

Store endringer i Norges isbreer

Breene i Norge smeltet tilbake i forrige århundre som breer ellers i verden. På 1990-tallet rykket imidlertid mange norske breer fram som følge av en rekke nedbørrike vintre. De siste fire årene har norske breer igjen minket betydelig i volum og lengde. Flere år med lite vinternedbør og rekordvarme somre i 2002 og 2003 har tært kraftig på breene.

Liss M. Andreassen, Hallgeir Elvehøy og Bjarne Kjöllmoen,
Seksjon for bre og miljøhydrologi, NVE

Isbreer dekker omlag 1 prosent av landarealet i Norge (ca. 2600 km²). I Norge kommer 98 prosent av elektrisiteten fra vannkraft, og 15 prosent av utnyttet vannføring kommer fra vassdrag med breer. Breer er sensitive i forhold til klimaendringer og er av FNs klimapanel (IPCC) ansett som en nøkkelindikator for globale og regionale klimaendringer.

Målinger av breendringer

Systematiske målinger av breers frontposisjon og dermed breens lengdeendring startet rundt 1900 i mange breområder i Norge. Omfanget på måleprogrammet har variert, men ble revitalisert på 1990-tallet da mange breer startet å rykke fram (figur 1). Totalt har det vært gjort nærmere 2200 lengdeobservasjoner fra 58 breer.

Den årlige *massebalansen* for en bre utgjøres av snøakkumulasjon om vinteren (vinterbalansen) og smelting av snø og is om sommeren (sommerbalansen). Forskjellen mellom disse kaller vi nettobalansen. Nærmere beskrivelse av metode kan fåes i Kjöll-



VARME OG NEDBØR. Global oppvarming med mer nedbør kan føre til at breene nær kysten berger seg bedre enn breene i innlandet. Bildet er fra Engabreen i Nordland fylke.

Foto: Hallgeir Elvehøy

moen (2004) eller Andreassen m.fl. (2005). De første *massebalansemålingene* i Norge ble igangsatt i 1949 på Storbreen i Jotunheimen (figur 2). Målingene på Storbreen foregår fortsatt, og denne måleserien er den nest lengste massebalanseserien i verden. Antallet observerte breer har variert fra år til år. Totalt har massebalansen blitt målt på 42 breer (til sammen 532 observasjonsår). I Sør-Norge har seks av breene blitt målt i 42 år eller mer. Disse breene utgjør et vest-øst profil fra den maritime Ålfot-

breen i vest til den kontinentale Gråsubreen i øst.

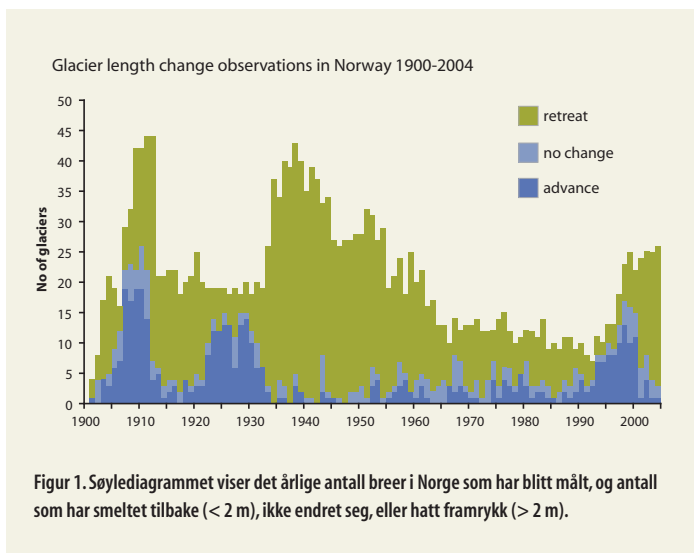
Breenes utbredelse minket

Generelt smeltet norske breer tilbake på 1900-tallet. Den målte tilbakesmeltingen har vært opptil 2.5 km, men varierer mye fra bre til bre. Flere perioder med tilbakegang og framrykk har vært registrert siden lengdemålingene begynte rundt 1900 (figur 1). Breer i innlandet har med få unntak smeltet tilbake i hele perioden, mens mange maritime breer har hatt perioder med tilbake-

trekning og framrykk. Fra 1930 til 1990 smeltet de fleste breer tilbake. I 1990-årene begynte mange kystnære breer å rykke fram. Fra 2000 har det vært en markert skifte for breene i Norge, en rask tilbakesmelting har blitt observert ved de fleste breer (figur 3).

Stor forskjell i masseomsetning

Målte nettobalanseprofiler for ni av breene i perioden 1989-2003 viser både den store forskjellen i høydeutbredelse og variasjon i massebalansegradient og masseomsetning



av norske breer (figur 4). Omsetningen til Engabreen og Nigardsbreen er stor i forhold til de høytliggende breene i Jotunheimen (Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen). Breene i vest har en langt større masseomsetning enn de kontinentale breene i øst. Ålfotbreen lengst i vest har den største vinterbalansen og sommerbalansen, middelverdiene for perioden 1963-2004 er henholdsvis 3,7 og -3,5 meter vann-ekvivalenter (m v.e). Middelverdiene for Gråsubreen lengst i øst er mye mindre, vinterbalansen er bare en femdel (0,8 m v.e.), mens sommerbalansen er bare en tredel (-1,1 m v.e.) av verdiene målt for Ålfotbreen. For Ålfotbreen er vinterbalansen den viktigste faktoren for nettobalansen, mens breene i Jotunheimen er i større grad påvirket av endringer i sommerbalanse.

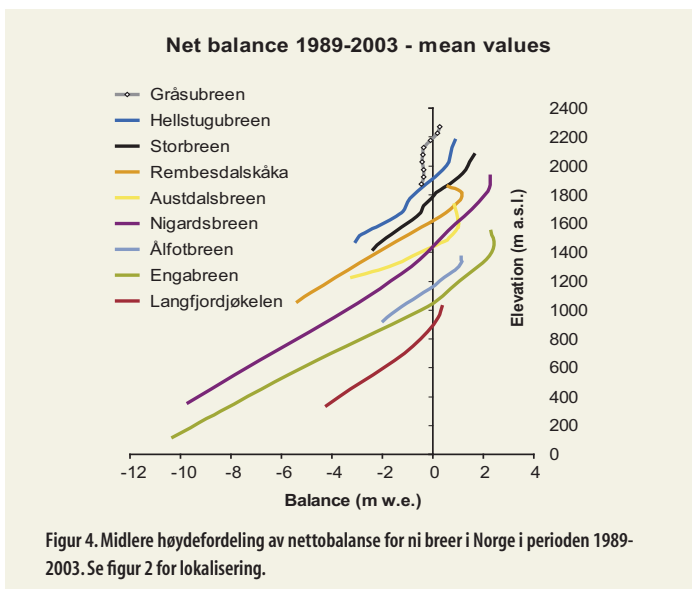
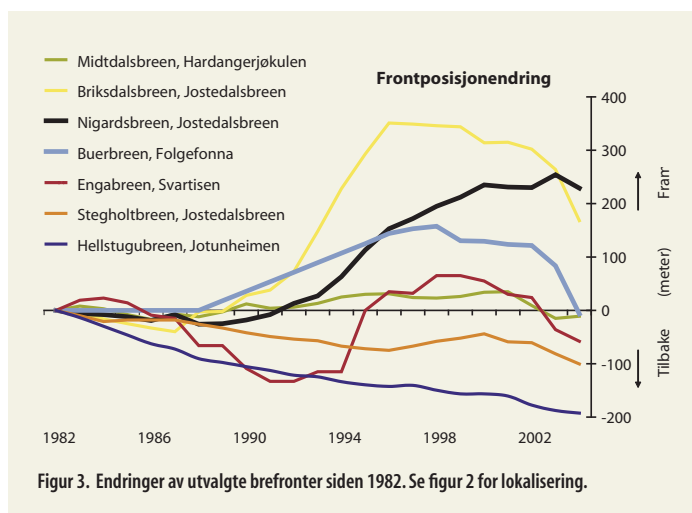
Har breene øket eller minket?

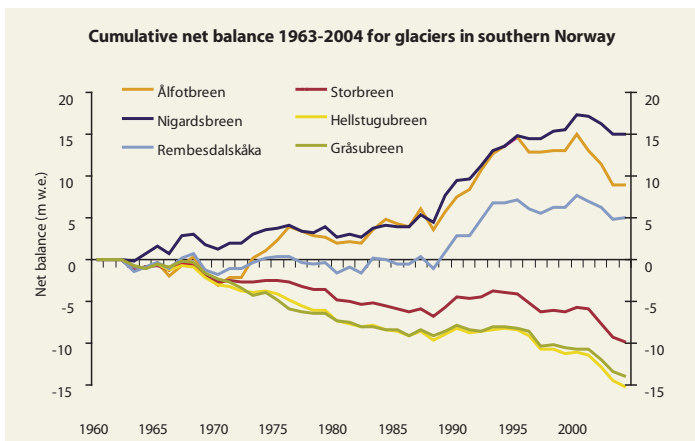
Figur 5 viser akumulert nettobalanse for seks breer i Sør-Norge. De maritime breene; Ålfotbreen og Nigardsbreen, har hatt et betydelig overskudd i perioden 1963-2000. Hardangerjøkulen hadde også overskudd i denne perioden, mens de kontinentale breene (Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen) hadde et betydelig underskudd. Det store overskuddet skyldes snørike vintre i perioden 1989-1995 og under-

streker viktigheten av vinterbalanse for de norske breens massebalanse (særlig de kystnære). Også de kontinentale breene hadde et forbigående overskudd i denne perioden. I årene 2001-2003 har alle de målte breene i Norge hatt et betydelig underskudd. Denne nedsmeltingen skyldes en kombinasjon av snøfattige vintre og varme somre som ga rekordhøy bresmelting. Sommeren 2002 var den varmeste som noen gang er målt i Norge, og sommeren 2003 var den fjerde varmeste sommeren siden målingene startet i 1876 (kilde: met.no). Den generelle trenden for breområder ellers i verden har vært minking av breer, og masseøkningen på de norske maritime breene har vært ganske unik i verdensammenheng. Den seneste utviklingen av norske breer er dermed mer i tråd med hva som skjer med breene ellers i verden.

Er den spesifikke nettobalansen en klimaindikator?

Svaret på dette er både ja og nei. På kort sikt reflekterer den årlige balansen, vinterbalanse og sommerbalanse, værforholdene det året. Den spesifikke balansen forteller om breen mistet eller ble tilført masse det året. Resultatet av været vises direkte på breen. Ser man på en lang tidsserie må man være mer forsiktig fordi breens geometri og dynamikk endrer





Figur 5. Akumulert massebalanse for seks breer i Sør-Norge i perioden 1963-2004. De maritime breene hadde masseoverskudd i perioden 1963-2000, mens de kontinentale breene (Storbreen, Hellstugubreen og Gråsubreen) hadde et nesten like stort underskudd. Siden 2000 har alle breene minnet i volum.

seg (Oerlemans, 2001). Når det gjelder brefrontendringer er dette ansett som et signal på klimaendringer (Hoelzle, 2003). Hvor raskt endringer i breens masse vil vises ved fronten avhenger av hvor bratt

og lang breen er og av breens massebalansegradient. Eksempelvis har Nigardsbreen hatt positiv massebalanse siden 1963, men begynte først å rykke fram i 1987. Briksdalsbreen som er betydelig kortere

og brattere reagerte mye raskere på endringer og har hatt mange framstøt og tilbakesmeltinger i måleperioden.

Hva skjer med breene i framtiden?

Breer er svært sensitive for klimaendringer og den globale oppvarmingen kan ha store konsekvenser for deres utbredelse. Breer som spenner over et lite høydeintervall som Gråsubreen og Ålfotbreen kan forsvinne raskere enn breer som har akkumulasjonsområde høyt over dagens likevektslinje. Iskapper med flate akkumulasjonsområder som Hardangerjøkulen og Nigardsbreen er derfor ekstra sårbare hvis breens likevektslinje heves. For fremtiden spås global oppvarming, men også mer nedbør, spesielt for de kystnære breene. Dette kan føre til at breene nær kysten, berger seg bedre enn breene i innlandet, se også Nesje (2004). I skrivende stund ser det ut til at 2005 blir et nedbørrikt år på breene i Norge, i motsetning til de fore-

gående årene. Det kan derfor ligge an til et overskudd på de kystnære breene.

Referanser

- Andreassen, L.M., H. Elvehøy, B. Kjöllmoen, R.V. Engeset and N. Haakensen. 2005. Glacier mass balance and length variation in Norway. *Annals of Glaciology*, 42. Akseptert for publikasjon.
- Hoelzle, M., W. Haeberli, M. Dischl, M. and W. Pescke, 2003. Secular glacier mass balances derived from cumulative glacier length changes. *Gl. Plan. Change*, 36, 295-306.
- Kjöllmoen, B., ed. 2004. Glaciological investigations in Norway in 2003. *NVE Report* 4-2004.
- Nesje, A. 2004. Breene i Europa minker. *Cicerone* 5/2004, 24-26.
- Oerlemans, 2001: *Glaciers and climate change*. A.A. Balkema Publishers.

Painting the White House Green. Rationalizing Environmental Policy Inside the Executive Office of the President

Av Randall Lutter og Jason Shogren (red.)

Washington, D.C.: Resources for the Future. 205 sider.

Paperback. ISBN: 1891853724

Rapport fra innsiden



Andreas Tjernshaugen

Her er en liten gullgrube for den som er interessert i utformingen av USAs miljøpolitikk: En samling artikler som oppsummerer erfaringene til økonomer som har arbeidet som miljøpolitiske rådgivere i Det hvite hus. Bidragsyterne har vært ansatt ved presidentens *Council of Economic Advisers* under Clinton eller en av de to Bush-administrasjonene. Tittelen er egentlig misvisende: Forfatterne rapporterer ikke fra en felles dugnad for å gjøre amerikansk politikk grønnest mulig, men fra sitt arbeid for å utbre økonomisk tenkning som målestokk,

og det krevende møtet med den politiske virkeligheten. De økonomiske rådgiverne har argumentert for både strengere og mindre strenge miljøtiltak, men hele veien har de insistert på systematisk avveining av kostnader og nytte.

Boka er interessant både som innblikk i hvordan amerikansk miljøpolitikk utformes i møtet mellom ulike interesser og institusjoner, og som studie i økonomiske eksperters spesielle tilnærming til politikk. Tonen er ukuelig optimistisk med tanke på økonomifagets evne til å finne fram til gode løsninger på miljøproblemer – men til tider resignert når det gjelder utsiktene til å få politikerne til

å lytte. En oppgitt Bill Clinton skal en gang ha kalt sine økonomiske rådgivere for "lemon suckers" – folk som nyter å komme med dårlige nyheter.

Fleire artikler beskriver utformingen av amerikansk klimapolitikk i detalj. Økonomene har hatt stort gjennomslag når de har argumentert for at økonomiske insentiver er et hensiktsmessig virkemiddel i miljøpolitikken, skriver Michael A. Toman – et viktig resultat er bestemmelsene om kvotehandel i Kyoto-protokollen. Men "i skarp kontrast har økonomisk analyse stort sett blitt ignorert og iblant til og med latterliggjort i forbindelse med å sette mål for kontroll av klimagas-

ser". Joseph E. Aldy gir sin versjon av striden om Kyoto-protokollen, og ikke minst Clinton-administrasjonens vanskelige manøvrering mellom Senatets krav om at u-landene måtte ta på seg bindende klimamål før USA kunne ratifisere Kyoto-protokollen, og u-landenes innbitte motvilje mot slike krav.

Andreas Tjernshaugen

er stipendiat ved CICERO Senter for klimaforskning (andreas.tjernshaugen@cicero.uio.no)