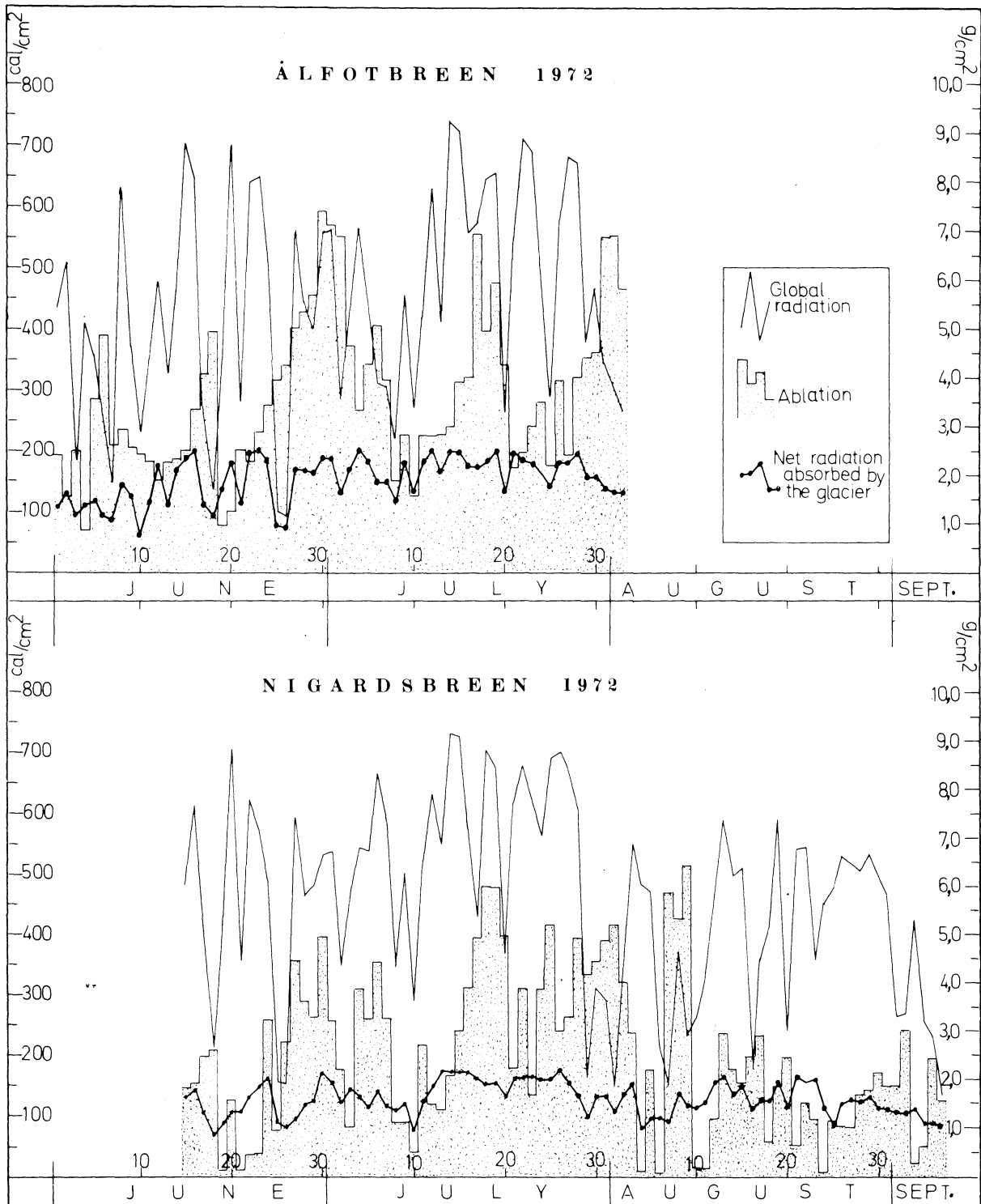


Fig. 70 Globalstråling, netto tilført stråling og ablasjon på Ålfotbreen og Nigardsbreen sommeren 1972.

Global radiation, net radiation and ablation on Ålfotbreen and Nigardsbreen, summer 1972.

forbundet med nedbøren kunne uttrykkes som :

$$Q_r = \frac{r}{10} \cdot t_r \text{ cal/cm}^2$$

Nedbören er målt både i standard-målere og i målere av typen "Pluvius", og midlere verdier er beregnet. Temperaturen i lufta og i nedbøren når den treffer breoverflaten er forutsatt å være den samme.

### Resultater

De døgnlige verdier for ablasjon og stråling er i fig.70 fremstilt grafisk for både Ålfotbreen og Nigardsbreen. I figuren er også globalstrålingen fra dag til dag tegnet inn.

De raskt skiftende værforhold på breene blir godt illustrert i fig. 70 ved de relativt markerte variasjoner både i ablasjon og globalstråling. Netto tilført stråling holder seg imidlertid ganske jevn fram gjennom sommeren. Dette skyldes hovedsakelig at den langbølgete strålingen svinger i tilnærmet motsatt fase av globalstrålingen, samtidig som ca. 60% av globalstrålingen reflekteres fra breflaten. Dessuten synker albedoen noe fra sommersolverv til sommersesongens slutt, slik at forskjellen i netto tilført stråling mellom de to tidspunkt er liten. Man merker seg ellers at på Ålfotbreen er 7 døgn beregnet å ha "vinterklima", dvs. at netto tilført strålingsenergi er større enn energien som er gått med til ablasjon. Dette betyr igjen at de non-radiative faktorer bevirker avkjøling av bremassen, så noe av strålingsenergien går med til oppvarming av frosset snö og is. På Nigardsbreen finner man hele 26 døgn, dvs. om lag 1/4 av sommersesongen, hvor vinterklima dominerer.

Noen god korrelasjon mellom netto tilført stråling og ablasjon er det ikke mulig å finne hverken på Ålfotbreen eller Nigardsbreen. Det er åpenbart variasjon i energitilførselen fra konveksjon og kondensasjon som i det alt vesentlige bestemmer ablasjons-svingningene fra døgn til døgn. Både fig.70 og tilsvarende illustrasjoner i tidligere rapporter bekrefter at strålingen tilfører breene i Sör-Norge en noenlunde jevn "grunnsum" av ablasjonsenergi fram gjennom sommeren.

I tabell I er ført opp verdier for de mest interessante energibalansfaktorere på Ålfotbreen. I fig.71 er ablasjonen og energitilførselen fra de dominerende ablasjonsfaktorene tegnet som søylediagram.

For hele observasjonsperioden viser tabell I at ca.  $120 \text{ g/cm}^2$  av den målte ablasjonen på  $227 \text{ g/cm}^2$  skyldes stråling. Strålingen bidro altså med om lag 53% på Ålfotbreen fra 1. juni til 2. august, mens konveksjon og kondensasjon ydet ca. 46%. Nedbøren forårsaket knapt 1% - et resultat som samsvarer med dem i tidligere år. Sublimasjon kan regnes for ubetydelig.

TABLE I  
ABLATION CONDITIONS ÅLFOTBREEN 1972

Elevation: 1250 meter

Period day/month	Mean Albedo	Global Radiation cal/cm <sup>2</sup>	Net Rad. absorbed by the glacier cal/cm <sup>2</sup>	Ablation caused by Radiation g/cm <sup>2</sup>	Ablation caused by Rain g/cm <sup>2</sup>	Registered total Ablation g/cm <sup>2</sup>	Relative heat supply by		
							Radiation %	Convection + Condensation %	Precipi- tation* %
1/6 - 7/6	0,66	2281	738	9,2	0,5	17,6	52,3	44,9	2,8
8/6 - 14/6	0,63	2820	902	11,3	0,3	16,4	68,9	29,3	1,8
15/6 - 21/6	0,61	3088	1016	12,7	0,4	19,5	65,1	32,8	2,1
22/6 - 28/6	0,60	2988	1090	13,6	0,5	26,6	55,1	43,0	1,9
29/6 - 5/7	0,59	3248	1222	15,3	0,1	38,8	39,4	60,3	0,3
6/7 - 12/7	0,57	2606	1102	13,8	0,2	20,7	66,7	32,3	1,0
13/7 - 19/7	0,57	4317	1294	16,2	0	31,3	51,8	48,2	0
20/7 - 26/7	0,57	3532	1182	14,8	0	21,4	69,2	30,8	0
27/7 - 2/8	0,55	3126	1087	13,6	0,1	34,8	39,1	60,6	0,3
1/6 - 2/8	0,60	28006	9631	120,5	2,1	227,1	53,1	46,0	0,9

\* Rain (+) and Snow (±). Sublimation is insignificant, even compared with Rain.

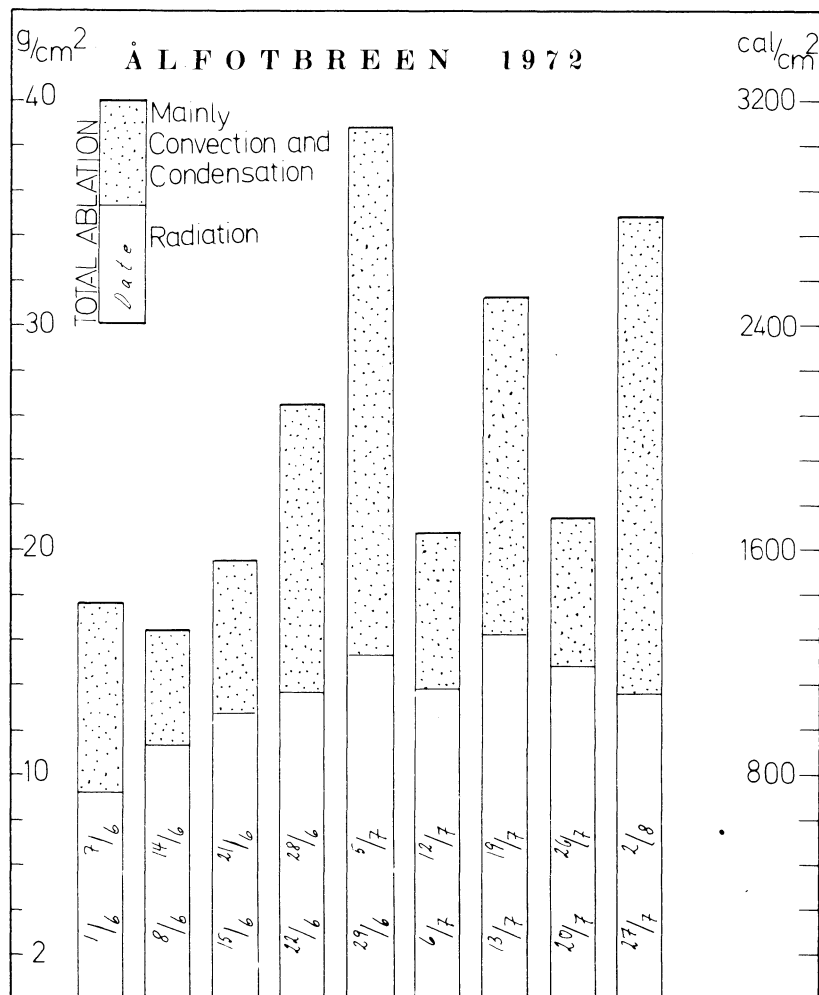


Fig. 71 Ukentlige verdier av ablasjonen med markering av strålingsbidrag og bidrag fra non-radiative faktorer på Ålfotbreen i 1972.

Ablation and the contribution of radiation and non-radiative factors. Weekly accounts during the summer season on Ålfotbreen in 1972.

I 1972 har det i observasjonsperioden ikke vært dominans av vinterklima i så lang tid som en uke på Ålfotbreen. Sprangene i de relative strålingsbidrag fra uke til uke er imidlertid like markert som i tidligere år; forskjellen mellom vel 69% og vel 39% i siste del av observasjonsperioden er mest fremtredende i så måte.

De ukentlige ablasjonsforhold på Nigardsbreen er presentert på samme måte som for Ålfotbreen i tabell II og fig. 72.

I observasjonsperioden sett under ett bidro strålingen med ca.  $133 \text{ g/cm}^2$ , eller ca. 64% av den registrerte ablasjon på ca.  $209 \text{ g/cm}^2$ . Konveksjon og kondensasjon forårsaket om lag 36%, og nedbøren var nærmest ubetydelig (0.1%). Sublimasjonen betraktes som et negativt ledd av kondensasjonen, men kan anslås å ha fjernet bremasse sammenlignbart med det regn har gjort.

På Nigardsbreen har det såkalte vinterklima dominert, om enn i liten grad, gjennom de tre siste ukene av august. For øvrig er sprangene i strålingens relative bidrag til ablasjonen fra uke til uke mer fremtredende på Nigardsbreen enn på Ålfotbreen. Som nevnt tidligere må disse sprangene ikke tilskrives variasjon i netto strålingstilførsel. De relativt kraftige endringer av temperatur, vind og luftfuktighet i breområdene er hovedårsak til de ulike ablasjonsforhold, som altså også blir markerte fra uke til uke.

TABLE II  
ABLATION CONDITIONS NIGARDSBREEN 1972

Elevation: 1620 meter.

Period	Mean Albedo	Global Radiation	Net Rad. absorbed by the glacier	Ablation caused by Radiation	Ablation caused by Rain	Registered total Ablation	Relative heat supply by		
							Radiation	Convection + Condensation	Precipitation *
day/month		cal/cm <sup>2</sup>		g/cm <sup>2</sup>			%		
15/6 - 21/6	0,69	3165	704	8,8	0,01	10,4	84,5	15,4	0,1
22/6 - 28/6	0,66	3031	819	10,2	0,04	15,5	65,8	33,9	0,3
29/6 - 5/7	0,64	3450	966	12,1	0,05	21,5	56,3	43,5	0,2
6/7 - 12/7	0,66	3536	826	10,3	0,02	14,4	71,5	28,4	0,1
13/7 - 19/7	0,60	4385	1145	14,3	0	27,1	52,8	47,2	0
20/7 - 26/7	0,60	4178	1109	13,9	0	24,5	56,7	43,3	0
27/7 - 2/8	0,59	2478	881	11,0	0,10	30,7	35,5	64,2	0,3
3/8 - 9/8	0,62	2452	759	9,5	0,05	22,7	41,9	57,9	0,2
10/8 - 16/8	0,56	2860	940	11,7	0	10,6	110,0	-10,0	0
17/8 - 23/8	0,54	3086	998	12,5	0	11,1	112,6	-12,5	±0,1
24/8 - 30/8	0,56	3507	802	10,0	0	9,2	108,7	-8,7	0
31/8 - 6/9	0,58	2037	684	8,6	0,02	11,5	74,8	25,0	0,2
15/6 - 6/9	0,61	38165	10633	132,9	0,3	209,2	63,6	36,3	0,1

\* Rain (+) and snow (±). Sublimation is calculated as a negative part of condensation; it plays appx. the same role as Rain



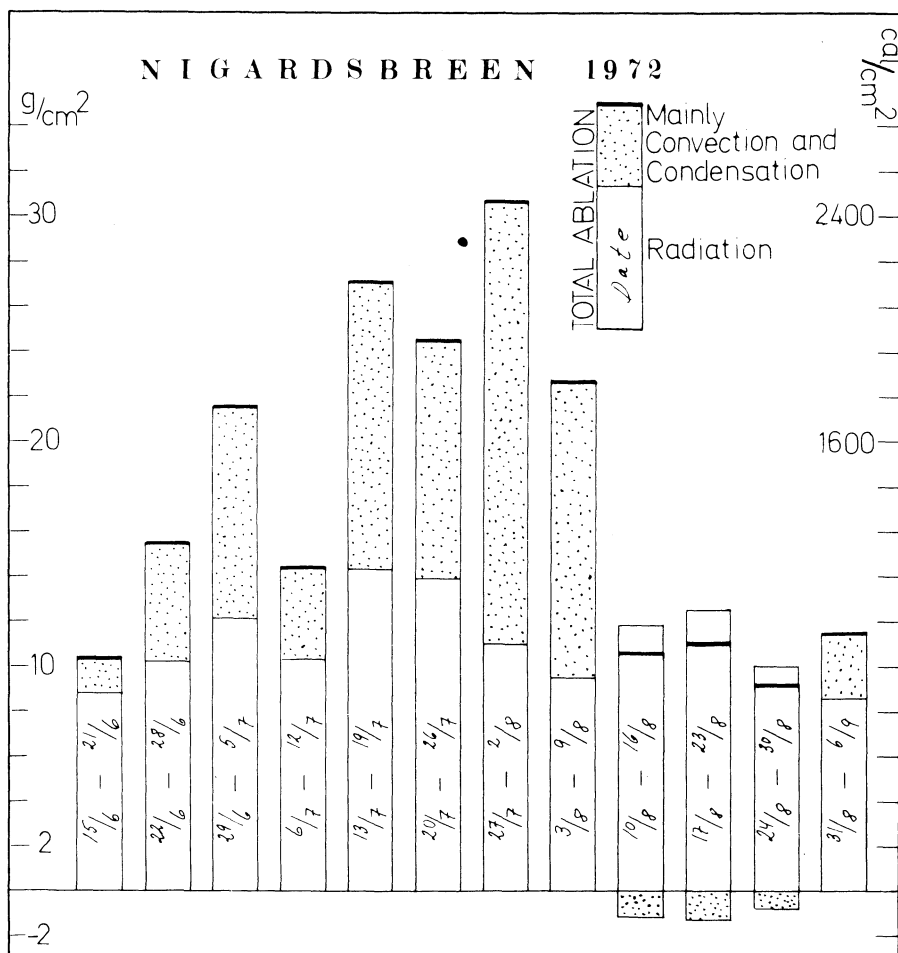


Fig. 72 Ukentlige verdier av ablasjonen med markering av strålingsbidrag og bidrag fra de non-radiative faktorer på Nigardsbreen i 1972.

Ablation and the contribution of radiation and non-radiative factors. Weekly accounts during the summer season on Nigardsbreen in 1972.

Ved å sammenligne ablasjonsforholdene på Ålfotbreen og Nigardsbreen i de uker målingene har pågått samtidig, vil man oppdage at de stort sett varierer i takt innbyrdes. Når man tenker på hvordan de vestsørvestlige syklonene dominerer vær-situasjonen i Sør-Norge's breområder, er dette resultatet naturligvis ikke overraskende.

### Diskusjon

Diskusjon i en artikkel av foreliggende art bør inneholde en usikkerhetsvurdering samt et forsøk på å sette resultatene i sammenheng med resultatene fra tilsvarende undersøkelser presentert tidligere; dette ikke minst av hen-

syn til den oversikt man internasjonalt prøver å få innen breforskningen.

Av praktiske og økonomiske grunner ble målinger av langbølget stråling, albedo og fritt vanninnhold i bremassen ikke utført i den grad man kunne ønske. Som indikert foran, er beregning av disse faktorer i energibalansen i stor utstrekning bygget på beslektede observasjoner og tidligere erfaringer. Når man derfor for hvert døgn setter en feilgrense på  $0.5 \text{ g/cm}^2$  for ablasjonen og et standardavvik på 5% for langbølget stråling, må det understrekes at disse verdiene i vesentlig grad er basert på skjønn. Globalstrålingsverdiene kan man derimot fastsette med større sikkerhet; standardavvik for de daglige verdier er for Ålfotbreen på 2% og for Nigardsbreen på 3% (aktinografen på Ålfotbreen brukte 4 døgn pr. omlöp, mens aktinografen på Nigardsbreen brukte 7 døgn pr. omlöp).

Feil beheftet de døgnlige verdier vil slå ut til begge sider, og ved usikkerhetsberegning for de ukentlige verdier vil man kunne regne med en viss utjevning. Ved å bruke vanlige statistiske metoder basert på de døgnlige feil-verdier gitt ovenfor, får man en relativ feil i verdiene for ukentlig ablasjon (se tabell I og II) på 7% for begge breene. Når det gjelder strålingens prosentvise bidrag til ablasjonen, kommer man fram til en absolutt feilgrense på 2% for Ålfotbreen og 3% for Nigardsbreen.

TABLE III  
ABLATION CONDITIONS ON GLACIERS IN NORWAY

Years of investigation	Period day/month	Glacier (See map)	Position °N °E m. a. s. l.	Ablation components %				Author (year)
				Radiation	Convection	Condensation	Rain and sublimation	
1963	12/6 - 18/6	Gråsbreen	61° 39	98	27	2		T. Klemsdal (1964)
	27/7 - 9/8		08° 36 1975					
1970	26/6 - 30/8	Austre-Memurbreen	61° 33	67	33		< 1	NVE/S.Messel (1971)
1971	15/6 - 6/9		08° 30 ca. 1900					
1955	6/7 - 8/9	Storbreen	61° 35 08° 20 1600	54	32	14	< 1	O. Liestøl (1967)
1954	May - Sept.	Skagastølsbreen	61° 30	79	21			B.E.Eriksson (1959)
1955	May - Sept.		07° 50 ca. 1600					
1968	3/6 - 8/9	Omnsbreen	60° 39	50	34	16	< 1	S. Messel (1971)
1969	3/6 - 8/9		07° 30 1540					
1972	15/6 - 6/9	Nigardsbreen	61° 43 07° 08 1620	64	36		< 1	NVE/S.Messel (1973)
1967	1/7 - 12/7	Supphellebreen	61° 30	32	68			O.Orheim (1968)
	1/8 - 18/8		06° 48	26	74			
	4/9 - 8/9		ca. 70	14	86			
1970	1/6 - 14/9	Ålfotbreen	61° 45	44	56		< 1	NVE/S.Messel (1971)
1971	1/6 - 6/9		05° 40	43	56		< 1	(1972)
1972	1/6 - 2/8		ca. 1250	53	46		< 1	(1973)

For å få en oversikt over hvilken rolle de ulike klimatiske faktorer spiller i ablasjonen er resultatene for 1972 fra Ålfotbreen og Nigardsbreen ført opp sammen med resultater fra de undersøkelser som tidligere er gjort i Sør-Norge (tabell III).

Ut fra det som er sagt om variasjoner i faktorenes bidrag fra uke til uke, må den relativt korte observasjonstid for enkelte av undersøkelsene påpekes. Videre er det grunn til å understreke at verdiene for en og samme bre varierer noe fra sesong til sesong. Resultatene fra Austre Memurubre markerer dette tydeligst. Man får likevel et klart uttrykk for strålingens dominans på de østlige kontinentale breer. De non-radiative faktorer dominerer ikke fullt så mye på de vestlige maritime breene.

Som antydnet, er det bare et fåtall av undersøkelsene presentert i tabell III som dekker den altoverveiende del av sommersesongen. Likeså er det et lite mindretall av undersøkelsene som er foretatt gjennom en normal sommer, dvs. en sommer der ablasjonen skaper likevekt i materialomsetningen etter en vinter med middels snøfall i vedkommende bre-område. Til hjelp ved utarbeidelsen av fig. 73 er derfor data fra meteorologiske stasjoner beliggende nær breene brukt som supplement til energibalanse-målingene på breene. Man har dermed forsøkt å forlenge balanse-målingene til hele sommersesonger samt justere tallene til år med normale vinter- og sommersesonger.

Diagrammet i fig. 73 må vurderes som et foreløpig resultat av energibalansemålinger på breer i Sør-Norge. Det er først gjennom målinger i en rekke år man kan sette opp en pålitelig midlere kurve for ablasjonsforholdene. I Sør-Norge vil man fortsette målingene på Nigardsbreen, som ligger sentralt i de sør-norske breområdene, og som også på annen måte er en velegnet bre når

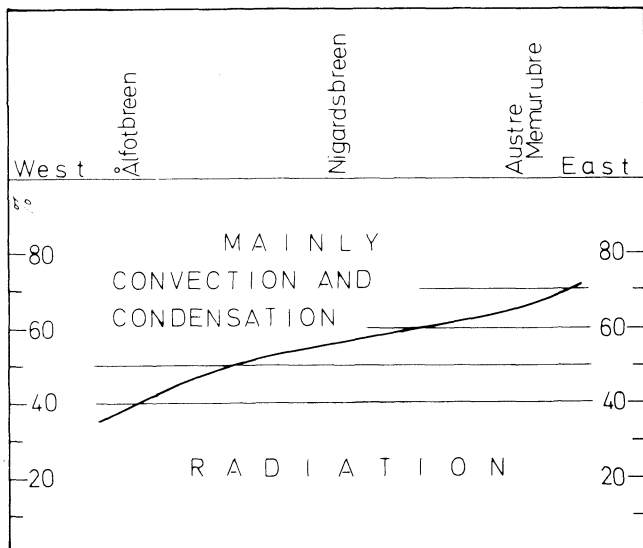


Fig. 73

Stråling og de non-radiative faktorerers bidrag til ablasjonen i et normalt balanse-år.

The mean role of radiation and non-radiative factors in the ablation; this east-west profile covers the main glacier regions in Southern Norway.

det gjelder å få oversikt over de klimatiske forhold gjennom sommersesongen. I Nord-Norge er energibalanseundersøkelser satt igang på Engabreen, og de første resultater herfra vil ventelig foreligge i den glasiologiske rapporten for kommende år.

## BREBEVEGELSE PÅ VESLEDALSBRE OG AUSTRE MEMURUBRE

### Innledning

Siste år med fullstendig triangulering av målestakene på de undersøkte breene, ble utført sommeren 1969. Resultater fra brebevegelsesberegningene fram til 1969 er tidligere presentert av Chr. Nielsen i de glasiologiske rapportene for 1968 og 1969 (rapport nr. 5-69 og 5-70). For en omtale av metodikk, punktgrunnlag samt nøyaktighet i beregningene henvises interesserte til disse rapportene.

Sommerene 1970 og 1971 ble det bare utført trianguleringsarbeider på et par breer. Derimot ble alle synlige staker på Nigardsbretunga, Ålfotbreen, Vesledalsbreen, Hellstugubreen, Austre Memurubre samt Gråsubreen triangulert i løpet av august 1972. Forflytningen fra 1969 kunne da beregnes ved de staker hvor en hadde bevart kontinuiteten.

I denne rapport vil bare resultatene fra Vesledalsbreen og Austre Memurubre bli presentert. Årsaken til dette utvalget er at Brekontorets måleprogram på disse to breene ble avsluttet høsten 1972. En kan derfor ikke vente å få flere bevegelsesmålinger herfra. Resultatene fra perioden 1969-1972 er sammenstilt med de resultater som er presentert i tidligere rapporter. Resultatene fra de resterende breer vil bli behandlet i neste årsrapport.

### Vesledalsbreen

Målingene ble utført 30. august 1972. Bevegelseslengden fra 5. august 1969 er utregnet ved ialt 16 staker forholdsvis jevnt fordelt over breflaten. Resultatene for hvert målepunkt er framstilt visuelt i fig. 74 og i tabellform nedenfor. I tabellen er også satt inn døgnlig bevegelseslengde fra perioden 1968-69. Det er meget god overenstemmelse mellom resultatene i disse to periodene, men en liten reduksjon i hastigheten kan spores fra første til siste periode. Reduksjonen synes å være jevn over hele breen og henger antagelig sammen med de store underskuddene i nettobalansen en målte i 1969 og 1970.

Da vi har oppnådd såpass gode bevegelsesmålinger på Vesledalsbreen, er det

## VESLEDALSBREEN

Stake movements 1969-1972  
Calculated from coordinate determinations

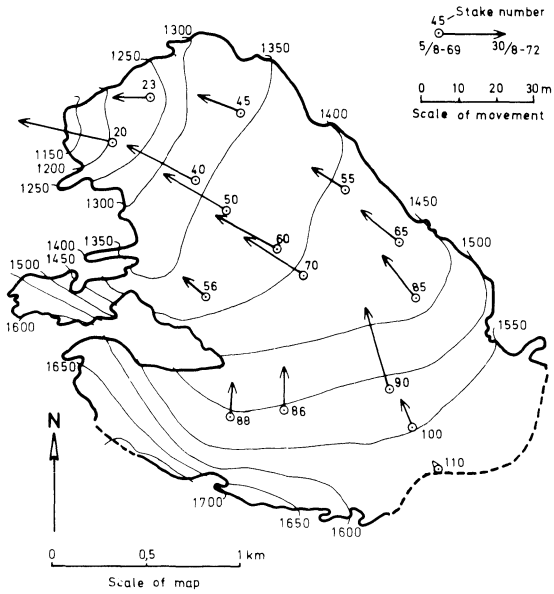


Fig. 74

Stakenes bevegelseslengde og retning i tidsrommet fra 5. august 1969 til 30. august 1972, kalkulert ut fra koordinatberegninger.

See text on the figure.

## VESLEDALSBREEN

Mean glacier velocity in metres pr. year  
Measured during the period 1968-1972

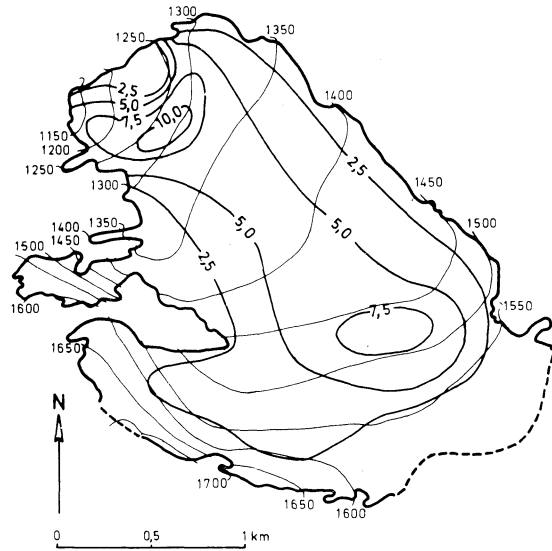


Fig. 75

Midlere årlig brebevegelse i meter pr. år beregnet på grunnlag av målinger fra 1968 til 1972.

See text on the figure.

Brebevegelse på Vesledalsbreen  
i tiden 5/8-69 - 30/8-72

Stake nr.	Brebevegelse i tiden 5/8-69 - 30/8-72			15/8-68 - 5/8-69
	Bevegelseslengde (m)	Døgnlig midlere bevegelseslengde (cm/døgn)	Bevegelsesretning (g)	Døgnlig midlere bevegelseslengde (cm/døgn)
20	25,2	2,25	322	2,96
23	9,4	0,83	327	
40	20,0	1,79	334	2,08
45	11,8	1,05	329	
50	18,5	1,65	337	1,97
55	9,5	0,84	347	0,99
56	7,6	0,68	316	0,76
60	17,5	1,56	339	1,83
65	12,5	1,12	352	1,33
70	17,9	1,60	343	1,83
85	14,2	1,27	371	1,63
86	10,8	0,96	6	2,00
88	8,4	0,75	11	
90	21,5	1,92	390	2,36
100	7,1	0,63	369	0,93
110	1,1	0,01	330	0,25

mulig å konstruere et kart av midlere årlig bevegelseslengde over hele breen. Resultatet, fig. 75, er framstilt som et isolinjekart hvor punkter med lik hastighet er sammenbundet. Hastighetsfordelingen er meget lik hva en kunne vente seg ut fra breens topografi. Størst bevegelse finnes i et belte langs breens midtlinje med to maksima i de bratteste partiene. Ut mot kantene synker hastigheten forholdsvis jevnt, vesentlig p. g. a. økende friksjon fra berggrunnen. Også mot dreneringsgrensen i sørøst er det raskt synkende hastighet.

Som et kuriosum kan nevnes at en også har forsøkt å beregne hvilken tid en partikkel vil bruke på å bevege seg fra toppen av Vesledalsbreen til brefronten. Middelhastigheten langs en strömlinje midt på breen er beregnet til 5,99 m/år. Setter en bunnhastigheten til å være 50% av overflatastigheten (Patterson, 1969 angir målte verdier fra 10% til 90%) blir bunnhastigheten 3,0 m/år. Strekingen partikkelen må tilbakelegge er 2800 m. Et enkelt regnestykke tilsier da at det vil ta 935 år for partikkelen når brefronten. Velger en et høyere forholdstall mellom overflate- og bunnhastighet vil alderen synke. Ved 90% er den nede i 585 år. Under forutsetning av at Vesledalsbreen har hatt samme størrelse og hastighetsfordeling de siste 1000 år (hvilket er opplagt uriktig!) kan en konkludere med at isen i selve brefronten bør ha en alder mellom 500 og 900 år.

#### Austre Memurubre

Også på Austre Memurubre har det vært relativt lett å oppnå gode resultater. Det er sjeldent at staker er nedsnødd langt utover sommeren og den lave ablasjonen bidrar til at få omboringer blir nødvendig. Spredningen av stakene er ikke så god som på Vesledalsbreen. En har derfor ikke kunnet konstruere et tilsvarende kart over gjennomsnittlig årlig bevegelse for Austre Memurubre. Hastighetsbildet synes likevel å være forholdsvis likt, med størst bevegelse midt på breen og avtagende fart inn mot kantene. At Austre Memurubre beveger seg med omtrent samme hastighet som Vesledalsbreen, til tross for at førstnevnte dekker dobbelt så stor areal, kan tilskrives den meget lavere masseomsetningen. Dette er igjen et produkt av klimafor skjeller mellom disse breområdene.

Av tallene nedenfor vil en se at hastigheten fra perioden 1968/69 til 1969/72 har øket litt, i motsetning til Vesledalsbreen hvor en fant en tilsvarende nedgang i bevegelsen. Om dette skyldes at Austre Memurubre er mindre følsom for balanseendringer enn Vesledalsbreen eller om endringene merkes senere på Austre Memurubre p. g. a. lenger avstand fra firnområdet til Bretunga, er

## AUSTRE MEMURUBRE

Stake movements 1969 - 1972

Calculated from coordinate determinations

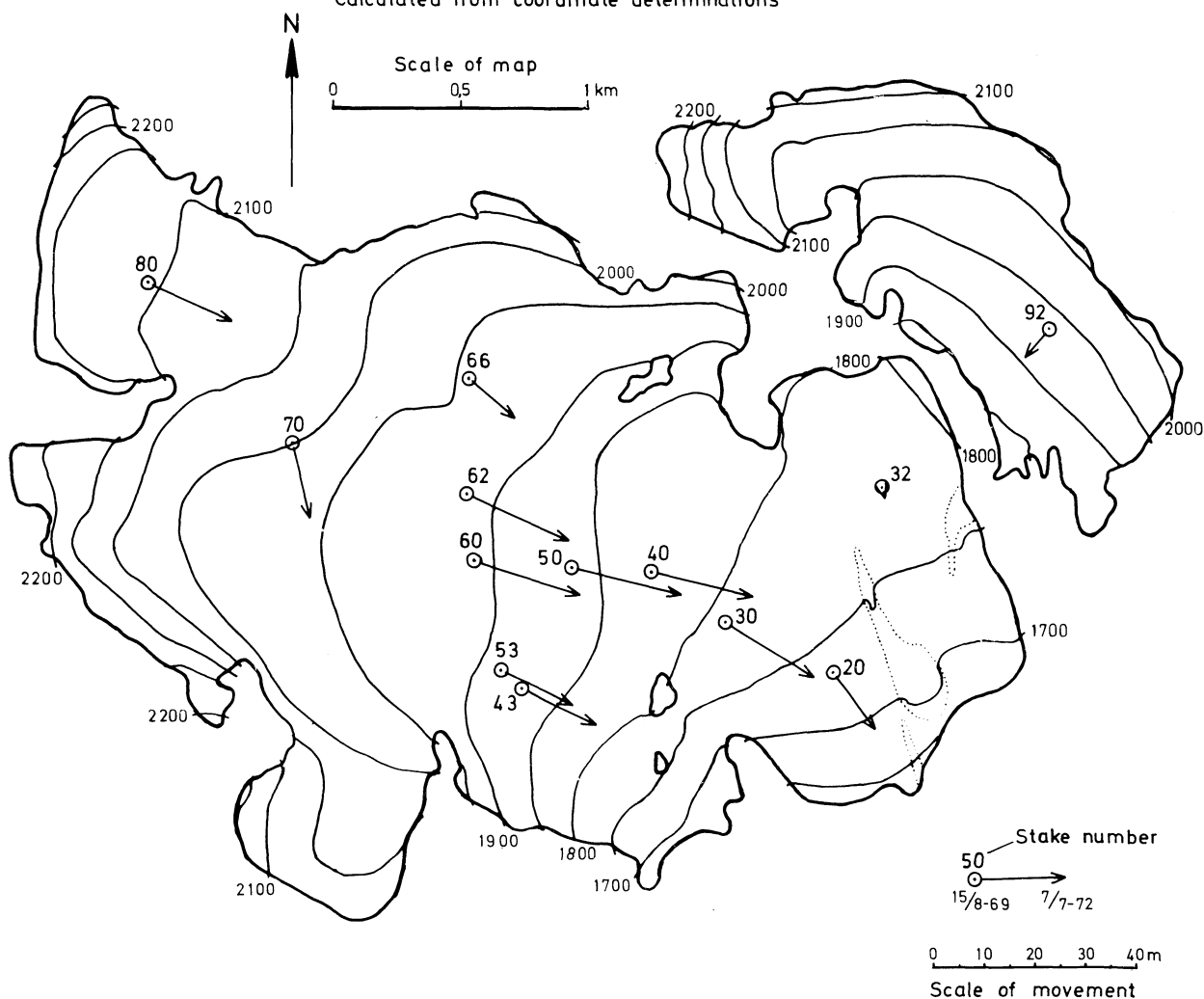


Fig. 76 Stakenes bevegelseslengde og retning i tidsrommet fra 15. august 1969 til 7. juli 1972, kalkulert ut fra koordinatberegninger.

See text on the figure.

uvisst. At stakene på østsiden av midtmorenen beveger seg svært sakte, visste en fra tidligere års målinger. Denne delen av bretunga får nemlig sin tilførsel av bremasse fra et breområde i nordøst, nedenfor Veotind. Denne tilførselen ble helt brutt sommeren 1971 og den østre delen av bretunga har derfor idag fullstendig mistet sitt "næringsgrunnlag". Denne delen av Austre Memurubre må nå regnes som en død bre som sakte, men sikkert vil smelte bort dersom ikke det gamle tilførselsområdet i framtida skulle vokse og opprette en ny forbindelse. Under de nåværende klimaforhold i Öst-Jotunheimen er dette lite sannsynlig.

Brebevegelse på Austre Memurubre  
i tiden 15/8-69 - 7/7-72

Stake nr.	Brebevegelse i tiden 15/8-69 - 7/7-72			15/6-68 - 15/8-69
	Bevegelses- lengde (m)	Døgnlige midlere bevegelses- lengde (cm/døgn)	Bevegelses- retning (g)	Døgnlige midlere bevegelses- lengde (cm/døgn)
20	13,2	1,24	177	1,30
30	19,7	1,87	141	1,74
32	0,7	0,07	163	0,35
40	19,6	1,86	113	1,76
43	16,0	1,51	118	1,25
50	21,9	2,07	110	1,86
53	14,9	1,41	110	1,32
60	21,2	2,00	113	1,72
62	21,1	2,00	122	1,83
66	11,1	1,05	141	1,01
76	14,2	1,34	169	1,20
80	17,2	1,63	120	1,50
92	6,5	0,62	236	0,35

## SUMMARY

Mass balance studies, meteorological and hydrological investigations at selected glaciers

The Norwegian Water Resources and Electricity Board (NVE) maintain glaciological studies at a number of selected glaciers for two main reasons. When water power utilization is considered in a particular area, reliable information on river run-off must be available. River gauging has therefore been carried out during many years, in several cases for more than 50 or 100 years. Mean annual river discharge can be calculated from such data. However, most of the gauging stations are situated in valleys far from the glaciers so that their influence on the river hydrology is subdued. The modern technology for power plants in mountainous areas is based upon high altitude reservoirs, which in turn means that the water intake will be situated close to the glaciers in glacierized areas. This gives rise to various problems such as silting-up of reservoirs, a substantial flow of water in a short summer season, almost no run-off in winter, and considerable annual variations in run-off due to variations in glacier melt. The first mentioned problem is dealt with in special reports based on sediment transport studies, whereas the two latter must be solved by direct observations of glacier mass balance and melt water discharge. Results from these studies are reported in this publication.



### Mass balance studies, methods

The mass balance studies were carried out by standard methods previously described by Östrem and Karlen (1962), Östrem and Stanley (1969) and others. The mass changes on the glaciers during the glaciological year 1972 were calculated for 11 glaciers in South Norway and 3 glaciers in North Norway (see Fig. 1). Mass balance results from Högstuvbreen (Svartisen area) are presented in this report for both 1971 and 1972. A special map covering the investigated part of Högstuvbreen has now been constructed. The map is based on aerial photographs taken at the end of July 1972. The scale of the map is in the order of 1:10 000 and is printed in 4 colours. The map can be found on the third cover page in this report and has some comments printed on the backside.

Of these 14 glaciers, NVE carried out measurements on 11 and the Norwegian Polar Institute on the remaining 3 (Storbreen, Hardangerjøkulen and Blomsterskardbreen). The last mentioned glacier was investigated with a somewhat simpler method than the other ones. A net balance curve could only be obtained from Blomsterskardbreen, based upon measurements from a selected number of stakes. It is shown on Fig. 9 how the net balance curves maintain the same configuration from one year to another although its position in the diagram is shifting. Concerning the terminology, it has been attempted to follow proposals given by UNESCO in 1969. The measurements were made according to the stratigraphical system based upon the existence of an observable summer surface which is assumed to be formed at the time of minimum mass at the site.

The mass balance at a selected point during a balance year, i. e. within the period between the formation of two consecutive summer surfaces, is shown in Fig. 2. The diagram illustrates all the point terms used. All point terms are symbolized by small letters ( $b_n$ ,  $b_s$ ,  $b_w$ ) and the values are reported as equivalent volumes of water per unit area (m).

The areal mass balance quantities are found by integrating the point values over the area. The balance year is normally of different lengths in various parts of the glaciers, and the integration therefore cannot be clearly defined with regard to time. The terms are symbolized by capital letters ( $B_w$ ,  $B_s$ ,  $B_n$ ) and the quantities are given in volumes of water equivalent. In most places the winter, summer and net balances are reported, and the summer accumulation ( $C_s$ ) is estimated, if this has been observed. Normally the winter ablation is negligible on Norwegian glaciers.

The field measurements were made as in previous years. The winter balance

was found by making numerous snow-depth measurements, normally by sounding, and the snow density was measured in pits at only a few points. As it is rarely possible to carry out the field work exactly at the time of the change from the winter to the summer season, the deviations from the final values were found by making additional measurements or calculations from available meteorological observations. For each glacier a map showing the positions of stakes, pits and sounding profiles, and another showing the distribution of the winter balance are presented in the report.

The balance at selected dates, and especially the summer balance, is found by field measurements of the snow and firn density, in addition to stake observations.

A table as well as a diagram showing the mean winter, summer and net balances in each 50-m or 100-m height interval are presented for each glacier. The area distribution and the areal net balance are also illustrated.

On several of the glaciers there is a fairly large number of stakes. As the stakes have a tendency to disappear during the winter season, replacement stakes must be established in the spring. Much work is, therefore, involved in calculating and checking the balance at each stake.

Another time-consuming part of the calculation work is connected to the planimeter measurements on maps of the winter and summer balance. Much effort has been made to transfer this work to a computer. Two different solutions are now tested and most calculations of summer and winter balances presented in this report are results of a computerized procedure carried out on NVE's CD-3200.

One computer programme is based upon the idea of using "Thiessen polygons" for glacier surfaces, using values at selected points. Experience showed, however, that this programme consumed relatively high computer time. Another programme, named "BALANCE", is based upon the digitalizing of glacier outline, contour lines and isolines. Various areas are determined by numerical integrations and the corresponding water volumes found by multiplication with selected water equivalent. "BALANCE" works fairly fast; results from one glacier are delivered within 15 minutes if all pertinent data is available on punch cards. The expected deviation from "hand made" calculations is less than 1%. A sub-programme is made to plot maps and to check all digitalized and punched data before the final calculations are made.

The accuracy of mass balance measurements depends on the number of measur-

ing points and the accuracy of each observation. Local conditions during the field work may influence the accuracy, together with the experience of the field personnel. Snow distribution is in general fairly similar from year to year, so the reliability will normally increase with time. Consequently, the evaluation of the accuracy of the results must be a subjective evaluation of the various factors involved.

In our measurements the accuracy of the winter and summer balances is always considered better than 10%, and, unless special difficulties have been encountered, the absolute accuracy is better than 25 cm in the net balance figures.

#### Field results from the balance year 1971-72

The precipitation during the winter season was well above normal before the turn of the year. Most of the precipitation came on the westernmost glacier. The rest of the accumulation season was rather dry. When measurements of the winter balance were carried out in April and May, the results gave the following values : above normal for Ålfotbreen, near normal on Jostedalbreen and Hardangerjøkulen and a little below normal in Jotunheimen. On Svartisen, the winter balance was well above the calculated normal on all the glaciers. As in 1971 the normal difference in snow depth between the humid western glaciers and the more continental eastern ones was more accentuated than usual.

Summer temperatures were high; above normal in June and the first part of July, on Svartisen. In Southern Norway, July had dry weather with much sunshine and temperatures above normal, while August was rainy and rather cool both in Southern Norway and on Svartisen. Consequently, summer balance was a little above normal in Southern Norway but well above normal on Svartisen. Summer snowfall was rather sparse in 1972 but the highest parts of Jostedalbreen and Engabreen had some periods with snow in August. The next winter season started in September on all the glaciers.

Only Ålfotbreen and Blomsterskardbreen had positive net balance values, whereas Nigardsbreen, Hardangerjøkulen and Engabreen were close to a steady state. The rest of the investigated glaciers had negative net balances. The exact values are presented in a table for all the investigated glaciers on p.71 and the results are plotted in Figs. 63-65. The glaciological situation in 1971-72 was very similar to the situation in the balance years of 1963-64, 1967-68, and 1970-71. This indicates an interesting climatic trend towards more favourable conditions for the westernmost glaciers compared with the drier areas in Jotunheimen, see Fig. 65. On Svartisen, the situation seems to be more complicated. Högtuv-

breen, which has the most humid climate in this region, had strong negative net balances both in 1971 and in 1972. This is very different from the results at Engabreen, 30 km to the north.

### Meteorological and hydrological investigations

In contrast to mass balance measurements that can be carried out without maintaining permanent crews on the glaciers during the melt season, meteorological and hydrological observations generally need more maintenance, mainly consisting of frequent servicing of the various instruments, particularly the rain gauges. Consequently, meteorological observations have been carried out at a selected number of glaciers only. Cloud cover, air temperature, relative humidity, wind conditions, precipitation and discharge in the melt water river were carried out at the following glaciers: Ålfotbreen, Vesledalsbreen, Nigardsbreen, Austre Memurubre and at the investigated glaciers in the Svartisen area. For two of the glaciers, Ålfotbreen and Memurubreen, observations of incoming radiation were started in 1970 by Robitsch Actinographs. In 1972 radiation measurements were carried out on Ålfotbreen and Nigardsbreen.

All instruments were running throughout the whole ablation period except for certain short mechanical breakdowns. All data were plotted in diagrams and they are shown in illustrations, one for each glacier (see Figs. 7, 15, 23, 37, 50, 55, 61). The plotting procedure was made by a computer-operated plotting device, so that drafting work was reduced considerably.

The precipitation recorded was low in July, but a little above normal in June and August. Most of the precipitation fell as rain on the glaciers. This made it possible to collect fairly reliable results from rain gauges on the high plateaus. Figs. 24 and 56 present results from precipitation measurements at Nigardsbreen and Engabreen. Like earlier years the precipitation values at Nigardsbreen seem to be 50% higher on the plateau than values recorded at the observation hut. The same precipitation pattern is found on Engabreen where the total amount recorded at 1300 meter increased 100% compared with measurements at sea level. The number of rain gauges was, however, too small for constructing reliable distribution maps. On Ålfoten the precipitation distribution in the area between the glacier edge and the lake Åskåra was investigated. The results, presented in Fig. 8, reflects a rather even distribution pattern with decreasing amount of rain with decreasing altitude.

Results concerning the temperature lapse rate, wind velocity and air moisture showed no marked deviations from earlier summers.

### Special radiation studies

To increase the knowledge of the influence of various meteorological parameters on glacier melt, special studies of radiation conditions were started at Ålfotbreen and Austre Memurubre in 1970. Two Robitsch Actinographs were installed at these glaciers and observations of cloudiness, daily ablation and surface albedo were made in addition to the usual meteorological observations. In 1972 the measurements were carried out at Ålfotbreen and Nigardsbreen; on the latter at a height of 1600 meter, which is very near the normal equilibrium line. This glacier is situated in the centre of the Jostedalsbreen area and the results should be representative for rather large areas, compared with the results from Ålfotbreen and Austre Memurubre. A detailed albedo map covering Nigardsbreen has been constructed on August 15, see Fig. 69. The situation at this date shows albedo values varying from approx. 20% on the lower glacier tongue increasing to 60% at the temporary snowline and growing to 80% on the highest parts of the glacier.

The main results are presented in Figs. 71 and 72. The weekly ablation values are divided in ablation caused by radiation and by non-radiative factors (convection and condensation). The variations are considerable from week to week. On Nigardsbreen 3 weeks had "winter climate", i. e. convection and condensation cooled the glacier surface so that some radiation energy was used to warm up frozen snow and ice. On Ålfotbreen winter climate persisted only on a few days (compare the tables on p. 84 ).

For the months of June and July radiation accounted for 53% of the glacier melt on Ålfotbreen, and 64% on Nigardsbreen for the period June 15 - September 6. The results are compared with similar measurements on other glaciers in Norway. Some of these (see p. 85 ) comprise very limited time intervals.

On the basis of these measurements supplied with climate data from nearby stations, the relation between radiation and non-radiative factors in a "normal" summer is calculated. The results are presented in Fig. 74.

### Surveying and movement studies

All visible stakes on Ålfotbreen, Nigardsbreen, Vesledalsbreen, Austre Memurubre and Gråsubreen were triangulated during the summer of 1972. Only results from Vesledalsbreen and Austre Memurubre are, however, treated in this report. Figs. 74 and 76 present total movement in the period 1969-72 for each individual stake, while Fig. 75 presents the mean annual movement on

Ve sledalsbreen. The maximum velocity, 10 m per year, is found in the steepest areas and there is a marked decrease in velocity from the glaciers centerline towards the edges. The mean annual velocity along this centerline is today 6 m per year. Consequently, a particle moving along this line at the glacier bed would take 500-900 years to reach the glacier snout.

Austre Memurubre has a velocity of the same magnitude as Vesledalsbreen, over most of its area. A part of the tongue, divided from the main glacier by a moraine ridge, has, however, very small movement rates. This part of the glacier completely lost contact with its firn basin during the last years and can today be considered as a dead glacier.

## LITTERATUR

- Liestöl, O.  
1967 : Storbreen Glacier in Jotunheimen, Norway. N.Polarinst. Skrifter 141, (63 p.), Oslo.
- Meier, M.F. & Tangborn, W.V.  
1965 : Net Budget and flow of South Cascade Glacier, Washington, Journal of Glac., Vol.5, no.41, p. 547-566.
- Patterson, W.S.B.  
1969 : The physics of glaciers. Pergamon Press Ltd. p.77. (250 p.)
- Pytte, R.  
1963 : Materialhusholdningen for en del av Folgefonni 1963. Stensilert rapport fra Hydrologisk avdeling (24 p.).  
1964 : Hellstugubreen. En glasiologisk undersökelse. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo. Upubl. (82 p.).  
1967 : Glasio-hydrologiske undersøkelser i Norge 1966. Rapport nr. 2/67 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (83 p.). (With an English summary).  
1969 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1968. Rapport nr. 5/69 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (149 p.). (With an English summary).  
1970 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1969. Rapport nr. 5/70 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (94 p.). (With an English summary).
- Pytte, R. & Liestöl, O.  
1966 : Glasio-hydrologiske undersøkelser i Norge 1965. Årsrapport fra Brekontoret, Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. (92 p. + kartbilag). (With an English summary).
- Tvede, A.M.  
1971 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1970. Rapport nr. 2/71 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (111 p.). (With an English summary).  
1972 : En glasio-klimatisk undersökelse av Folgefonni. Hovedfagsoppgave ved Universitetet i Oslo. Upubl. (109 p.).  
1973 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1971. Rapport nr. 2/73 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (110 p.). (With an English summary).
- Östrem, G. & Karlen, V.  
1962 : Nigardsbreens hydrologi. Norsk Geogr. Tidsskr. 18 (1961-62), p. 156-202. (With an English summary).
- Östrem, G. & Liestöl, O.  
1964 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1963. Norsk Geogr. Tidsskr. 18 (1961-62), p. 281-340. (With an English summary).

Östrem, G. & Pytte, R.

1968 : Glasiologiske undersøkelser i Norge 1967. Rapport nr. 4/68 fra Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Offset (131 p.). (With an English summary).

Östrem, G. & Stanley, A.

1969 : Glacier mass balance measurements. A guide prepared jointly by the Canadian Dept. of Energy, Mines and Resources and the Norwegian Water Resources and Electricity Board. (128 p.)



438000 m

439

440

13° 40'

441

442

443

Leirådalsryggen

BRIEF COMMENTS ON THE MAP

The completion of this glacier map covering part of Høgtuva was done in 1973 from an altitude of approximately 4650 m a.s.l. The photography was originally done for the Norwegian Geographical Survey to form a base for a new topographic map with 1:50,000 in this part of Norway.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957. The position of the glacier map was made in accordance with the map of the area in 1957.

7372 66° 27' 30"

7371

7370 000 m

438000 m

439

440

13° 40' E Greenwich meridian

441

442

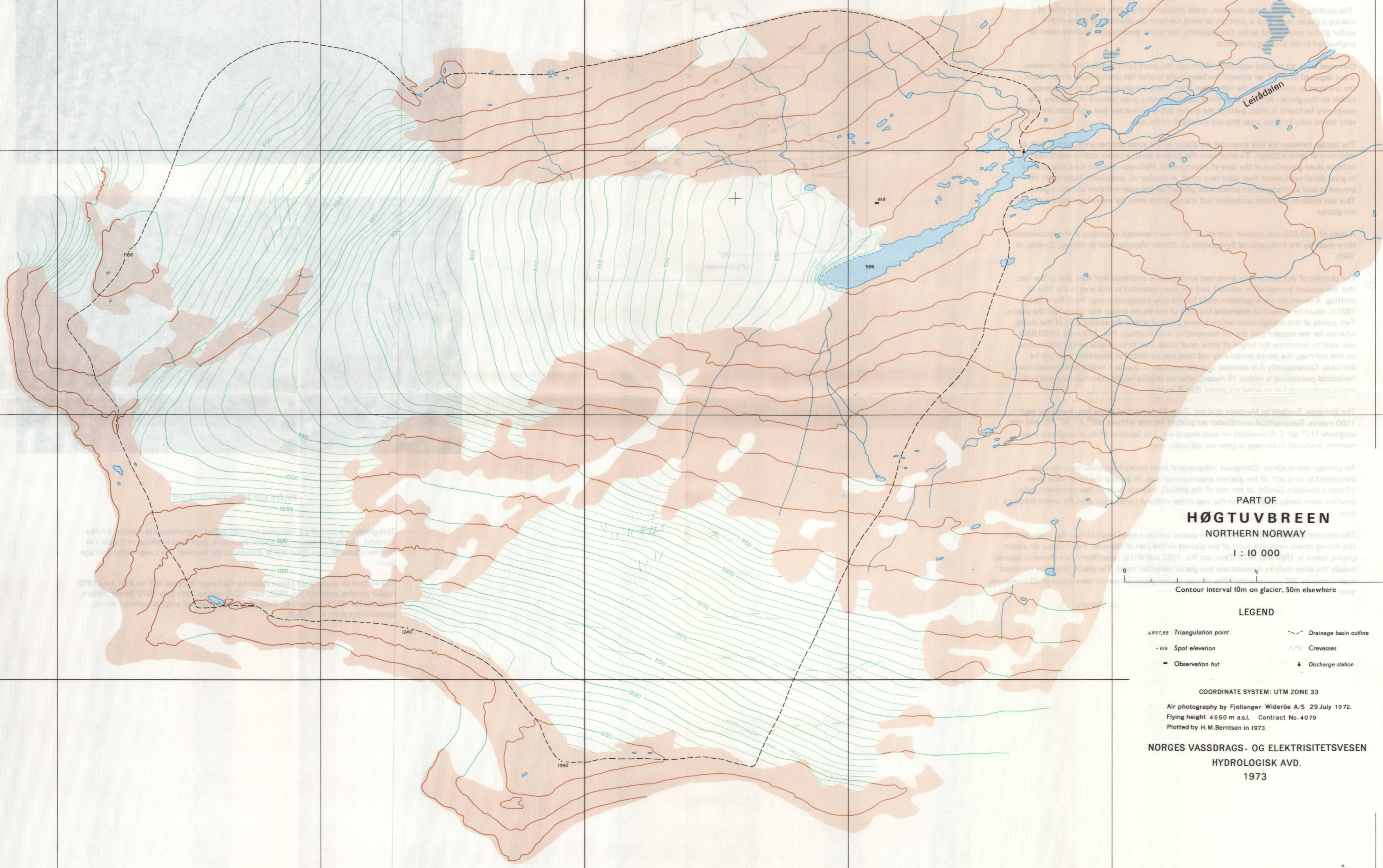
443

7372 66° 27' 30"

7371

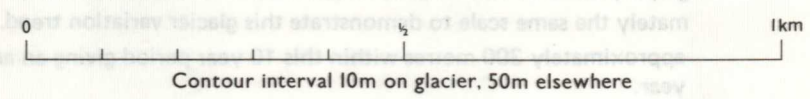
7370 000 m

LOCATION MAP



PART OF HØGTUVBREEN NORTHERN NORWAY

1 : 10 000



Contour interval 10m on glacier, 50m elsewhere

LEGEND

- ▲ 857,68 Triangulation point
- 619 Spot elevation
- Observation hut
- Drainage basin outline
- /// Crevasses
- ★ Discharge station

COORDINATE SYSTEM: UTM ZONE 33

Air photography by Fjellanger Widerøe A/S 29 July 1972. Flying height 4650 m a.s.l. Contract No. 4079. Plotted by H.M.Berntsen in 1973.

NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN HYDROLOGISK AVD. 1973

▲ 1275,72 Høgtuva  
▲ 1268,22