



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK

Nils Haakensen

**AKKUMULASJON PÅ BREENE
I NORGE VINTEREN 1988-89**

Særtrykk fra VÆRET,
nr 3/89, årgang 13

Meddelelse nr. 70

fra

HYDROLOGISK AVDELING

1989

Akkumulasjon på breene i Norge vinteren 1988–89

NILS HAAKENSEN

Forfatteren er født i Onsøy 1941 og tok artium i Fredrikstad i 1960. Han studerte ved Norges Tekniske høyskole og Universitetet i Oslo der han ble cand. mag i 1968. Haakensen er knyttet til brekontoret ved Norges Vassdrags og Energiverk som statshydrolog. Han arbeider særlig med massebalansen for de norske breene.

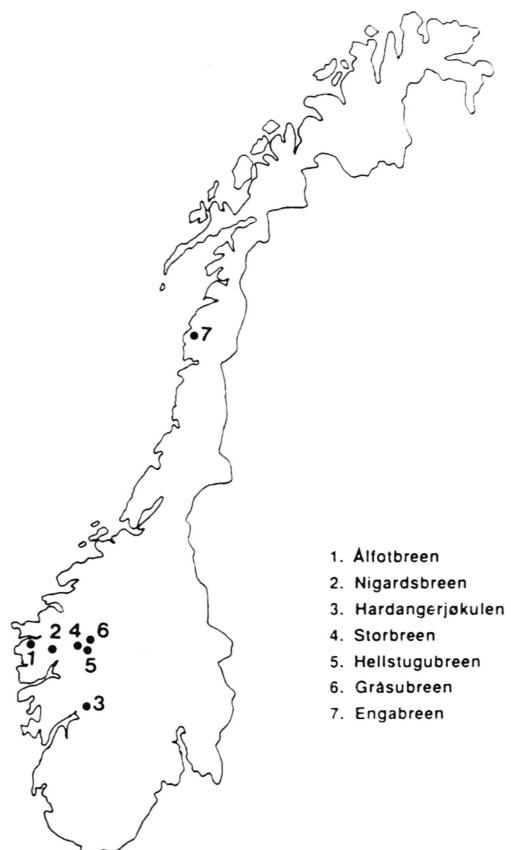
I denne artikkelen tar Haakensen for seg den aktuelle situasjonen i Sør-Norge der mange breer fikk et usedvanlig stort tilskudd i form av våt snø sist vinter. Vi får også se eksempler på breenes utvikling gjennom de siste 25 år.

Vinteren 1988–89 vil nok gå inn i historien som en spesiell vinter som vil bli husket lenge. Storm og orkan gjorde stor skade flere ganger, og det ble satt en rekke nedbørrekorder på Vestlandet og i Nord-Norge. Mange steder har det også vært den mildeste vinter som har vært observert noensinne. Spesielt var januar extrem. I Oslo var f.eks. middeltemperaturen i januar 2.3°C , mens den gamle rekorden var 1.4°C , og var satt i 1930. På anleggsområdet til Statskraft ved Styggevann i Jostedalen, som ligger 1200 m o.h., regnet det flere ganger i januar.

De som oppholdt seg i lavlandet, vil nok huske vinteren som en vinter uten sne og uten mulighet til å gå på ski. I fjellet og på breene derimot var det rekordmessige snemengder. På grunn av det milde været måtte man imidlertid over 1000 m for å finne de store snemengdene. Spesielt fikk breene mye sne.

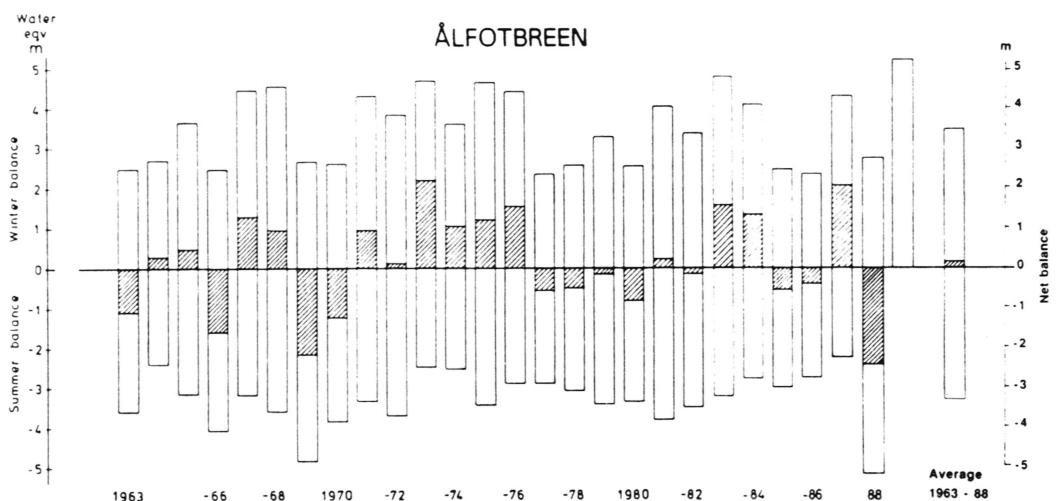
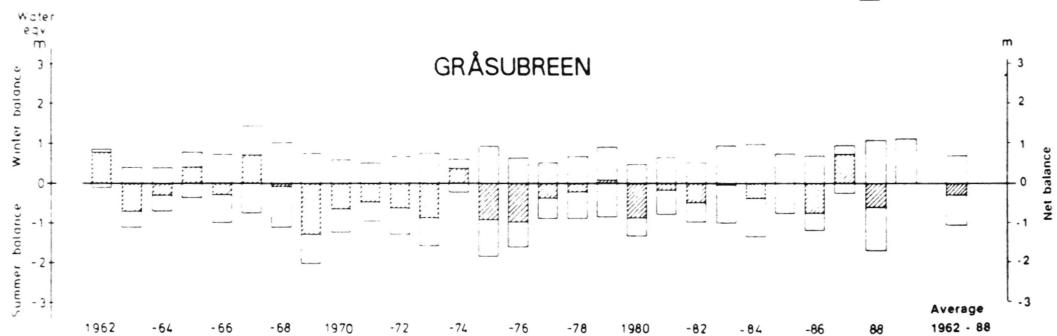
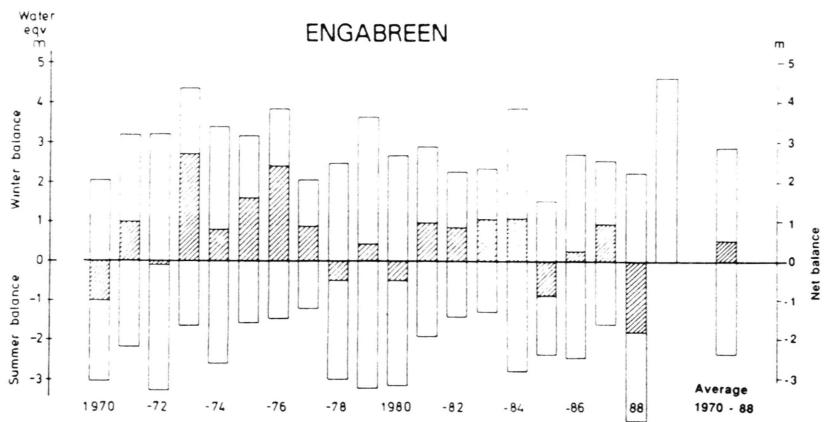
Brekontoret på NVE har foretatt bremålinger på en del breer i Syd-Norge siden begynnelsen av 1960-tallet, og på de fleste var vinterakkumulasjonen i år den største som har vært målt, og større enn de to andre store snevintrene 1967–68 og 1982–83. På Svartisen går målingene tilbake til 1970, og også der er årets målinger en rekord.

Det er de kystnære breene – der klimaet er mest maritimt – som får de største snemengdene. Spesielt var dette tillelle i år med stort sett vedvarende vestvær det meste av vinteren. På Engabreen i Nordland og på Ålfotbreen i Nordfjord ble det i år målt snedypp på over 13



Figur 1. Kartet viser beliggenheten av breene som omtales i teksten.

m. På de øverste deler av Nigardsbreen, som er en del av Jostedalsbreen, ble det målt sne-



Figur 2. Massebalansediagram for noen norske breer med lang målserie. Søylene over tidsaksen viser vinterakkumulasjon, og søylene under aksen er smelting om sommeren. Alle tall er i meter vann. Den skraverte delen av søylen viser nettobalansen, dvs. forskjellen mellom akkumulasjon og smelting. Er nettobalansen positiv, øker breen i volum, er den negativ, vil breen minke. Søylen helt til høyre viser gjennomsnitt for hele måleperioden.

dybder på opp til 12 m. og på Hardangerjøkulen – der klimaet er litt mer kontinentalt – opp til 8.5 m. På Hellstugubreen i Sentral-Jotunheimen var største målte snedyp «bare» vel 6 m, og selv på Gråsubreen i Øst-Jotunheimen, der klimaet må karakteriseres som kontinentalt, ble det målt snedyp på over 4 m.

Akkumulasjonssesongen på breene er lang. Derfor er den nederste delen av snepakken 6–8 måneder gammel, og dessuten vil vekten av snepakken utøve et stort trykk. Dette medfører at tettheten ved så store snedyp blir mye større enn ellers. I tillegg vil sterk vind gjøre at sneen fokker, snekristallene ødelegges og pakkes bedre, og sneen får større tetthet. Mens middeltetheten (densiteten) av sne i høyfjellet vanligvis er 350–400 kg pr. m³, er den på breene 440–500 kg pr. m³. I et år som i år med så store snemengder var middeltetheten flere steder over 500 kg pr. m³.

På Ålfotbreen var middeltetheten hele 580 kg pr. m³. Med et snedyp på 13 m på toppen tilsvarer dette en nedbørsmengde på over 7500 mm på 6 måneder, dvs. mellom 20. oktober og 15. april. Nedbørstasjonen i Grøndalen (108 m o.h.) på sydsiden av Ålfotbreen, som for øvrig i januar hadde nedbørrekord for Norge med 1190 mm, mottok i den samme 6 måneder perioden 3290 mm. Hvis en regner at nedbøren øker med høyden med ca. 8% pr. 100 m, og vi bruker dette for å beregne nedbøren på breen (1200–1300 m o.h.), får vi følgende resultat:

$$3290 \cdot 1,08^{11} = 7670 \text{ mm.}$$

Dette passer jo svært godt med de målte verdier på breen som var 7500 mm.

Årsaken til den store snetetheten på Ålfotbreen i år må søkes i den milde vinteren. Mye av nedbøren har vært våt sne. Det har til og med regnet flere ganger. Vannet har ikke frosset, men har blitt liggende mellom snekristallene.

På Engabreen varte akkumulasjonssesongen fra 15. september til 15. mai. Snedypet på toppen (1400–1500 m o.h.), som var over 13 m, tilsvarer 7400 mm i løpet av 8 måneder. I samme periode har nedbørstasjonen Lurøy (110 m o.h.) målt 3295 mm. Hvis vi bruker samme formel som for Ålfoten, får vi

$$3295 \cdot 1,08^{13} = 8960 \text{ mm.}$$

Her gir metoden mer nedbør enn det som er målt på breen.

På Nigardsbreen (1800–1900 m o.h.) tilsvarer maksimalt snedyp ca. 6400 mm og på Hardangerjøkulen (1700–1800 m o.h.) ca. 4300 mm. I Jotunheimen er nedbørsmengdene mer beskjedne. På Hellstugubreen (2000 m o.h.) tilsvarer maksimalt snedyp 2800 mm og på Gråsubreen (2100 m o.h.) 2200 mm. Disse to breene har en akkumulasjonssesong på ca. 9 måneder.

Før å kunne sammenligne resultatene fra de ulike breene med hverandre regnes massebalansen om til spesifikk vannverdi. Det vil si at en beregner gjennomsnittsakkumulasjonen på hele breens areal, uttrykt i mm vann. Dette kalles vannekivalent. Resultatene for årets bremålinger er sammenstiltet i tabell 1, og viser at vinterakkumulasjonen på de målte breene er mellom 146% og 180% av middelverdien for de årene målingene har pågått. Det viser seg at Nigardsbreen har hatt relativt størst akkumulasjon.

Med den store akkumulasjonen som er målt i år, er det svært sannsynlig at breene skal få et masseoverskudd. Det betyr at sommerens smelting vil bli mindre enn vinterens akkumulasjon, og at breene vil øke i volum. I tabell 2 er den største målte smelting og midlere smelting i måleperioden sammenlignet med siste vinters akkumulasjon. Det viser seg at for breene i områder med utpreget kystklima vil selv en rekordmessig avsmelting ikke være tilstrekkelig til å kompensere årets akkumulasjon. Med en middels avsmelting vil 36–51% av årets sne overleve sommeren. I Jotunheimen er maksimal avsmelting større enn årets akkumulasjon. Med en midlere avsmelting derimot vil 11–28% av sneen i Jotunheimen bli liggende igjen.

Sneakkumulasjonskartet til Meteorologisk institutt pr. 30.04.89 for 1200 m nivå viser 185 % både for Ålfobreen og Engabreen. For begge disse breer ligger middelhøyden på 1200 m o.h. Sammenlignet med prosentvis akkumulasjon i tabell 1 er overensstemmelsen bra, spesielt for Engabreen. Nigardsbreen og Hardangerjøkulen har en middelhøyde på rundt 1700 m o.h. For disse to viser sneakkumulasjonskartet 210% i 1200 nivå, og det er mer enn de målte verdier for sneakkumulasjonen.

Tabell 1. Vinterakkumulasjon.

Bre	Antall års målinger	Vinterakkumulasjon 1989		Andre nedbørrike år (Syd-Norge)		
		mm	% av middel	1967	1968	1983
Ålfotbreen	27	5 200	151	4 460	4 550	4 790
Nigardsbreen	28	4 050	180	3 400	2 720	3 020
Hardangerjøkulen	27	3 280	167	2 440	2 680	3 730
Storbreen	40	2 300	170	1 890	1 640	1 900
Hellstugubreen	28	1 580	146	1 480	1 380	1 470
Gråsubreen	28	1 120	160	1 450	1 120	940
Engabreen	19	4 620	161			

Her er breene i Syd-Norge ordnet fra vest mot øst (økende kontinentalitet). En ser klart hvordan nedbøren avtar østover. I Jotunheimen er vinterakkumulasjonen bare 20–30% av hva den er på Ålfotbreen. For sammenlignin-

gens skyld er det tatt med resultatene fra de andre tre «sneårene» 1967, 1968 og 1983. Bare på Hardangerjøkulen og Gråsubreen har det vært målt høyere vinterakkumulasjon enn i år.

Tabell 2. Vinterbalanse sammenlignet med maksimal og midlere avsmelting.

Bre	Vinterakkku-		Maks avsmelting	Rest		Midlere	Rest	
	1989 (mm)	mm		år	mm		avsmelting	mm
Ålfotbreen	5 200	5 200	1988	0	0	3 320	1 880	36
Nigardsbreen	4 050	3 260	1969	790	20	2 050	2 050	51
Hardangerjøkulen	3 280	3 130	1988	150	5	1 990	1 290	39
Storbreen	2 300	2 640	1969			1 650	650	28
Hellstugubreen	1 580	2 320	1988			1 410	170	11
Gråsubreen	1 120	2 040	1969			1 010	110	10
Engabreen	4 620	4 050	1988	570	12	2 330	2 290	50

Tabellen viser hvordan breenes nettobalanse vil bli i år dersom vi får en rekordsommer med maksimal avsmelting lik den vi hadde i 1969 eller 1988, og dersom vi får en gjennomsnittssommer. F.eks. på Nigardsbreen vil en rekord-

davsmelting lik den i 1969 føre til at 20% av vinterens sne ikke vil smelte, mens en middels sommer vil føre til at over halvparten av årets sne vil bli liggende igjen.

Denne serie utgis av Hydrologisk avdeling ved
Norges vassdrags- og energiverk.
Adresse: Postboks 5091 Maj.. 0301 OSLO 3

I denne serie er utgitt:

- Nr. 1. J. Otnes: Våre hydrologiske undersøkelser. (4 s.) 1962.
- " 2. G. Østrem og V. Karlén: Nigardsbreens hydrologi. (47 s.) 1963.
- " 3. G. Østrem: Litt om breene i Storsteinsfjell-området. (7 s.) 1963.
- " 4. G. Østrem og O. Liestøl: Glaciologiske undersøkelser i Norge 1963. (60 s.) 1964.
- " 5. A. Tolland: Langtidsvariasjoner i avløpet i noen norske vassdrag. (14 s.) 1964.
- " 6. Ø. Aars: Geohydrologi, et aktuelt felt innen Vassdragsvesenets interesseområde. (16 s.) 1964.
- " 7. S. Flatjord: Utvikling av isdekket på norske vassdrag, samt litt om råkdannelse. (17 s.) 1964.
- " 8. G. Østrem: A method of measuring water discharge in turbulent streams. (23 s.) 1964.
- " 9. Ø. Aars: Geohydrologisk forskning i Norge (Geohydrological research in Norway). (19 s.) 1964.
- " 10. V. Karlén: Snöackumulationskartor och glaciärernas ackumulation. (15 s.) 1964.
- " 11. J. Otnes: Beregning av regulert vannføring og vannføringsøkning med vassdragsreguleringer. (17 s.) 1964.
- " 12. O. Devik: Present experience on ice problems connected with the utilization of water power in Norway. (16 s.) 1964.
- " 13. G. Østrem: Glacio-hydrological investigations in Norway. (15 s.) 1964.
- " 14. R. Pytte og G. Østrem: Glacio-hydrologiske undersøkelser i Norge 1964. (92 s., 6 løse kartplansjer) 1965.
- " 15. J. Otnes: Hydrologisk vurdering av vannverk. (9 s.) 1966.
- " 16. I. Hagen: Planning of hydrological observations in catchment areas with partially glacier covered tracts. (12 s.) 1967.
- " 17. G. Østrem: Laboratory measurements of the resistivity of ice. (8 s.) 1967.
- " 18. O. Devik: Vannstandsvariasjoner i en elv som følge av islegging og sarrproduksjon. (18 s.) 1967.
- " 19. A. Tolland og K. Hegge: Flom og flomvarsling. (10 s.) 1968.
- " 20. G. Østrem og T. Ziegler: Atlas over breer i Sør-Norge. (207 s.) 1969.
- " 21. A. Tolland: Variability of seasonal and annual runoff in Norway. (8 s.) 1972.
- " 22. G. Østrem, N. Haakensen og O. Melander: Atlas over breer i Nord-Skandinavia. (315 s.) 1973.
- " 23. G. Østrem: Satellittbilder - et nytt glaciologisk verktøy. (5 s.) 1973.
- " 24. G. Østrem: The use of ERTS data to monitor glacier behaviour and snow cover - practical implications for water power production. (12 s.) 1974.
- " 25. R. Pytte Asvall og S. Roen: Experiences showing how increased winter flow through inland lakes influences ice conditions. (9 s.) 1974.
- " 26. G. Østrem: Runoff forecasts for highly glacierized basins. (22 s.) 1974.
- " 27. R. Pytte Asvall: Changes in ice conditions in regulated river basins. (13 s.) 1974.
- " 28. K. Wold: Snø - venn og fiende. (42 s.) 1974.
- " 29. A.M. Tvede: Volumendringer på breer i Sør-Norge, 1962-1973. (9 s.) 1975.
- " 30. G. Østrem: ERTS-1 images in glaciology and hydrology: Norwegian experience. (8 s.) 1975.
- " 31. G. Østrem: Present alpine ice cover. (32 s.) 1975.
- " 32. G. Østrem: ERTS data in glaciology - an effort to monitor glacier mass balance from satellite imagery. (13 s.) 1975.
- " 33. G. Østrem: Breen som kraftkilde. (9 s.) 1975.
- " 34. B. Wingård og L. Roald: Vassdragene i Sør-Norge: Har det noensinne vært så tørt som i år? (3 s.) 1976.
- " 35. A. Tolland: River runoff in Norway - R. Pytte Asvall: Effects of regulation on freshwater runoff. (9 s.) 1976.
- " 36. G. Østrem, O. Liestøl og B. Wold: Glaciological investigations at Nigardsbreen, Norway. (23 s.) 1977.
- " 37. L. Roald: Hydrologiske varslingsmetoder. (15 s.). S. Roen: Vassdragsreguleringer og endrede isforhold. (7 s.). G. Østrem: Fjernanalyse. (10 s.) 1977.
- " 38. Ø. Aars: Ground water and the regulation of water courses. (4 s.) 1978.
- " 39. U. Riise og B. Wingård: Sammenheng mellom magasinsterrelse og regulert vannføring. EDB og tradisjoner. (15 s.) 1978.
- " 40. A.M. Tvede: The heat storage of Lake Mjøsa: Interactions between ice cover, climate and the energy exchange processes. (13 s.) 1979.

- Nr. 41. B. Wold og G. Østrem: Morphological activity of a diverted glacier stream in western Norway.
(5 s.) 1979.
- " 42. B. Wold og G. Østrem: Subglacial constructions and investigations at Bondhusbreen, Norway.
(16 s.) 1979.
- " 43. Ø. Aars: Konsekvenser av vassdragsreguleringer. (18 s.) 1981.
- " 44. G. Østrem: The use of remote sensing in hydrology in Norway. (13 s.) 1981.
- " 45. T. Andersen: Operational Snow Mapping by Satellites. (6 s.) 1983.
- " 46. A.M. Tvede og B. Wold: Glaciologi. (24 s.) 1983.
- " 47. E.V. Kanavin: Fifty Years of Experience in the Field of Ice Problems for River Engineering.
(15 s.) 1983.
- " 48. G. Østrem, N. Flakstad og J.M. Santha: Dybdkart over norske innsjøer. (128 s.) 1984.
- " 49. G. Østrem: Snow and ice - Remote sensing applications in civil engineering. (13 s.) 1985.
- " 50. R. LeB. Hooke, B. Wold og J.O. Hagen: Subglacial hydrology and sediment transport at Bondhusbreen,
southwest Norway. (10 s.) 1985.
- " 51. T. Andersen og N. Haakensen: Remote sensing of snow in high mountain basins in Norway. (2 s.) 1985.
- " 52. G. Østrem: Repeated glacier mapping for hydrological purposes: Water power planning. (6 s.) 1986.
- " 53. G. Østrem og A.M. Tvede: Comparison of glacier maps - a source of climatological information?
(7 s.) 1986.
- " 54. N. Haakensen: Glacier mapping to confirm results from mass balance measurements. (5 s.) 1986.
- " 55. A.C. Sætrang og B. Wold: Results from the radio echo-sounding on parts of the Jostedalsbreen ice
cap, Norway. (3 s.) 1986.
- " 56. R. Pytte Asvall: Ice jams in regulated rivers in Norway, experiences and predictions. (10 s.) 1986.
- " 57. G. Østrem og H.Chr. Olsen: Sedimentation in a glacier lake. (16 s.) 1987.
- " 58. Y. Gjessing og B. Wold: Absolute movements, mass balance and snow temperatures of the
Riiser-Larsenisen Ice Shelf, Antarctica. (9 s.) 1987.
- " 59. O. Orheim, Y. Gjessing, T. Lunde, K. Repp, B. Wold, H.B. Clausen og O. Liestøl:
Oxygen isotopes and accumulation rates at Riiser-Larsenisen, Antarctica. (15 s.) 1987.
- " 60. K. Wold: Specific weight of snow. (6 s.) 1986.
- " 61. G. Østrem, K. Dale Selvig og K. Tandberg: Atlas over breer i Sør-Norge. (248 s.) 1988.
- " 62. J. Bogen: Deltaic depositional processes in a glacier-fed lake: A model for the fluvial/
lacustrine interface (11 s.) 1987.
- " 63. E. Aas og J. Bogen: Colors of Glacier Water (5 s.) 1988.
- " 64. J. Bogen: A monitoring programme of sediment transport in Norwegian rivers. (11 s.) 1988.
- " 65. J. Bogen, B. Wold og G. Østrem: Historic glacier variations in Scandinavia (20 s.) 1989.
- " 66. R.T. Ottesen, J. Bogen, B. Bølviken og T. Volden: Overbank sediment: a representative sample medium
for regional geochemical mapping (21 s.) 1989.
- " 67. J. Bogen: Glacial sediment production and development of hydro-electric power in glacierized
areas (6 s.) 1989.
- " 68. M. Kennett: A possible radio-echo method of locating englacial and subglacial waterways
(5 s.) 1989.
- " 69. A.M. Tvede: Floods caused by a glacier-dammed lake at the Folgefonna ice cap, Norway
(3 s.) 1989.
- " 70. N. Haakensen: Akkumulasjon på breene i Norge vinteren 1988-89. (4 s.) 1989.