

# Og regnet strømmet ned på jorden

**Hyppige nedbørrekorder og økende nedbør de siste tiårene samsvarer med en forventet menneskeskapt klimaendring.**

**Sigbjørn Grønås, RegClim  
Dag Kvamme og Roar Teigen**

Bergen har i høst levd opp til sin posisjon som den mest nedbørrike byen i Europa. For månedene november, desember 2004 og januar 2005 falt det til sammen hele 1389 mm. Til sammenligning falt det i perioden 1961-90 i gjennomsnitt 684 mm i de samme månedene (ofte kalt normalen for perioden; tall fra Meteorologisk institutt (MI) hjemmesider met.no). Gjennomsnittlig akkumulert nedbør over et år var 2250 mm i samme periode. I de tre siste månedene falt det altså to ganger mer enn normalen og 61,7 prosent av normal årsnedbør.

## Nedbør i Bergen og på Vestlandet

Nedbøren i Bergen er ganske representativ for nedbør på Vestlandet, der vi finner et belte med de største mengdene i midtre strøk i en avstand litt lengre fra kysten enn Bergen (Førland, 1979; Hanssen-Bauer m fl 1997). Nedbøren kan også brukes som en mer storstilt klimavariabel siden den er godt korrelert ved NAO-indeksen gitt med trykkforskjellen mellom Island og

Azorene eller Portugal (Hurrell & van Loon, 1997). Det regner mye om høsten når høy sjøtemperatur gir mye fuktighet. Lavtrykksaktiviteten øker mot vinteren og er høyest i januar, men fuktighetsinnholdet avtar med synkende sjøtemperatur. Til sammen gir dette små endringer i nedbørmengdene fra september til og med januar. Om våren avtar nedbørmengdene, både på grunn av lavere sjøtemperatur og mindre lavtrykksaktivitet. I normalene for hver måned (1961-90) har september mest nedbør i Bergen med 283 mm og mai minst med 106 mm. Men tidligere normaler har maksimum i andre måneder.

Det regner enda mer litt innenfor Bergen. Slik er årsnormalen for Samnanger (370 moh, cirka 20 km lengre fra kysten enn Bergen) 3442 mm. Brekke i Sogn (240 moh) måler mest nedbør i Norge med 3575 mm (1961-90). Samnanger og Brekke, som ligger noen hundre meter over havoverflaten, får ventelig noe mer nedbør enn stasjoner nær havoverflaten i samme området. Dette skyldes delvis mindre fordamping av dråpene som faller.

Landskapet på Vestlandet har fjorder, daler og fjell på ulike skalaer og i ulike

retninger. Dette gir store lokale variasjoner i nedbøren. Selv om Meteorologisk institutt (MI) har cirka 150 målestasjoner for nedbør i området, er dette alt for lite til å anslå nedbøren overalt. Spesielt er det få stasjoner som kan representere nedbør i fjellområder hvor vi vet at nedbørmengdene er store.

Innenfor Bergen har Flesland, sørvest for Bergen sentrum, og en stasjon nær Gullfjellet (364 moh), cirka 15 km øst for Bergen sentrum, årsnormaler på henholdsvis 1815 og 3155 mm. For tiden har meteorologen Roar Inge Hansen på Storm i drift et midlertidig tett nett med nedbørstasjoner i Bergen. I en situasjon i høst med 66 mm på et døgn på MIs offisielle stasjon i Bergen sentrum, fant Hansen 170 mm ved Gullfjellet.

## Hvorfor det regner på Vestlandet

Nedbøren på Vestlandet skyldes fremherskende sørvestlig storstilt vind inn mot fjella som ikke er høyere enn at luftpartiklene, med litt vind, nesten alltid tvinges over. Dette betyr oppstigende luft, avkjøling, kondensasjon og nedbørdannelse. Vi meteorologer kaller dette orografisk forsterkning av nedbør. For

Forskningsprogrammet NORKLIMA har som hovedmål å "gi nødvendig, ny kunnskap om klimasystemet, klimaets utvikling i fortid, nåtid og framtid, samt direkte og indirekte effekter av klimaendringer på natur og samfunn som grunnlag for samfunnsmessige tilpasningstiltak". NORKLIMA omfatter de allerede pågående programmene KlimaProg - med de koordinerte prosjektene RegClim, NOClim, NORPAST og AerOzClim - KlimaEffekter og fondssatsingen Polar klimaforskning.

Resultatene fra NORKLIMA skal formidles videre til allmennheten for å gi innsikt om årsakene til, og mulige konsekvenser av klimaendringer. En del av denne informasjonen formidles i samarbeid med CICERO Senter for klimaforskning, gjennom tidsskriftet *Cicerone*.

Redaksjon: Sigbjørn Grønås (red.), RegClim (sigbjorn@gf.uib.no), Michael Gauss, AerOzClim (michael.gauss@geofysikk.uio.no), Solfrid Sætre Hjøllo, NOClim (Solfrid.Hjollo@gf.uib.no), Øyvind Nordli, NORPAST (oyvind.nordli@met.no).

[www.program.forskningsradet.no/norklima/](http://www.program.forskningsradet.no/norklima/)



**STORMFLO.** Stormen "Inga" skapte oversvømmelser ved fisketorget i Bergen i januar. Ifølge RegClim vil en global oppvarming føre til økt nedbør på Vestlandet.

Foto: Marit Hommedal/SCANPIX

Flæten, MI). I et slikt utjevnet fjell for Sør-Norge finner en de største hellingene i midtre strøk av Vestlandet. Derfor finner en maksimalt med nedbør her. Noen steder finner en også store hellinger lengre inne i landet. Et slikt område er Jostedalbreen. Nedbørstasjonene her har lite nedbør, men de ligger nær havoverflata. Numeriske simuleringer med værvarslingsmodeller gir mer nedbør oppe i fjellet, og dette samsvarer med hydrologenes anslag.

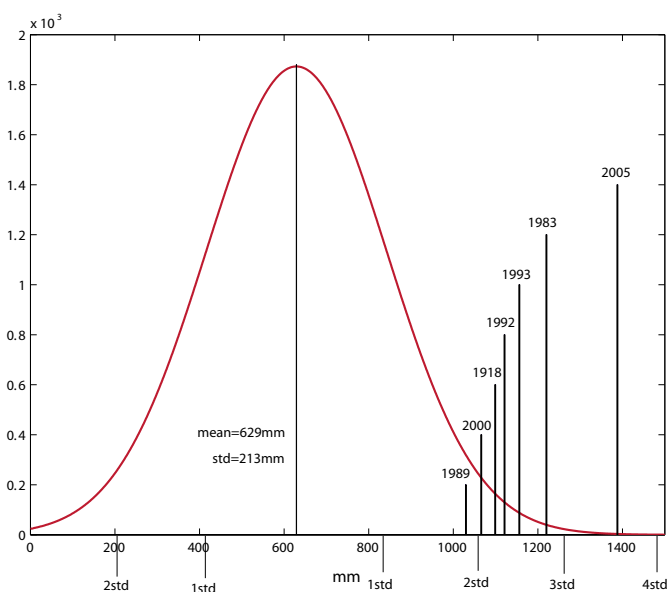
### Ålfotbreen får mest

Ved sørvestlige storstilte vinder øker vindstyrken gjerne nordover på Vestlandet mot Stad (Barstad & Grønås 2005). Det er også en viss tendens til at fjella reiser seg brattere inn fra kysten når en nærmer seg Stad. Forutsatt at fuktighetsforholdene er de samme, er det derfor grunn til å tro at maksimale nedbørmengder vil øke nordover mot Stad. Men målingene verifiserer ikke dette. Årsaken kan være at luftpartiklene i større grad går rundt fjella når en nærmer seg Stadhjørnet, eller at det kommer mindre nedbør i vinder fra sør i Fjordane. Det kan også være at

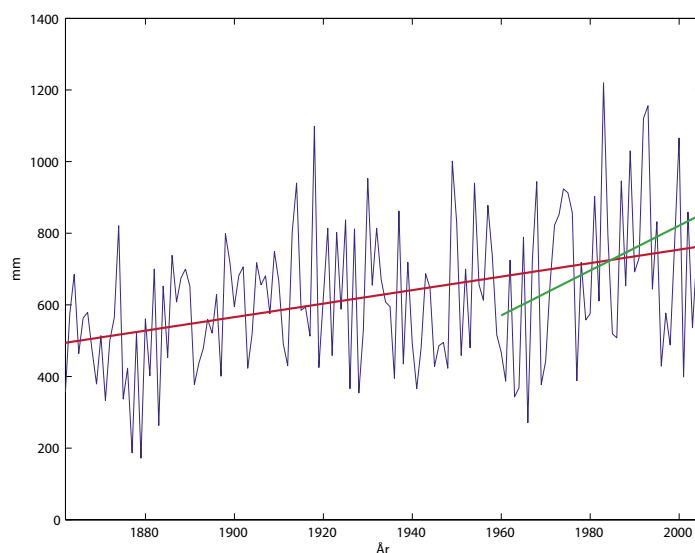
Sør-Norge inntreffer forsterkningen både ved frontnedbør og ved byger inn fra havet. Litt forenklet er orografisk nedbør proporsjonal med fuktigheten i de nederste lagene over bakken og vertikalbevegelsen som luftpartiklene får når de løftes over fjell. Denne vertikalbevegelsen blir sterkere jo sterkere vinden er og jo mer terrenget heller

opp mot vinden. Det tar litt tid å danne tunge nedbørdråper etter at kondensasjon finner sted, en tidsskala på 10-20 minutter er blitt anslått. Dette betyr at for et fjell på liten skala - slik som for eksempel øya Stord med fjellhøyde cirka 600 m og typisk lengdeskala 10 km - kan det regne mer på lesida av fjellet enn

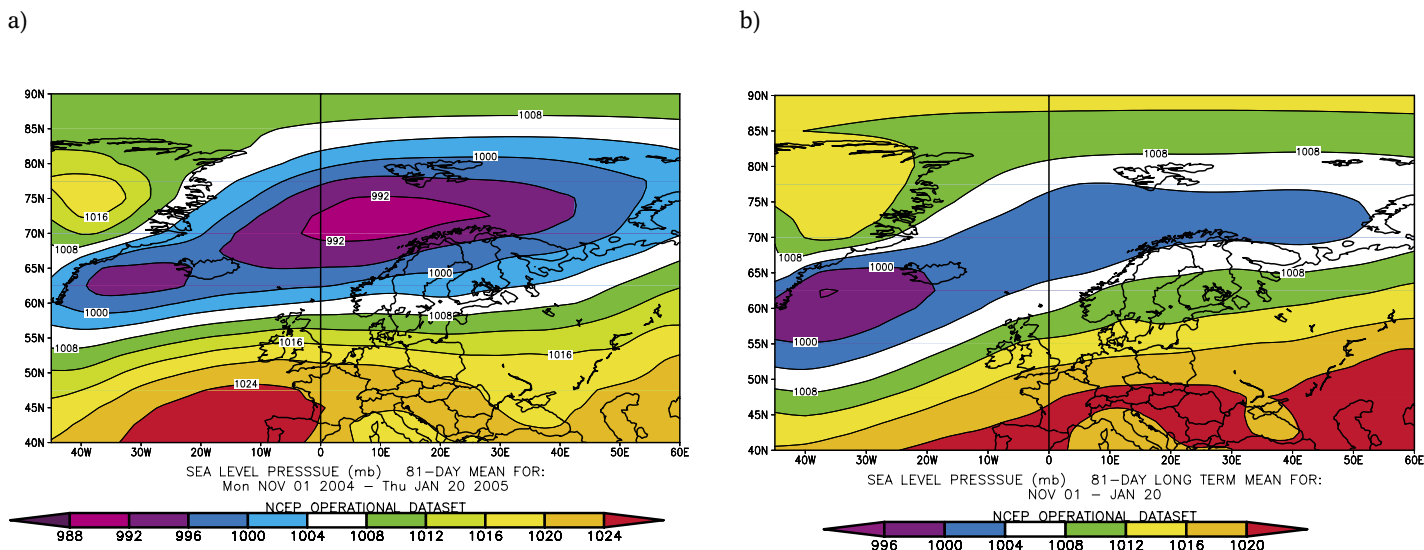
på sida opp mot vinden. Om en uten å ta hensyn til dette forsøker å beregne nedbør ut fra kjennskap til topografi, fuktighet og vind, får en ikke best resultat om en bruker den lokale hellingen på fjella. Om en derimot bruker en helling i en utjevnet topografi, blir resultatet bedre (beregninger av Magne Lystad og Jan Ole



**Figur 1.** Akkumulert nedbør for månedene november, desember og januar for stasjoner i Bergen sentrum fra 1861 til 2005 (for detaljer, se tekst til figur 2). Dataene er tilpasset en normalfordeling (Gausskurve) som viser sannsynlighetstettheten for nedbør. De sju største mengdene i måleperioden, akkumulert over samme måneder, er plottet som vertikale streker med årstall (for januar). Det er 15,87 prosent sannsynlighet for at nedbøren skal være større enn et standardavvik til høyre for middelet (gitt ved arealet under kurva på høyre side), 2,28 prosent og 0,13 prosent sjansje for verdier større enn henholdsvis to og tre standardavvik.



**Figur 2.** Akkumulert nedbør gjennom månedene november, desember og januar basert på data fra nedbørtasjonene Florida (fra 1861), Fredriksberg (1904-1982) og Pleiestiftelsen (1861-1903). Trender er vist for hele perioden (rød) og perioden 1960-2005 (grønn). Dataene er de samme som brukt i figur 1. Dataserien er homogenisert ved å utnytte overlappende observasjoner. Målingene på Fredriksberg er økt med 1,035 basert på offisielle målinger i 1983 og 1984 og private målinger 1985-1990. Overlappende målinger på Pleiestiftelsen og Fredriksberg 1903-1926 er brukt for å korrigere disse målingene (hovedfagsoppgave av A. Salbu).



Figur 3. a) Trykket ved havoverflaten i gjennomsnitt for de tre månedene (1. nov 2004 – 20. januar 2005), b) tilsvarende gjennomsnitt for perioden 1979-1995.

målingene i midtre strøk av Fjordane ikke er representative for maksimal nedbør. Slik har hydrologene anslått midlere årsnedbør over den kystnære Ålfotbreen til 5600 mm for perioden 1961-90 (Lars Anders Roald, NVE). Det er grunn til å hevde at en her finner de største nedbørmengdene i Norge.

### En klimaendring er på gang

Det blir spurt om de store nedbørmengdene i det siste er et tegn på en klimaendring som følge av global oppvarming. I følge RegClim vil en global oppvarming føre til økt nedbør på Vestlandet, opp til 20-30 prosent mer om høsten og vinteren for perioden 2031-2050 i forhold til perioden 1981-2000 (se RegClims brosjyrer på regclim.met.no). Om disse anslagene slår til, vil vi stadig oppleve flere perioder med mye nedbør i tiden som kommer og nye nedbørrekorder.

Samlet nedbør i november, desember 2004 og januar 2005 er rekord siden målingene startet i 1861. Ikke bare det, men rekorden representerer et hopp fra tidligere rekorder (figur 1). I figuren har vi tegnet inn de sju høyeste målingene. Bortsett fra en stor verdi i 1917/18 er alle de største mengdene fra de to siste tiårene.

Om en tilpasser nedbørdataene til en normalfordeling (Gausskurve), ligger rekorden 3,65 standardavvik over gjennomsnittet (figur 1). Slik er det – om klimaet ikke har endret seg – bare 0,18 promille sjanse for at nedbøren skal bli så høy. Sagt med andre ord, vil en så stor nedbørmengde bare forventes en gang hvert 5555 år. Liten sannsynlighet – i et uendret klima – for så store mengder som observert siste

månedene, økende nedbør de siste tiårene (figur 2) og de hyppige rekordene de siste årene indikerer at en klimaendring er på gang. Trenden i økningen siden 1960 er langt større (6,0 mm per år) enn trenden over hele perioden (1,9 mm per år). Om den store trenden fortsetter, vil endringene fra 1990 til 2040 være 39 prosent. Dette er betydelig mer enn beregnet av RegClim. Det er grunn til å tro at noe av trenden siste 40 år er naturlige variasjoner. Det er likevel rimelig å konkludere med at i det minste noe av endringen de siste tiårene skyldes global oppvarming forårsaket av menneskers utslipp av klimagasser.

### Kan en forklare det uvanlige været?

Klimaendringer kan bare påvises med lange måleserier. Store naturlige variasjoner på våre bredder fra år til år og fra tiår til tiår gjør at en ikke kan legge for mye vekt på en enkelt hendelse. Å finne de umiddelbare årsakene til det unormale været den siste tiden er en ytterst vanskelig oppgave. Meteorologene har svart journalister at de store nedbørmengdene er knyttet til uvanlig stor lavtrykksaktivitet inn i Barentshavet (figur 3). Men hvorfor har vi hatt en slik uvanlig sirkulasjon? For en stor del ligger svaret i atmosfærens kaotiske dynamikk, som får oss til å svare som Vidar Theisen: "Det bare er sånn". Forskere prøver å knytte ekstremt vær til hendelser i tropene eller til snøsituasjonen i Eurasia tidlig om høsten. Slik knytter Mel Shapiro, NCAR/NOAA, Boulder USA – medlem av Det norske vitenskapsakademi og flittig gjest i Bergen – ekstremt vær hos oss til påvirkning via såkalte Rossbybølger fra uvanlig stor bygeaktivitet i tro-

pene (Madden-Julian-sirkulasjoner). Slike hendelser er naturlige, men kan påvirkes av økt drivhuseffekt.

### Referanser

- Barstad, I. og S. Grønås 2005. Southwesterly flows over southern Norway – mesoscale sensitivity to large-scale wind direction and speed. Kommer i *Tellus*.
- Førland, E.J. 1979: Nedbørens høydeavhengighet. *Klima*, Nr 2, 3-24, Meteorologisk institutt.
- Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, O.E. Tveito and P.Ø. Nordli 1997: Estimating regional precipitation trends - comparison of two methods. *Nordic Hydrology*, 28, 21-36.
- Hurrell, J.W og H. van Loon 1997. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperature and precipitation. *Climate Change*, 36, 301-326.

### Sigbjørn Grønås

(sigbjorn@gfi.uib.no) er professor i meteorologi ved Geofysisk institutt, UiB.

### Dag Kvamme

(dag.kvamme@met.no) er statsmeteorolog ved Meteorologisk institutt, Vervarslinga på Vestlandet.

### Roar Teigen

(rorar.teigen@gfi.uib.no) er masterstudent i meteorologi ved Geofysisk institutt, UiB.