

## Uppdatering av artikeln

### 'Är massförlusterna i Grönlands istäcke exponentiella?'

26 december 2012

James Hansen och Makiko Sato

Shepherd et al. (2012) presenterar en uppdatering av massförlusten i Grönlands istäcke (och landisen på Antarktis). De jämför flera analysmetoder och uppnår en rimligt väldefinierad konsensus. Deras data är 2-3 år nyare än de data vi använde nyligen (Hansen och Sato, 2012), så en ny titt på resultaten förefaller berättigad.

En avgörande fråga är hur snabbt istäcket på Grönland (eller Antarktis) kan upplösas som en följd av den globala uppvärmningen. Jordens historia visar tydligt att om vi förbränner alla fossila bränslen skulle havet till slut stiga tiotals meter, och alltså i praktiken spola bort tusentals städer som ligger vid kusterna. Men det tycks inte finnas något större intresse för vad som händer nästa sekel eller längre fram hos politiker eller allmänhet, så rapporter från IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) fokuserar på hur högt havet kan stiga till år 2100, alltså under de närmaste 87 åren.

IPCC kom år 2007 fram till att det var mest sannolikt att havshöjningen skulle bli några tiotal centimeter till år 2100. Åtskilliga senare artiklar kommer fram till att den troligen blir ungefär 1 meter år 2100. Men de där studierna bygger, på ett eller annat sätt, på antaganden om att havshöjningen skulle vara linjär, därför kan 1 meter absolut inte tas som någon övre gräns för hur högt havet kan stiga. (Se diskussionen och referenserna i appendixet nedan, som är ett utdrag ur vår senaste artikel.) Att havshöjningen under nittonhundratalet var nästan i linje med den globala uppvärmningen var förväntat, eftersom de huvudsakliga orsakerna till att havet steg förra århundradet bara var termisk utvidgning i oceanerna och avsmältning i bergsglaciärerna.

I motsats till detta kommer den viktigaste havshöjningen i framtiden att orsakas av Grönlands och Antarktis landisar, och den kan komma att uppgå till många meter. I artikeln Hansen (2005) hävdas att om utsläppen av växthusgaser fortsätter att öka under detta århundrade enligt *business as usual*, så kommer de klimatförändrande drivkrafterna att bli så stora att man borde förvänta sig att istäckena bryter samman i en allt snabbare takt. En havshöjning på många meter blir då inte bara möjlig, utan trolig. I artikeln Hansen (2007) presenteras tanken att den inställning som speglas i IPCC-dokumentet kan vara påverkad av "vetenskaplig återhållsamhet". I så fall skulle samstämmigheten kring den beräknade havshöjningen – från några tiotal centimeter till cirka 1 meter – kunna vara analog med den återhållsamhet som fysikerna visade prov på i sina försiktiga steg att förbättra beräkningarna av elektronens massa, som gjordes av den berömde Millikan.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>"Millikan mätte elektronens laddning med ett experiment som inbegrep fallande oljedroppar, och fick ett svar som vi nu vet inte är helt rätt. Det var lite för lågt därför att han använde ett felaktigt värde på luftens viskositet. Det är intressant att titta på historien efter Millikan, när det gäller mätningarna av elektronens massa. Om man lägger in dem i en graf som funktion av tiden, finner man att en beräkning ger ett tal som är lite högre än Millikans, och nästa beräkning ligger lite högre än den förra, och nästa beräkning ligger lite högre än den förra, tills slutligen beräkningarna stannar vid ett tal som definitivt är högre. Varför upptäckte de inte genast att det nya talet var högre? Detta är något som forskarna skäms över idag, denna historia, för det är uppenbart att man resonerade så här: När man fick ett värde som var alltför högt över Millikans så trodde man att det måste vara något fel – och man letade efter, och hittade, ett skäl till varför något kunde vara fel. Men när man fick ett värde som låg nära Millikans letade man inte så mycket." (Feynman, 1997)

Det man nu uppfattat som vetenskapligt korrekt<sup>2</sup> när det gäller istäckena baseras på sådana istäckesmodeller som hittills har använts för att simulera havshöjningen under jordens klimathistoria. Men istäckenas förändringar under jordens klimathistoria startades förr av svaga klimatstörningar som förändrades långsamt under tusentals år, inte av en störning som var så stor och snabb som den störning människorna nu skapat under detta sekel. Till detta kommer att vi, i en artikel som vi lämnat för publicering (Hansen et al., 2013), presenterar bevis för att inte ens data från jordens klimathistoria ger stöd för en så utpräglad långsamhet och fördröjning som återfinns i dessa istäckesmodeller.

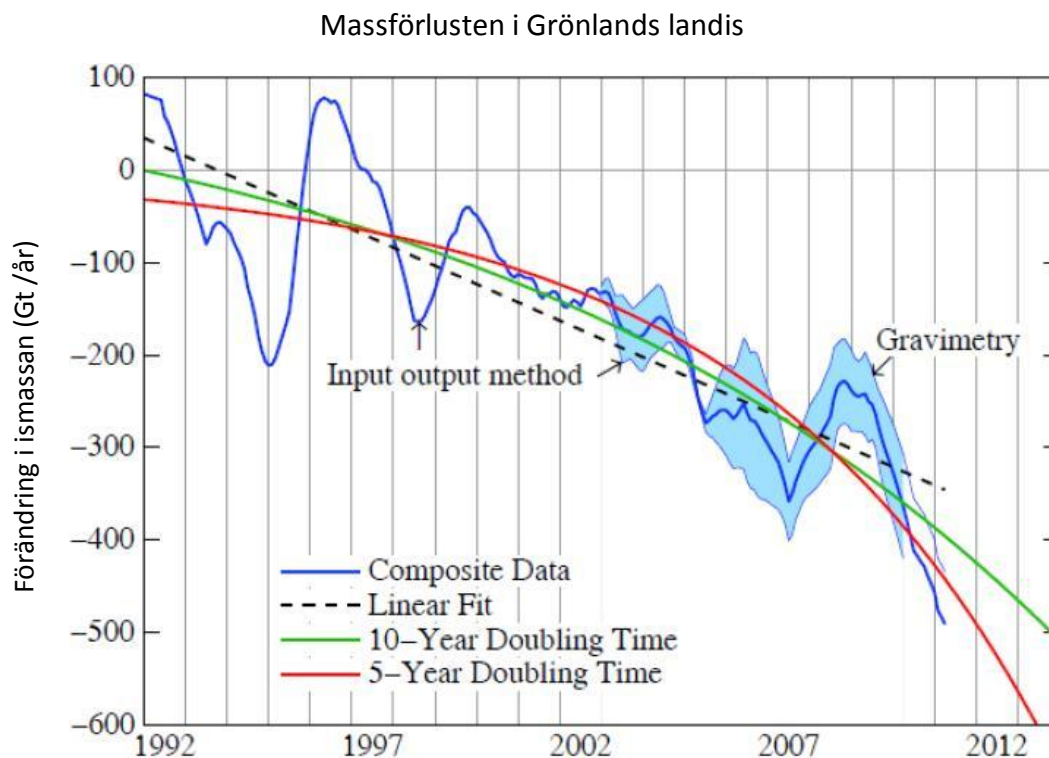


Fig. 1 Årlig förändring av massan i Grönlands istäcke baserat på input-output-metoden, en analys av viktmätningar och en funktion (composite) med bästa anpassning.

Figur 1 visar förändringen av massan i Grönlands istäcke enligt beräkning av Shepherd et al. (2012). Input-output-metoden beräknar skillnaden mellan ökad massa genom snöfall och förlorad massa på grund av att snö blåser bort, eller rinner bort som smältvatten, och på grund av kalvning av is till havet. Denna dataserie och analysen av satelliternas mätningar av vikten överensstämmer inom felmarginalerna (se Shepherd et al., 2012). Det finns inga data från satellitmätningar av vikten som kan bekräfta eller tillbakavisa den stora amplituden hos fluktuationerna före år 2000 i figur 1, som är baserade på input-output-beräkningar.

Figur 1 visar att Grönlands landis har förlorat massa snabbare och snabbare under det förra årtiondet, och att den senaste hastigheten överensstämmer med ungefär 1 mm havshöjning per år (1 mm = 360 Gt is).

-----  
<sup>2</sup> Vi skyller inte detta på någon enskild, men Det Långsamma Isblockets lumpna roll kommer att stå klar på Den yttersta dagen.

Den linjära anpassningen till data i figur 1 i Shepherd et al. innebär att Grönland skulle bidra med ungefär 30 cm till havshöjningen år 2100.

Men den ökande massförlusten hos Grönlands istäcke i figur 1 kan lika väl förenas med exponentiellt ökande årliga massförluster. Hansen (2005, 2007) framhåller att detta är ett beteende som kunde inträffa eftersom flera förstärkande återkopplingsmekanismer träder i funktion när ett istäcke börjar upplösas. Om avsmältningen fördubblas på 10 år stiger havet med 1 meter till år 2067 och med 5 meter till år 2090. Om avsmältningen i stället fördubblas på 5 år inträffar samma havshöjning redan år 2045, respektive 2057 och år 2055 respektive 2071 om avsmältningen fördubblas på 7 år.

Exponentiell isförlust, om den skulle inträffa, skulle emellertid möta negativa (förminskande) återkopplingar. Våra simuleringar (Hansen och Sato, 2012) visar att en stark negativ återkoppling träder i kraft när havet stigit ungefär 1 meter, beroende på att isavsmältningen har en kraftigt avkylande effekt på havet och minskar salthalten hos oceanen i regionen där avsmältningen sker. En sådan minskning av hastigheten hos havshöjningen skulle emellertid vara en klen tröst för mänskligheten, eftersom avkylningen på höga latituder skulle förstärka den latitudinella temperaturskillnaden och alltså driva fram kraftfulla cykloner (Hansen 2009) och kustlinjerna skulle kontinuerligt flytta inåt landet under hundratals år.

Västantarktis istäcke är troligen mer sårbart för snabb upplösning än Grönlands, eftersom Västantarktis istäcke huvudsakligen vilar på berggrund under havsytan (Hughes, 1972). Den viktigaste mekanismen när det gäller massförlust i Västantarktis är att oceanen värms upp och smälter Västantarktis ishyllor, vilket banar väg för ökad utströmning från istäcket till havet.

De olika analysmetoder som Shepherd et al. (2012) jämför stämmer med att massförlusten i det Västantarktiska istäcket har ökat sedan 2005 från en årlig massförlust på 0-100 Gt is till den nyligen noterade förlusten om 100-200 Gt is. (Figur 4 i Shepherd et al.)

Så hur ser graferna som beskriver massförlusten i Grönlands och Västantarktis istäcken egentligen ut? Finns det bevis för att de kan vara exponentiella? Det är för tidigt att säga, som figur 1 ovan visar. Bilden kanske börjar klarna inom de närmaste åren. Problemet är att när väl dataserien är tillräckligt lång för vara övertygande, kan det vara synnerligen svårt, eller omöjligt, att hindra havet från att stiga många meter.

Det är tydligt att vi måste fortsätta att övervaka istäckena, särskilt med metoderna som mäter vikt och input-output. Dessa förefaller vara de mest lovande. Och med tanke på att vi skulle kunna minska faran med klimatförändringen mycket, genom att införa en stadigt stigande koldioxidskatt med full utbetalning, något som skulle ha många andra fördelar, vore det klokt att minska experimentet med klimatförändringen, genom att just införa en sådan skatt på koldioxid.<sup>3</sup>

---

3 Alltså en skatt som sätter priset på fossila bränslen så högt att de tvingas betala sina kostnader för samhället. Skatteintäkten som staten får från koldioxidskatten borde delas ut direkt till allmänheten; annars kommer allmänheten inte att acceptera att skatten stiger till den nivå som gör att rena energiformer kan konkurrera ut fossila bränslen.

## Referenser

- Feynman, R.P., R. Leighton, and E. Hutchings, 1997: *Surely you're joking, Mr. Feynman! Adventures of a curious character*, W.W. Norton & Company, New York.
- Hansen, J.E., 2005: A slippery slope: How much global warming constitutes "dangerous anthropogenic interference"? An editorial essay. *Climatic Change*, **68**, 269-279, doi:10.1007/s10584-005-4135-0.
- Hansen, J.E., 2007: Scientific reticence and sea level rise. *Environ. Res. Lett.*, **2**, 024002, doi:10.1088/1748-9326/2/2/024002.
- Hansen, J.E., 2009: *Storms of My Grandchildren*, Bloomsbury, New York.
- Hansen, J.E., and M. Sato, 2012: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. A. Berger, F. Mesinger, and D. Šijački, Eds. Springer, pp. 21-48, doi:10.1007/978-3-7091-0973-1\_2.
- Hansen, J., M. Sato, G. Russell, and P. Kharecha, 2013: Climate sensitivity, sea level, and atmospheric CO<sub>2</sub>, submitted to *Phil. Trans. Roy. Soc.*
- Hughes, T., 1972: Is the West Antarctic ice sheet disintegrating? ISCAP Bulletin no. 1, Ohio State University.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, S. Solomon, Q. Dahe, M. Manning, et al. (eds.), Cambridge Univ. Press, 996 pp.
- Shepherd, A., et al, 2012: A reconciled estimate of ice-sheet mass balance. *Science*, **338**, 1183-1189.

Källa: [http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2012/20121226\\_GreenlandIceSheetUpdate.pdf](http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2012/20121226_GreenlandIceSheetUpdate.pdf)

Appendix: Excerpt from Hansen and Sato (2012) Se originalet!

Snabböversättning: Lars Almström