

# Klodens gletschere er ude af ligevægt

*Klodens gletschere er ude af ligevægt, hvor enkelte er cirka 80 % for store i areal og volumen i forhold til det nuværende klima. Selv hvis den globale opvarmning stopper øjeblikkeligt, vil gletscherne fortsat blive mindre og derved bidrage til det stigende globale havniveau i kommende årtier.*

Af Sebastian H. Mernild

■ Siden afslutningen af det 19. århundrede har hovedparten af klodens lokale gletschere og iskapper mistet volumen, og samtidig er de blevet mindre i arealudbredelse. Ud af de mere end 300.000–400.000 gletschere, der vurderes at være kloden rundt, er der ifølge World Glacier Monitoring Service ([www.wgms.ch](http://www.wgms.ch)) cirka 120 gletschere, hvor der årligt bliver foretaget massebalanceobservationer og opmålinger af gletscherfronternes positioner. Vores viden om gletschernes fysiske tilstand og forandringer i relation til ændringer i klimaet er derfor begrænset. Dog skønnes det, at lokale gletschere i Grønland indeholder hvad der svarer til 4,4 cm potentiel global havvandstand, mens alle lokale gletschere på kloden svarer til omkring 60 cm. Dette står i kontrast til indlandsisens cirka

syv til otte meters global havvandstand og de omkring 60–70 m fra det antarktiske iskjold.

## Det stigende havniveau

I sidste halvdel af det 20. århundrede blev der observeret et gennemsnitligt stigende globalt havniveau. Den gennemsnitlige stigning i det 20. århundrede er vurderet til at være 1,8 mm pr år, hvor stigningen i perioden 1993–2003 er estimeret til 3,1 mm pr år. For tiden stiger det globale havniveau i gennemsnit med ca. 3,2–3,3 mm pr. år, hvilket dels skyldes stigende havtemperatur, der får vandet til at udvide sig, og dels bidrag fra smeltende gletschere og isskjold. Bidraget fra den smeltende is fordeler sig i dag med cirka 1/3 fra gletschere, 1/3 fra indlandsisen og 1/3 fra det antarktiske iskjold. Det vurderes, at hovedbidra-

get til det stigende globale havniveau i kommende årtier vil komme fra gletschere og ikke fra isskjold, da gletschere hurtigere indstiller sig på forandringer i klimaet end de noget større isskjold. Det skønnes, at gletscherne fra nu og til udgangen af dette århundrede samlet set vil bidrage til det stigende havniveau med omkring 10–20 cm.

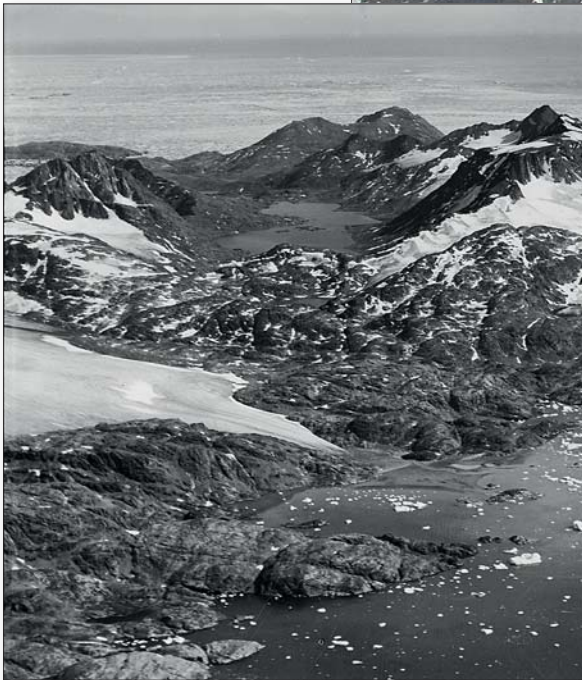
## En gletscher der er for stor

Et pilotprojekt om gletscheres følsomhed, responstid og ligevægtsforhold i relation til forandringer i klimaet har dokumenteret, at Grønlands længst observerede gletscher, Mittivakkat-gletscheren i Sydøstgrønland, netto er smeltet cirka 1.600 m tilbage siden afslutningen af den lille istid (omkring år 1900) og cirka 1.300 m siden de første fotos blev taget af gletscheren i 1931 (se fotos).

Baseret på beregninger ud fra feltobservationer af Mittivakkat-gletscherens massebalance siden 1995 kan det ses, at gletscheren er betydeligt ude af balance – ude af ligevægt – i forhold til det nuværende klima: I gennemsnit er gletscheren omkring 70 % for stor i areal og 80 % i volumen. At gletscheren fysisk set er for "stor" i areal og volumen i forhold til det nuværende klima er et udtryk for en forsinkelse mellem forandringer i klimaet og den direkte klimaeffekt på gletschernes overflade og gletschernes fysiske form (i areal og volumen) skabt af isens indre dynamiske processer. Kort sagt reagerer gletschere med forsinkelse på forandringer i klimaet.

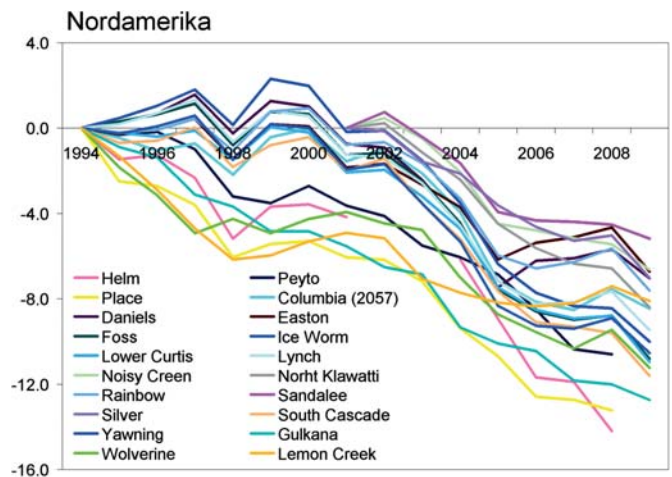
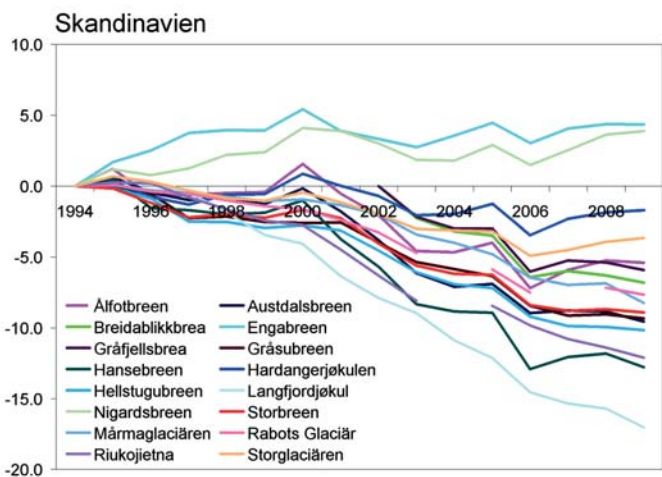
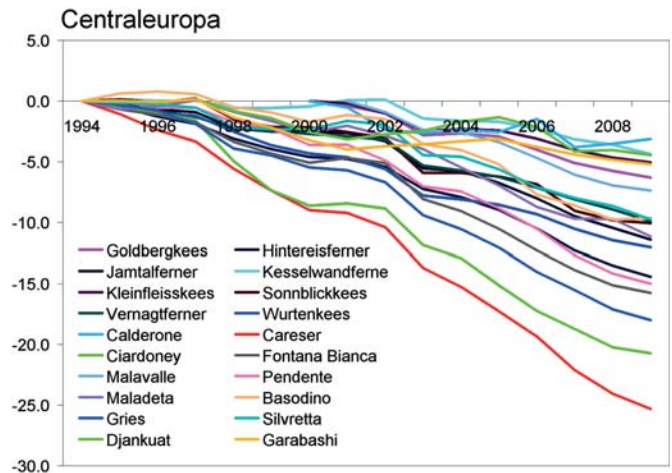
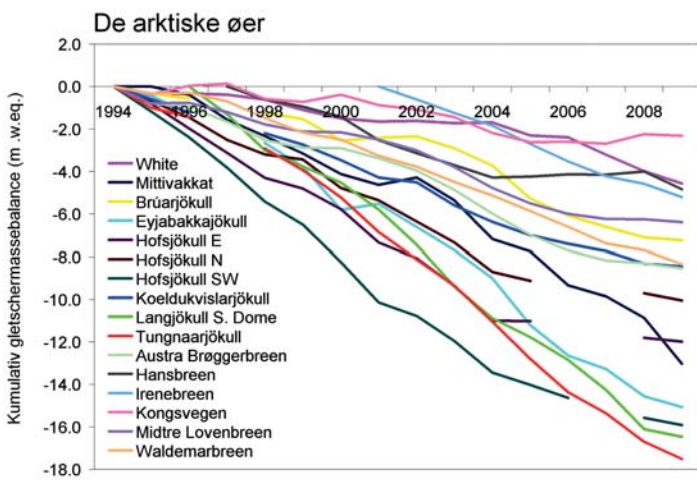
## Et generelt billede

Det er ikke kun i Sydøstgrønland, at klimaet og variationer i klimaet sætter sit præg på glet-



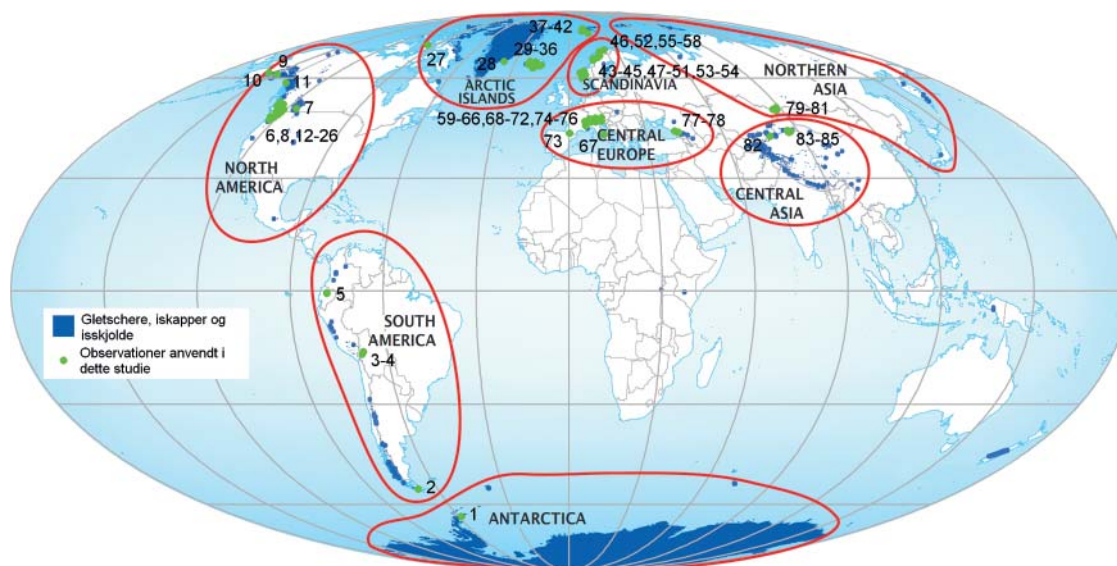
↑ Mittivakkat-gletscheren fotograferet i 2006. Se også billederne i artiklen: "Jagten på de forsvundne gletschere - en ekspeditionsberetning fra Østgrønland", side 18.

← Mittivakkat-gletscheren i Sydøstgrønland, fotograferet i 1931. I baggrunden ses Nordatlanten og i forgrunden Sermilikfjorden, som gletscheren når ned til.



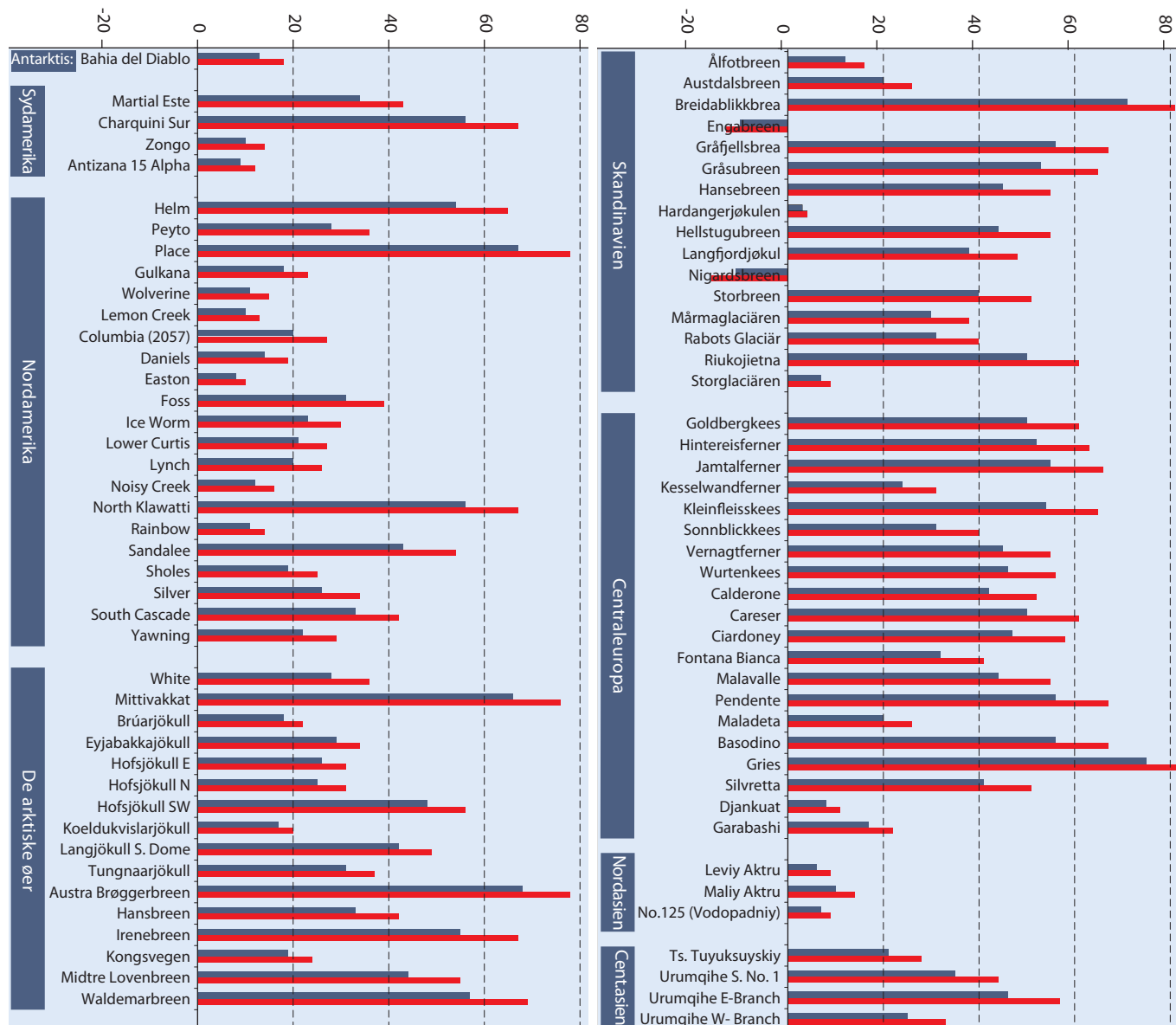
Figur 1. Kumulativ massebalance for nogle af de observerede gletschere - her er 4 regioner. Bemærk venligst, at skaleringen på y-akserne er forskellig.





Figur 2. Numrene refererer til gletschere anvendt i analysen. I alt er anvendt observationer af gletschermasse balance for 85 gletschere og iskapper fordelt på otte regioner. Numrene refererer til gletscherne vist på figur 3, hvor nummer 1 er Bahia del Diablo i Antarktis, nummer 2 er Martial Este i Sydamerika osv.

## Oversigt over gletschernes uligevægt:



Figur 3. En oversigt over hvor meget gletscherne arealmæssigt og volumenmæssigt er ude af ligevægt med det nuværende klima. Angivet i procent af gletscherens samlede areal (blå) / volumen (rød).

# Gletschere, iskapper og is skjolde

Klodens ismasser inddeles i forskellige kategorier, afhængig af deres størrelser og karakteristika. Gletschere kan overordnet beskrives som en sneaflejring og isdeformation, der bevæger sig ned ad en skråning og gennem en dal/slugt, mens en iskappe er en kuppelformet ismasse, der dækker et større landområde. Typisk vil der i en iskappe være en bevægelse af isen i alle retninger væk fra iskuplens højeste punkt.

Et is skjold betegner en meget større ismasse, som vi i dag kun finder to steder i verden – nemlig den grønlandske indlandsis og det antarktiske is skjold. Tilstedeværelsen af et is skjold påvirker fordelingen af høj- og lavtryk og derved klimaet i stor afstand fra is skjoldene. Gletschere og iskapper er derimod lokale fænomener, der kun har indflydelse på det lokale klima. Det vurderes, at der findes et sted imellem 300.000–400.000 gletschere og iskapper kloden rundt. I denne artikel anvendes termen "gletscher" både om lokale gletschere og iskapper.

schernes ligevægtsforhold. I et nyt studium har vi analyseret data fra 85 ud af de 120 observerede gletschere over hele verden. Kriterierne for udvælgelsen af gletscherne har været, at der findes observationer af nettobalancen og det såkaldte AAR-forhold (som beskriver forholdet mellem det område på gletscheren, hvor der er nettoakkumulation og hele gletscherens areal) i mindst otte af årene siden 1995, og at de ikke er i kontakt med havet.

Analysen viser, at alle gletschere kloden rundt – på nær to – har tabt volumen. Undtagelserne er to norske gletschere, Engabreen og Nigardsbreen, som begge har haft en gennemsnitlig tilvækst på omkring 5 meter i højden.

Tabet ved andre gletschere har været op til 25 m siden 1995 – enkelte gletschere er dog helt forsvundet, som for eksempel Chacaltaya-gletscheren i Bolivia, Sydamerika, og gletscherne Spider og Lewis i staten Washington, USA. Dette i en tid, hvor temperaturen globalt inden for de sidste 25 år alene er steget med mere end 0,4 grader celsius, og hvor klodens hidtil varmeste år på nær ét indfinder sig mellem 2001 og 2010. At forholdene ved de to norske gletschere er modsat alle andre kan skyldes lokale topografiske og klimatiske forhold – sandsynligvis i form af øget vinternedbør (sne).

Den overordnede tendens for verdens gletschere er altså, at gletscherne mister volumen og bliver mindre i udstrækning.

## Gletschere ude af ligevægt

Trods den overordnede tendens er der stor variation mellem de enkelte gletschere med hensyn til, hvor meget de er ude af ligevægt med det nuværende klima. Enkelte gletschere er op til omkring 80 % for store i areal og 85 % for store i volumen. Hovedparten af gletscherne er mellem 30–45 % for store i areal og 40–55 % for store i volumen (figur 3). Nigardsbreen og Engabreen er de eneste observerede gletschere, som ifølge beregningerne er for "små" i forhold til det nuværende klima. Det kan derfor forventes, at Nigardsbreen og Engabreen i de kommende årtier vil blive større både i areal og volumen.

Af de 85 analyserede gletschere er langt størstedelen beliggende i fire regioner, nemlig Nordamerika (inklusive Alaska), de Arktiske Øer (Østcanada, Grønland, Island og Svalbard/Spitsbergen), Skandinavien og Centraleuropa (se figur 2). I hver af disse fire regioner forekommer der mellem 16 til 21 observerede gletschere, hvorimod der i de andre regioner: Antarktis, Sydamerika, Centralasien og Nordasien kun forekommer mellem én til fire observerede gletschere.

Ses der på fordelingen mellem de fire regioner med flest observerede gletschere viser denne, at observerede gletschere er i volumenmæssig uligevægt med henholdsvis 37 % i

gennemsnit i Nordamerika, 47 % på de Arktiske Øer, 41 % i Skandinavien og 54 % i Centraleuropa. Gletscherne i Centraleuropa er derved signifikant mere i uligevægt end i Nordamerika. Det betyder, at Centraleuropas gletschere i gennemsnit står overfor en relativ større forandring (tab af masse), og ligeledes vil de relativt set bidrage mere til det globale havniveau end gletschere beliggende i f.eks. Nordamerika. Da det forventes, at den globale opvarmning fortsætter i fremtiden, vil de observerede gletschere uden tvivl komme mere i uligevægt end netop beskrevet og derved bidrage yderligere til stigningen i det globale havniveau.

## Det næste skridt

Det er for tidligt at komme med et realistisk estimat på det absolutte gletscherbidrag til det stigende globale havniveau i dette århundrede, da det til dato eksakte gletscherareal, -volumen samt gletscherens ligevægtstilstand, ikke kendes for verdens flere hundredetusinde utilgængelige gletschere. Studiet af de 85 gletschere skal derfor ses som et trin i rækken frem mod en bedre forståelse af klimaets effekt på de glacielle forhold, hvor brugen af satellitbilleddbehandling og computersimuleringer vil være næste logiske skridt i vores søgen efter viden om henholdsvis de grønlandske, arktiske og globale gletschere. ■

## Om forfatteren



Sebastian H. Mernild, er klima- og polarforsker (ph.d.) ansat ved Climate, Ocean, and Sea Ice Modeling Group, Department of Computational Physics and Methods, Los Alamos National Laboratory, New Mexico, USA.  
Arbejdstelefon:  
+1 (505) 665-2838  
Skype tlf.: +45 36 99 27 03  
E-mail: mernild@lanl.gov

## Videre læsning

Bahr, D. B. m.fl. 2009. Sea-level rise from glaciers and ice caps: a lower bound. *Geophysical Research Letters*, 36(3), L3501, 10.1029/2008GL036309.

Dyrugerov, M. B og Meier, M. F 2005. *Glaciers and the changing earth system: A 2004 snapshot*. Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, Occasional Paper No. 58, 1–117.

Mernild, S. H. m.fl. 2011. Increasing mass loss from Greenland's Mittivakkat Gletscher. *The Cryosphere*, 5, 341–348, doi:10.5194/tc-5-341-2011.

Information vedr. gletschere kloden rundt: [www.nichols.edu/departments/glacier/glacier\\_retreat.htm](http://www.nichols.edu/departments/glacier/glacier_retreat.htm)

Information vedr. Mittivakkat Gletscheren, Sydøstgrønland: <http://glacierchange.wordpress.com/2011/02/19/mittivakkat-glacier-retreat-greenland/>