



LAGMANSGYMNASIET  
VARA KOMMUN

# Frågor om Klimat

Ett arbete av elever för elever



Ett arbete gjort av NV-klassen som tog studenten 2011. Se bild nästa sida.

---

En rapport i kursen NkA samt kompletterad i MK

Läsåren 09-11  
Handledare Rutger Staaf

---

## Förord av handledaren

Detta arbete gjordes huvudsakligen under åk 1 i NkA men med vissa kompletteringar under åk 2 och ytterligare i miljökunskapen under åk 3.

Uppgiften var att anlägga kritiska synpunkter på det som skrivs om klimatförändringar och uppvärmningen av vår planet samt detta med Arktis is, glaciärernas smältning, havsytans höjning osv men även att försöka förstå hur det varit förr i tiden med klimatförändringar.

Samtidigt var uppgiften att använda seriöst material från olika källor som vetenskapliga artiklar, databaser, olika universitets satellitsidor och på så sätt komma i kontakt med forskningen på området.

Arbetet skulle vara ett exempel på hur elever kan läras att tänka kritiskt och ifrågasätta.

Arbetet delades upp i olika grupper och varje grupp valde ett område att fördjupa sig i. Material söktes på nätet och bland handledarens samlingar av klimatartiklar. Då en hel del artiklar var på engelska fick eleverna hjälp av handledaren att välja ut det viktigaste ur dessa artiklar.

Att detta område behöver granskas kritiskt kan vem som helst förstå genom att till exempel jämföra med vad läroböcker säger om koldioxidens roll i växthuseffekten. CO<sub>2</sub>:s bidrag sägs vara alltifrån mer än 50 % till mindre än 10 %. Det förekommer även motstridiga uppgifter även om många andra företeelser ta bara Himalayas glaciärer till exempel.

## Vi som gjorde arbetet



Övre raden från vänster: Daniel Göransson, David Fahlgren, Isak Larsson, Fredrik Nykvist, Lisa Knopp, Madeleine Andersson, Linn Johansson, Mattias Hallersbo, Gustav Danielsson  
Mellersta raden: Eva-Lena Johansson(Klf), Emman Berntsson, Simon Gidstedt, Malin Karlsson, Pauline Hagberg Ryngefors, Julia Liedberg, Anna Karlsson, Simon Lindau, Ida Hermansson  
Nedersta raden: Martin Brink, Elin Karlsson, Hanna Skogholm, Lovisa Berthou, Jasmine Andersson, Jenny Gustafsson

# Innehållsförteckning

<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>5</b>
1.1 Bakgrund till arbete .....	5
1.2 Gemensamma frågeställningar .....	5
<b>2. Växthuseffeten och Koldioxiden</b> .....	<b>6</b>
2.1 Allmänna fakta .....	6
2.2 Växthuseffekten och koldioxidens inverkan .....	6
2.3 Antarktis och koldioxiden .....	7
2.4 Strålningsdrivning.....	9
2.5 Feedback .....	9
2.6 Dagens Koldioxiddebatt.....	9
2.7 Några uppfattningar om hur stark koldioxiden är som växthusgas: .....	10
2.8 Stora naturliga utsläpp av koldioxid .....	10
<b>3. Solstrålning</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Vad kan orsaka stora klimatförändringar</b> .....	<b>15</b>
4.1 Havsströmmarnas betydelse för klimatet .....	15
4.1.1 Termohalina cirkulationen .....	15
4.2 <i>El Niño</i> - Även kallad ENSO - El Niño Southern Oscillation.....	16
4.3 Regionala effekter av EL Niño .....	17
4.3.1 North Atlantic Oscillation och Arctic Oscillation .....	17
4.3.2 Pacific Decadal Oscillation .....	18
4.3.3 Atlantic Multidecadal Oscillation .....	20
4.3.4 Hur vet man att en ny El Niño har startat? .....	21
<b>5. Hur är det med Arktis</b> .....	<b>22</b>
5.1 Vad vore en Nordpol utan is?.....	22
5.2 Arktis under stenåldern .....	24
5.3 Istjockleken .....	25
5.4 Isbjörnar .....	25
5.5 Trädgränsen i arktis förr och nu .....	28
På de flesta områden runt arktis var trädgränsen längre norrut under stenåldern .....	28
5.6 Smältningen av sommarisen i Arktis .....	28
<b>6. Smälter Grönlandsisen</b> .....	<b>29</b>
6.1 Grönland.....	29
6.2 Grönlands absoluta smältpunkt .....	29
6.3 Hur smälter Grönlandsisen idag .....	31
6.3.1 Ny studie från Science Daily .....	31
6.4 Grönlandsisen som ett klimatarkiv .....	31
6.5 Grönlandsisens påverkan på världshaven .....	32
6.6 Kollapsar inlandsisarna? .....	33
6.7 Helheimglaciären, södra grönland .....	33
6.8 Kangerdlugssuaqglaciären, östra grönland .....	34
6.8.1 Jakobshavn Glaciären .....	35
6.9 Isavsmältning.....	36
6.9.1 Diagram över temperatur .....	37
6.10 Slutsats om Grönland .....	40
<b>7. Antarktis</b> .....	<b>40</b>
7.1 Allmän fakta: .....	40
7.2 Issmältningen.....	41
7.3 Östantarktis:.....	42

7.3.1 Västantarktis	43
7.4 Isens ålder, det antarktiska klimatet och temperaturen	43
<b>8. Hur andra glaciärer smälter</b>	<b>44</b>
8.1 Himalaya	46
8.2 Hur viktigt är vattnet från glaciärerna	47
8.3 Några olika forskares syn på klimatet i framtiden	47
8.4 Nigardsbreen	48
<b>9. Havsytehöjningar</b>	<b>49</b>
9.1 Riskområden i världen för havsytehöjningar se nedan	50
9.2 Vad som händer just nu i Bangladesh	50
9.3 Hur Arktis och Antarktis kan påverka havsnivån	51
9.4 Havsytehöjning sedan istidens slut	52
9.5 Sambandet mellan havsnivån och koldioxiden	54
9.6 Det finns även "havsnivåsänkningar"	55
9.7 Öarna i stilla Havet	56
9.8 Förändring av atollöarna	58
9.9 Nordsjöområdet	58
<b>10. Den varma medeltiden</b>	<b>59</b>
10.1 Vikingar	61
10.2 England	63
10.3 Europa	63
<b>11. Lilla istiden</b>	<b>64</b>
11.1 Andra delar av världen	67
11.2 Varma Medeltiden och Lilla Istiden globalt	69
<b>12. Klimatet i Sverige och världen genom tiderna</b>	<b>70</b>
12.1 Sommardagar	73
12.2 Undersökning från Finland	75
<b>13. Framtiden</b>	<b>76</b>
13.1 Klimatet och Katastrofer	76
13.1.1 Cykloner	77
13.2 Jorden blir grönnare	82
<b>14. Diskussion</b>	<b>86</b>
<b>15. Slutsatser</b>	<b>85</b>
<b>Bilaga 1</b>	<b>Issmältning 1922</b>
<b>Bilaga 2</b>	<b>Avsmältning Nigardsbreen</b>

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund till arbete

Utgångspunkten för arbetet var en diskussion kring det välkända diagrammet ”hockeyklubban” som finns i vår Lärobok i BiA. Detta hockeydiagram visar hur temperaturen har svängt lite upp och ned men under 1900-talet har temperaturen rusat upp mer än under de senaste tvåtusen åren.

Stämmer detta när det gäller tidigare år och hur ser de nuvarande trenderna ut?

De olika framställningar som görs i media om klimatförändringar och deras negativa påverkan på vår jord skulle granskas genom att så mycket som möjligt gå till olika källor som vetenskapliga artiklar och olika universitets hemsidor där exempelvis resultat över olika satellitmätningar redovisas.

Detta arbete har lagt en grund som det är tänkt att det ska bearbetas och revideras av elever i miljökunskap under kommande läsår. Aldrig någonsin tidigare har det gjorts så mycket olika klimatstudier som idag. Olika hypoteser och resultat presenteras så det är ibland svårt att veta vad man ska tro.

## 1.2 Gemensamma frågeställningar

Är den nuvarande uppvärmningen bra eller dålig?

Är uppgången på 0,7 grader sen 1860 inom eller utanför den naturliga variationen i klimatet?

Hur är temperaturen i förhållande till tidigare interglacialer?

Ger det skrämmande Hockey-diagrammet på s 88 i läroboken i Biologi A en rättvis bild av klimatvariationerna?

Hur var värmeperioden under stenåldern i Sverige jämfört med slutet av 1900-talet?

Hur var det i Sverige och Europa under medeltiden och lilla istiden? Var de globala eller regionala företeelser?

Vilket samband finns det mellan koldioxid och temperaturen?

Hur fungerar koldioxid som en växthusgas?

Finns det andra faktorer som kan påverka klimatsvängningarna än koldioxiden?

Hur har Grönlandsisen förändrats under senare årtionden?

Hur är det med havsisen vid Arktis och Antarktis? Smälter det lika mycket på båda platserna?

Hur lång tid tar det att smälta Västantarktis?

Är isbjörnarna utrotningshotade? Har de kanske upplevt liknande klimatvariationer tidigare?

Började glaciärerna att smälta då vi började släppa ut mycket mer koldioxid i samband med andra världskriget? Smälter alla glaciärer på jorden?

Vilken betydelse har solen när det gäller både stora och små klimatvariationer?

Vilken betydelse har havsströmmarna för klimatet?

Hur mycket har havsnivåerna stigit dels sedan istiden och i vår tid?

Hur är det med ökningen av de tropiska orkanerna?

Finns det positiva resultat av en uppvärmning?

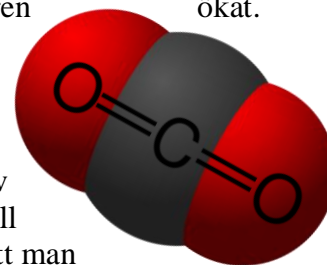
Genom att läsa de olika avsnitten hoppas vi att du kommer att få, kanske inte fullständiga svar men åtminstone något att fundera över.

## 2. Växthuseffekten och Koldioxiden

Av Simon Gidstedt och Isak Larsson

### 2.1 Allmänna fakta

Koldioxid,  $\text{CO}_2$ , är en mycket omtalad gas och utgör ungefär 390 ppm av atmosfärens volym. Den är viktig för livet på jorden och dess klimat. Koldioxiden bildas genom andning hos alla aeroba organismer, där den är en restprodukt och lämnar organismen i utandningsluften. Med hjälp av fotosyntesen omvandlar sedan växterna koldioxiden tillsammans med vatten till sockerarter, där syre är en restprodukt. När aeroba organismer sedan använder sockerarter som energi, frigörs koldioxid vid cellandningen. På detta sätt har kolet ett kretslopp, men sedan industrialiseringen har vi människor genom användning av fossila bränslen frigjort ännu mer koldioxid. Mer koldioxid än vad växterna kan ta upp, och på detta sätt har koldioxidhalten i atmosfären ökat.



Koldioxid är en tung gas och den är mycket svår att få att reagera, när den löses i vatten bildas kolsyra ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Koldioxidmolekylen består av en kolatom och två syreatomer, och kolatomen har en dubbelbindning till varje syreatom. Koldioxid kan inte förekomma i flytande form genom att man bara sänker temperaturen, det krävs nämligen ett väldigt högt tryck. Sänker man temperaturen men behåller normalt tryck så sublimerar koldioxiden till fast form vid  $-78^\circ\text{C}$ .

### 2.2 Växthuseffekten och koldioxidens inverkan

Växthuseffekten fungerar så att en stor del av solens strålning (ca 50 % ljus och 50 % värmestrålning) passerar ner mot jorden genom atmosfären. All strålningen reflekteras som värmestrålning efter den träffar jordytan. Denna strålning strålar sedan från jordytan i form av långvågig infraröd strålning. Men i atmosfären finns en del gaser som kan absorbera denna strålning, bl.a. vattenånga och koldioxid. De tar upp energin i strålningen och strålar sedan tillbaka ca 50 % av denna mot jorden och ca 50 % ut mot rymden. Växthuseffekten reglerar utsläpp av energi från jorden, och utan den hade medeltemperaturen här på jorden varit  $-18^\circ\text{C}$  och luften skulle vara kall, men genom energiabsorberande växthusgaser kan jorden värmas upp. Genom att vi människor släppt ut koldioxid och andra växthusgaser har växthuseffekten ökat något. Enligt IPCC är temperaturökningen under perioden 1860-2005  $0,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , och halten koldioxid under denna period har ökat från 280ppm till nuvarande 390ppm.

Man är eniga om att koldioxidhalten har ökat med ca 50 % under 1900-talet. Detta baseras på mätningar från bl.a. den kända stationen Mauna Loa på Hawaii.

Enligt "KVA - Kungliga Svenska vetenskaps Akademin" står vattenånga för ca 80 % och koldioxiden för ca 20 % av den totala växthuseffekten. Se

[http://www.kva.se/Documents/Vetenskap\\_samhället/Energi/Utskottet/rapport\\_energi\\_klimat\\_2007.pdf](http://www.kva.se/Documents/Vetenskap_samhället/Energi/Utskottet/rapport_energi_klimat_2007.pdf)

I denna rapport sägs det även att Sambandet mellan koldioxid och temperatur är logaritmiskt. Det vill säga att om koldioxidhalten ökar mycket ökar inte temperaturen i samma omfattning.

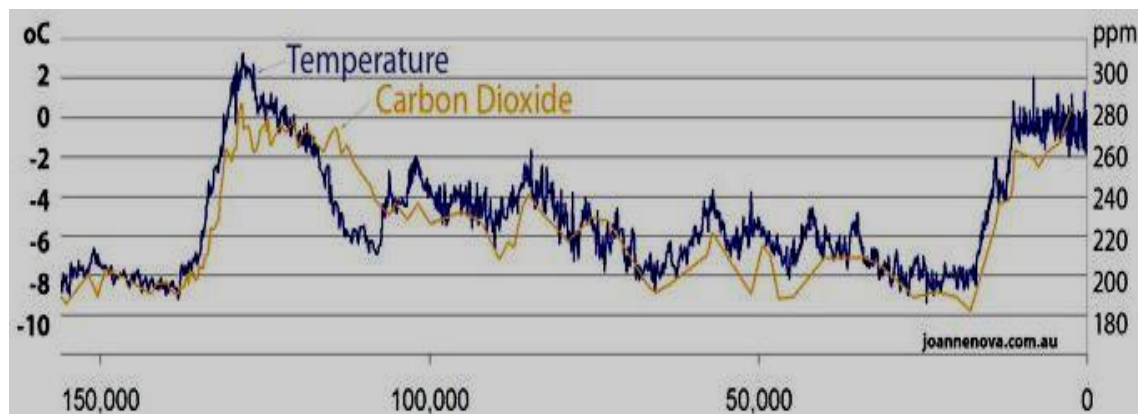
Det finns olika uppfattningar, som ni kan läsa i slutet av redogörelsen om hur stor påverkan koldioxid har på den globala temperaturen. Som vi ser i följande diagram från koldioxidmätningar i Antarktisen, så följer de två kurvorna varandra något sånär lika. Men om man kollar längst till höger så har koldioxidhalten ökat väldigt mycket, men temperaturen har inte ökat lika mycket om man jämför med tidigare toppar i diagrammet.

### 2.3 Antarktis och koldioxiden

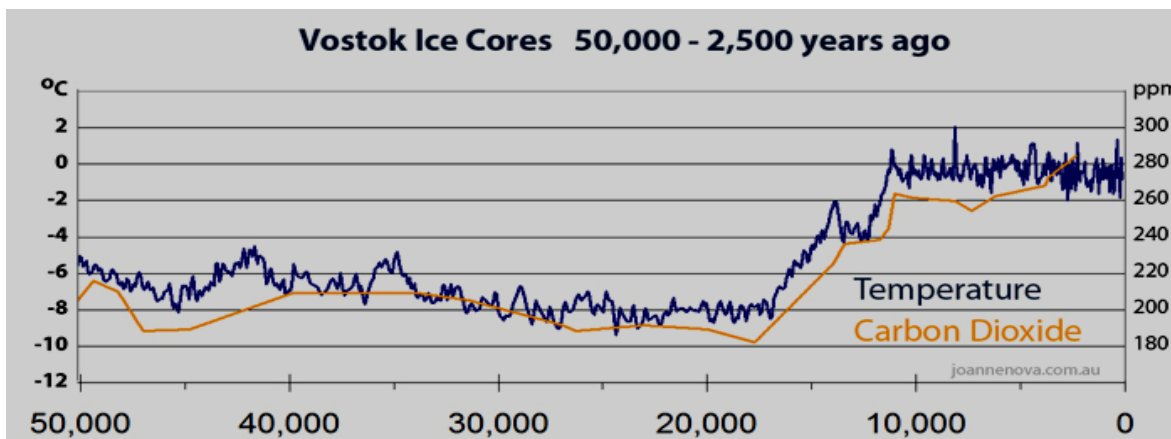
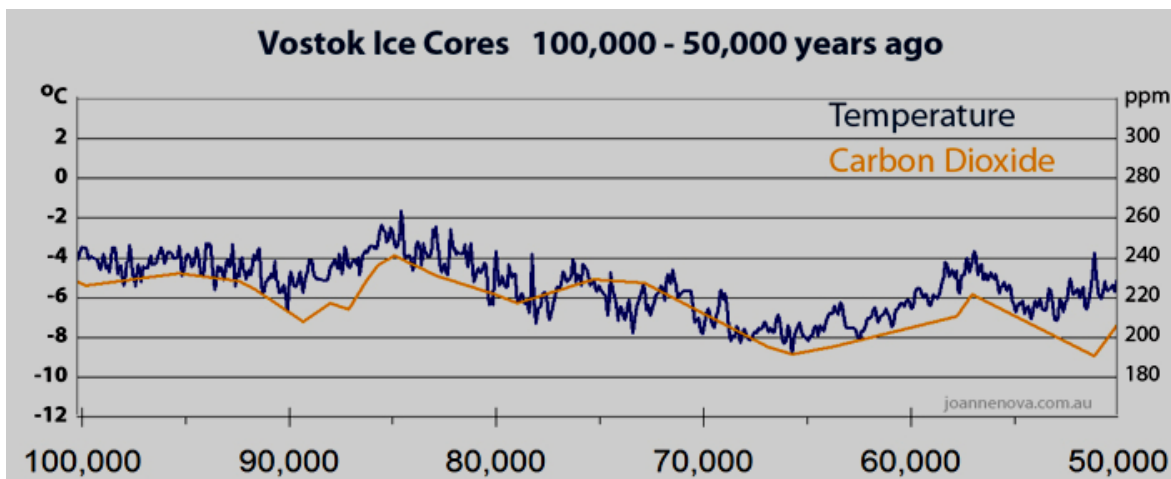
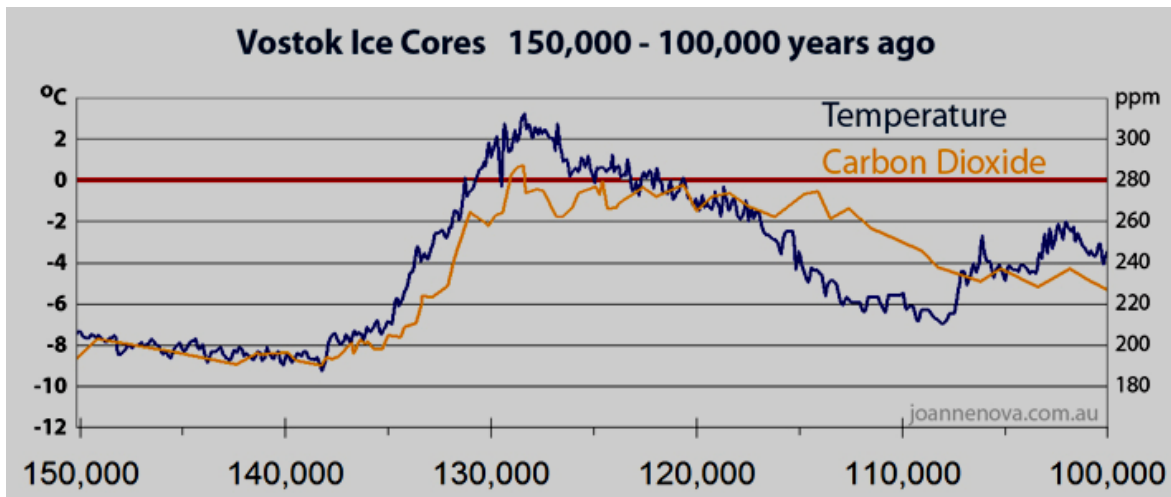
Enligt forskning på Antarktis is så är det CO<sub>2</sub> som följer temperaturen och det finns fina diagram på koldioxidhalten i atmosfären och temperaturen över de senaste 350 000 åren. Forskare tror att också att CO<sub>2</sub> kan ha ett visst förstärkande inflytande på dessa temperaturuppgångar som visas på diagrammen. Enligt undersökningarna tar det ca 800 år innan CO<sub>2</sub> halten höjs efter en temperaturhöjning. Se diagrammen nedan.

Enligt Al Gore är det tvärtom, alltså att det är temperaturen som följer efter CO<sub>2</sub> och de andra växthusgaserna och att CO<sub>2</sub> är den största anledningen till den globala uppvärmningen.

Här är några diagram från Antarktis som finns återgivna på: <http://joannenova.com.au/gobal-warming/ice-core-graph/>



Jämför temperatur och koldioxidhalt idag med hur det var för 130 000 år sedan. Uppförstörade diagram följer.



På [www.joannenova.com.au/global-warming/ice-core-graph/](http://www.joannenova.com.au/global-warming/ice-core-graph/) skriver de om hur temperaturen och koldioxidhalten följer varandra men det var först 2003 som det slogs fast att det var koldioxidhalten som följer temperaturen. Då kom nämligen ny data in från isborrningar, som påvisade just detta. De nämner att koldioxiden även kan ha en viss inverkan på temperaturen. Mätningarna visar att koldioxidhalten börjar röra sig först ca 800 år efter en temperaturförändring.

Växthuseffekten funkar så att det mesta av solens strålning (ca 50 % ljus och 50 % värmestrålning) passerar ner mot jorden genom atmosfären. All strålningen som når jordytan reflekteras som värmestrålning.



## 2.4 Strålningsdrivning

Strålningsdrivning är ett uttryck för olika atmosfärsförändringars klimatstörningar. På så sätt kan man jämföra olika sorters klimatstörande förändringar och deras inverkan på jordens temperatur. Vissa partiklar påverkar energiinflödet till jorden från rymden, t.ex. moln som reflekterar tillbaka solljus, och en del partiklar påverkar energiutflödet från jorden ut i rymden, t.ex. vattenånga och koldioxid. Om energiinflödet till jorden blir större säger man att det uppkommer en positiv strålningsdrivning. Även en förstärkning av växthuseffekten skapar en positiv strålningsdrivning, eftersom energiutflödet minskar. Partiklar från vulkanutbrott och svaveldioxid reflekterar tillbaka solljuset, dvs. minskar energiinflödet. Ökar dessa partiklar så mycket att energiinflödet blir mindre säger man att det uppstått en negativ strålningsdrivning.

## 2.5 Feedback

Det som forskarna är mest rädda för när det gäller den globala uppvärmningen är inte koldioxid i sig som kan höja den globala temperaturen med ca 1 grad utan de s.k. feedback som finns. Det innebär att om den globala temperaturen höjs så bildas mer vattenånga och metan som är starka växthusgaser. Metan som finns i den smältande tundran pyser upp i atmosfären och det hela blir en ond cirkel.

Det finns saker som motsäger detta som t.ex. att koldioxid inte har någon stor effekt alls på temperaturen och att om det nu bildas mer vattenånga så stiger den. När den kommer högre upp i atmosfären avger den energin i form av värme ut i rymden då den övergår till ett stabilare läge och bildar moln, som i sin tur kan reflektera bort solstrålning. På så sätt har både vattenånga och molnbildning även en kylande effekt.

En del forskare som varit rädda för detta hade sagt att det finns mycket metan, men även koldioxid, lagrad i tundran och att om det smälter så skulle metanet läcka ut och det skulle bli kraftig feedback. Metan är en ca 24 gånger starkare växthusgas än koldioxid. Men enligt nyare forskning så visar det sig att tundran inte släpper ut all metan på en gång som det har påståtts och därför är det inte en så stor fara som man trott.

Det här med den globala uppvärmningen och att människan ligger bakom verkar vara något överdrivet. Vi vet att jorden har haft flera istider och mellanistider då det var lite varmare än idag. Vi är i en mellanistid nu men inte den varmaste. Vissa forskare skriver att vi kanske är på väg in i en istid igen.

## 2.6 Dagens Koldioxiddebatt

FN:s klimatpanel IPCC har länge sagt att det är människans påverkan som gjort att växthusgaserna i atmosfären har ökat och att detta kommer att leda till stora katastrofer i framtiden om vi inte gör något åt detta nu.

Detta är fel enligt vissa forskare, bl.a. Lars Bern och 20 forskare som skriver att det inte finns några tydliga samband mellan förhöjd koldioxidhalt och eventuella klimatförändringar. Den klimatpolitik som bygger på FN:s klimatpanel riskerar att drabba de fattiga mycket hårt.

De skriver också att IPCC endast koncentrerat arbetet på växthusgaserna och att de inte har tillräckligt uppmärksammat andra klimatpåverkande faktorer som solstrålning, molnighet och varierande havsströmmar.

Lars Bern och de andra forskarna skriver: Att man inte kunnat visa ett signifikant orsakssamband mellan förhöjd koldioxidhalt och eventuella klimatförändringar.

- Att den observerade uppvärmningen under 1900-talet inte ger anledning till oro, oavsett orsakerna.
- Att de klimatmodeller som larmrapporterna bygger på har ringa prognosvärde.
- Att Manhattandeklarationen motbevisar påståendet om konsensus.
- Att en klimatpolitik som bygger på IPCC:s scenarier riskerar att leda till ett förödande slöseri med mänskliga och ekonomiska resurser som främst drabbar de fattiga i världen.

<http://www.newsmill.se/artikel/2008/12/17/vetenskapen-ar-inte-enig-om-klimatlarmlarmen>

En annan teori till att den globala temperaturen ökat är människans energi- och värmeutsläpp från bl.a. kärnkraftverk. Bo Nordell och Bruno Garvet från civildepartementen och miljötekniska vid Luleås Tekniska Universitet har räknat på de totala energiutsläppen från 1880 tills idag. De säger att den globala uppvärmningen består till ca 75 % av värmeutsläpp. De föreslår också att forskare ska räkna med energin i marken, haven och isarna för att få fram en exaktare modell av klimatförändringarna. Deras forskning visar att utsläppen av värmeenergin lagras till ca 6.6 % i luften, 31.5 % i marken, 33.4 % i smältande is och 28.5 % i haven.

[www.sciencedaily.com/releases/2009/07/090713085248.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2009/07/090713085248.htm) (Denna teori har inte fått gehör i forskarvärlden. Den togs med som ett exempel på alternativ förklaring till uppvärmningen. Handledarens anm.)

## 2.7 Några uppfattningar om hur stark koldioxiden är som växthusgas:

Kungliga Vetenskaps Akademin säger att koldioxiden står för ca 20 % av växthuseffekten.

Göran Petersson, forskare i kemisk miljövetenskap på Chalmers, säger att vattenånga står för 95 % och koldioxiden för 3 % av den totala växthuseffekten. Han säger också att människans koldioxidutsläpp under det senaste seklet står för ungefär 1 % av den totala växthuseffekten.

I Science Daily skriver professor Damon Matthews att koldioxidutsläpp helt klart är en anledning till den globala uppvärmningen och att ett utsläpp av ett ton koldioxid leder till en höjning av den globala temperaturen med  $1,5 \times 10^{-11}$  grader Celsius.

[www.sciencedaily.com/releases/2009/06/090610154453.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2009/06/090610154453.htm)

## 2.8 Stora naturliga utsläpp av koldioxid

Tidningen skriver även, i en annan upplaga där Johannes Lehman som är artikelns ledande författare och en Cornell professor i biokemi, om det svarta kolet (resterna efter bränd organisk massa) i Australiens jordmån som omvandlas till koldioxid och går upp i atmosfären.

De skriver att man överskattat den svarta kolens omvandling till koldioxid och höjning av den globala temperaturen.

Nya forskningar har visat att det tar ca 1,000–2,000 år att omvandla kolet till koldioxid vilket ändrar de tidigare modellerna över koldioxiden i luften framöver, till det bättre. Dessa forskningar visar att

koldioxidutsläppen från Australiens jordmån (nu räknar man även med död organisk massa) minskade med 20 % i 100 år.

Dessa forskningar är betydelsefulla eftersom jordmånen är klart den största källan av koldioxid som producerar tio gånger mer koldioxid än alla mänskliga utsläpp tillsammans.

[www.sciencedaily.com/releases/2008/11/81119120155.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2008/11/81119120155.htm)

### 3. Solstrålning

Av Jenny Gustafsson och Simon Lindau

Solen är den drivande faktorn för vädret och därmed klimatet. Energin från solen påverkar bl.a. temperaturen och omsätts till vindar och strömmar.

Avståndet mellan solen och jorden varierar med 1,5 % under året, jorden är närmast solen i januari och längst bort i juli.

Solstrålning är elektromagnetisk strålning. Merparten av energin finns i våglängdsområdet 300 till 4000 nm och fördelar sig i stort sett utanför jordatmosfären som;

- 8 % ultraviolett (UV)
- 48 % synligt ljus
- 44 % infraröd (IR)

Vid jordytan ligger maximum av strålningen runt 500 nm och fördelar sig vid jordytan som;

- 3 % UV
- 38 % synligt ljus
- 59 % IR

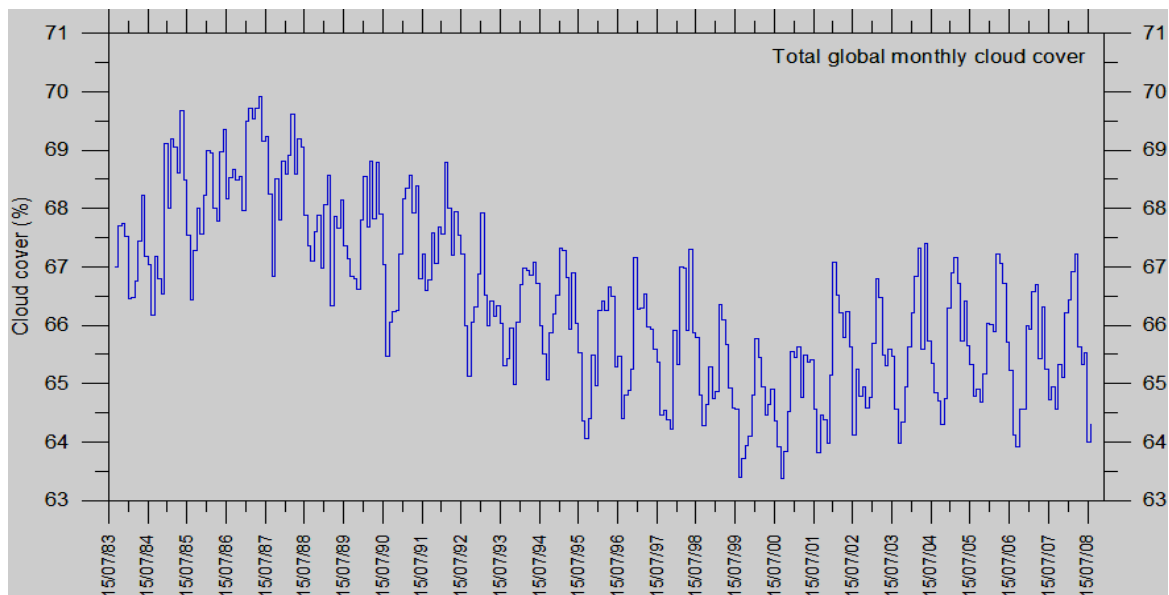
Jordytan (hav och land) liksom atmosfären (gaser, partiklar och moln) sänder också ut strålning (emission), men då längre våglängder. Störst mängd energi ligger på i våglängdsområdet 4000-100 000 nm med maximum kring 10 000 nm. Energin inom dessa nästan helt åtskilda våglängdsområden benämns kortvågsstrålning och långvågsstrålning. Den ingående strålningen är kortvågsstrålning och den utgående är långvågsstrålning.

Strålningen påverkar atmosfärens gaser, moln, aerosoler (partiklar) och jordytan. En stor del av den energi som absorberas av gaser, ex. vattenånga, koldioxid och ozon. Detta medför en temperaturhöjning, vilket ökar gasens emission (utsändning) av långvågsstrålning som i sin tur sänker temperaturen.

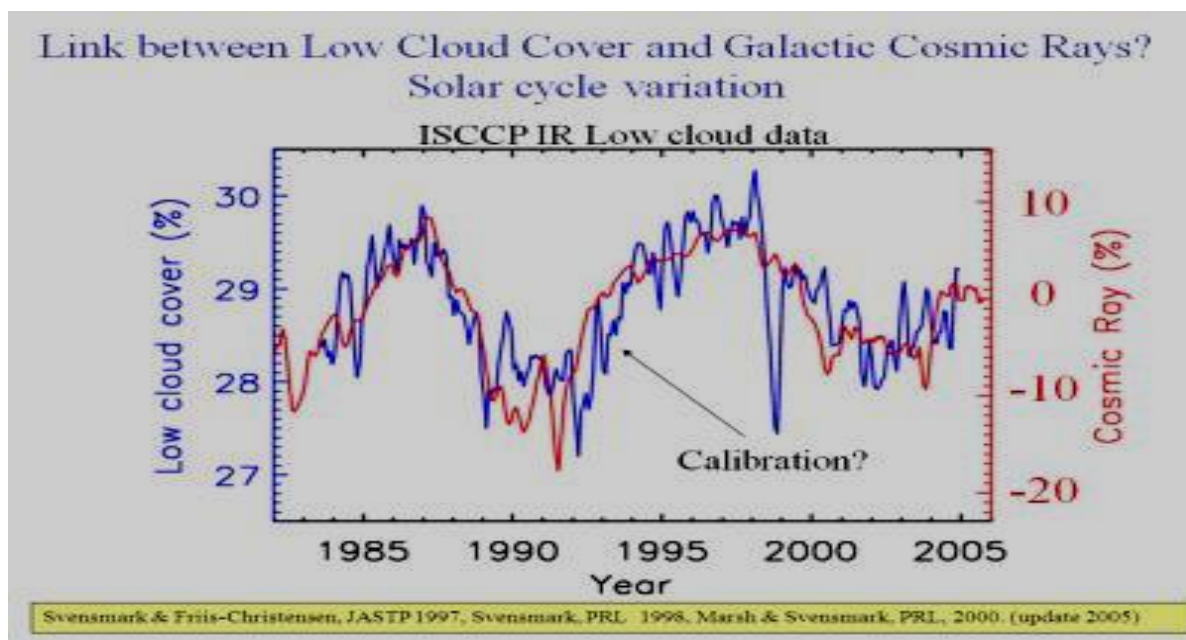
Jordens molntäcke samvarierar med den kosmiska strålningen. Tjockleken, höjden och mängden moln påverkar värmebalansen på jorden. Dessa idéer och slutsatser har Henrik Svensmark, professor vid Köpenhamn rymdinstitut, väl arbetat fram under lång tid.

Kosmisk strålning består av högenergetiska partiklar som har slungats ut vid stjärnexplosioner i vintergatan. Liksom solvinden tränger de in i jordens atmosfär och når ända ner i marken. Det finns osynlig kosmisk strålning överallt runt oss. Solens magnetfält bildar en bubbla som avskärmar oss från en del av den kosmiska strålningen. Mängden kosmisk strålning ökar och minskar beroende på solaktiviteten och solens magnetfält, snabba koronamassutkastningar (solexplosioner som skapar solvind) från solen blåser bort en del av den kosmiska strålningen. Vid högre solaktivitet minskar alltså mängden kosmisk strålning och då bildas mindre moln över marken. Molnen i sin tur reglerar

temperaturen på jorden på så sätt att ett tjockt molntäcke reflekterar tillbaka de värmande solstrålarna till rymden. Blir det å andra sidan färre moln får solstrålarna lättare att komma ner. Av detta drar vi slutsatsen att vi alltså bör få högre temperatur i jordatmosfären vid solmaximum.

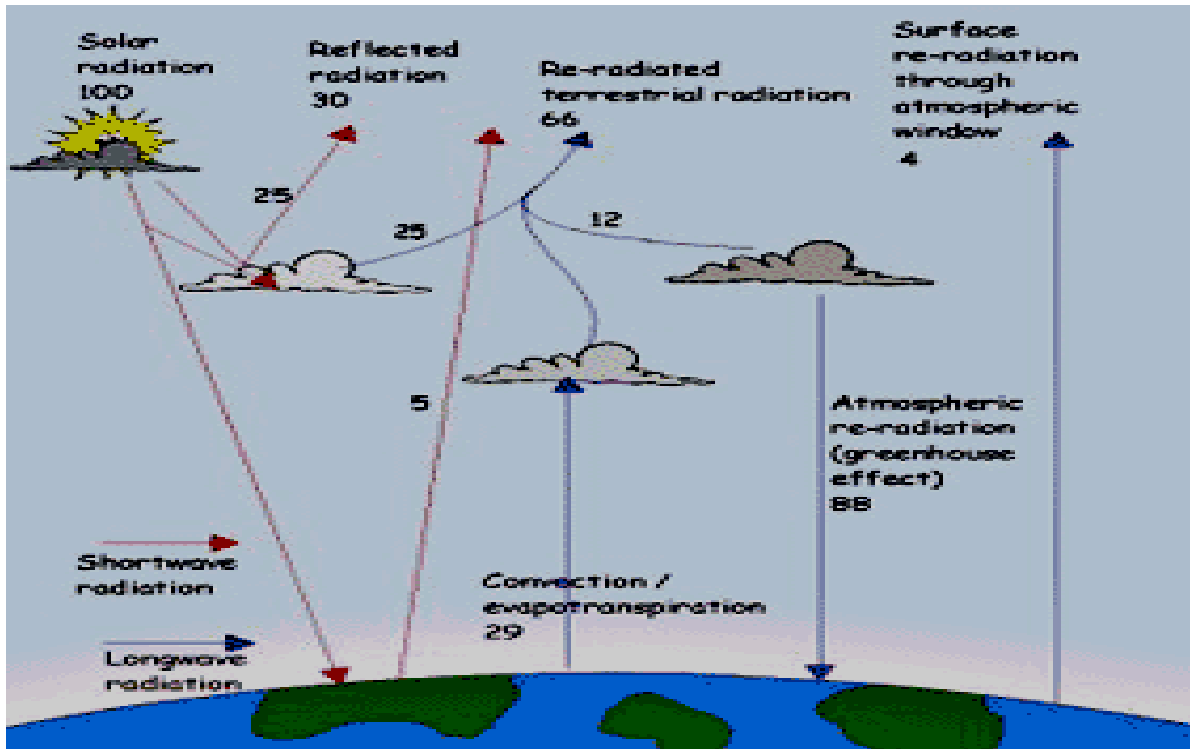


*Diagrammet visar variationer av molntäcket*



Strålning kan även spridas och reflekteras av luftens beståndsdelar och av jordytan. Detta förändrar strålningens riktning. Spridningen i luftmolekyler är mer effektiv ju kortare våglängden är.

Den primära energin som driver jordens energibalans är den inkommande strålningen på  $342 \text{ W/m}^2$ , hela  $198 \text{ W/m}^2$  når jordytan och  $168 \text{ W/m}^2$  av dessa absorberas och värmer på så sätt upp jordytan. Denna värmeenergi återgår till atmosfären i form av långvågsstrålning.



Diagrammet visar jordens energibudget. Solens strålning är 100 enheter.  
[http://www.smhi.se/content/1/c6/02/95/60/attachments/faktablad\\_solstralning.pdf](http://www.smhi.se/content/1/c6/02/95/60/attachments/faktablad_solstralning.pdf)

I grova drag ligger solrikt år 10 % över ett långtidsmedelvärde för både solskenstid och globalstrålning. Ett solfattigt år ligger 10 % under medelvärdet.

I Sverige har solstrålningen ökat i snitt med 4 % per år mellan 1983-2006. I Sverige har solskenstiden ökat i snitt med 0.7 % per år under samma tid. Dessa ändringen har även uppmärksammats på andra ställen i världen.

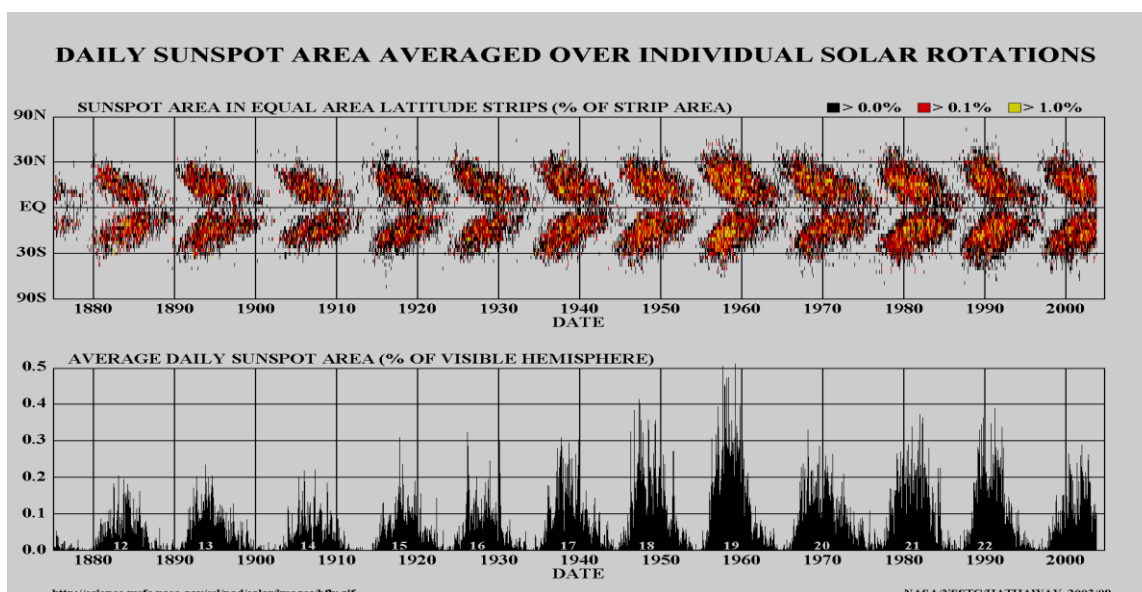
Viktiga faktorer som påverkar solstrålningen;

- Molnen är den viktigaste orsaken. De stora variationerna i solstrålningen styrs till största del av molnen. Mängden moln och tätheten spelar en stor roll och förhindrar solstrålningen från att nå jorden. Molnen sänder även ut långvågsstrålning, ju högre temperatur molnen har, desto mer långvågsstrålning sänder de ut. Moln som ligger lågt har oftast högre temperaturen än moln som ligger högre upp. Ett lågt, tätt och varmare moln ger mer långvågsstrålning än ett högre, tunnare och kallare moln.
- Markytans reflektionsförmåga är en annan faktor som påverkar kraftigt, det kallas albedo. Ju större mängd solstrålning som albedo. De flesta naturliga ytorna har ett albedo mellan 5-30 %. Snötäckt mark har dock ett albedo på över 60 %. Detta kan i speciella fall nästan fördubbla den inkommande strålningen eftersom när så mycket strålning träffar snöytan och reflekteras upp i atmosfären kommer en stor del av strålningen tillbaka.
- Andra viktiga faktorer är mängden aerosoler och ozonskiktets tjocklek.

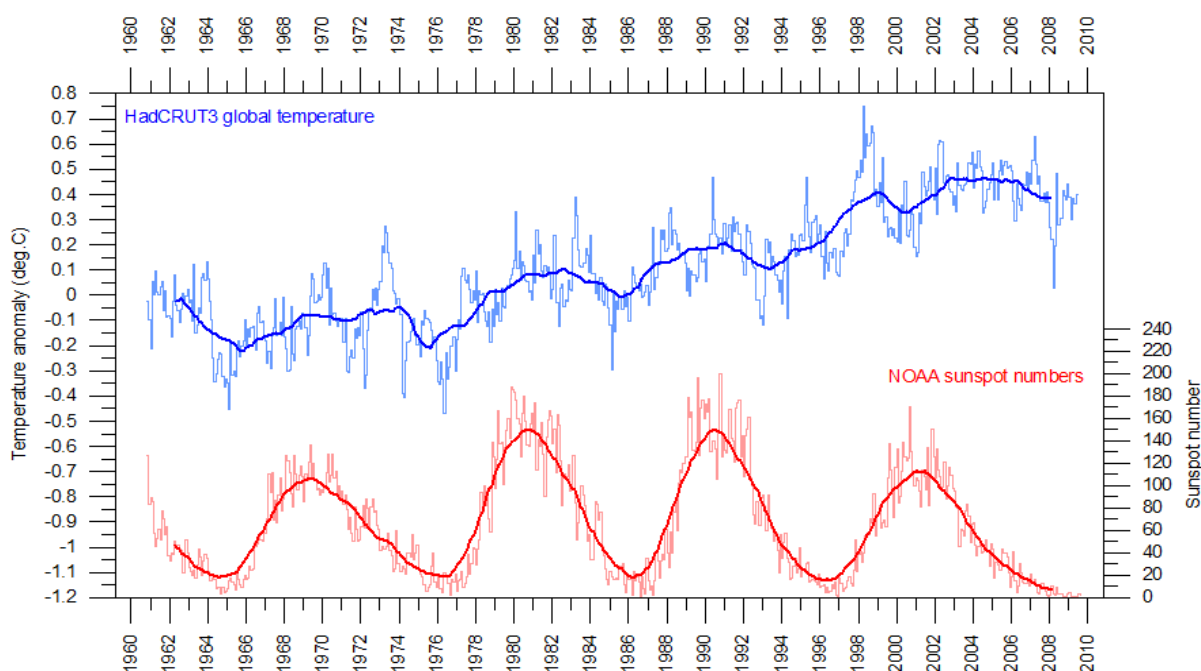
Man mäter global medeltemperatur genom att ha flera olika mätningar i varje land, vissa nära havet, vissa i städer osv. Sedan lägger man ihop alla mätningar för alla länder och tar fram en medeltemperatur. Detta kan skilja eftersom det ex. är varmare i städer än ute vid kusten.

Solen är extra aktiv i en intervall på 11 år. Vart elfte år ökar risken för så kallade "rymdoväder". Vid dessa intervaller (vart elfte år) förekommer antalet solfläckar i extra stor mängd. En solfläck är ett område på solens yta som blir mörkt och får en betydligt lägre temperatur än övriga områden på solens yta. Dock är solens strålningsaktivitet omvänt proportionellt med antalet solfläckar. Detta kan tyckas märkligt, men det finns en förklaring:

Runt de mörka solfläckarna bildas ljusa områden som strålar enorma mängder energi, detta sker även vid solens poler. Det gör att solens totala energistrålning är proportionellt mot antalet solfläckar. Tidigare berättade jag om solfläckarnas 11-årsintervall. Detta är dock inte den enda intervallen. Det råder också en intervall om 80-90 år.



Diagrammet visar solfläcksaktiviteten under 1900-talet



Diagrammet visar solfläckaktivitetens samband med temperaturändringar

Idag är solfläcksaktiviteten relativt låg vilket visas i ovanstående diagram.

Vår slutsats är att solstrålning har även en stor påverkan på klimatet, kanske större påverkan än vad koldioxiden har. Det är inte bara fråga om direkt solstrålning.

Under 2009 startade experiment i Cern för att mer kunna avgöra den kosmiska strålningens roll för molnbildningen. Projektet kallas för Cloud.

<http://cdsweb.cern.ch/journal/CERNBulletin/2009/47/News%20Articles/1221077>

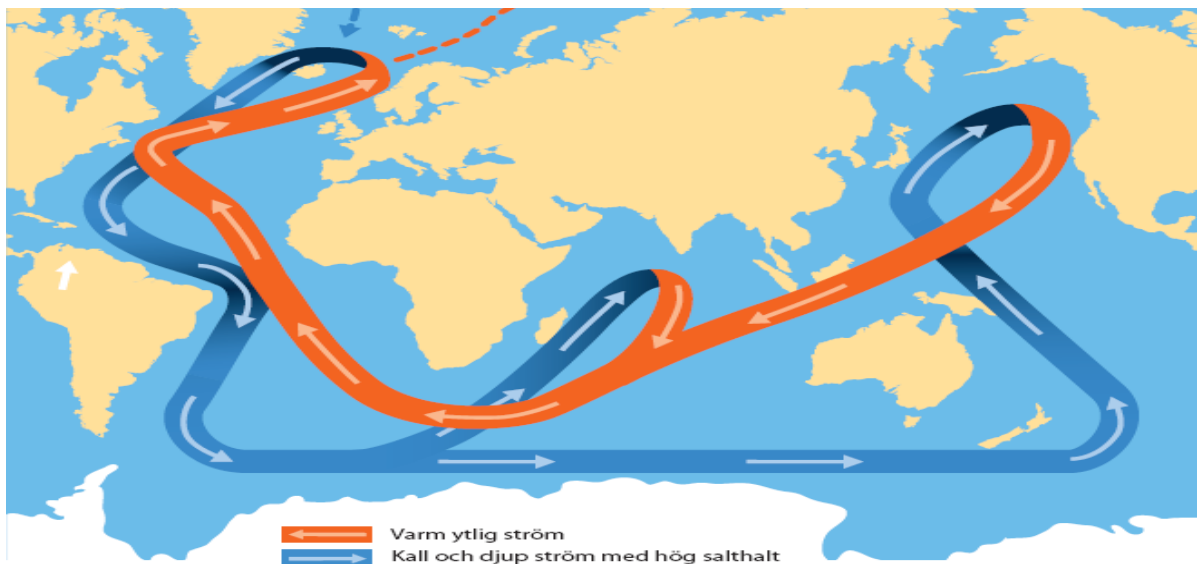
## **4. Vad kan orsaka stora klimatförändringar**

Av Anna Karlsson och Malin Larsson

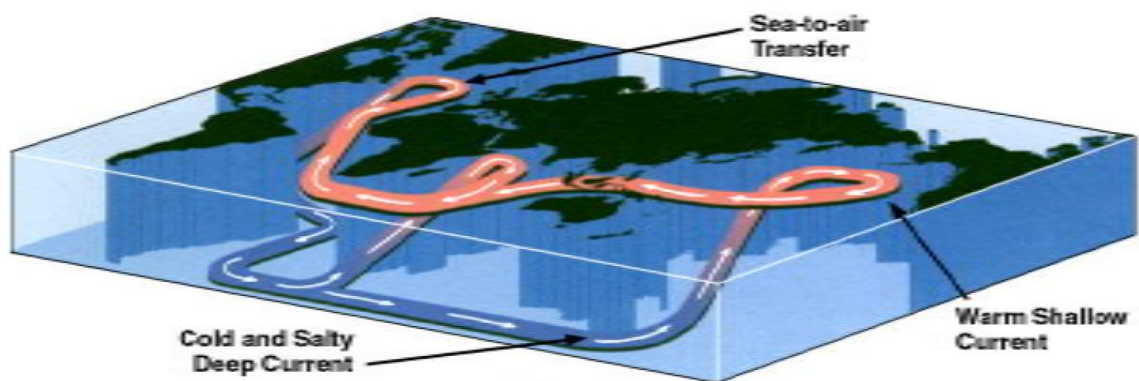
### **4.1 Havsströmmarnas betydelse för klimatet**

#### *4.1.1 Termohalina cirkulationen*

Termohalina cirkulationen drivs av skillnader i densiteten i havsvattnet, på grund av förändringar i temperatur och salthalt. Den förflyttar varmt ytvatten från lägre latituder till polerna. För att förklara den Termohalina cirkulationens bana börjar vi vid golfströmmen som ligger vid Mexikanska kusten. Den tar med sig varmt vatten från tropikerna till nordöstra Atlanten. Det varma vattnet tas också upp av de mellersta breddgradernas västvindar, vilket värmer upp västra Europa. När vattnet sedan fortsätter norrut så kyls det av och salthalten ökar. Det medför till att vattnet blir tyngre och havsströmmen sjunker. Den fortsätter sin bana söderut och för med sig det kalla vattnet till Antarktis. Eftersom det är så stort tryck vid havsbotten utanför Antarktis så kan temperaturen sjunka till flera minusgrader. Vid Antarktis delar den sig och går antingen vidare till Indiska Oceanen eller runt Australien till norra Stilla havet. Där blandas strömmen med varmare vatten, stiger och ger upphov till en motström nära havsytan. Sen fortsätter den åt sydväst genom den Indonesiska övärlden där den ansluter sig till motströmmen i den Indonesiska Oceanen. Den fortsätter sin bana runt Kapstaden till Atlanten där den återigen ansluter sig till Golfströmmen vid den mexikanska kusten. Den termohalina cirkulationen håller just nu på att sakta ner och kommer att ha minskat hastigheten med 30 % vid slutet av århundradet. Den kommer inte att stanna av helt som vissa påstår, men kommer däremot att orsaka klimatförändringar eftersom havsströmmar har stor påverkan på det globala klimatet.



Bilden är hämtad från artikeln "Golfströmmen är trög" av Anders Stigebrandt och återges med hans godkännande.

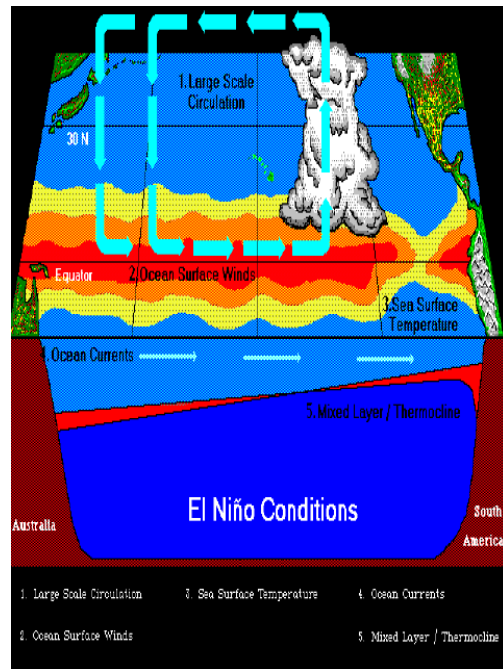
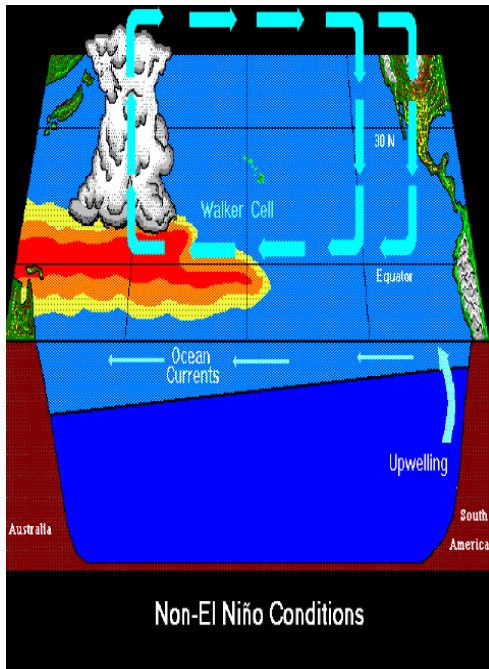


Bilden är hämtad från Åbo akademi

#### 4.2 *El Niño* - Även kallad ENSO - El Niño Southern Oscillation

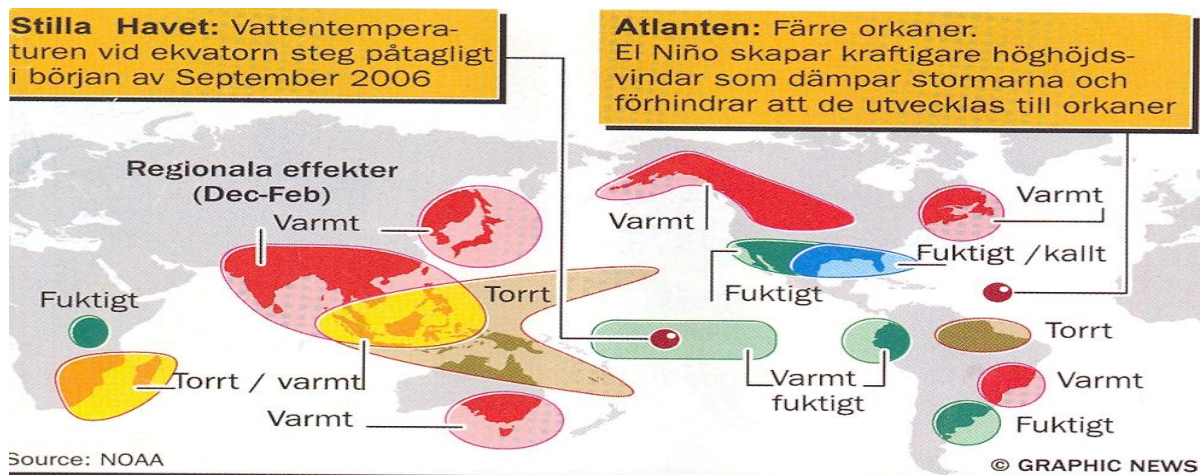
Det är ett återkommande väderfenomen i Stilla havsområdet som växlar cirka två gånger per årtionde. Det varar från några månader upp emot två år. Uppbyggnaden av El Niño börjar med att passadvindar och havsströmmar transporterar varmt ytvatten mot ekvatorialområdet i västra Stilla Havet. Det samlas allt mer och mer varmt vatten på djupet i det västra Stilla havsområdet tills det plötsligt slår om och det varma vattnet börjar transporteras åt öster längs ekvatorområdet. Det är denna tillfälliga ström av varmvatten som går till Sydamerikas kust som kallas El Niño. Det varma vattnet svämmar då över på en stor yta på Stilla havet och värmer upp hela Stilla Havet.





### 4.3 Regionala effekter av EL Niño

På bilden nedan visas vilka regionala effekter El Niño har på klimatet om den inträffar på vintern eller sommaren på norra halvklotet.

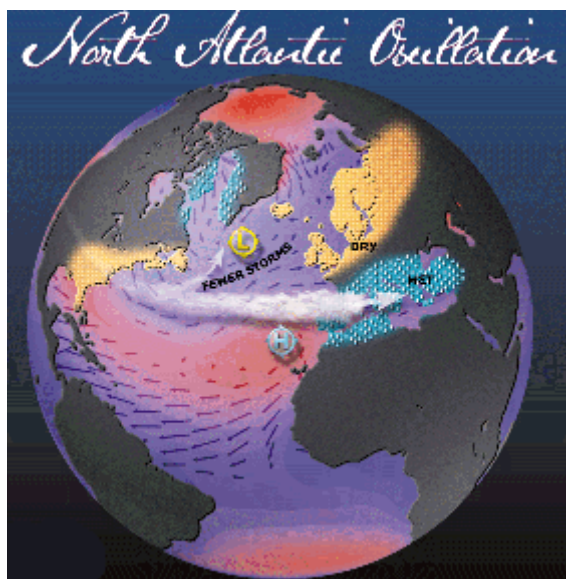


#### 4.3.1 North Atlantic Oscillation och Arctic Oscillation

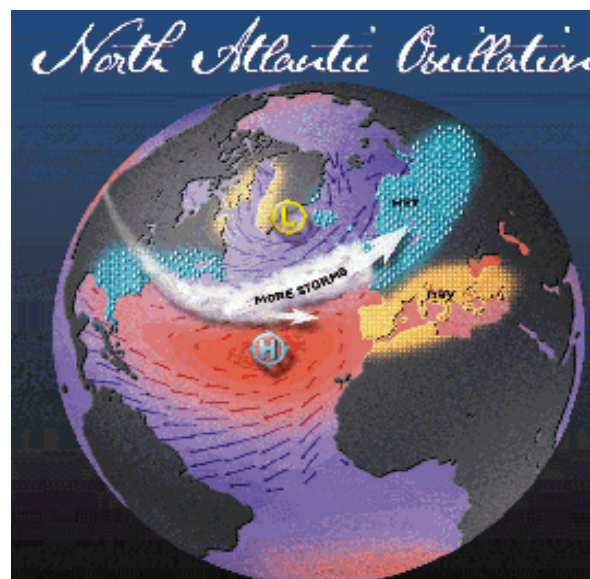
NAO är ett fenomen i norra Atlanten som är beroende av var de stora högtrycken ligger. Var de stora låg och högtrycksbältena ligger har stor betydelse för klimatet i Europa.

Då det stora lågtrycksområdet ligger söder om Grönland och högtrycksområdet ligger över Kanarieöarna är NAO negativt. Nordpolen blir då varmare medan norra Europa blir kallare.

Om det stora lågtrycksområdet ligger mellan Grönland och Island och ett högtrycksområde ligger över Azorerna så är NAO positivt. Europa värms då upp medan Nordpolen är kallare.



NAO negativt



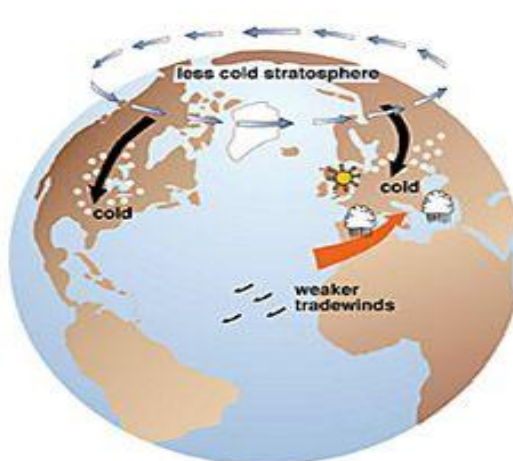
NAO positivt

NAO samverkar med AO den Arktiska oscillationen.

När högtrycken är kraftigare över nordpolen kommer mer kall luft från övre atmosfären att strömma ned över sydligare breddgrader i synnerhet på vintern och det blir oftare kallare vintrar. Från 70-talet har den positiva fasen dominerat.



Positiv fas



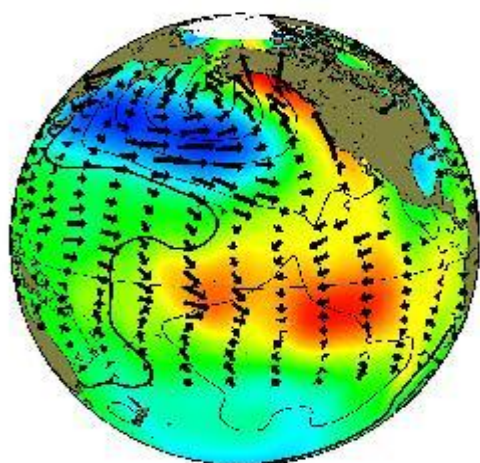
Negativ fas

#### 4.3.2 Pacific Decadal Oscillation

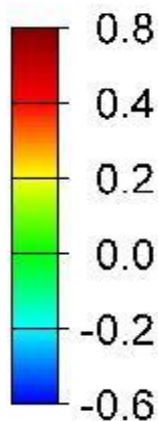
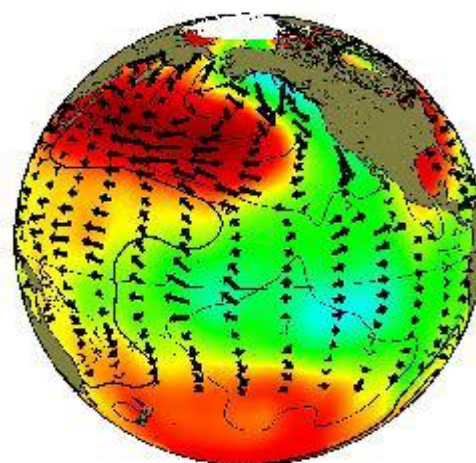
PDO är en förändring av ythavstemperaturen i Stilla Havet. Förändringarna består i 20-30 år. Man ser den tydligast i norra Stilla havet. Orsakerna till att det blir PDO är inte riktigt kända. Då PDO är

inne i en varm fas blir norra och södra stilla havet kallare medan mellersta Stilla havet blir varmare. Då PDO istället är inne i en kall fas blir resultatet tvärtom. Se index för positiv och negativ PDO.

### Varm fas

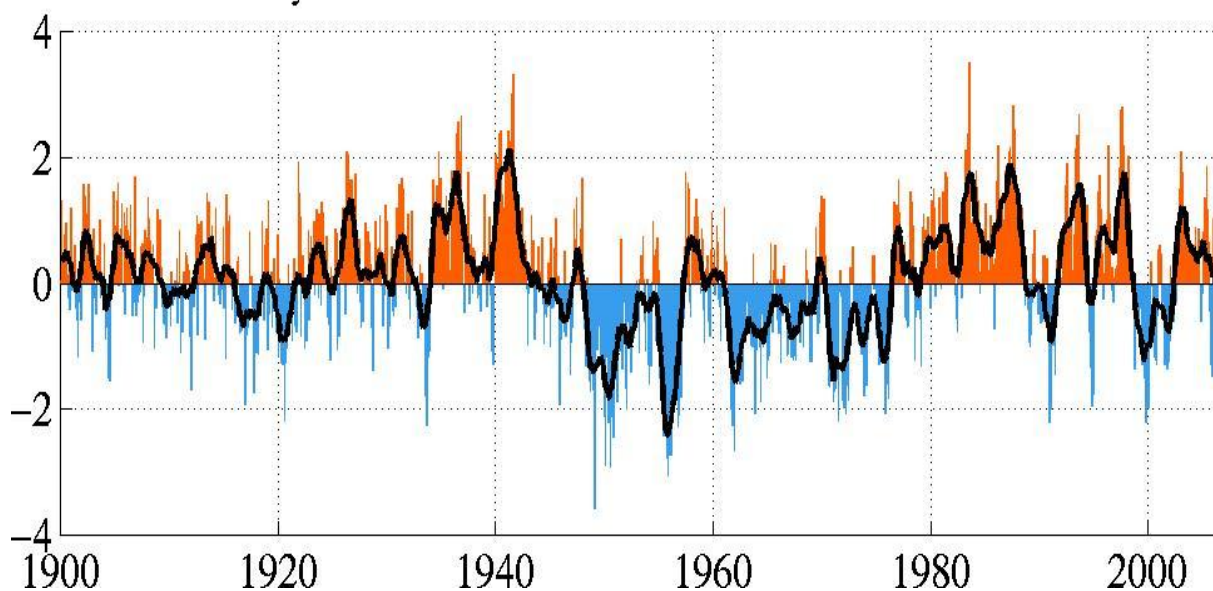


### Kall fas



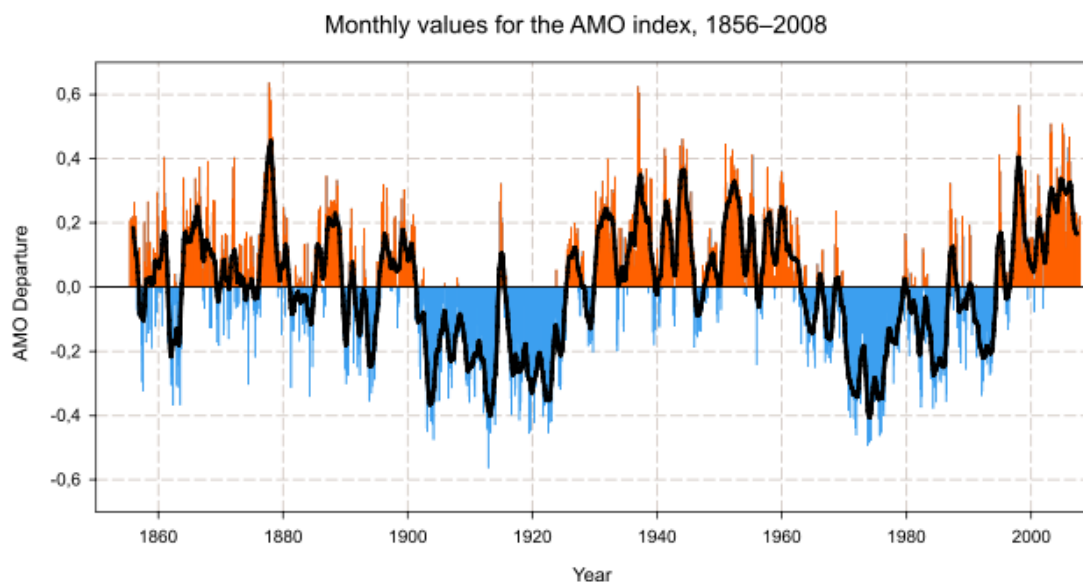
[www.wunderground.com/blog/Levi32/comment.html...](http://www.wunderground.com/blog/Levi32/comment.html...)

monthly values for the PDO index: 1900 – October 2006



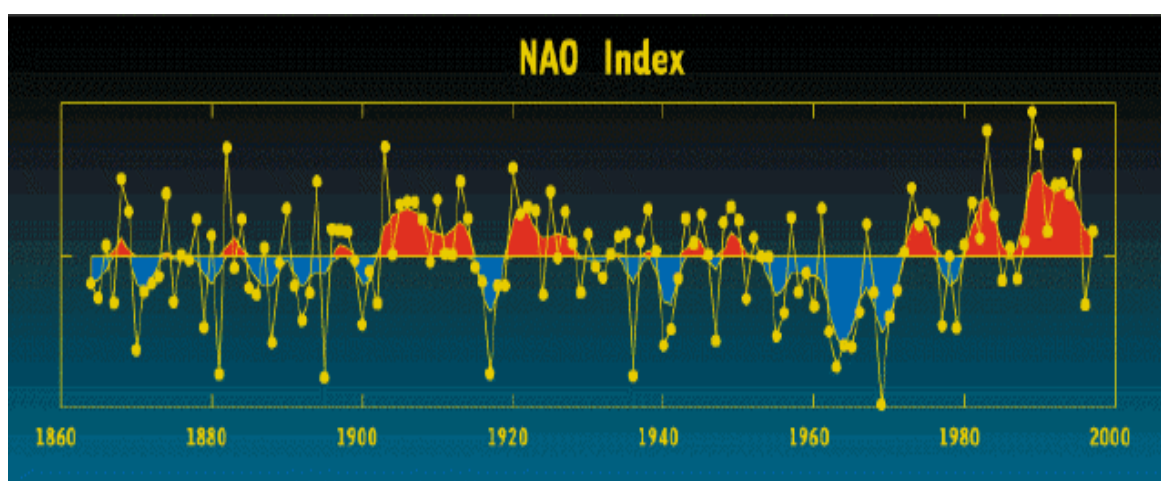
### 4.3.3 Atlantic Multidecadal Oscillation

AMO visar hur yttemperaturen varierar i Atlanten. Under negativ AMO är det kallare i norra Atlanten och varmare i södra delen av Atlanten. I positiv fas är det tvärtom.



[http://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic\\_multidecadal\\_oscillation](http://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic_multidecadal_oscillation)

När PDO och AMO är positiva samtidigt blir klimatet varmare vilket leder till torka i norra och centrala USA. När de är negativa samtidigt blir klimatet kallare, mycket snö och nederbörd. När PDO är negativt och AMO är positivt blir klimatet kallt i nordöstra USA, Kanada och torrt i sydvästra USA. Det kan också vara intressant att jämföra med NAO



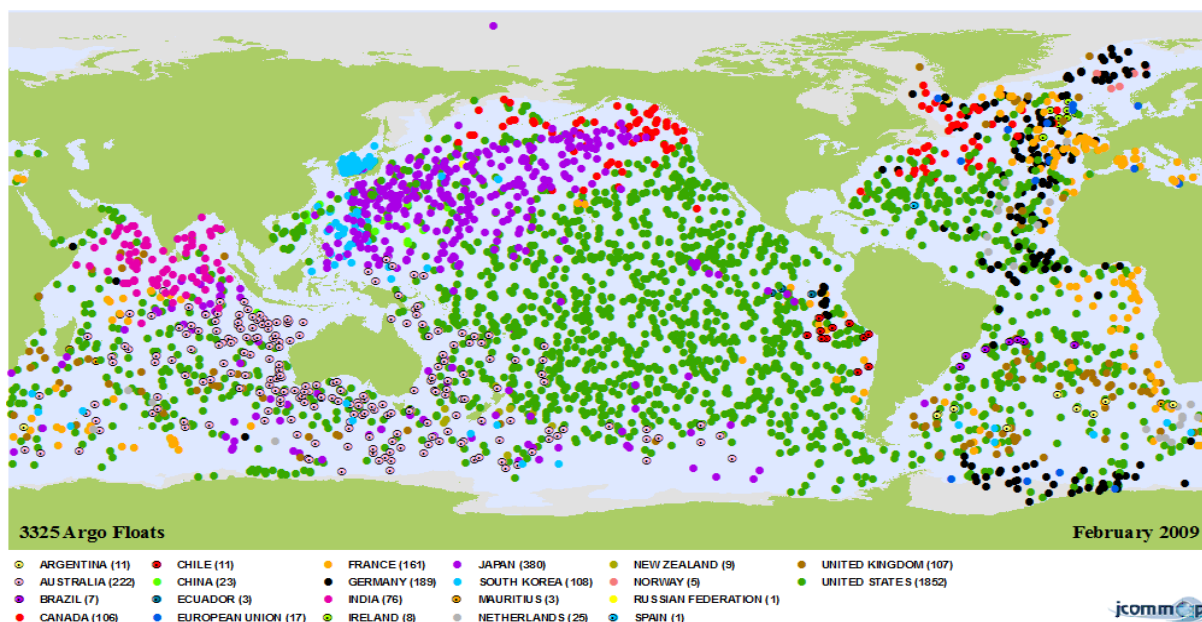
<http://www.ldeo.columbia.edu/res/pi/NAO/>

#### 4.3.4 Hur vet man att en ny El Niño har startat?

Det första tecknet på att en ny El Niño har startat är att den globala havstemperaturen har ökat kraftigt. Detta mäter man med så kallade bojar, (se bild nedan). Havsströmmarna har då börjat gå i motsatt riktning i jämförelse med La Niña och det varma vattnet som under La Niña har samlats i ekvatorialområdet i västra Stilla Havet har nu spridit ut sig och värmt upp haven.

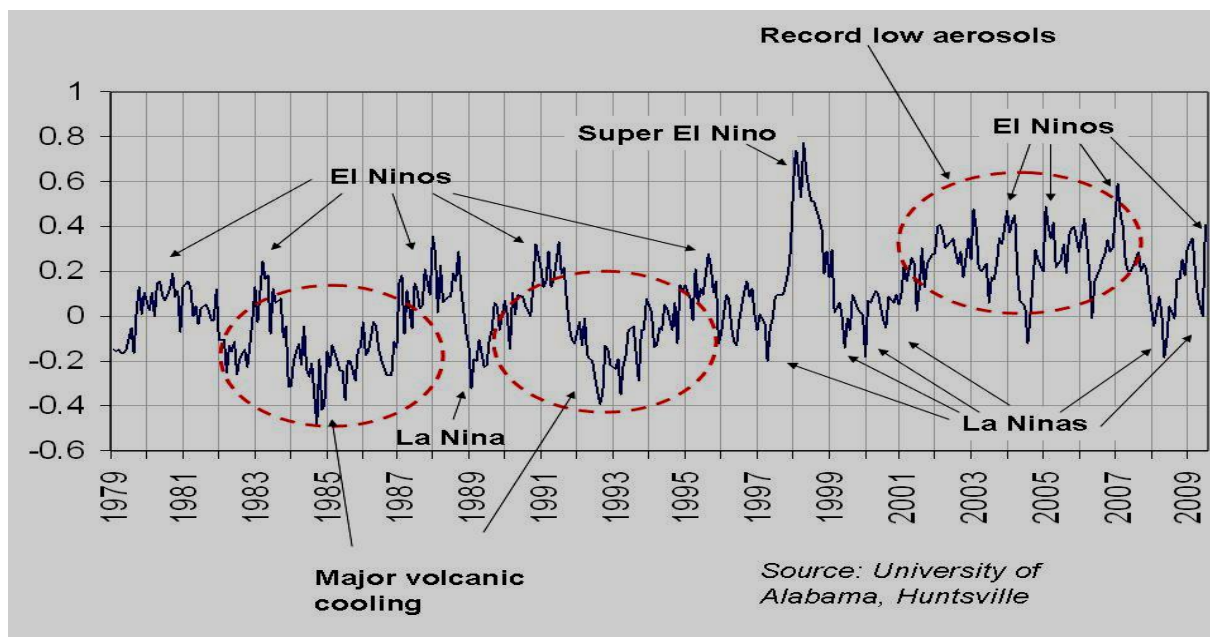


Detta är en karta över var alla olika bojar i världshaven är placerade. Varje färg representerar ett land och dess bojar.



[w3.jcommops.org/FTPRoot/Argo/Doc/AIC\\_2006.pdf](http://w3.jcommops.org/FTPRoot/Argo/Doc/AIC_2006.pdf)

Under sommaren 2009 startade en ny El Niño som har gjort att atmosfärens temperatur har ökat med ca 1 grad. Detta har påverkat koraller negativt och det kommer att ta ett bra tag för dem att återhämta sig eftersom dem inte är vana med sådana dramatiska temperaturförändringar. Frågan är nu om temperaturen kommer att fortsätta stiga i samma takt och bli större än den super El Niño som inträffade 1998. Det är bara att vänta och se vad resultatet blir. Under 2000 – talet har det inte varit några stora vulkanutbrott som under 1980 och 1990-talet. Dessa utbrott bidrog till att hålla temperaturen på en lägre nivå.



## 5. Hur är det med Arktis

Av Emma Berntsson och Elin Karlsson

### 5.1 Vad vore en Nordpol utan is?

Det är en fråga som vi tror att många av oss människor levande på denna jord inte ens har i åtanke. Är det en värld utan isbjörnar. Eller?

Arktis är ett stort område med hårt packad havsis och permafrost (ständig tjäle) som ligger högst upp på den norra delen av jordklotet och omfattar delar av Ryssland, Alaska, Kanada, Grönland, Island, Skandinavien och Norra ishavet. Det är normalt att isen smälter ca 9 miljoner km<sup>2</sup> under sommarhalvåret. Det låter som mycket men det tillhör som sagt det normala. På 1930-talet, från 1924 – 1942, var det en period då Arktis area minskade med 1 miljon km<sup>2</sup> mer än normalt. Tjockleken på havsisen minskade samtidigt från 365 cm till 218 cm, vilket är en minskning då medeltjockleken på 1970-talet var ca 3 meter. Havstemperaturen ökade också under denna tid vilket bidrog till issmältningen. Den södra gränsen för permafrost i Asien flyttades mer norrut och det blev en bredare farled in till Spetsbergen och den var öppen mycket längre. Den gick från att under 1909 - 1912 varit öppen 95 dagar om året, till att från 1930 – 1938 vara öppen 175 dagar om året. År

1939 var den öppen hela 203 dagar, ett rekord. Det var H.W.Ahlmann som under en 22 år lång period gjorde dessa undersökningar. Han säger i artikeln från 1942 i Geografiska Annaler ”**This part of the Arctic may, without exaggeration, be said to have experienced a climatic revolution**”. Med detta menar han att vi är på väg mot en klimatisk revolution, precis som vi säger idag. Men detta var för nästa 80 år sen och det har inte hänt nått ännu. Även tidigare år som 1922 skrevs det också om uppvärmningen i Arktis. Se bilaga 1

Isen delas upp i ettårs-, tvåårs- och treårsis. Det förklarar isens ålder, men havsis kan aldrig bli lika gammal som landis kan bli, eftersom den har flytande vatten under sig. Förstaårsisen är den nyaste isen som fryser på vid sidan av den dåvarande isen. All den is som inte smälter på sommaren utan blir kvar blir till tvåårsis. Nästa sommar har den understa isen börjat smälta av det varma sommarvattnet och den tvåårsis som inte smälter blir till treårsis. Sommaren efter det smälter treårsisen och ny ettårsis fryser på. Denna process sker varje år och ett exempel på detta är ettårsisen från 2007 som nästan smälte av helt redan första året. Sommaren 2008 fanns det då nästan ingen tvåårsis och då vet vi redan nu att det kommer att finnas väldigt lite treårsis i år, även fast sommaren inte kommit än.

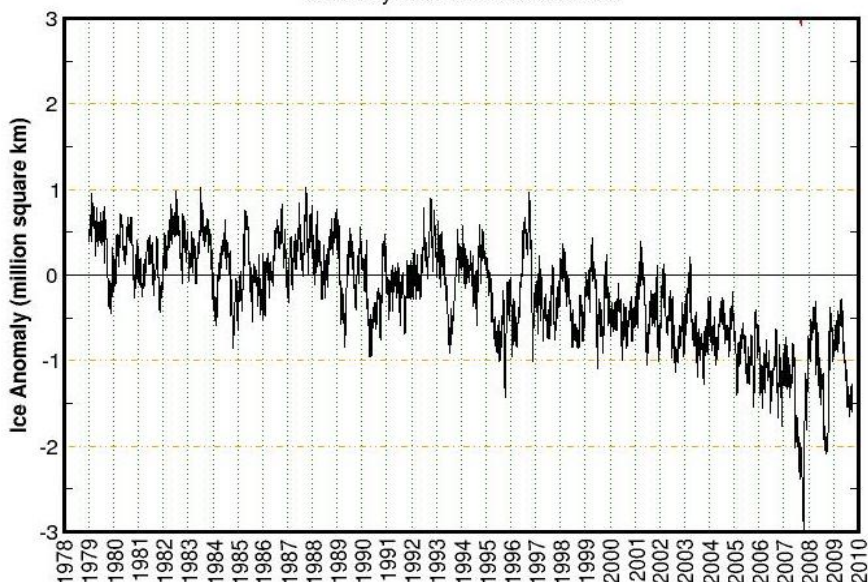
*Detta diagram visar hur mycket issmältningen och frysningen avviker från det normala varje sommar och vinter sedan år 1978. Vi ser att år 2007 smälte isen väldigt mycket på sommaren vilket lett till att det kommer att finnas väldigt lite treårsis året efter.*

*(30 % havsis)*

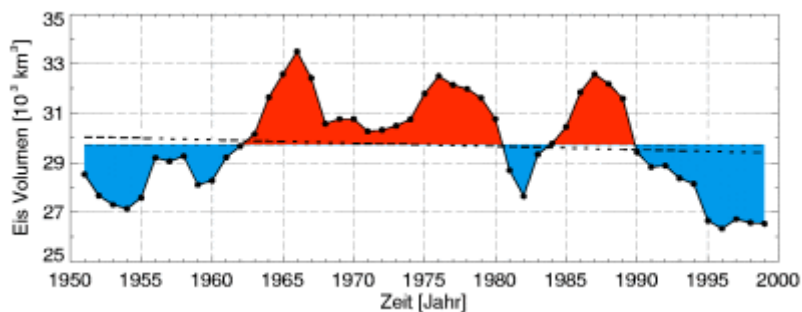
<http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/IMAGES/current anomalies.jpg>

### Northern Hemisphere Sea Ice Anomaly

Anomaly from 1978-2000 mean



Många forskare undersöker denna issmältning och datamodeller som framställts visar att om havsisen fortsätter att smälta i denna takt i framtiden så kommer vi snart att ha isfria somrar. Vissa tror att detta kan ske redan 2015 medan andra tror att det kan dröja uppåt 100 år. Problemet med detta är att man inte kan lita på en datamodell, man kan inte förutspå framtiden. National Snow and Ice Data Center och även Dagens Nyheter säger att istäcket uppe vid Arktis har krympt mycket drastiskt de senaste 30 åren. Om man tittar på diagrammet ovanför så ser vi att den drastiska issmältningen inte började förrän ca 7 år sedan, så det kanske inte har varit så allvarligt som man trott. Det finns dock satellitbilder och mätningar som bevis på detta, men det var först år 1979 som man började ta satellitbilder av Arktis så man vet ju inte hur det varit under tidigare år till exempel på 30-talet. Om vi inom en snar framtid skulle få isfria somrar så skulle det vara första gången på ca 6000 år men å andra sidan visar det ju att det har hänt tidigare. Diagrammet nedan visar troliga förändringar under tidigare år.



Ett diagram över isvolymen 1951- 1999 från Alfred-Wegener-Institut, [http://www.awi.de/en/research/research\\_divisions/climate\\_science/sea\\_ice\\_physics/subjects/ice\\_thickness\\_measurements/](http://www.awi.de/en/research/research_divisions/climate_science/sea_ice_physics/subjects/ice_thickness_measurements/)

## 5.2 Arktis under stenåldern

Vid Grönlands norra kust tror sig norska forskare kunna bevisa att det för 6 000 – 7 000 år sedan var isfria somrar uppe vid Arktis. På de ställen där det finns is på sommaren bildas det en kant då isen glider fram mot stranden, (*se bild nedan*), men på andra ställen har man upptäckt att



marken är helt slät (*den andra bilden*). Det finns inga sådana kanter utan här är strandkanten platt. De normän som gjort denna upptäckt tror att marken har formats av vågor, vilket betyder att det har varit isfritt och öppet hav.





<http://www.ngu.no/en-gb/Aktuelt/2008/Less-ice-in-the-Arctic-Ocean-6000-7000-years-ago/>

Även andra undersökningar visar på isfria perioder under sommartid i Arktis under tidig Holocen  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277379110003185>

### 5.3 Istjockleken

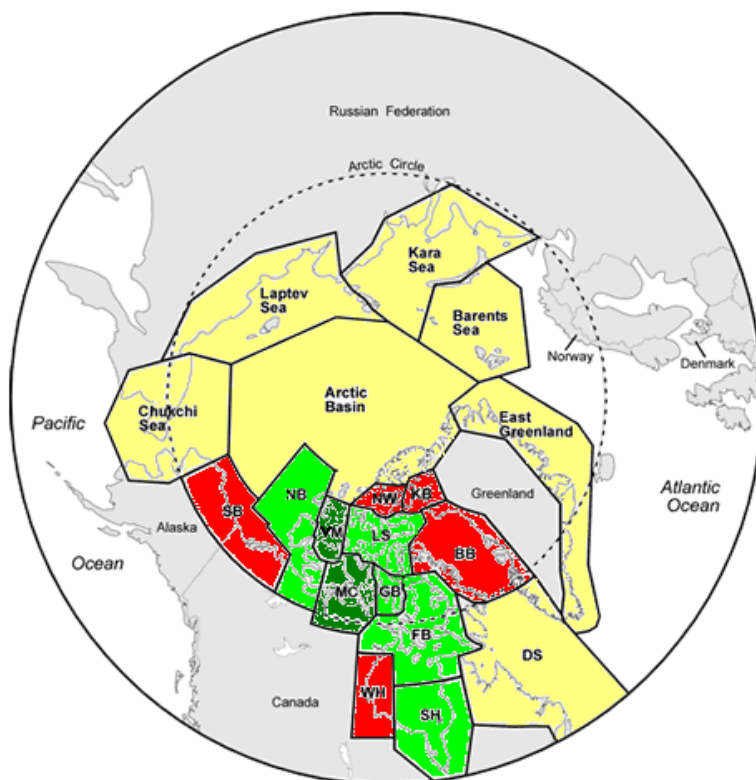
Forskare från det tyska Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung har med hjälp av laserutrustning vid en överflygning kunnat mäta tjockleken på Arktisisen och man förväntade sig att den skulle vara ca 2 meter tjock, men till sin förvåning visade mätaren att isen var hela 4 meter tjock. Det var dubbelt så mycket än vad man trott och det säger ju att man inte kan tro saker utan man måste ha riktigt fakta. Detta var 2009. Det är en sak som kan vara lite förvirrande, för alla tror och tycker olika om detta problem.

Istjockleken 2011 se [http://www.esa.int/esaMI/Cryosat/SEMAAW0T1PG\\_1.html](http://www.esa.int/esaMI/Cryosat/SEMAAW0T1PG_1.html)

#### 5.3.1 Isbjörnar

Isbjörnar är ett av världens största landrovdjur och arten uppkom för ca 200 000 år sedan. Det är ett stort vitpälsat djur som kan bli hela 3 meter högt vid stående position och en hane kan väga upp till 900 kg. Isbjörnen har ett mycket bra luktsinne och kan känna lukten av mat på nästan 10 mils avstånd. Djuret har även mycket bra syn på långa avstånd, och bländas inte av den vita isen. Idag finns det mellan 20 000 -25 000 isbjörnar i världen. Under 1960-talet fanns det bara runt 10 000 – 15 000 isbjörnarna på grund av den jakt som de utsattes för. Under 1970-talet och framåt började antalet isbjörnar öka då en lag om jaktförbud infördes. Sedan några år tillbaka har isbjörnarna börjat minska på vissa platser igen och vid Western Hudson Bay, vid Kanadas kust, har isbjörnspopulationen minskat med 22 % sedan 1987. Detta kan bero på att det inte föds lika många isbjörnar längre och det finns inte tillräckligt mycket mat som förut, men allt detta sker på grund av att isen börjar smälta tidigare än förut och börjar inte frysa för än en bit in på hösten. Det stora problemet uppstår egentligen när isbjörnshonorna kommer ut från det ide som det sovit i, i runt 6 månader utan mat. Vanligtvis kliver de rakt ut på isen och fångar mat. Om nu isen redan smält så är det ett enda stort hav utanför vilket tvingar dem att stanna på stranden och svälta eller simma extremt långa sträckor, upptill 10 mil för att hitta mat. Visserligen klarar sig en isbjörn utan mat i nästan 8 månader men med deras dåliga jaktkunskaper på land blir det mycket svårt att överleva. De väljer då istället att ge sig ut på haven för att leta mat. De förstår inte hur långa sträckor det är och

hur trötta man blir. Detta kan ha bidragit till att 4st isbjörnar har drunknat utefter Alaskas kust. Det sägs att de är de första isbjörnar som någonsin drunknat men det är inget som är säkert och kan mycket väl ha skett i alla tider. Isbjörnar är visserligen mycket duktiga simmare men 10 mil är mycket även för den bästa. Men om man tänker efter, vad är egentligen 4 isbjörnar när det nästan finns 25 000. Jämför detta med att varje år jagas och skjuts knappt 1000 isbjörnar.



*På kartan ser vi olika isbjörnspopulationers spridning och ökning/minskning.*

*De röda fälten betyder att antalet isbjörnar minskar i de områdena. De ljusgröna fälten betyder att antalet isbjörnar är stabilt i de områdena. De mörkgröna fälten betyder att antalet isbjörnar ökar i de områdena. De gula fälten betyder att man inte har någon fakta om de områdena. Det är forskargruppen Polar Bear Specialist Group of the IUCN Species Survival Commission som med hjälp av undersökningar lyckats framställa denna modell.*

<http://pbsg.npolar.no/en/status/status-table.html>

<http://pbsg.npolar.no/en/status/population-map.html>

<http://pbsg.npolar.no/en/status/>

Idag beskrivs isbjörnar som mycket utrotningshotade och en utdöende art. Vissa påståenden finns som säger att isbjörnar kommer att minska med nästan 70 % fram till år 2050. Uppgiften finns i en artikel av Tom Arnbom, en känd biolog och Tom Arnbom överdriver ganska mycket när de skriver om klimathot i tidningarna då de vill skapa rubriker och diskussioner. Man kan därför få fel uppfattning av verkligheten. Bilden under visar två isbjörnar som står på ett smältande isblock. Denna bild har tidningar använt för att visa att isbjörnar påverkas av ismältningen. Bilden är dock tagen på sommaren och det är normalt att isen smälter så mycket, men tidningarna vill med denna bild visa att de är utrotningshotade.

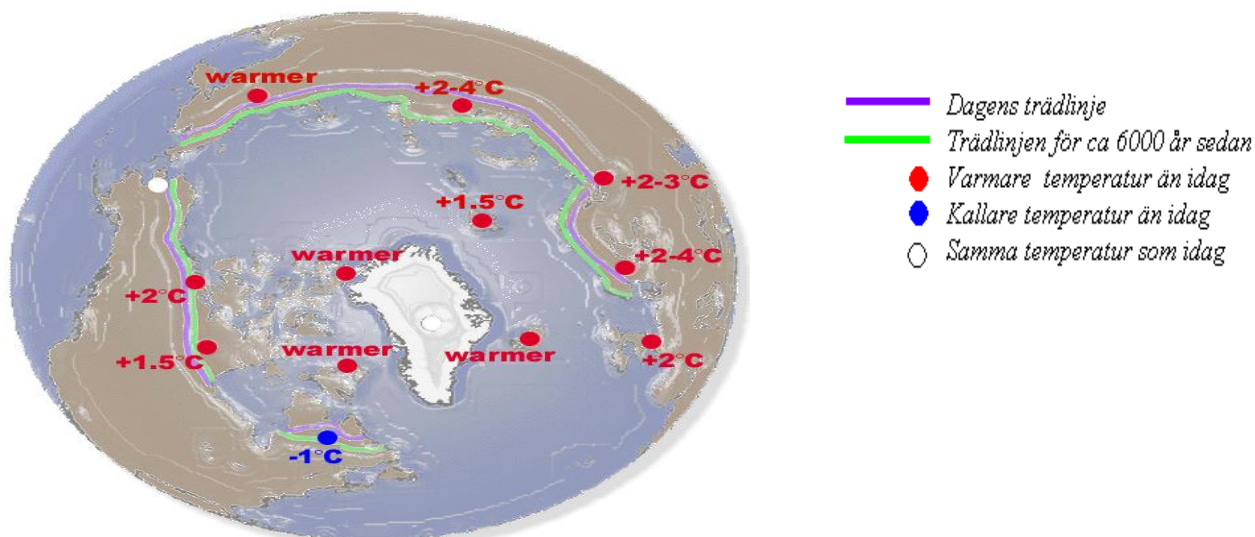


*Denna bild brukar tidningar använda för att få oss tro att isbjörnarna lider och håller på att dö ut. I själva verket brukar det se ut så här på somrarna uppe i Arktis. Al Gore har även använt denna bild i sin föreläsning om klimathoten. Även han påstår att isbjörnarna håller på att dö ut.*

Klimatforskare har däremot upptäckt att klimatet var varmare på sommaren för ca 6000 – 8000 år då trädlinjen runt Arktis låg längre norrut på de flesta platserna än vad den gör idag. Det var i genomsnitt 1,6°C varmare än vad det är idag. De tror också att det var isfria somrar under denna period, men isbjörnarna överlevde ändå. Så allt detta prat om att isbjörnarna kommer dö ut om det skulle bli isfria somrar uppe i Arktis är uppenbarligen fel. Även på 30-talet var det något varmare än idag. Se Polyakov et Als artikel. “In contrast to the global and hemispheric temperature, the maritime Arctic temperature was higher in the late 1930s through the early 1940s than in the 1990s”.

<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282003%29016%3C2067%3AVATOAT%3E2.0.CO%3B2>

## 5.4 Trädgränsen i arktis förr och nu

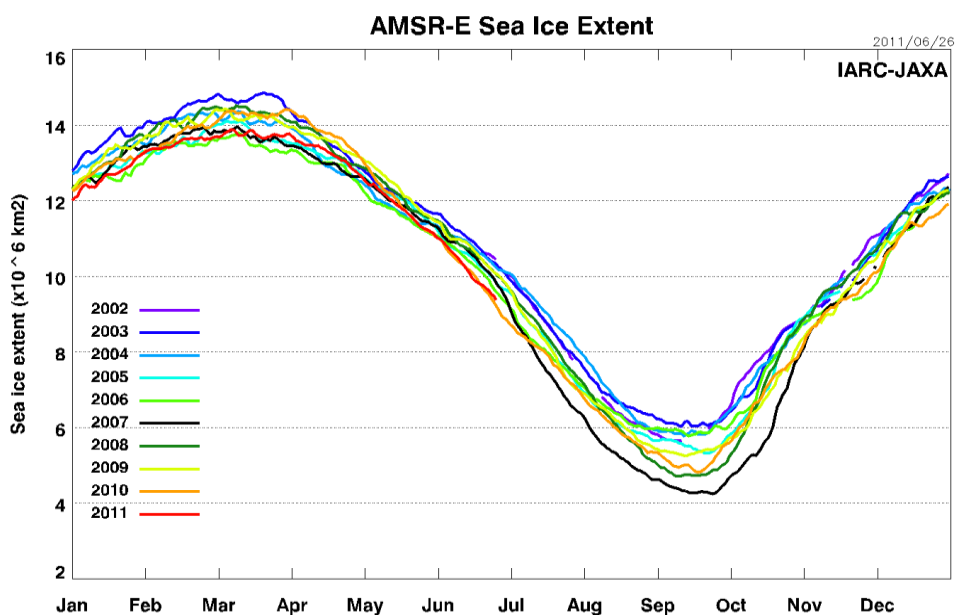


På de flesta områden runt Arktis var trädgränsen längre norrut under stenåldern

## 5.5 Smältningen av sommarisen i Arktis

Diagrammet visar hur mycket is som smält varje månad sedan år 2002. Det är normalt att isen smälter ca 9 miljoner km<sup>2</sup>, men som vi kan se så smälte isen nästan 10 miljoner km<sup>2</sup> år 2007 vilket är det minsta under 2000-talet. År 2008 blev det en liten uppgång och ökat även mer under 2009.

(15 % havsis)



[http://www.ijis.iarc.uaf.edu/en/home/seaice\\_extent.htm](http://www.ijis.iarc.uaf.edu/en/home/seaice_extent.htm)

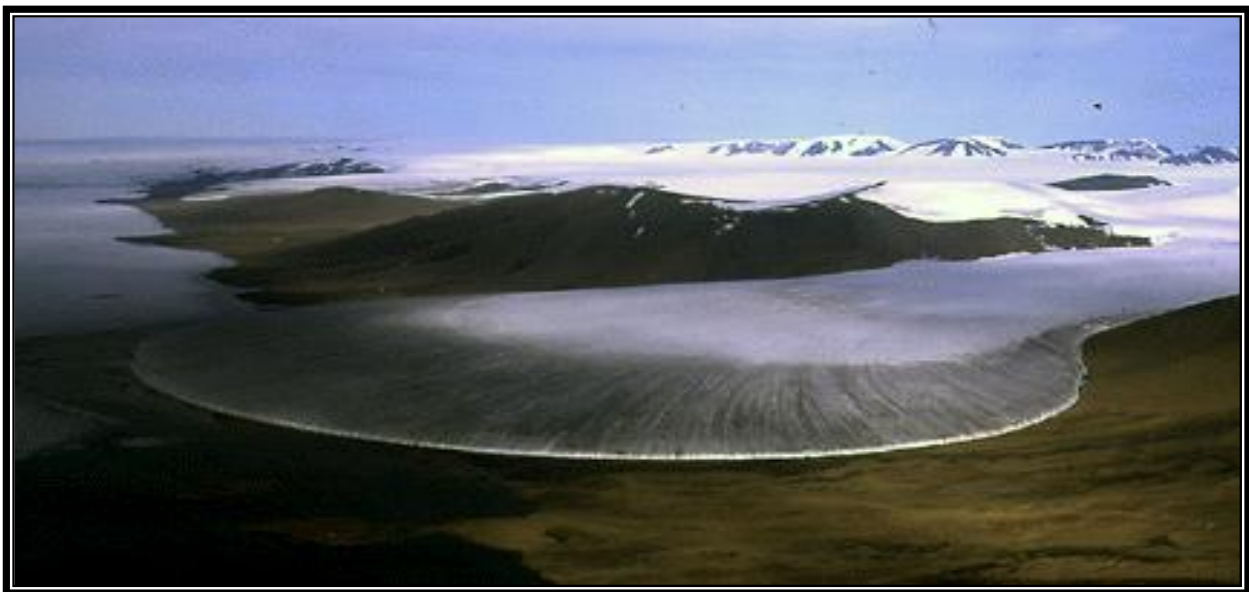
## 6. Smälter Grönlandsisen

Av Pauline Hagberg Ryngfors och Lisa Knopp

### 6.1 Grönland

Grönland är världens största ö med sina 2,85 miljoner km<sup>2</sup>. 85 % av landytan är täckt av ett på sina håll tre km tjockt istäcke. Detta utgör 10 % av all jordens is. Tjockleken och vikten av isen gör att markytan trycks ner upp till 300 m under havsytan. Som tjockast är isen 3000 m och högsta toppen kallas Gunnbjörnsfallet 3700 m. Snön som faller över ön gör att de centrala delarna blir ungefär 1 dm tjockare varje år, medan kanterna blir 3-5 dm tunnare. Grönlands lägsta uppmätta temperatur är – 63,3 grader 21 febr. 2002. År 2007 var det även köldrekord under sept. och okt.

[http://www.dmi.dk/dmi/to\\_kulderekoder\\_pa\\_indlandsisen](http://www.dmi.dk/dmi/to_kulderekoder_pa_indlandsisen)



Elefantsfotsglaciären

### 6.2 Grönlands absoluta smältpunkt

I naturvårdsverkets bok ”En varmare värld” sägs det att isen kommer att smälta utan stopp om temperaturen stiger 3 grader men Jonathan Bamber, ”Ice Sheet Expert” på Bristols universitet, har lagt fram en studie som ifrågasätter tidigare forskning om Grönlandsisens punkt då det är helt säkert att den kommer smälta till 100 %, dvs. ”ice tipping point”. Han säger att man har dragit förhastade slutsatser inom ett så viktigt område. Det skulle vara en katastrof om hela isen smälte, havsnivån skulle höjas med minst 6 meter. Tidigare har man sagt att det bara skulle krävas 3 graders höjning av medeltemperaturen för att uppnå den oåterkalleliga smältpunkten, detta är något som Naturvårdsverket informerar om för, men Bamber påstår att det skulle krävas en höjning med minst 6 grader. <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/mar/10/greenland-ice-sheet-climate-change>

Den här nya studien är bara fokuserad på den temperatur då issmältningen inte kan stoppas. Det är klart att Grönlandsisen kommer att smälta om medeltemperaturen höjs med 2 grader men inte tillräckligt för att bidra till en stor naturkatastrof.

Om det nu skulle vara så att det endast krävdes tre graders höjning skulle det redan ske inom några årtionden. Forskare säger dock att detta inte är troligt eftersom att det för ungefär 125,000 år sedan fanns hälften så stor isvolym som nuvarande Grönland vilken överlevde en temperatur på över 5 grader högre än idag.

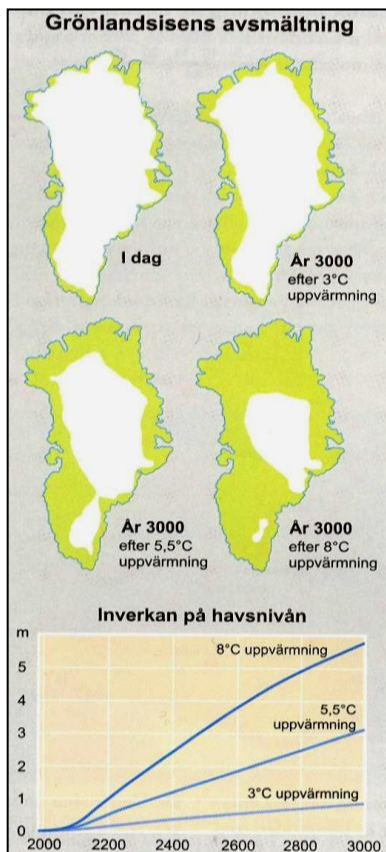
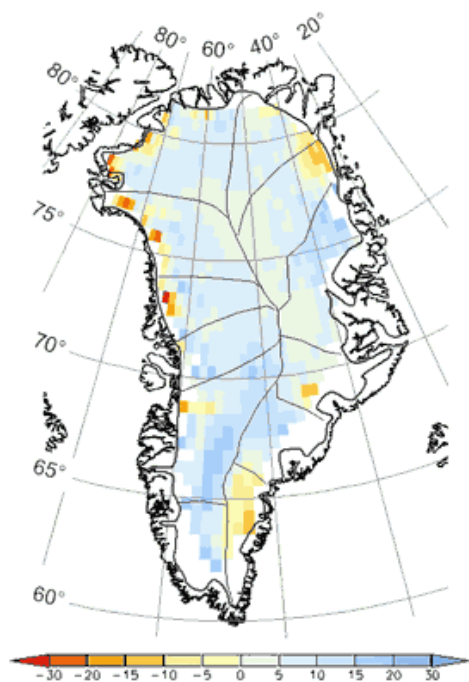


Bild från "En varmare värld"  
Monitor 18 NVV: En modell över hur framtidens temperaturhöjning kommer att påverka Grönlandsisen.

Avsmältning år 3000 efter 3°, 5.5° och 8°C ökning, samt höjning av havsnivån.

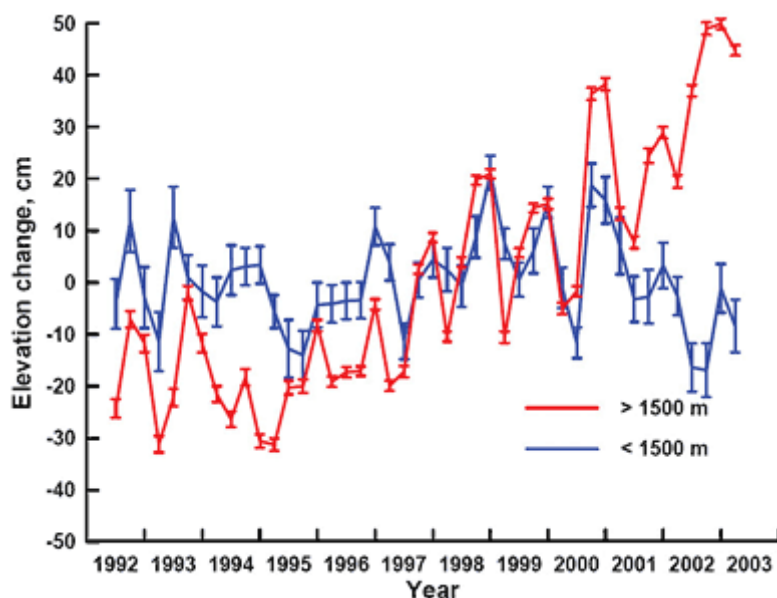
Försvinner Grönlandsisen skulle det innebära att jordens reflektionsförmåga minskar och att absorptionen av solljus därmed blev effektivare.



[http://www.esa.int/esaCP/SEMILF638FE\\_index\\_3.html](http://www.esa.int/esaCP/SEMILF638FE_index_3.html)

Bild över Grönland där det ljusa/blåa partierna visar på en ökning av isen och det röda, en avsmältning.

### 6.3 Hur smälter Grönlandsisen idag



Ännu ett diagram som visar istäckets tjocklek på Grönland, dock endast fram till år 2003. Det röda indikerar hur isen har förändrats på platser där tjockleken är över 1500 meter. Det blå visar resultat på de platser där isen är under 1500 meter.

[http://www.esa.int/esaCP/SEMILF638FE\\_index\\_3.html](http://www.esa.int/esaCP/SEMILF638FE_index_3.html)

Så totalt sett ökade isvolymen fram till 2003.

#### 6.3.1 Ny studie från Science Daily

Grönlandsisen smälter fortare än vad tidigare visats enligt en ny studie som tagits fram av University of Alaska Fairbanks. Studien visar att issmältningen är ansvarig för nästan 25 % av den globala havsnivåhöjningen de senaste 13 åren. Den säger också att haven höjs med 3 millimeter per år. Sebastian H Mernild, forskare vid UAF, upptäckte att mellan åren 1995 till 2007 hade isen förlorat i genomsnitt 265 km<sup>3</sup> is per år, vilket har lett till en havsnivåhöjning med 0.7 millimeter per år. <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/06/090612092741.htm>

Olika studier av Grönlandsisen ger olika resultat och frågan är vilken studie man ska tro på.

### 6.4 Grönlandsisen som ett klimatarkiv

Det är viktigt att kartlägga hur klimatet har varierat tidigare för att förstå vad som sker idag och vad som kommer att ske i framtiden. För att få reda på detta spelar djupisborringar stor roll. Genom att borra i isen tar forskarna upp iskärnor som berättar om klimatet 100 000-tals år bakåt i tiden. Små instängda luftbubblor, skapade när snön gradvis pressas samman till isen, ger forskarna möjlighet att analysera den forntida atmosfären medan lufttemperaturen bestäms genom att mäta syreisotoper i isen. I slutet av 1970-talet borrade man i isen på Sydgrönland, analyser av iskärnan visar att Sydgrönland var isfritt innan den senaste istiden.

För 120 000 år sedan pågick värmeperioden Eem som varade i flera tusen år. Under perioden var det i genomsnitt flera grader varmare än idag, ändå smälte inte isen helt. Senaste tiden då Grönland var isfritt var för 400 000 år sedan.

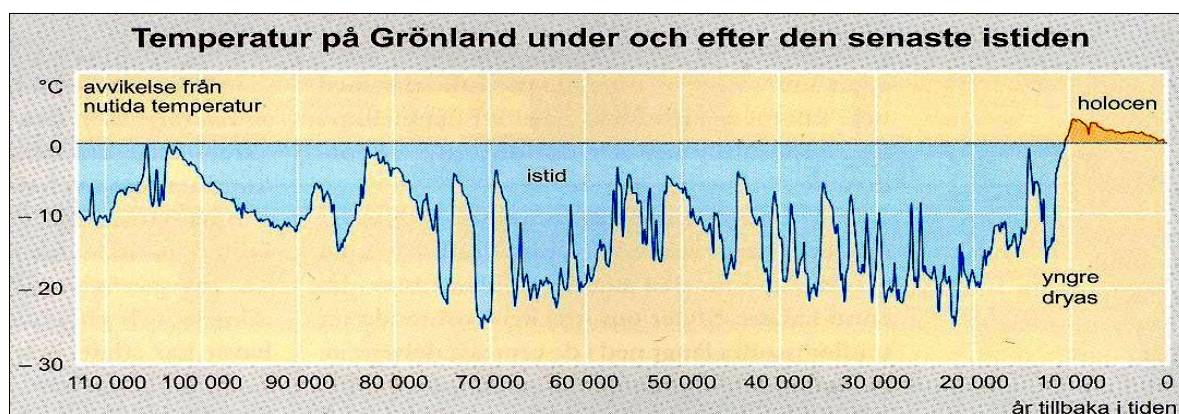


Bild från "En varmare värld" Monitor 18 NVV

<http://www.fof.se/tidning/2006/2/varldens-snabbaste-glaciar-okar-farten>

<http://www.ouramazingplanet.com/830-greenland-ice-melt-slower-climate-change-110126.html>

## 6.5 Grönlandsisens påverkan på världshaven

Tyvärr finns det inga säkra svar på alla de oändliga frågor om vårt framtida klimat och hur våra handlingar kommer att påverka, men vi kan vara säkra på att Grönland spelar stor roll för klimatet i vår del av världen.

Denna enorma is påverkar luftströmningen mot Skandinavien och binder massiva mängder vatten. En allt för hastig smältning av den grönländska isen skulle, som vi redan har fastställt, höja världshaven. Men konsekvenserna är fler, smältvattnet skulle rinna ut i Nordatlanten under en kort tid, och förändra själva motorn bakom strömningarna i havet.

Salthalt och temperatur styr vattnets densitet som i sin tur driver havsströmmarna. Skulle mer sötvatten flöda ut i Atlanten förändras alla förutsättningar för havsströmningen och golfströmmen skulle sakta men säkert avta. Detta leder, med största säkerhet, till att Skandinavien och Norden kyls av om Grönlandsisen smälter. Allt detta påstår tidskriften Forskning och Framsteg.

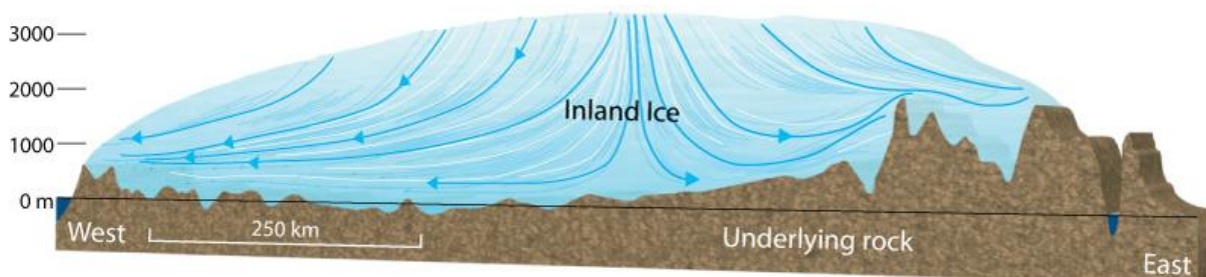
Anders Stigebrandt, professor i Oceanografi är en man med andra åsikter. Han menar på att media förstorar upp konsekvenserna med Grönlandsisens avsmältning. För att den termohalina cirkulationen ska påverkas och därmed avstanna krävs tillförsel av färskvatten med en hastighet av 200 000 kubikmeter per sekund enligt Stigebrandt. Idag smälter Grönland med 5 000 kubikmeter per sekund. När sötvattnet blandas med djupvattnet sjunker salthalten endast från 34.92 till 34.91 promille. Golfströmmen kommer aldrig att stanna av, inte ens under kortare tid, för att det inte finns tillräckligt stora mängder färskvatten bundet i is på vare sig grönländ eller andra kontinenter, men om man ser till de senaste uppskattningarna av Grönlandsisen ökar dess volym, vilket innebär en negativ färskvattenbalans. Stigebrandt menar därmed att så länge avsmältningstakten är mycket mindre än 200 000 kubikmeter per sekund blir effekten av avsmältningen obetydlig.

Han säger även att tidsskalan för den termohalina cirkulationen är ungefär 1000 år. Detta innebär att det tar hundratals år innan smältvattensförändringar påverkar salthaltsfördelningen mellan oceanerna och därmed havsströmmarna.



## 6.6 Kollapsar inlandsisarna?

Vissa forskare har sagt att isflaken på Grönland och Antarktis kommer kollapsa, vilket orsakar förödande havsnivåhöjningar. Denna idé är baserad på konceptet att ett isflak glider ner i havet på ett lutande plan. Detta är dock inte möjligt påstår forskarna Cliff Ollier och Colin Pain då isen på Grönland ligger i en djup bassäng. Detta då jordskorpan inte är ett stelnat hårt skal runt jorden. Den blir trögflytande under ett stort tryck. Grönland är därför format som en skål. I mitten av glaciären är berggrunden nedtryckt och det bildas en skålkant runt om den. De säger även att mycket av isen på Grönland med god marginal är under smältpunkten.



Snö faller på hög höjd och blir efter en tid mer och mer kompakt och pressas till is. Ny snö faller och nya lager is bildas. Det är med hjälp av dessa lager som vi kan se hur klimatet varit tidigare under historien.

När isen är tjock nog börjar den röra sig på grund av gravitationen. En bergsglaciär rör sig vanligen neråt men kan på vissa ställen röra sig uppåt. Glaciärer kan även röra sig i roterande rörelser.

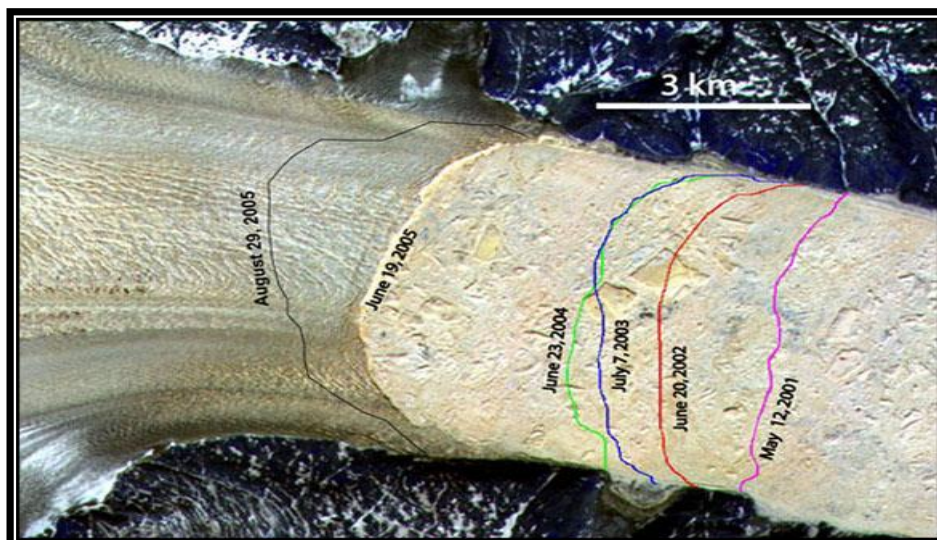
[http://www.geus.dk/viden\\_om/voii/ilulissat-uk/voii03-uk.html](http://www.geus.dk/viden_om/voii/ilulissat-uk/voii03-uk.html)

<http://icecap.us/images/uploads/OllierPaine-NoIceSheetCollapse-AIGNewsAug.2009.pdf>

## 6.7 Helheimglaciären, södra grönland

Efter år av att Helheimglaciären på Grönland rört sig med en relativt stabil hastighet har den nu accelererat dramatiskt. Enligt University of California-Santa Cruz har avsmältningen ökat från 8 km per år till 11 km per år mellan åren 2000 och 2005. I förhållande till att den smälter snabbare, har glaciären blivit 40 meter tunnare. Glaciären var som mest avsmält i augusti 2005. Detta gjorde att forskarna trodde att Grönland hade nått sin absoluta smältpunkt och var rädda för att en global katastrof skulle inträffa. Glaciären låg som bäst till i maj 2001, på ungefär samma läge som 1972.

<http://www.na.unep.net/atlas/webatlas.php?id=266>



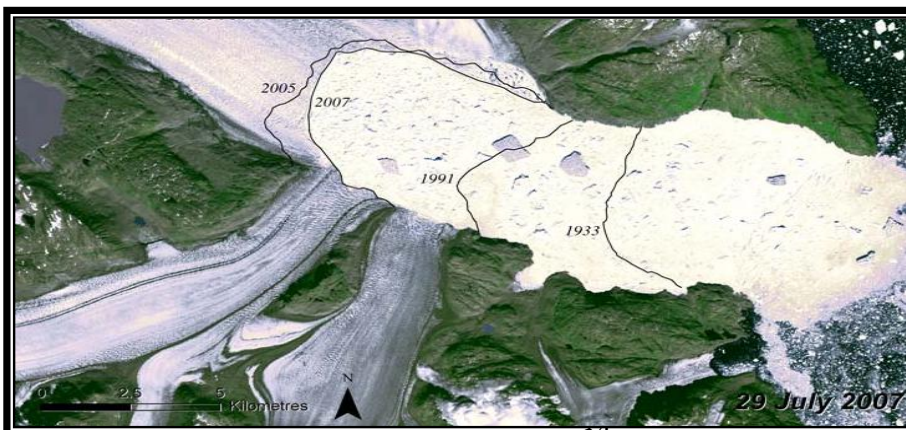
Jämför bilden på Helheimglaciären ovan med bilden från 2006 vilket visar att glaciärfronten då låg mellan 2005 och 2004.



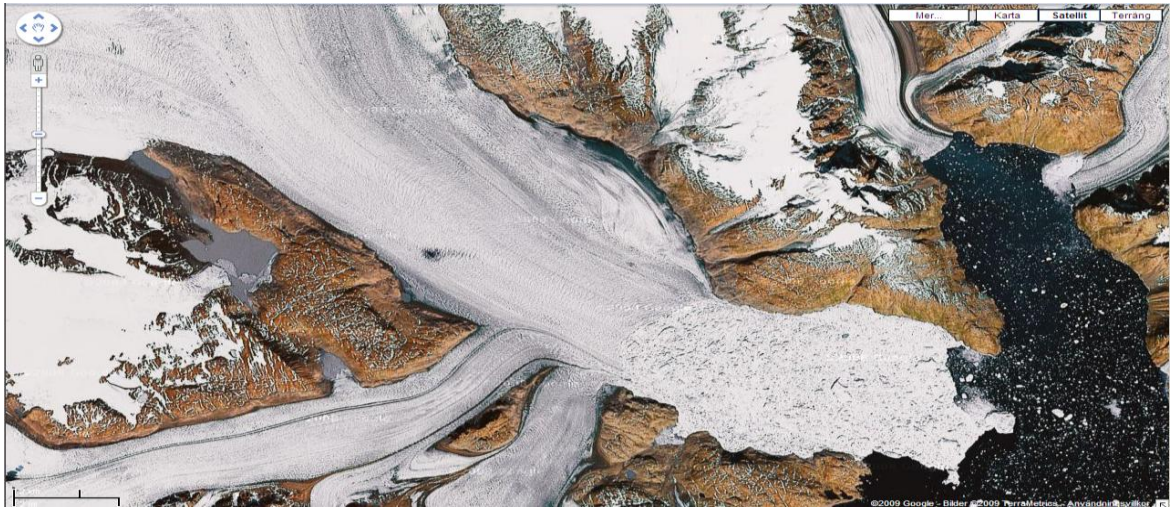
Bilden visar den kalvande isfronten i maj 2005

### 6.8 Kangerdlugssuaqglaciären, östra grönländ

Kangerdlugssuaq, den största glaciären på Grönlands östkust, är en av 12 snabbt smältande glaciärer vars is flyter ut i världshaven. Mellan åren 2000 och 2005 fördubblades avsmältningen och nådde en hastighet av 14 km per år eller 1,6 meter per timme. Kangerdlugssuaqglaciären smälte mer än 4 km mellan april 2004 och april 2005. Den har sedan dess stannat av. Mellan åren 2005 och 2007 växte glaciären till ett säkrare läge.



Jämför denna bild med google maps vilken visar glaciären från en senare tid.



Bilden ovan är från Google Earth.

#### 6.8.1 Jakobshavn Glaciären

Denna glaciär är en av de tre största på Grönland och den finns på västkusten. Bilden visar hur glaciären har smält tillbaka från år 1850 fram till idag.



Glaciärens smälthistoria. I dag ligger isfronten ungefär vid samma plats som år 2001.

Rent generellt växer och smälter glaciärer hela tiden. Det är en balansgång mellan nybildandet och avsmältandet av is. När tillväxt och avsmältning är i balans säger man att glaciären är stationär.

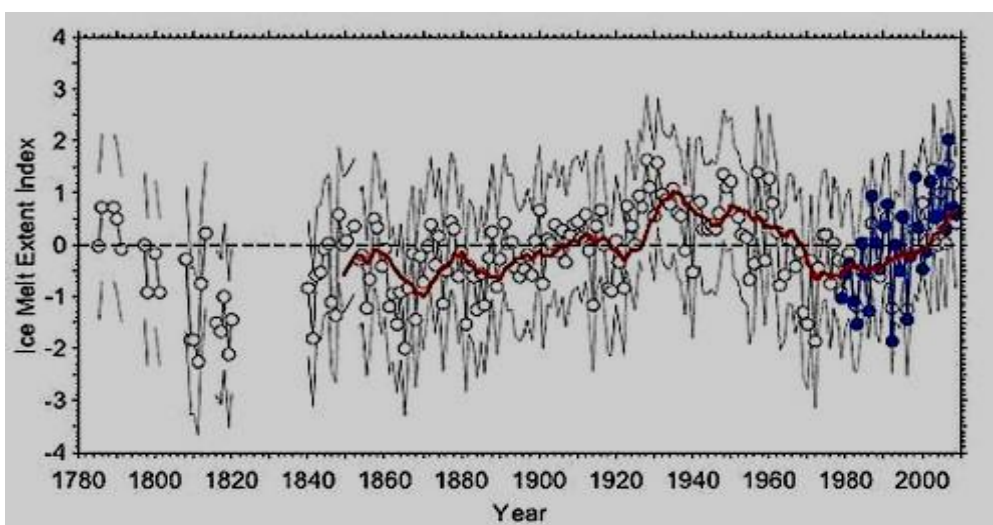


Bilden är tagen från Google Maps och är inte äldre än tre år.

## 6.9 Isavsmältning

Hur var det på 30-talet? Då upplevde norra halvklotet en värmeperiod som kan mäta sig med den nuvarande uppvärmningen.

Diagrammet nedan visar en rekonstruerad avsmältning av Grönlandsisen mellan åren 1785-2009



<http://www.agu.org/pubs/crossref/2011/2010JD014918.shtml>

De blå cirkklarna är uppmätt avsmältning sedan slutet av 70-talet. De grå cirkklarna är rekonstruerad avsmältning. Det vi ser på detta diagram är att avsmältningen var minst lika stor på 30-talet som under senare tid.



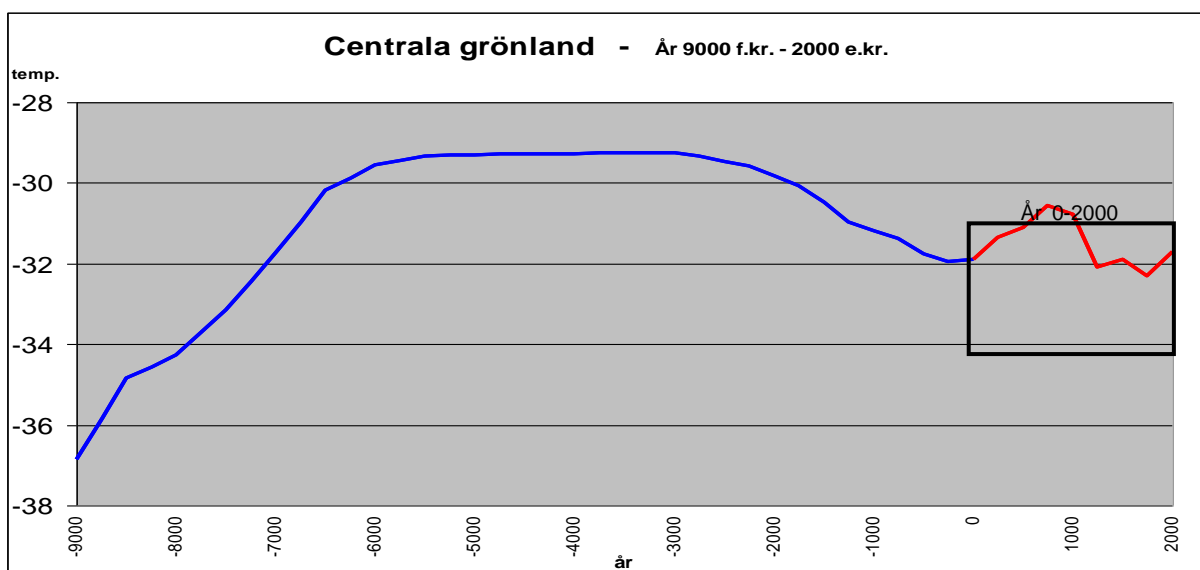
Ett mäktigt vattenfall mitt på Grönland fast en normal företeelse.

### 6.9.1 Diagram över temperatur

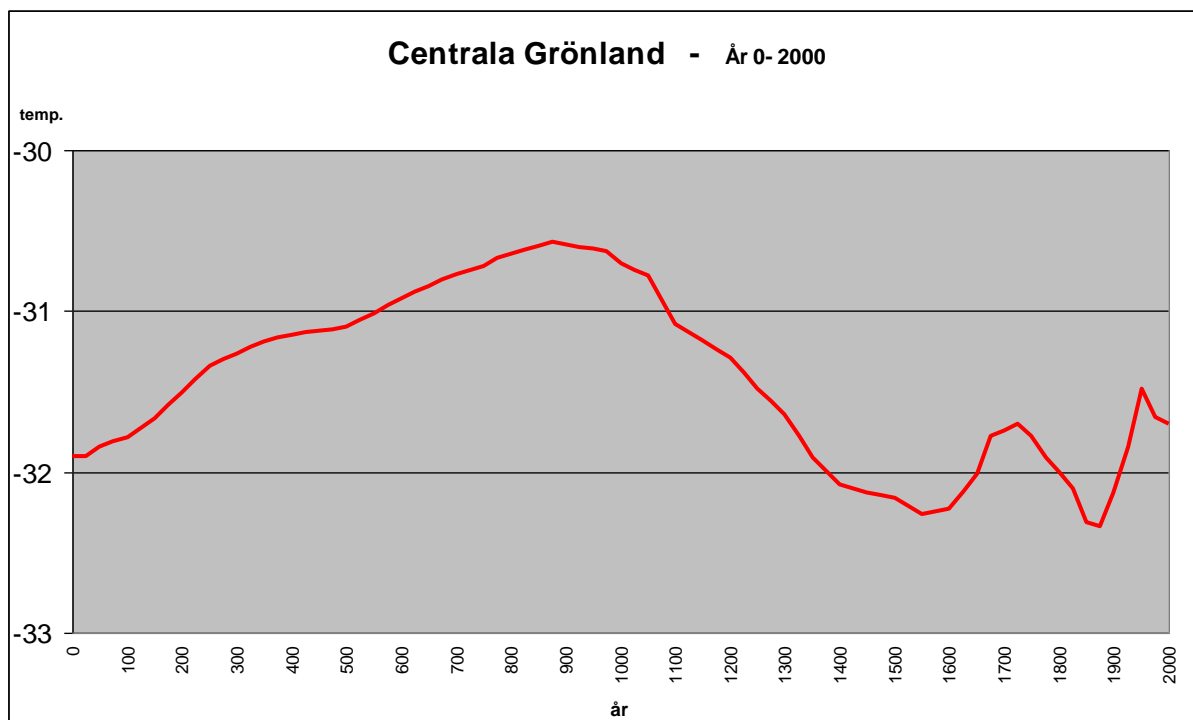
Följande diagram har skapats genom att använda databaserna hos "Institutet för Is og klimat vd Köpenhamns Universitet." Se länk <http://www.gfy.ku.dk/~www-glac/data/ddjtemp.txt>

Data är taget från borrhålet NGRIP

### Diagram över temperatur



I det här diagrammet ser vi att det alltid pågått temperaturförändringar. Diagrammet visar årsmedeltemperaturen på centrala Grönland.



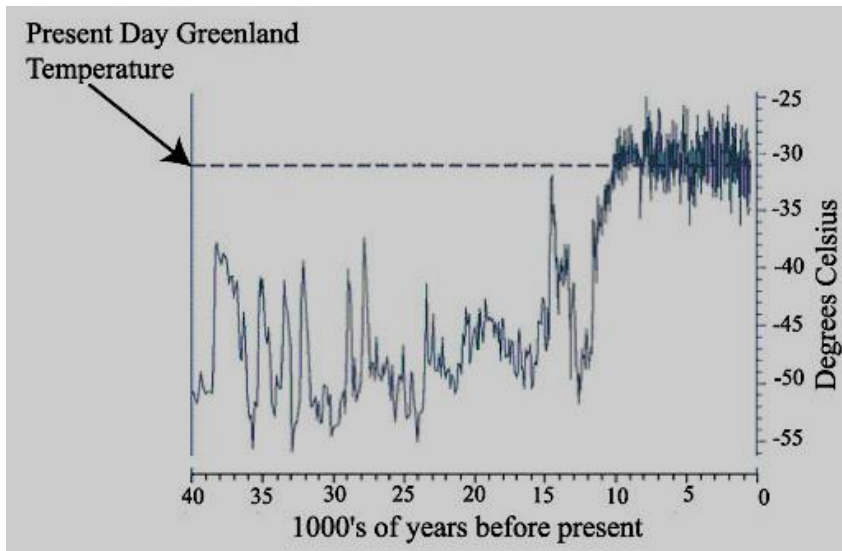
Mellan år 0 och år 2000 var medeltemperaturen -31,48.

De danska forskare som borrar i isen publicerade redan år 1998 ett temperaturdiagram vilket publicerades i Science vol 282, 9 oct 1998.

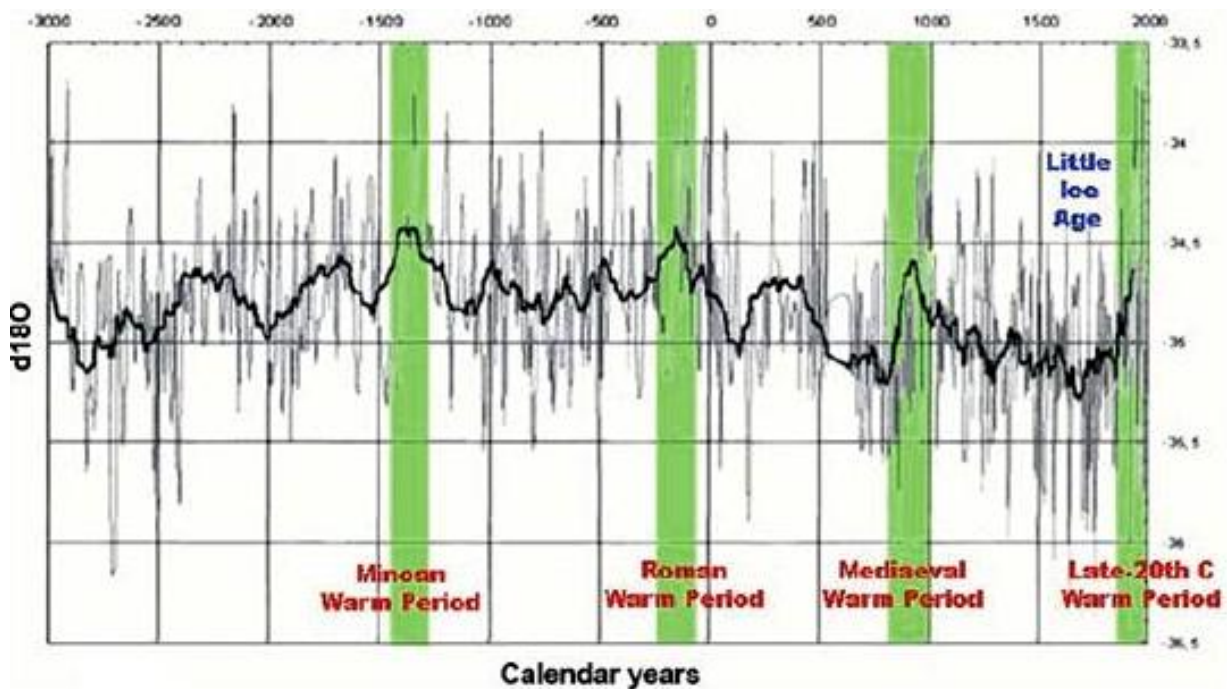
Med hjälp av denna linje ser man att temperaturen under de senaste hundratals åren varit något kallare. Diagrammet har en tydlig värmetopp året 1953, men observera att detta ändå inte var över medeltemperaturen de senaste 2000 åren med mer än någon hundradels grad. Vi ser även dalar under 1400 – 1700 och under 1800-talet. Det var då den lilla istiden pågick. Slutet av 1800-talet var den kallaste tiden under de senaste 8000 åren. Den varmaste perioden var under Medeltiden.

Köldrekord under senare tid: lägsta temperatur någonsin uppmätt är -63.3 grader 21 febr 2002. Nya köldrekord för månaderna september och oktober sattes 2007 och var vardera -43,9 och -55,2 grader.

Diagrammet nedan visar temperaturförändringarna på Grönland 40 000 år tillbaka i tiden.



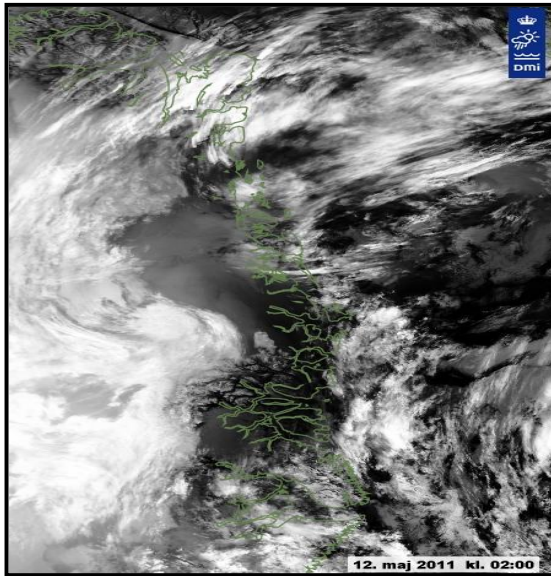
[http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange2/03\\_2.shtml](http://earthguide.ucsd.edu/virtualmuseum/climatechange2/03_2.shtml)



Diagrammet visar hur temperaturen har förändrats under de senaste 5000 åren. Resultaten har kunnat fastställas med hjälp av syreisotoper. Diagrammet indikerar att vi ännu inte har nått lika varma temperaturer som under "Roman Warm Period", för 2000 år sedan och "Minoan Warm Period", alltså cirka 3500 år sedan. Temperaturskalan visar ett omfång från  $-33,5^{\circ}\text{C}$  till  $-36,5^{\circ}\text{C}$ .

För att själva kunna observera Grönlands förändringar från dag till dag, se:

<http://www.dmi.dk/dmi/index/gronland/naaglsydvst.htm>



## 6.10 Slutsats om Grönland

All den forskning som gjorts och kommer att göras om Grönland och dess issmältning kommer aldrig att peka på samma sak. Egentligen kan man inte säga säkert att hela isen kommer smälta inom ett visst antal år. Jorden och klimatet är ett stort område som vetenskapen har forskat inom i decennier men fortfarande behövs ytterligare förståelse. Med vårt arbete om Grönland vill vi visa att ingenting är säkerställt ännu och kommer nog aldrig att bli det heller. Vi vill vara opartiska i den stora frågan om växthuseffekten och försöker ge en generell överblick av den forskning vi tagit del av från seriösa forskare och tidskrifter. Vår slutsats är att allting kan förstöras upp men också förminsкас. Allmänheten måste få ta del av både positiva och negativa nyheter om vår miljö samt vårt klimat.

## 7. Antarktis

Av Ida Hermansson och Jasmine Andersson

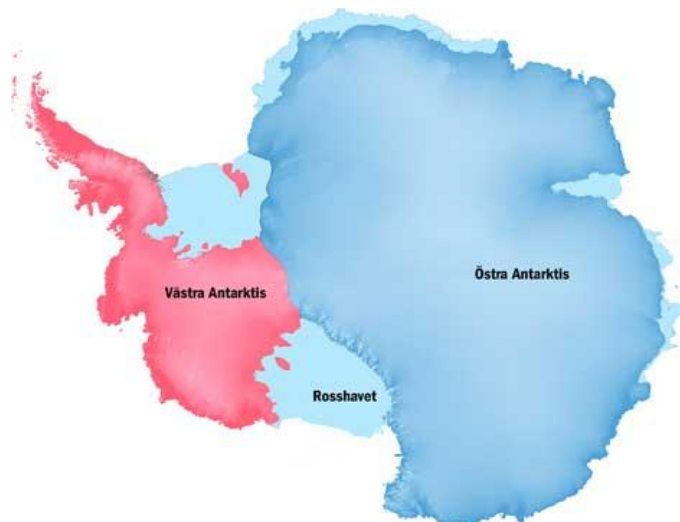
### 7.1 Allmän fakta:

Antarktis är en världsdel och en kontinent på 14,2 miljoner km<sup>2</sup>. Antarktis består av land- och havsområden omkring sydpolen som till största delen består av is som kan bli upp till 4000 meter tjock. Endast 2 % av kontinentens yta är isfri. Antarktis har ingen bofast befolkning bara några forskningsstationer, Sju länder har gjort territoriella anspråk på olika delar, men med hjälp av [Antarktisdokumentet](#) år 1961 blev Antarktis ett internationellt administrerat och naturskyddat område.

Antarktis kan delas upp i två delar av de Transantarktiska bergen till en större östlig och en lite mindre västlig del som med halvö sträcker sig upp mot Sydamerika. Antarktis inlandsis innehåller ca 90 % av världens is och 75 % av världens sötvattenreserver.

Här är en bild för att visa uppdelningarna mellan väst- och Östantarktis





Antarktis har ett klimat som skiljer sig från andra kontinenter. Medeltemperaturen är  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  och den årliga nederbörden är så låg som 40 liter per  $\text{m}^2$ , högsta vindstyrkan som har mätts upp är 327 km/h. Antarktis är världens torraste och kallaste kontinent. På kontinenten finns det unika torrdalar där det inte har regnat en droppe på ca 2 miljoner år, i dessa dalar finns det mumifierade djurkadaver som knappt har förändrats på alls på tusentalsår.

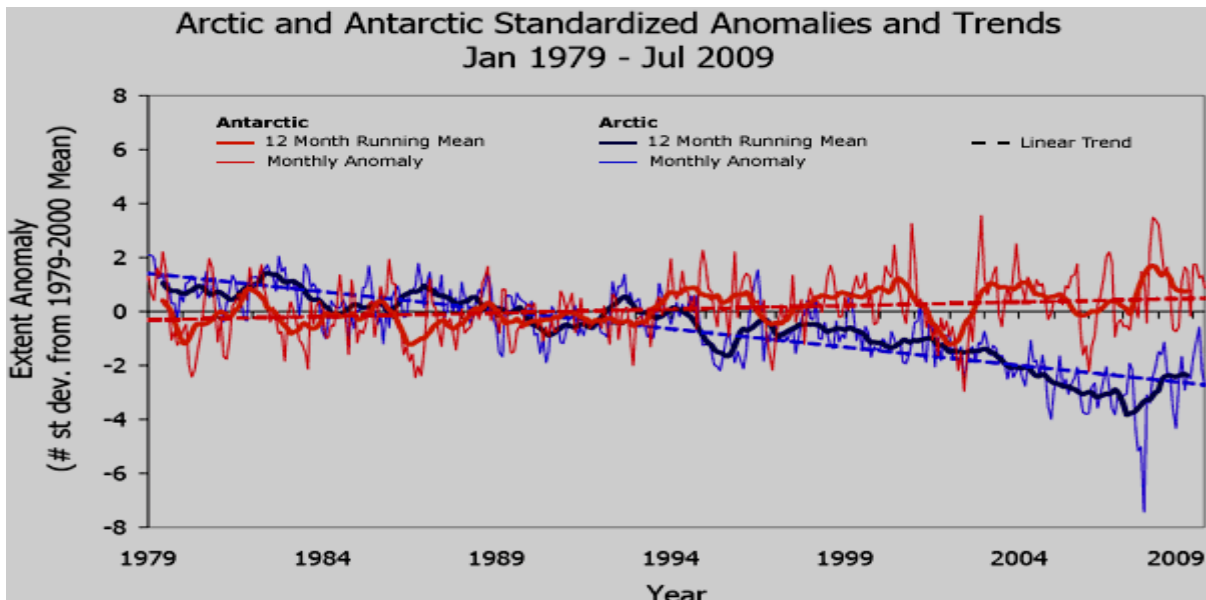
Södra oceanen som omger Antarktis är väldigt rik på liv med krill, plankton, fiskar, bläckfiskar, pingviner, valar och sälar. På kontinenten häckar kejsarpingvinen, adeliepingvinen och 19 andra fågelarter men på sommaren kommer det mer än 100 miljoner flyttfåglar till området. Blåval finns i haven runt Antarktis. Uppskattat antal är ca 11 000 individer. Är gråblå, spräcklig med små ljusare fläckar i färgen, de blir mellan 20-30 m långa och väger mellan 100-120 ton. Deras diet består huvudsakligen av krill och andra små kräftdjur. Blåvalen har under de senaste 100 åren jagats ihärdigt av norrmän, ryssar och japaner. Ungefär 350 000 blåvalar hann dödas innan IWC 1966 införde ett jaktförbud, då fanns det nästan inga kvar och de var nära att utrotas. Sedan förbudet infördes har de återvänt till många av sina tidigare områden men den nuvarande populationen är ändå endast 1 % av vad den tidigare var. De lever nu i grupper på två till tre individer men förut kunde man se grupper på 60 st.

## 7.2 Issmältningen

Issmältning i Västantarktis gör att havsnivån stiger med 0,2 mm/år pga. Resten av världens glaciärer tillsammans med värmeutvidgning av vattnet gör att den globala havsnivån stiger ca 3 mm/år. En amerikansk forskningssida "The National Snow and Ice Data Center" tillhandahåller statistik över Antarktis och Arktis

[http://nsidc.org/data/seaice\\_index/images/daily\\_images/S\\_stddev\\_timeseries.png](http://nsidc.org/data/seaice_index/images/daily_images/S_stddev_timeseries.png)

De följer havsisens utbredning och visade att havsisen låg över det normala under 2009. Det visas även i detta diagram i jämförelse med Arktis. Trenderna går åt olika håll.

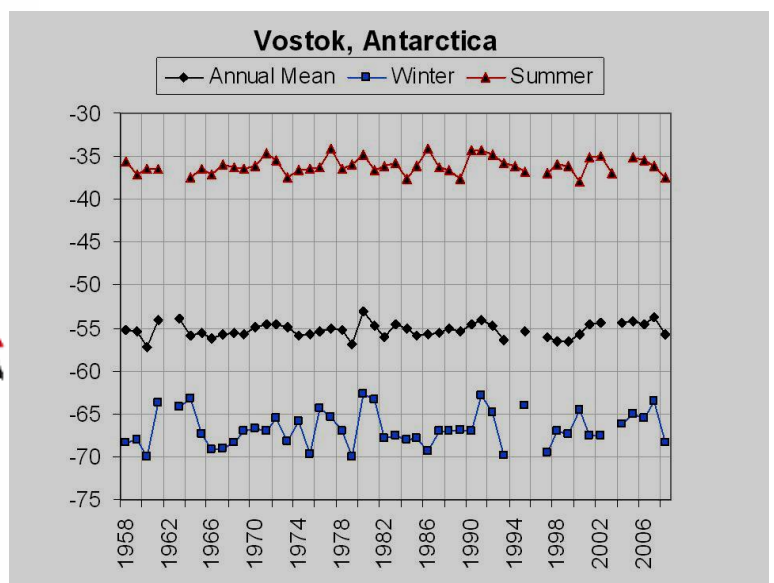
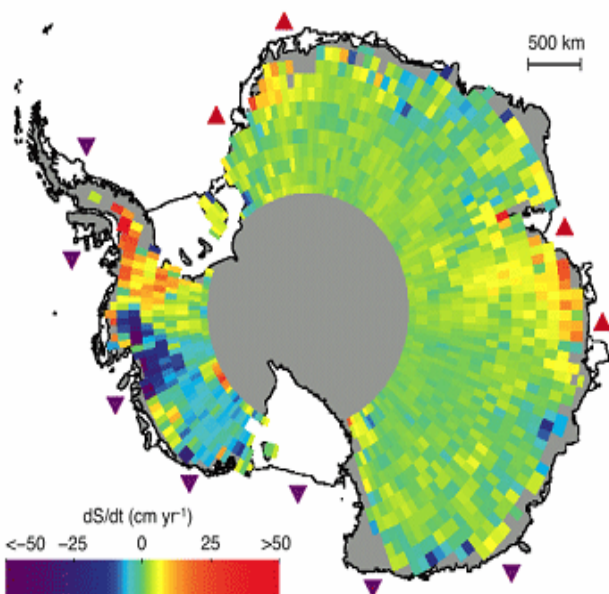


### 7.3 Östantarktis:

Geologiskt sett består Östantarktis till största delen av en gammal kontinentplatta vars ursprung ligger mer än 3000 miljoner år tillbaka i tiden. Den var en gång en del av den jättekontinent som kallas Gondwana, som bestod av Afrika, Sydamerika, Indien, Australien och Nya Zeeland. Många bergarter och fossiler har motsvarigheter på de andra sydliga kontinenterna, vilket visar att alla kontinenterna en gång var förenade. Östantarktis ligger på den indiska oceanens sida av de Transantarktiska bergen.

”Östantarktis är däremot påfallande stabilt”, berättar Per Holmlund, professor i glaciologi vid Stockholms universitet som tillbringade tre månader i östra Antarktis från december till februari med en svensk-japansk expedition. Detta visas även med nedanstående diagram över temperaturen vid forskningsstationen Vostok på östra Antarktis:

Om Östantarktis 12 miljoner km<sup>2</sup> is skulle smälta skulle havsnivån stiga med 60 meter. Enligt [Wunderground](#) så har Östantarktis islager ökar med 2.2 cm/år sen mitten av 1990-talet. Det visar de med nedanstående bild till vänster över istäckets tjockleksförändringar.



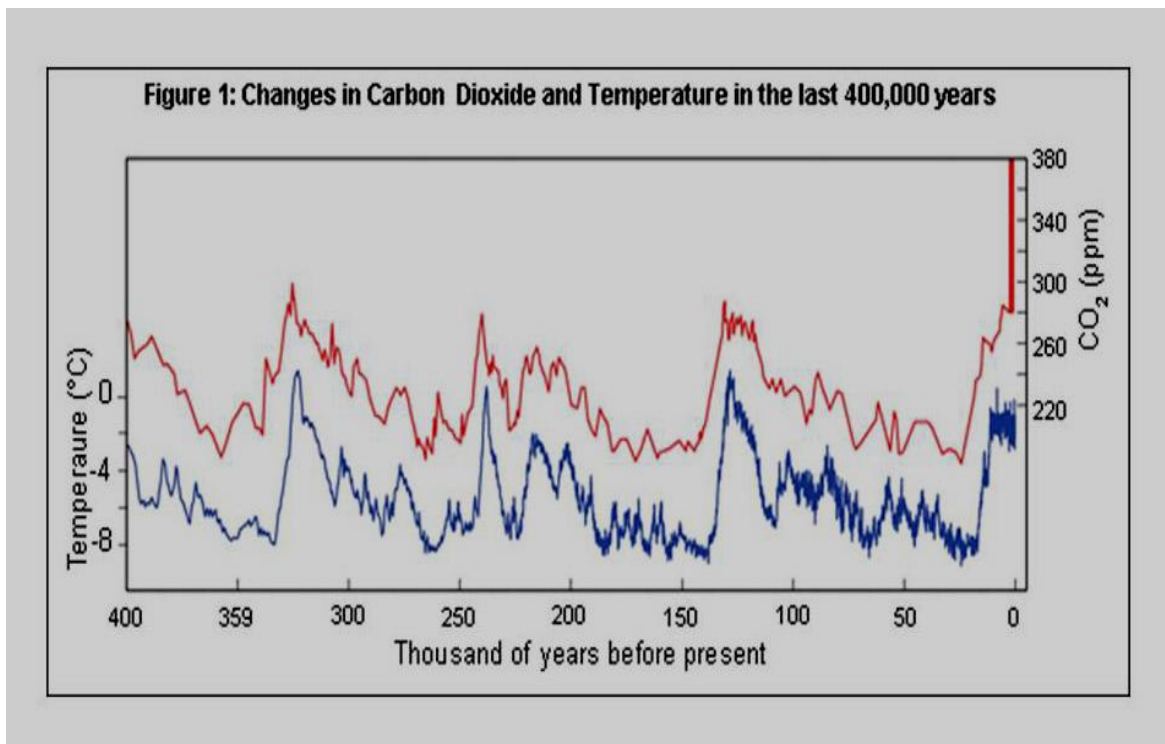
### 7.3.1 Västantarktis

Västantarktis är den mindre av de två delarna, och ligger vänt mot Sydamerika. Från Västantarktis sträcker det sig en lång halvö ut, den antarktiska halvön. Västantarktis är den delen av kontinenten som har mest problem med klimatförändringar.

Västantarktis består just nu av ca 2.2 miljarder  $\text{km}^3$  is men den smälter med mellan 114-132 miljarder ton is varje år. Om avsmältningen skulle fortsätta i den takt som den har nu skulle det ta ca 16000 år att smälta, och då skulle vattenytan höjas med 5 meter. Men långt innan dess har det troligtvis blivit en ny istid och då kommer även Västantarktis att få mer is.

(Beräkning smälttid: Västantarktis består av ca 2,2 miljarder  $\text{km}^3$  is. Avsmältning 114 - 132 miljarder ton is. Isdensiteten är  $0,917 \text{ kg/dm}^3$ . Detta innebär  $2,2 * 10^{18} \text{ dm}^3 * 0,917 = 2,02 * 10^{15}$  ton. När det gäller avsmältningen valde vi ett ungefärligt mellanvärde 125 miljarder ton ( $1,25 * 10^{11}$  ton). Detta innebär  $2,02 * 10^{15} / 1,25 * 10^{11} = 16160$ .)

De flesta forskare är överens om att Västantarktis smälter men inte varför. Vissa säger att det är på grund av våra utsläpp. Medan andra säger att det är naturligt att temperaturen går upp och ner, dessa forskare stödjer sina teorier med diagram som följer det diagram som hittades på [Heartland](#) som tur var men samma kurva finns även i vår Kemi A bok men där har författarna blandat ihop koldioxiden med temperaturen och därför kunde det inte användas, annars är det samma diagram. Diagrammet visar att temperaturen inte följer med ökningen av koldioxiden uppåt. Röd färg  $\text{CO}_2$  och blå färg temperaturen.



### 7.4 Isens ålder, det antarktiska klimatet och temperaturen

Den senaste klimatserien som tagits fram på Antarktis togs vid Dome C, lokaliserad högst upp på den Östantarktiska platån i Wilkes land, i Wilkes land är inlandsisen även som tjockast, den har ett mätt djup på 4776 meter. Iskärnan innehöll snöfall från de senaste 740 000 åren. Iskärnan man fick upp har analyserats av forskare från tio europeiska länder, däribland Sverige, och man har fått fram

att jorden under denna period genomgått åtta istider (den lägsta tempen som någonsin uppmätts på Antarktis var -89 C, den 21 juli 1983 vid Vostik station) och åtta varmare perioder (interglacialer) (Den 5 januari 1974 vid Vanda station registrerades den högsta tempen på +15 C.). De varmare perioderna under de senaste 400 000 åren har haft ett klimat som liknar dagens, innan dess var de svalare och varade längre. Medeltempen brukar ligga mellan -40 C till -70 C på vintern och på sommaren brukar den ligga mellan -15 C till -35 C. Analyserna som gjordes har visat att temperaturen varierat med tiden, men också hur koncentrationen av gaser och partiklar i atmosfären varierat. Preliminära analyser visar att koldioxidhalten under de senaste 440 000 åren aldrig varit så hög som den är idag. <http://www.antarcticconnection.com/antarctic/weather/index.shtml>

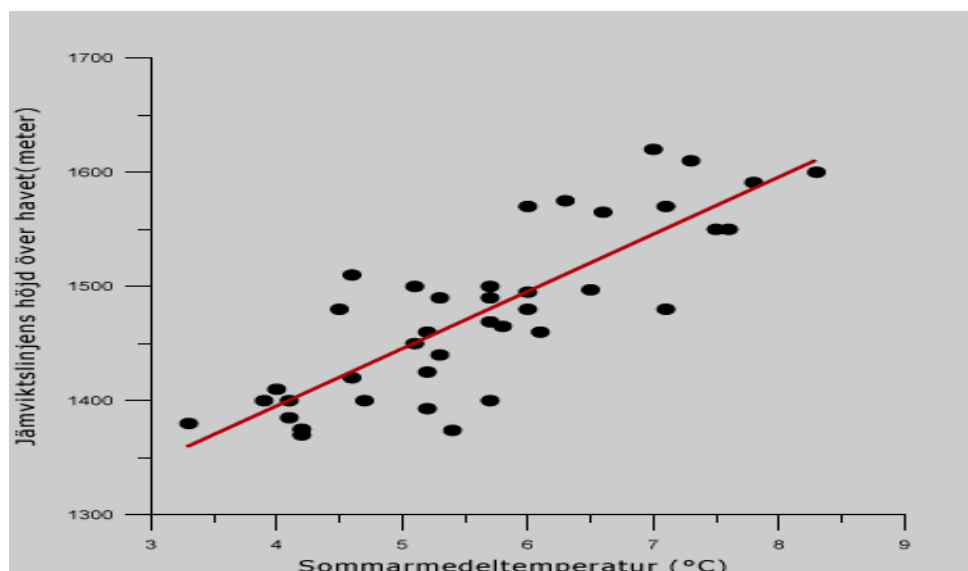
Förklaringen till den låga temperaturen på Antarktis är att all snö och is, som täcker 98 % av Antarktis, istället för att ta upp solenergin reflekterar tillbaka nästan all energin ut i atmosfären, och att den reflekterade energin absorberas dåligt i atmosfären på grund av den låga luftfuktigheten som i snitt ligger på 0,03 % och att solstrålningen ligger på noll mellan 22 mars och 22 september. På vintern fördubblas Antarktis storlek då havsvattnet runtom fryser till.

Slutsats: Antarktis är den glaciär som sammanlagt smälter minst. Öst växer varje år medan väst smälter något. Forskarna är inte överens om vad detta beror på, det finns två teorier, våra utsläpp eller att temperaturen alltid har gått upp och ner. Ingen vet vad som kommer att hända i framtiden de är bara att vänta och se. De enda vi vet är att om allt fortsätter som de gör nu så lär Västantarktis ha smält om 16000 år. Fast glöm inte teorin om en ny istid.

## 8. Hur andra glaciärer smälter

Av Fredrik Nykvist & Martin Brink

Det är svårt att veta hur stora alla världens glaciärer är sammanlagt. Men något vi idag vet är att många av dem har minskat omfattning och kanske i tjocklek. Det är viktigt att mäta dess volym. Idag finns det glaciärer som har minskat i omkrets, men inte i volym. Glaciärer ökar på höjden men minskar i omkrets, vilket gör att de näst intill ligger på +/- 0 i volym. Men vissa undersökningar visar att en del glaciärer till och med har ökat i volym på grund av den stora höjdökningen

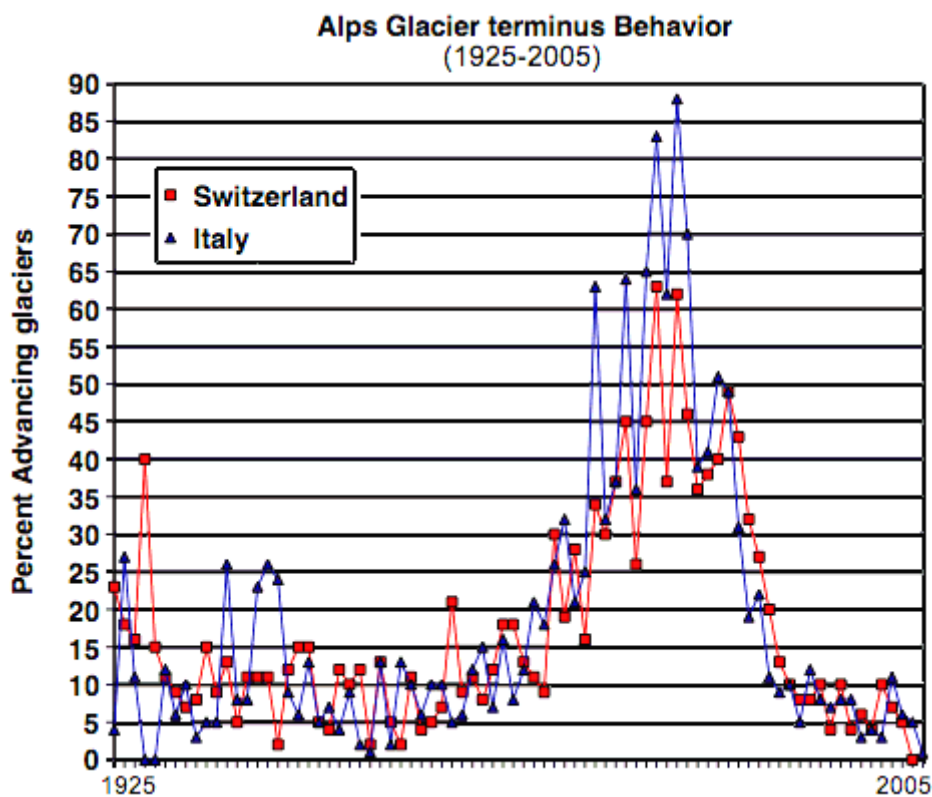


Temperaturen under sommarmånaderna speglar den energi som finns tillgänglig för smältning. Högre temperatur ger mer smältning. Jämviktslinjen är ett resultat av både snötillskottet och smältningen, men diagrammet visar att det finns ett samband mellan hur varmt det är på sommaren (d.v.s. hur mycket det smälter) och hur mycket av glaciären som har ett nettounderskott.

Ett exempel på glaciärsmältning från Alperna. Att fronten har dragit sig tillbaka är en ganska vanlig syn.



Men här är ett exempel på hur glaciärer har varierat under en stor del av 1900-talet. Men detta är inget onormalt. Temperaturen har i alla tider växlat från varmare till kallare, och just nu är vi i en varmare fas. Så på ca 25 år har glaciären dragit sig tillbaka, men den kommer förmodligen kanske att växa fram återigen under de kommande årtiondena allteftersom temperaturen växlar. Vilket visas av följande diagram från Alperna.



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Alps-glaciers.png>

Diagrammet visar hur stor del av dessa glaciärer som minskade respektive ökade under 1900-talet. Den senaste minskningen av glaciärerna började år 1975-1980. Mellan 60 % och 90 % av glaciärerna nådde den största ökningen kring 1975 – 1980. På 1920 – 1940-talet var det samma förhållande som idag med få glaciärer som växte.



Här ser vi hur Whitchuck glaciären har minskat sedan 1973. Minskningen startade tidigare än början på våra stora industriutsläpp så även här ser man att glaciärminskningarna mycket väl kan vara naturliga. Glaciärerna smälter och växer i cykler, detta har bevisats av forskare. Alla Alpernas glaciärer har minskat från slutet av den lilla istiden.

## 8.1 Himalaya

I Himalaya finns det omkring 15 000 glaciärer. Den största massan finns i de västra delarna.



FN:s klimatpanel påstod i sin rapport att även Himalayas glaciärer håller på att smälta bort trots att de flesta ligger på en mycket hög höjd. De sa att om denna klimatförändring fortsätter så kan fyra femtedelar av Himalayas glaciärer och snötäcken smälta bort redan år 2035. Detta skulle ha en mycket negativ inverkan på omvärlden. Detta visade sig vara en grov felräkning och klimatpanelen har bett om ursäkt för denna felaktiga beräkning. Se <http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/fn-rapport-om-glaciarer-felaktig>

Det visade sig dessutom vara en felräkning på ca 300 år. Ytterligare en annan forskare hade gjort vissa överslagsberäkningar och kommit fram till att med nuvarande avsmältning skulle mycket smälta bort fram till år 2335.

Men man har även upptäckt att vissa glaciärer ökar i storlek. I en del av Himalaya vid namn Hindu Kush har man märkt att vissa glaciärer faktiskt har ökat. Det är de glaciärer som ligger högst upp som ökar, medan de som befinner sig längre ned smälter.

## 8.2 Hur viktigt är vattnet från glaciärerna

Greenpeace säger att Himalayas glaciärer står för 1/6 av vattenförsörjningen till jordens befolkning. <http://www.greenpeace.org/international/en/news/features/himalayan-glacial-melt/>

Kan detta vara sant? Glaciärerna smälter ju som mest i juli och augusti när sommarmonsunen vräker ned med regn över Indien och Himalaya. Vad säger forskare

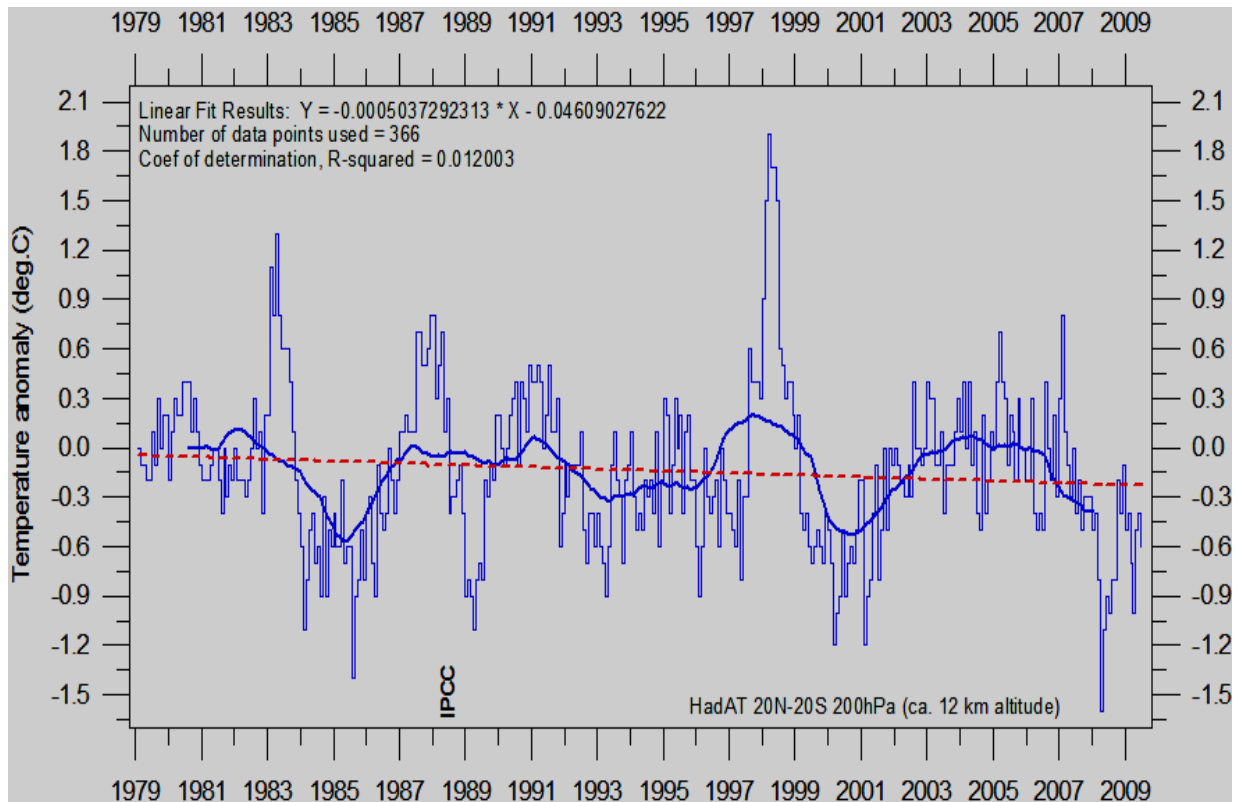
Enligt tidningen *Nature* så är det hela världens snö- och glaciärsmältning som försörjer 1/6 av jordens befolkning med vatten. "With more than one-sixth of the Earth's population relying on glaciers and seasonal snow packs for their water supply". Se <http://www.nature.com/nature/journal/v438/n7066/abs/nature04141.html>

## 8.3 Några olika forskares syn på klimatet i framtiden

Ny forskning från Göteborgs universitet och Griffith University i Australien visar att den globala uppvärmningen kan ha naturliga orsaker. Genom att studera partiklar och kemiska föreningar i torvmarker visar professorerna Lars Franzén och Roger Cropp att klimatet varierar i en tusenårscykel, och att det verkar kunna styras genom inflödet av kosmiskt stoft. Det kosmiska stoftet är rikt på olika mineraler som kan påverka produktionen av alger i världshaven. En hög algproduktion under tider med stort kosmiskt inflöde ökar molnbildningen i atmosfären, vilket i sin tur minskar strålningen från solen till jordytan. Under sådana perioder blir det kallare på jorden. När det kosmiska inflödet är lågt minskar istället molnigheten och vi får ett varmare klimat.

Lars Franzén säger att den varma period vi är inne i nu kommer kulminera om 300 år och sedan kommer klimatet bli kallare. Men alla håller inte med honom. <http://www.chemicalnet.se/iuware.aspx?pageid=792&ssoid=73033>

Chefsforskaren vid Pulkovoobservatoriet i St. Petersburg hävdar att temperaturen på jorden inte kommer öka utan kommer istället att sjunka de närmaste åren. Redan 2041 menar han att vi kommer att befinna oss i en liten istid. Forskaren, Khabibullo Abdusamatov säger i en intervju med nyhetsbyrån Ria Novosti att jordens medeltemperatur nådde sin höjdpunkt under perioden 1998-2005. Och de senaste åren har inte varit varmare och under de kommande åren kommer temperaturen att sjunka. Anledningen är att solstrålningen har minskat de senaste 30 åren, och den kommer att fortsätta att minska. 2041 kommer solen nå sin lägsta strålningsnivå som går i en cykel på 200 år. Den lilla istid vi går in i då kommer att hålla i sig mellan 45-65 år. [http://www.nyteknik.se/nyheter/energi\\_miljo/miljo/article62106.ece](http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/miljo/article62106.ece)



Här är ett diagram som kan bevisa att den ryska professorns teori skulle kunna stämma. Temperaturmätning på 12 km höjd.

Varför skulle inte hans teori kunna stämma och att glaciärernas smältning är fullt naturliga.

#### 8.4 Nigardsbreen

Nigardsbreen är en del av Jostedalbrenglaciären vilken är Europas största glaciär som ligger norr om Sognefjorden. Det är en av de mest studerade dalglaciärerna i världen. Se bild.





Fram till 1750-talet ökade dess storlek och sedan började glaciären smälta av.



Som mest nådde den 4,5 km längre fram än idag. Glaciären började dock öka 1988 - 2003 sammanlagt 280 meter. 2010 drog den sig tillbaka med 39 meter. Den snabbaste avsmältningen var under åren 1946 - 1948 sammanlagt 258 meter.

Se tabell bilaga 2.

## 9. Havsytehöjningar

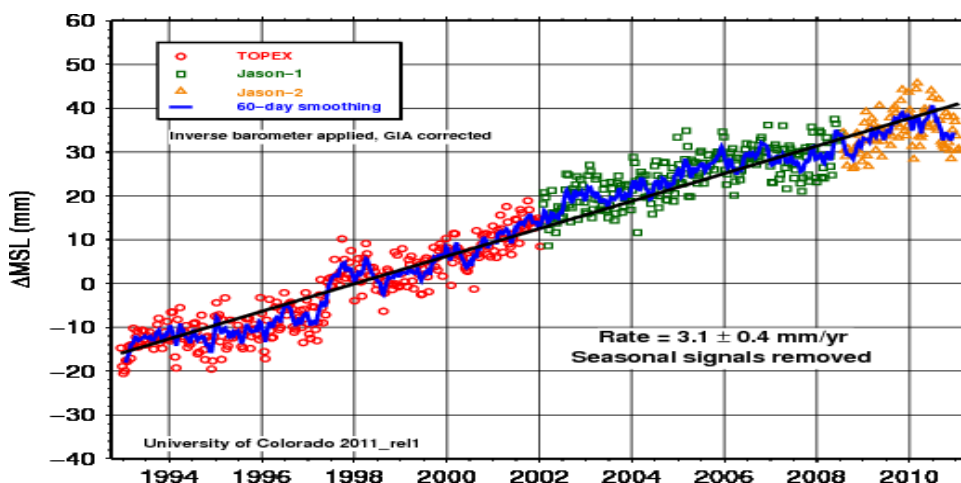
Av Gustav Danielsson och Daniel Göransson

Kommer havsytan att stiga med omkring 1 meter tills år 2100? Det är ett vanligt påstående att havsytan kommer att stiga märkbart och att viktiga områden kommer att översvämmas.

Havsnivån höjs i nuläget med ca 3,1 mm/år vilket gör ca 30 cm på 100 år.

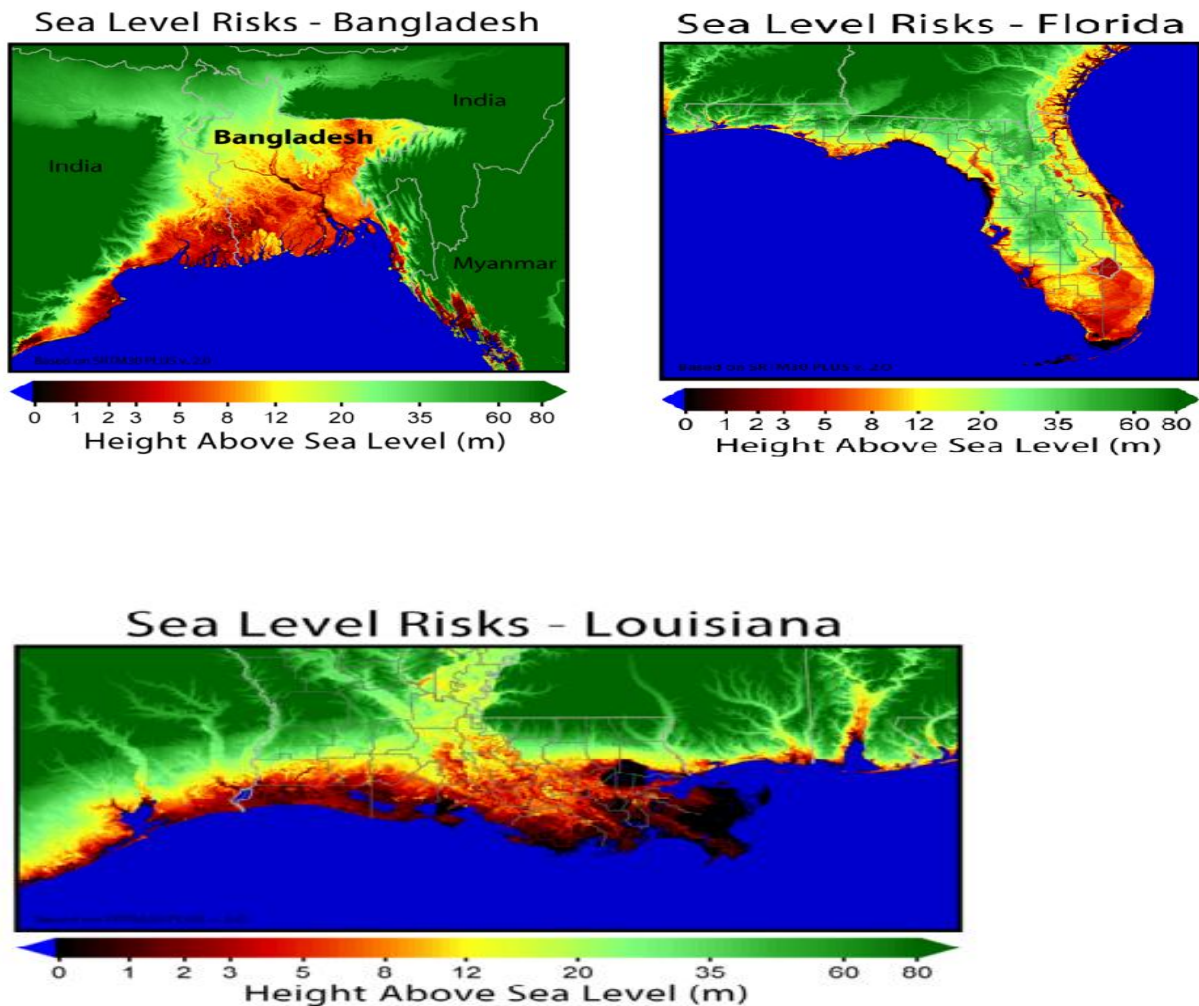
Havsytehöjningen beror i första hand på avsmältning av glaciärer. Avsmältningen beror på ett varmare klimat och att det blir varmare beror delvis på ökad koldioxidhalt i atmosfären

Nedanstående bild visar de senaste mätningarna sedan 1993 vilka gjorts med hjälp av satelliter. <http://sealevel.colorado.edu/>



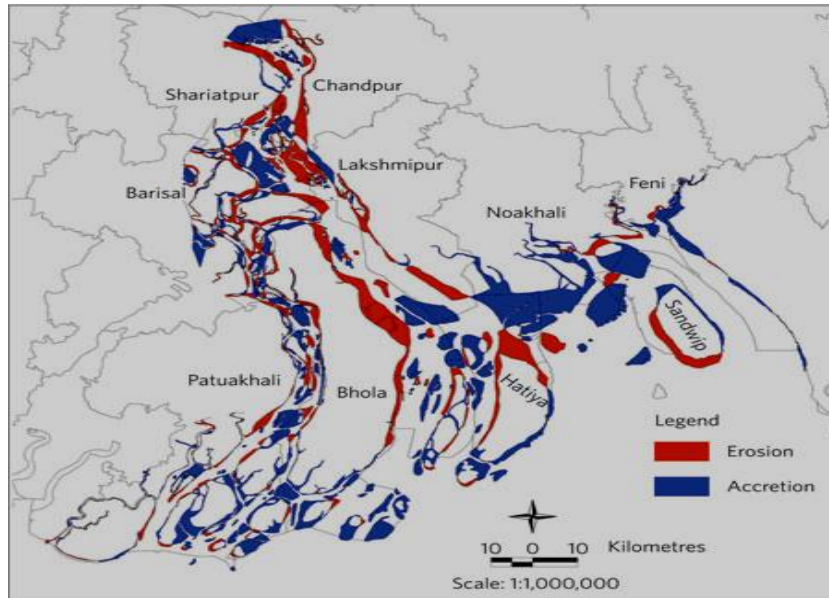
## 9.1 Riskområden i världen för havsyttehöjningar se nedan

På de tre nedanstående bilderna visas tre tätbebyggda kustområden som alla är mycket lågt belägna. En havsnivåökning på över 1 meter skulle ödelägga de stora städerna i dessa områden och göra många människor hemlösa. Men om havsnivån ökar med samma hastighet som idag, så är havsnivån 20 -30 cm högre år 2100 än idag. Då får dessa kanske ta hjälp av holländarna.



## 9.2 Vad som händer just nu i Bangladesh

Ny forskning visar på att havsyttehöjningen inte är så stort hot som man har trott, för de som säger att havsnivån kommer att stiga i hög hastighet vid Bangladesh har inte räknat med att landytan växer hela tiden i detta deltaområde. Denna forskning visar att upp till 20 kvadratkilometer nytt land bildas varje år, på kartan visas det att det är mer land som bildas (blått) än land som eroderar bort (rött).



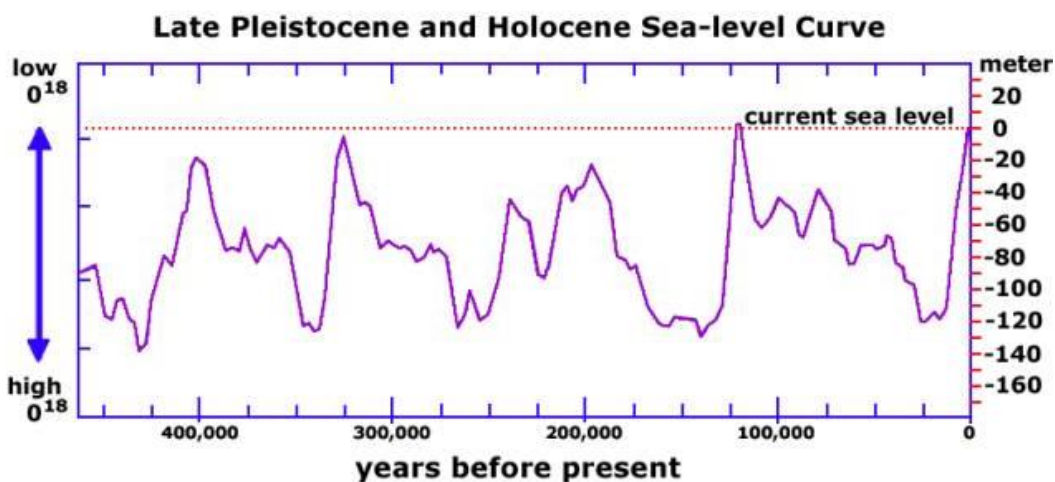
<http://www.nature.com/climate/2009/0902/full/climate.2009.3.html>

### 9.3 Hur Arktis och Antarktis kan påverka havsnivån

Några forskare tror att västra Antarktis kommer att smälta om det blir varmare och om det händer kommer havsnivån att stiga med 5 meter.

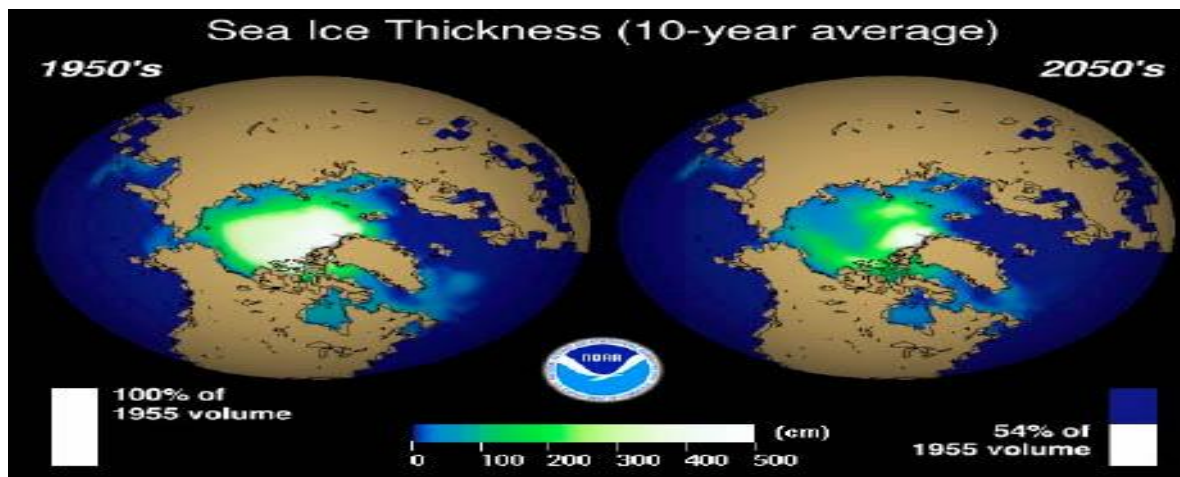
Forskarna är enade om att havsnivån var flera meter högre under den senaste mellanistiden. Ett exempel före den senaste istiden Weichsel-istiden fanns en period Eem under cirka 10 000 år med ett klimat cirka 4 grader varmare i årsgenomsnitt jämfört med idag. Detta medförde stora skillnader i växtlighet och fauna, liksom i havsnivå/landsgränser.

Nedan finns ett diagram som visar ett samband mellan istider och havsnivå. Man ser att idag att havsnivån är högt upp och vi befinner oss i en mellanistid. Men under Eeminterglacialen för drygt 100 000 år sedan var havsytan högre än idag.



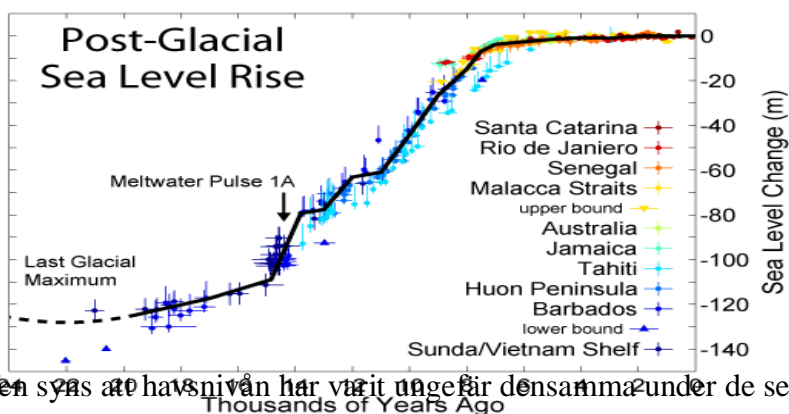
Enligt en modell som NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) har förutspått, så kommer Arktis bara vara 54% av 1950s ismassa år 2050. När isen på Arktis smälter så ändras inte havsnivån, det beror på att vattnet som var is förut höjer inte vattennivån lika mycket som

smältande glaciärer på land. Däremot ligger isen som finns på Antarktis på land, om den smälter och hamnar i haven höjs nivån däremot mycket.

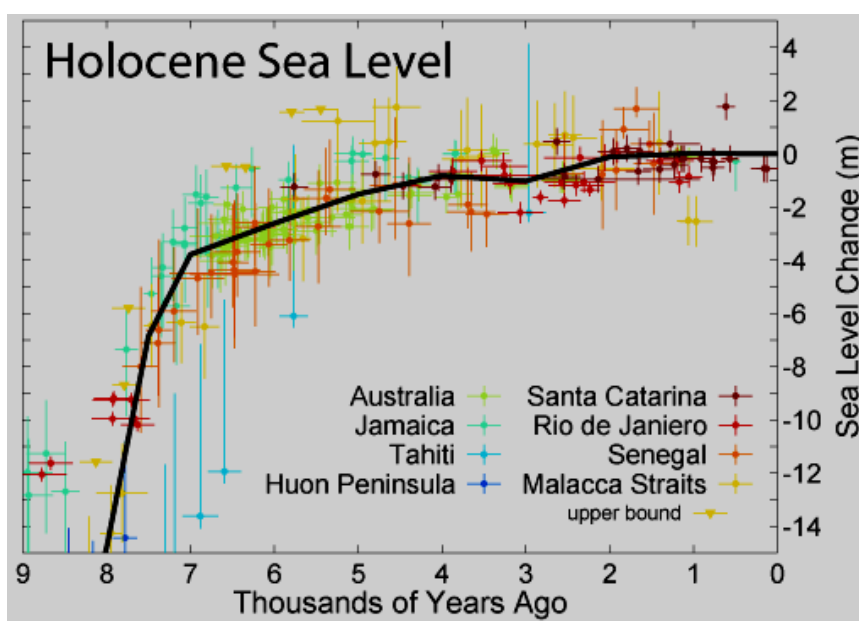


#### 9.4 Havsytehöjning sedan istidens slut

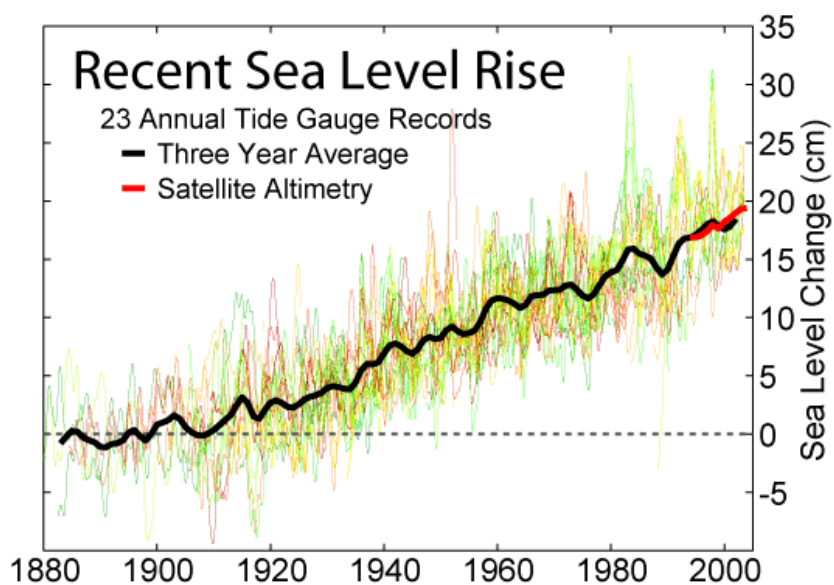
Här ser man havsnivåhöjningen efter den senaste istiden. Stigningen planar ut sedan åtta tusen år sedan. Därefter har havsytan gått lite upp och ner. Den totala höjningen av havsytan var ca 120 m.



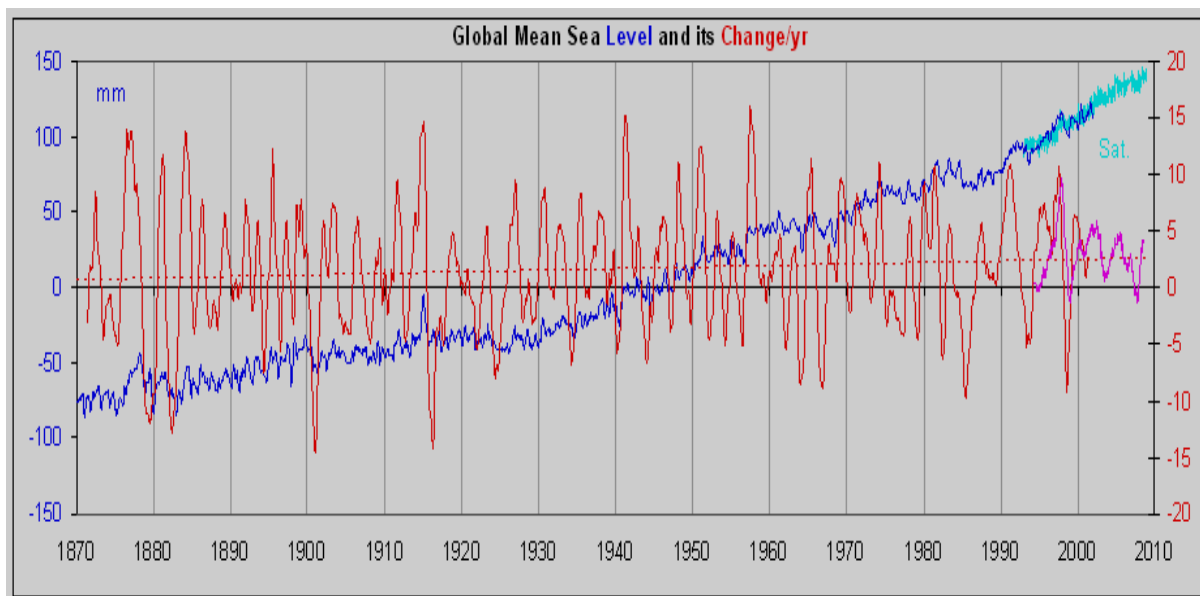
På den här grafen syns att havsnivån har varit ungefär densamma under de senaste två tusen åren.



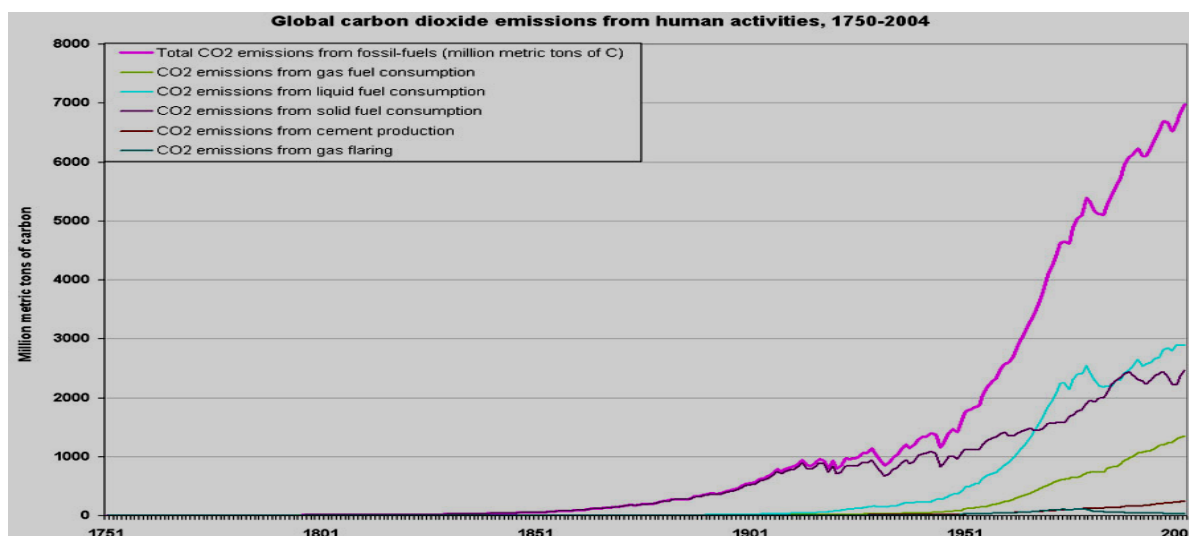
Under 1900-talet har höjningen varit stadig och på grafen syns ingen tydlig acceleration av ökningen sedan vi på allvar började påverka koldioxidhalten.



På en annan graf över samma tidsperiod som den förra kan man se en större ökning av havsnivån mer under 1930-1960 och sedan ungefär samma ökning från 1990. Det är viktigt att utgå från tillräckligt långa tidsperioder.



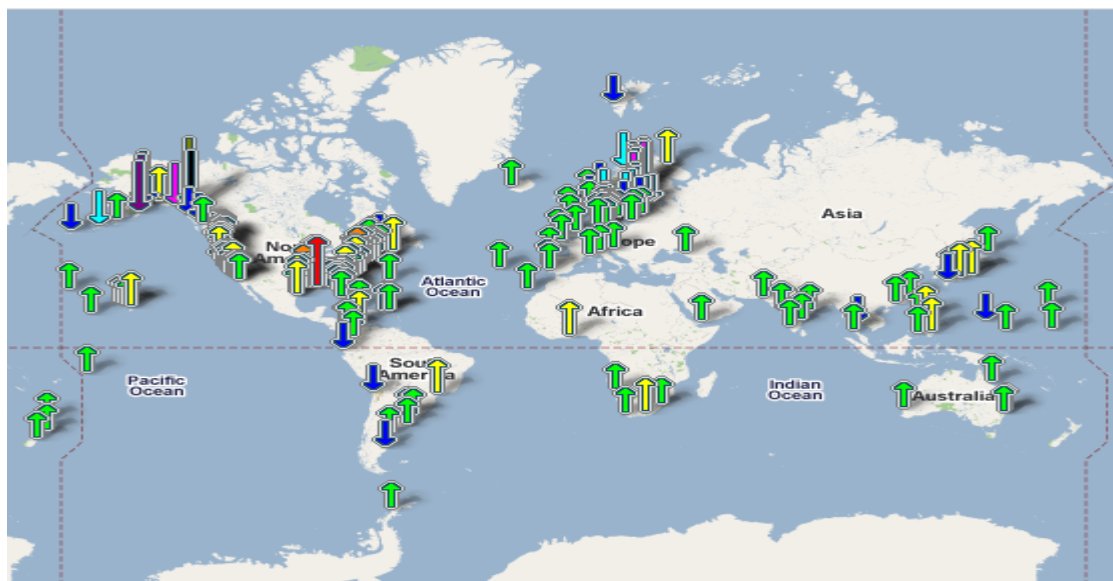
## 9.5 Sambandet mellan havsnivån och koldioxiden



På ovanstående diagram ser vi att människans utsläpp av koldioxid kom igång på allvar runt 1870-talet men planades ut ett tag vid 1910 för att sedan öka igen kraftigt på 1930-talet. På det tidigare diagrammet över havsnivån ser vi en utplaning på samma period runt 1920-talet. Likaså stiger båda graferna efteråt på 1930-talet men de stiger mycket olika.

Kan dessa kurvor ha ett samband? Koldioxiden stiger exponentiellt men havsnivån stiger i stort sett linjärt.

## 9.6 Det finns även "havsnivåsänkningar"



En bild från NOAA ([National Oceanic and Atmospheric Administration](http://www.noaa.gov)) som visar uppmätta havsnivåhöjningar respektive sänkningar. Havsnivåhöjningen beror som bekant på ökad isavsmältning. Isavsmältningen får förstås globala konsekvenser och havens volym ökar. Men på vissa ställen så sänks nivån ändå, eller rättare sagt höjs kusterna. Ett exempel på detta är höga kusten i Sverige som fortfarande höjer sig efter att inlandsisen försvunnit. Eftersom detta är det enda utöver isbildning på land som kan sänka havsnivån så är detta samma process som ligger bakom havsnivåsänkningen i norra Nordamerika där vi kan se att kusterna höjs. En annan världskarta som visar havens nivåförändringar. Sänkning i grönt och blått och höjning i gult och rött i mm/år.

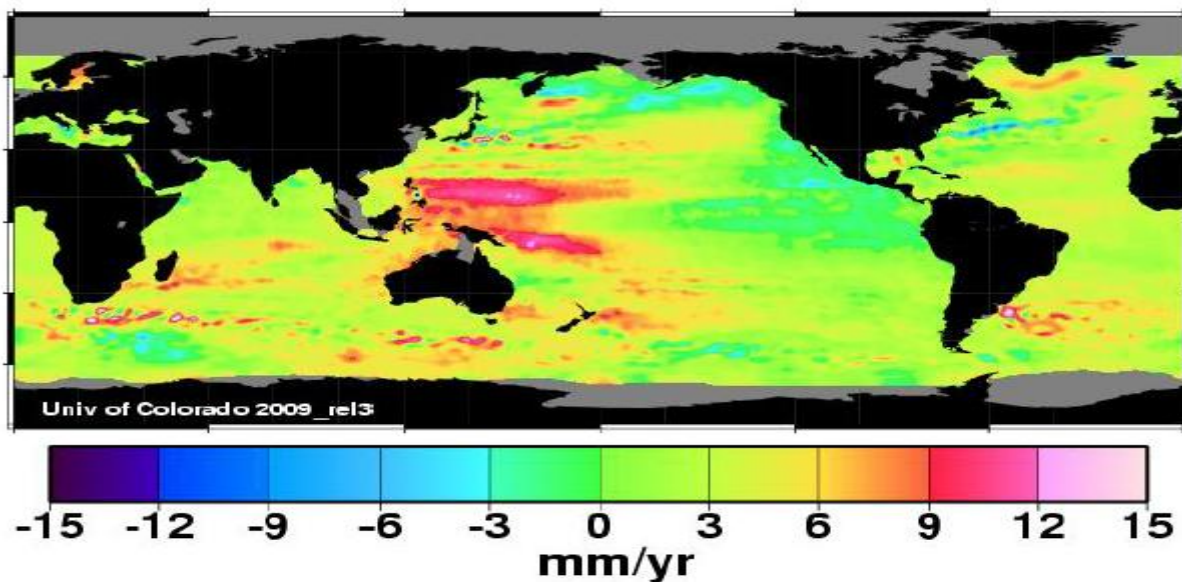
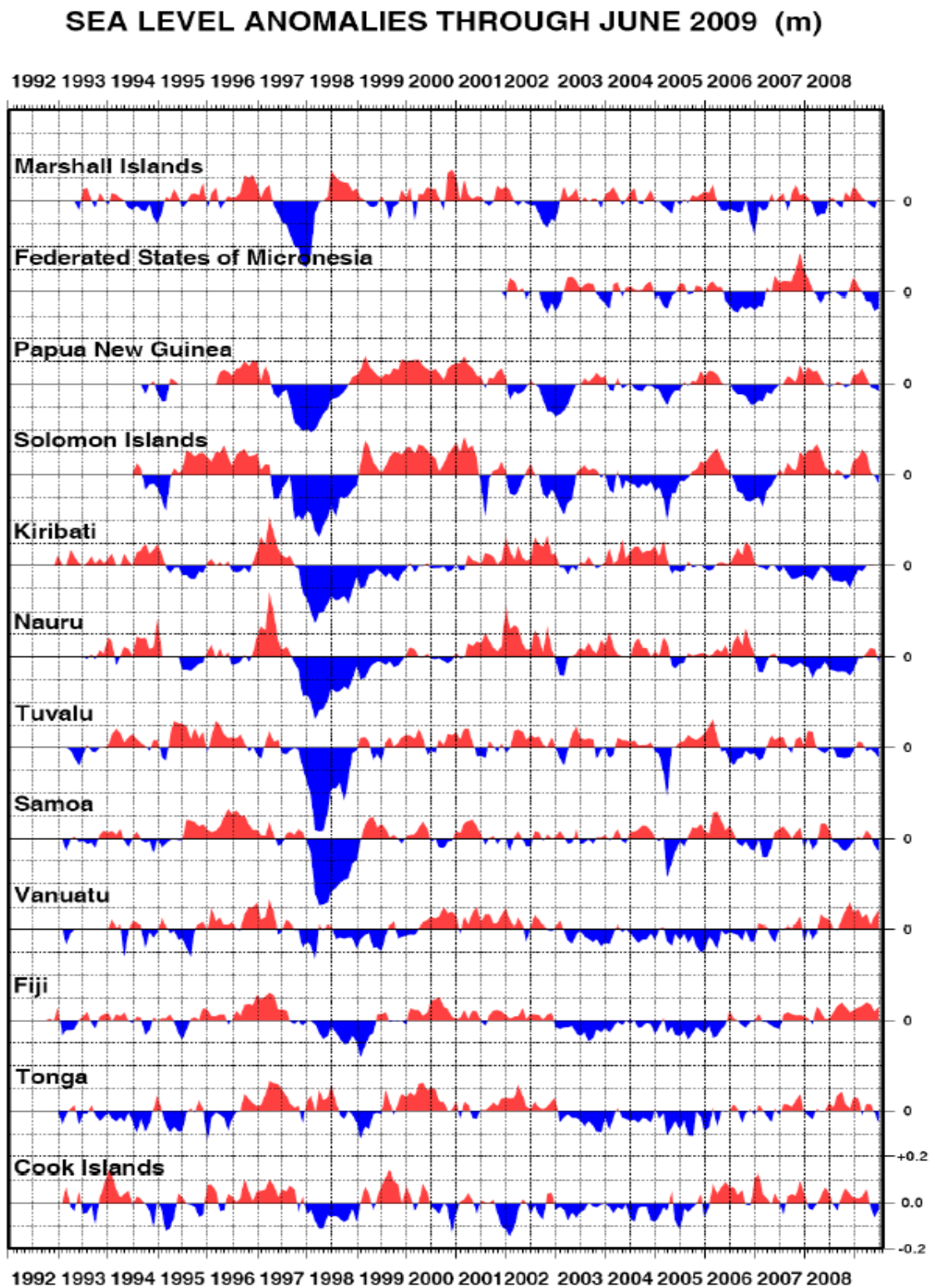


Figure 18. Global distribution of sea level trend (mm/yr) derived from Topex/Poseidon and Jason-1 satellite altimeter measurements from Dec 1992 to July 2009 and corrected for the inverse barometric pressure effect. (Figure courtesy of University of Colorado)

## 9.7 Öarna i stilla Havet

Ett avvikelседiagram (anomaly) som visar hur havsytan har varierat sedan 1991 då dessa mätningar startade. Notera att det är stor variation mellan öarna. Notera att flera av öarna ligger i det riktigt röda området på kartan ovan.



*Figure 11. Sea level anomalies to June 2009.*



På diagrammet ovan ser vi hur havsnivån har varierat vid några öar i stilla havet. Det ser ut som att kurvorna tar ut varandra och den senaste tiden svänger det inte lika mycket som under 90-talet. 1997-1998 pågick en extra stor El Niño. Därav de stora svängningarna på diagrammet. Vid en stor El Niño sjunker havsytan märkbart i stora delar av Stilla havet. Uträknade höjningar finns i tabellen nedan från samma avhandling.

<b>Recent short-term relative sea level trends in the project area based upon SEAFRAME data through June 2009</b>				
	<b>Location</b>	<b>Installation Date</b>	<b>Trend (mm/yr)</b>	<b>Change from June 2008</b>
<b>1</b>	<b>Cook Is</b>	<b>19/02/1993</b>	<b>5.3</b>	<b>0.3</b>
<b>2</b>	<b>Tonga</b>	<b>21/01/1993</b>	<b>9.4</b>	<b>0.6</b>
<b>3</b>	<b>Fiji</b>	<b>23/10/1992</b>	<b>5.4</b>	<b>1.5</b>
<b>4</b>	<b>Vanuatu</b>	<b>15/01/1993</b>	<b>5.8</b>	<b>1.6</b>
<b>5</b>	<b>Samoa</b>	<b>26/02/1993</b>	<b>6.0</b>	<b>-0.5</b>
<b>6</b>	<b>Tuvalu</b>	<b>02/03/1993</b>	<b>5.6</b>	<b>-0.5</b>
<b>7</b>	<b>Kiribati</b>	<b>02/12/1992</b>	<b>3.3</b>	<b>-1.1</b>
<b>8</b>	<b>Nauru</b>	<b>07/07/1993</b>	<b>4.3</b>	<b>-0.8</b>
<b>9</b>	<b>Solomon Is.</b>	<b>28/07/1994</b>	<b>8.7</b>	<b>0.9</b>
<b>10</b>	<b>PNG</b>	<b>28/09/1994</b>	<b>8.1</b>	<b>0.3</b>
<b>11</b>	<b>FSM</b>	<b>17/12/2001</b>	<b>20.2</b>	<b>-2.2</b>
<b>12</b>	<b>Marshall Is.</b>	<b>07/05/1993</b>	<b>4.2</b>	<b>0.3</b>

*Table 2. Recent short-term relative sea level trends in the project area based upon SEAFRAME data to June 2009. The record at FSM is considerably shorter, resulting in a comparatively large trend.*

I denna tabell ser vi att havsnivån stiger med mer än 3 mm, så detta tycks vara mer alarmerande än det förra diagrammet men på det sista året är höjningarna betydligt lägre. Mätningarna visar att havsnivån stiger olika mycket runt olika öar men det gör den egentligen inte utan det är öarna som kanske sjunker ner i havet med olika takt. Ett flertal öar är atoller vilka har en förmåga att om inte människan stör så rör de sig i takt med havshöjningarna om de inte sjunker. Så även om det inte fanns någon havsökning så skulle öarna kanske sjunka ner i havet ändå så småningom. Att öarna sjunker beror på att de är uppbyggda kring gamla vulkaner vilka eroderas ned med tiden.

Diagrammen ovan kommer från Pacific Country Report, Sea Level and Climate, Tuvalu June 2009. <http://www.bom.gov.au/ntc/IDO60033/IDO60033.2009.pdf>

Du kan själv undersöka havsnivåerna med hjälp av University of Colorado och dess tjänst som heter Interactive Wizard.

[Interactive Wizard](#). Pricka in ”variance” och sedan kan du klicka på kartan eller lägga in koordinater för en viss plats.

## 9.8 Förändring av atollöarna

Enligt ny forskning av Arthur Webb och Paul Kench kan man se att öar både ökar och minskar i storlek, en del av öarna ökar i storlek pga. att koraller nybildas och korallsand från korallreven sköljs upp på stränderna och öarna ökar i storlek. Dessa forskare undersökte hur 27 öar hade förändrats under 60 års tid. Resultatet visade att fler öar ökade i storlek (43 %) än de som minskade (14 %). Öarna kan därmed vara stå emot havsnivåökning. Tuvalu ingick bland annat i undersökningen. En ö i ögruppen Kiribati hade ökat med ca 30 %.

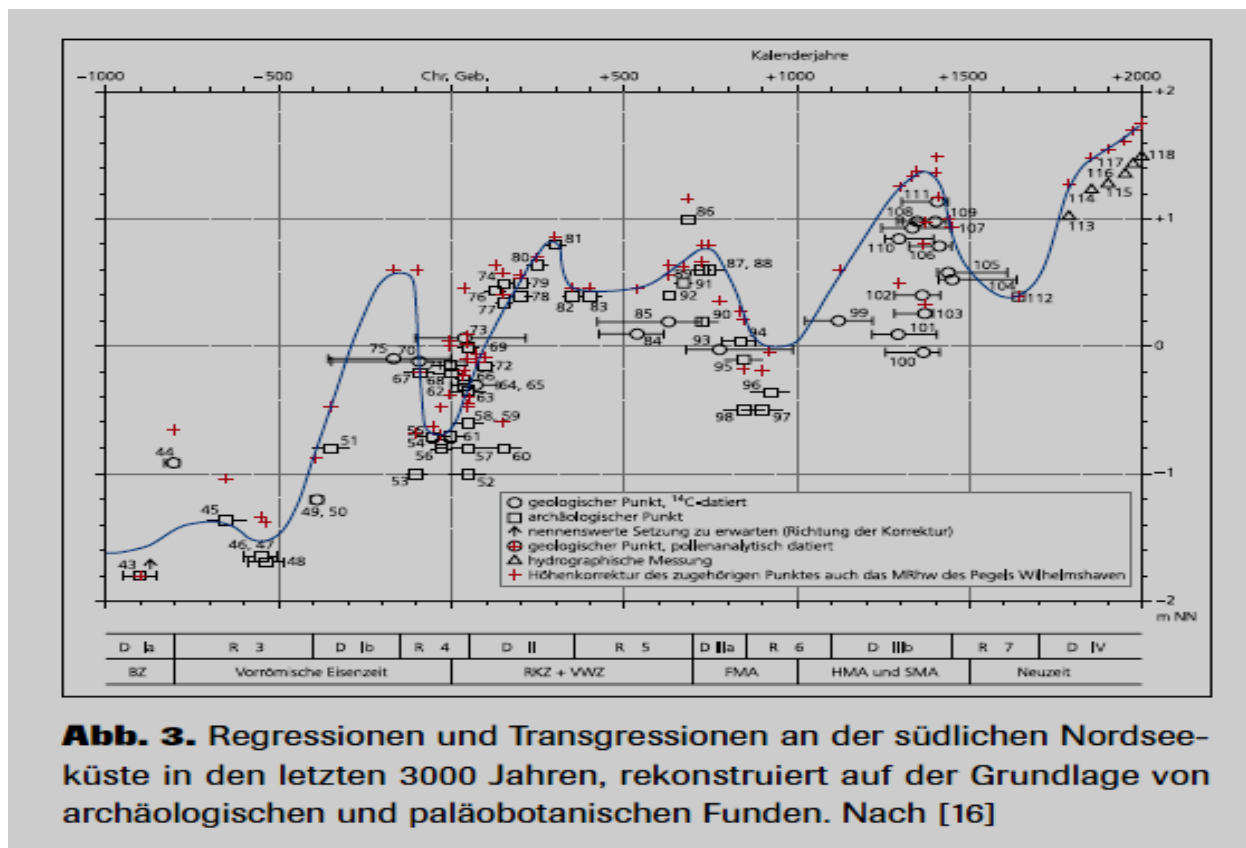
<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/stillahavsoar-klarar-hogre-havsniva?rm=print>

[http://www.pacificdisaster.net/pdnadmin/data/original/The\\_dynamic\\_response.pdf](http://www.pacificdisaster.net/pdnadmin/data/original/The_dynamic_response.pdf)

Forskningen har visat att öar både eroderar och byggs på. De menar att öar generellt inte är hotade av den lilla havsnivåhöjning som råder. Under de senaste 60 åren hade havsnivåökningen varit ca 12 cm.

## 9.9 Nordsjöområdet

Havsnivån har förändrats märkbart under de senaste 3000 åren enligt följande diagram.



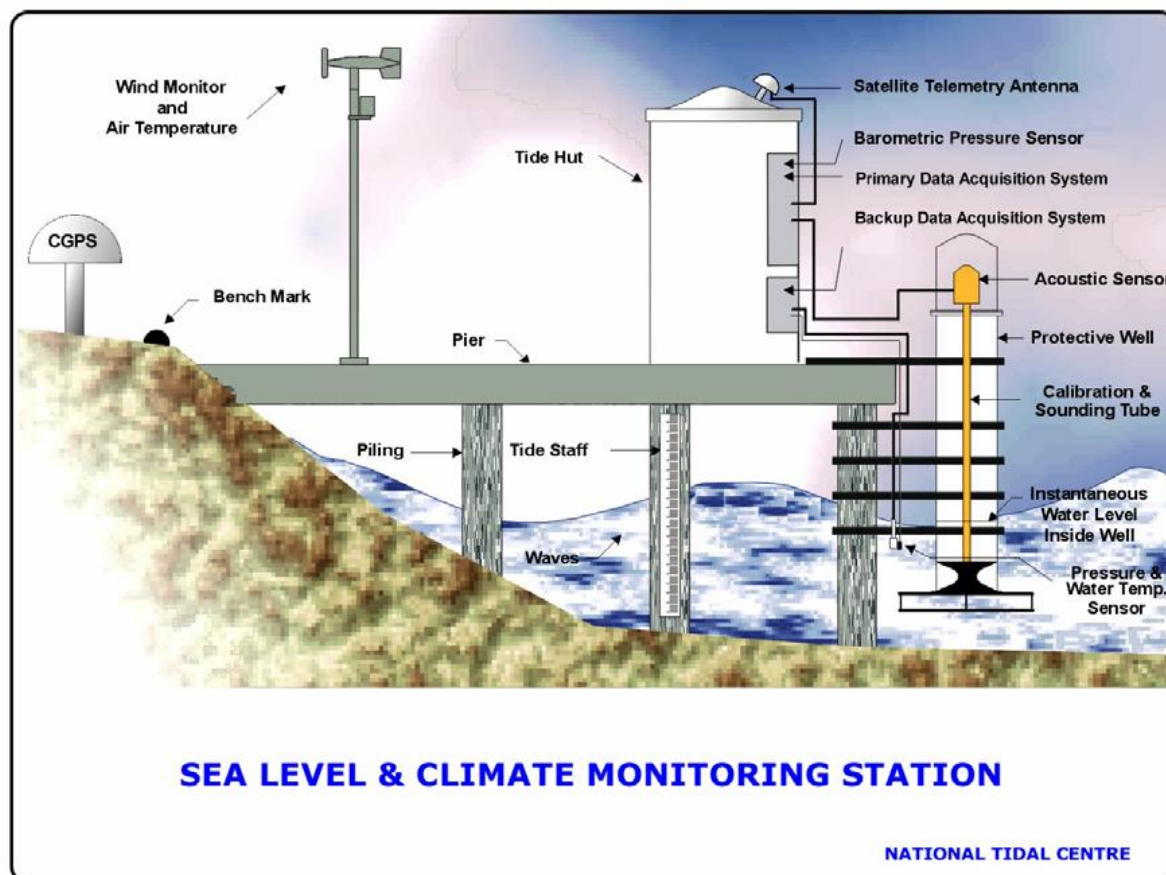
<http://www.eike-klima-energie.eu/uploads/media/Puls.MSp.NR.0811.pdf>

Från detta diagram kan man dra slutsatsen att ökningstakten i havsnivåhöjningarna har minskat i södra delen av Nordsjön under 1900-talet. Den senaste höjningen har pågått sedan slutet av 1600-talet.

Att det inte finns någon acceleration av havsytans höjning bekräftades av en forskningsartikel införd i "Journal of Coastal Research" för maj 2011.

<http://www.jcronline.org/doi/pdf/10.2112/JCOASTRES-D-10-00157.1>

Författarna visar genom analyser av långa serier av havsnivåmätningar gjorda vid kuster med hjälp av "tide gauges" (mätstationer av havsytan) att det inte finns någon acceleration av höjningstakten snarare en minskning av höjningstakten. Se nedan en bild av en sådan mätanordning "tide gauge".



## 10. Den varma medeltiden

Av Hanna Skogholm

MWP står för the Medieval Warm Period, alltså den medeltida värmeperioden. Det var en period under medeltiden då temperaturen var lika hög eller högre än dagens. Hur hög den var, hur mycket av världen som påverkades, vilka år den innefattade och om huruvida temperaturen var högre än dagens råder det delade meningar om. Begreppet MWP infördes 1965 av den brittiske klimatforskaren Huber Horace Lamb som uppskattade temperaturen under 1100-1200 vara 1-2 grader varmare än årstemperaturen 1931-1960 i västra Europa.

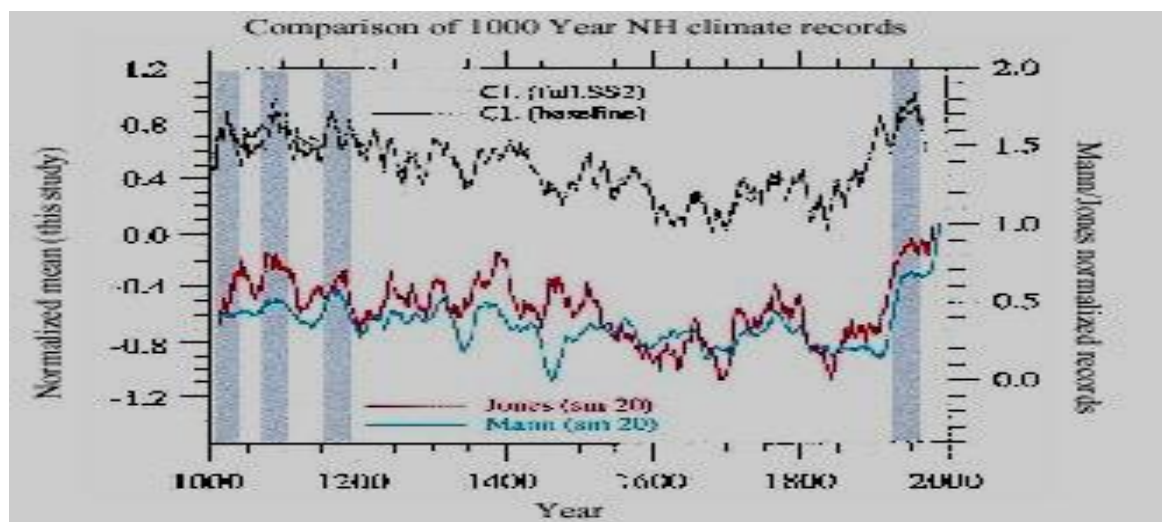
Med hjälp av arkeologiska undersökningar och mätningar på bl.a. trädringar, sjösediment och iskärnor har man kunnat räkna ut temperaturer långt tillbaka. Olika källor ger olika säkra svar. Man måste se på olika många faktorer och jämföra. Man måste också ta hänsyn till då man jämför temperaturer under en lång period att man förr inte hade några moderna mätinstrument som idag. Man använder sig av naturen för att mäta de temperaturerna och det ger inte samma exakthet som dagens mätinstrument.

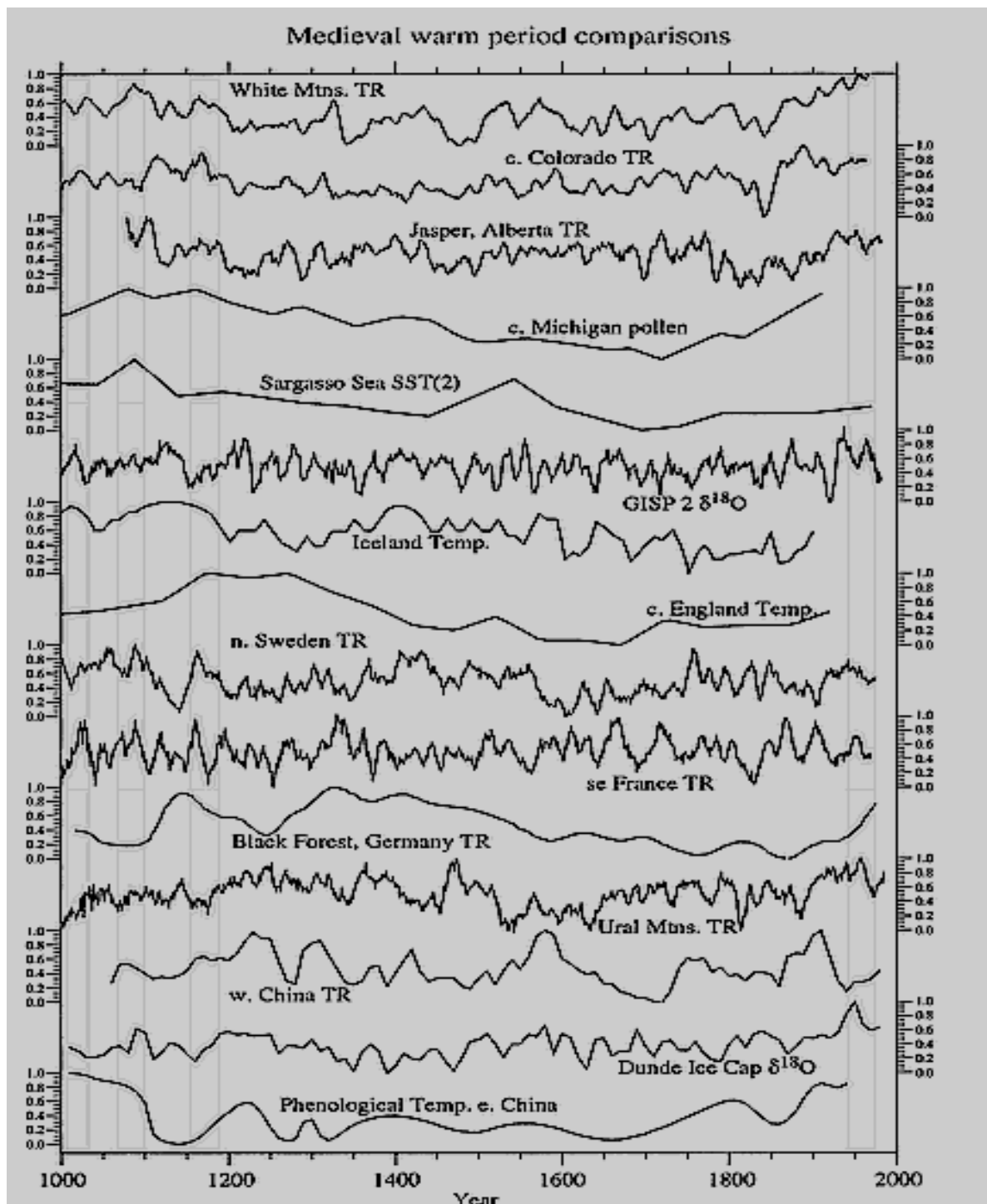
Varför är MWP så omtalad? Vilka år MWP omfattade beror på ifrån vilka områden man utgår ifrån, den har ingen precis universell accepterad definition. Olika källor ger olika århundraden; 950-1250 (svenska wikipedia), 900-1300 (engelska wikipedia), 1000-1300 (Ambio-häftet), 900-1100 (nytt om klimatet...), 850-1250 (gångna tiders...). En annan källa anger perioden 900-1300 som MWP i norra Europa med mildt och stabilt väder.

Innan har man vetat att stora delar av norra hemisfären varit påverkad av MWP, men nu visar även flera nyare studier att den förekom även på den södra hemisfären. Kunskapen är fortfarande bristfällig inom det området. Många studier visar att temperaturen varierade i olika regioner men på många ställen i världen var temperaturen högre än vad den är idag. Medeltemperaturen i åtminstone Europa, Grönland, Japan, Kina, Sibirien och på Nya Zeeland var lika hög eller högre än nuvarande.

Skandinaviska temperaturberäkningar baserade på trädgräns- och glaciärvariationer och på årsringsundersökningar samspelar väl med ändringar i klimatet som studier av iskärnor från centrala Grönland har visat. Därför kan den skandinaviska klimatkronologin visa förhållanden typiska för ett stort område.

Enligt en rekonstruktion av trädgränsdata av den norra hemisfärens temperaturer under de senaste 2000 åren, har höga temperaturer, liknande dem på 1900-talet, innan 1990, inträffats runt 1000-1100 och tre varma toppar har förekommit runt år 1000 och år 1100.





## 10.1 Vikingar

De historiska konsekvenserna av de varmare århundradena var viktiga i norr. Mellan 800 och 1200 ledde varmare luft och högre vattentemperaturer till mindre packis än tidigare och senare århundraden.

Vikingatiden sammanföll med MWP och klimatet tillät lätt seglingar till Grönland och Island på grund av den lindriga issituationen. Studier av träd och dropstenar från Jämtland visar att det under vikingatiden i Sverige var varmare än några tusen år tidigare

En irländsk munk, Dicuil, skrev år 825 att han inte fann någon is längs Islands södra kust och omkring år 865 anlände nordiska fartyg till Island då januariisen knappt nådde norra kusten och då

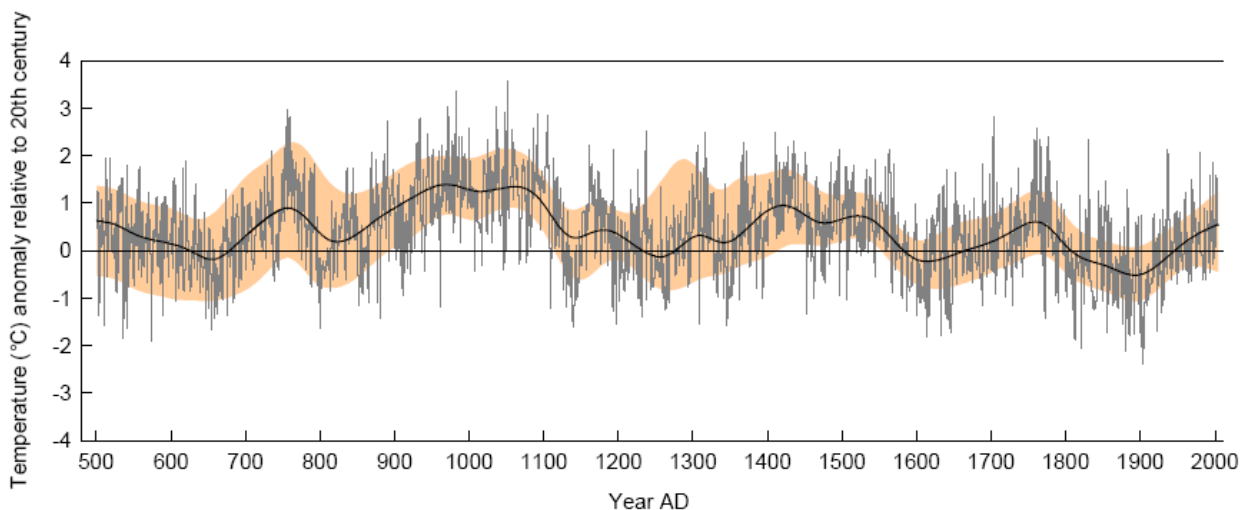
både sommar- och vintertemperaturer var vanligtvis högre än idag. Den nya kolonin hade aldrig överlevt vintrarna om de inte hade varit mildare än tidigare år.

På Grönland odlades havre, korn och råg. Det fanns ca 3000 nybyggare på ca 280 olika gårdar. Omkring år 1200 började klimatet skifta och det blev präglad av oväder i flera hundra år då torka och översvämningar var vanliga. Milda vintrar kunde följas av mycket kalla. Följderna var drastiska. Både hungersnöd och sjukdomar blev en följd av klimatförsämringarna vilket gjorde att befolkningen minskades kraftigt. Drivis började uppträda i farvattnen runt Island vilket försvårade kommunikationen men Grönland och runt 1450 räknar man att de sista bosättningarna som levde av odling försvann.

En naturgeograf vid Stockholms Universitetet, Håkan Grudd, har fått fram resultat som visat att Lappland under vikingatiden var varmare än man tidigare trott och att den uppvärmning som uppmätts idag inte på något sätt är varmare än andra perioder genom historien. Enligt Grudds mätningar var somrarna på 900- och 1000-talet någon grad varmare jämfört med 1900-talet. Grudd har använt sig av trädringsdata från Torneträsk.

<http://people.su.se/~hgrud/documents/Grudd%202008.pdf>

I slutsatsen i artikeln sägs det: “On decadal-to-century timescales, periods around AD 750, 1000, 1400, and 1750 were all equally warm, or warmer. The warmest summers in this new reconstruction occur in a 200-year period centred on AD 1000. A “Medieval Warm Period” is supported by other paleoclimate evidence from northern Fennoscandia, although the new tree-ring evidence from Torneträsk suggests that this period was much warmer than previously recognised.” Efter att detta skrevs har vi fått reda på från H. Grudd att medeltiden var något för hög i rekonstruktionen. Medeltiden och slutet på nittioalet bör ligga ungefär lika högt. Men dessa rekonstruktioner visar att vår tid är inte exceptionellt varm. Det har funnits lika varma tider tidigare.



Forskare har genom pollenanalyser sett att julitemperaturen på tundran i nordligaste Finland var omkring 0,8 grader högre under perioden 600-1000 än dagens. Den genomsnittliga vintertemperaturen i centrala Finland mellan 980-1250 var uppemot 2 gradervarmare än den idag.

Under MWP så spred sig bosättning, skogsrensning och jordbruk 100-200 meter uppför dalar och backar i Skandinavien och i centrala Norge förflyttade sig gränsen från nivåer som varit bestämda i mer än tusen år.

## 10.2 England

Sommarmånaderna var konstant tillräckligt varma och torra för att vingårdar skulle sprida sig tvärs över södra och centrala England så långt som till Hereford och till Walesiska gränser. Handelsvingårdar blomstrade 300-500 km norr om deras 1900-tals gränser.

Lantbruks- och statspopulationer ökade skarpt under medeltiden. Varma somrar och milda vintrar tillät små samhällen att odla på marginell jord och på högre höjd över havet än någonsin. 350 meter över havet på Dartmoors höjder och 320 meter över havet på Pennie Moors och Lammermuir Hills. Idag tillåter varken Dartmoor eller Pennie Moors skördar och höjdgränsen på Lammermuir Hills är betydligt lägre.

De två sista århundradena inom MWP medförde viktiga havsnivåhöjningar. Engelska våtmarker blev labyrinter av grunda kanaler och öar som försvarade för inkräktare.

Lantbruk blev avsevärt mycket lättare i det skottländska höglandet som ett resultat av MWP och skogar spred sig till trädlösa omgivningar.

## 10.3 Europa

MWP:s stabila väder var som en välsignelse till de fattiga jordbrukarna. Medeltida målningar visar på rikliga skördar. MWP var en riklig tid för Europa.

De genomsnittliga sommartemperaturerna var mellan 0,7 och 1 grad högre än 1900-talets. I centrala Europa var de ännu högre. Majfrost visste man inte av mellan 1100 och 1300.

Bönderna började odla djupare in i bergen. Under medeltiden blomstrade koppargruvor i Alperna tills avancerad is stängde igen dem.

Högre nederbörd spred sig över stora delar av södra Europa och över det västra Medelhavet. Som ett resultat blev några sicilianska floder manöverdugliga på ett sätt som skulle vara omöjligt idag. Medeltida broar, som de i Palermo, är idag mycket längre än nödvändigt på grund av att floderna var mycket bredare för 900 år sedan.

Medeltida européer byggde många katedraler då i tider av välgång och rikedomar. Så likt de nordiska erövringarna är också katedraler en konsekvens av ett globalt klimatfenomen, ett bestående arv från den varma medeltiden. Jämfört med vad som skulle följa så var dessa århundraden en klimatisk gyllene ålder.

Omkring 1300 visades de första tecknen på omsvängning i vädret i större delen av Europa. Efter många somrar av ösregn och usla skördar nåddes klimax år 1315. Säden hann inte gå i ax och det regnade så gott som oavbrutet från tidiga våren till sena hösten. Det blev början av en period av hunger, svält och sjukdomar i Europa. Får- och nötkreatur dog av utmärbling och epidemier. Tiden präglades av stormar, översvämningar, sandflykter, kalla och regniga somrar och av växande glaciärer.

Övergången MWP-LIA(lilla istiden) är en av världens snabbaste klimatförändringar i Holocene.

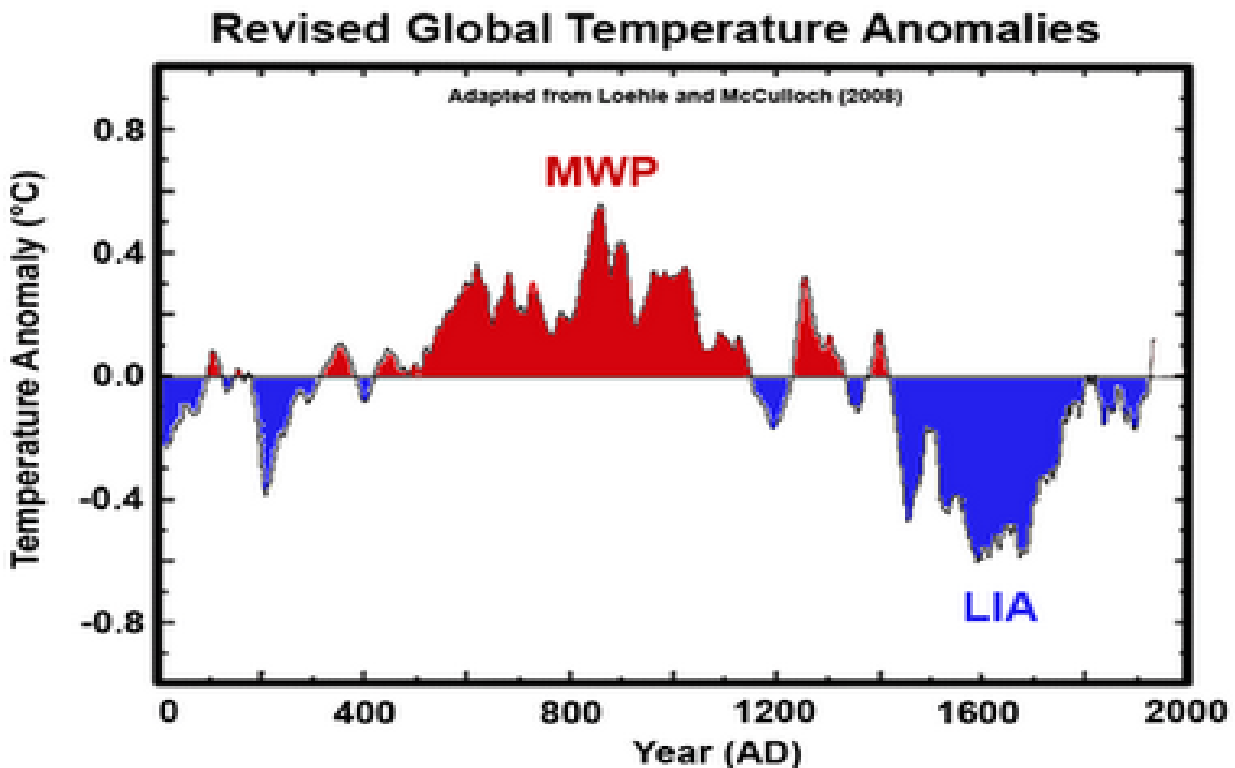
## 11. Lilla istiden

Av Madeleine Andersson

Lilla istiden tros ha inträffat omkring 1350-1860 e.Kr., men i västra Nordamerika har flera dokument visat att den inte tog slut förrän ca 1920. Allra kallast var det dock mellan 1400- och 1600-talen. Man kallar denna period för just lilla istiden eftersom det var den kallaste klimatperioden efter den stora istiden för ca 20 000 år sedan, men lilla istiden var inte lika kall och varade under en kortare period. Under denna period sjönk inte bara temperaturen, utan även nederbörden ökade och stormaktiviteten ökade med 85 %. Mätningar visar att växtperioden i England var ca fem veckor kortare än den var under de varmare delarna av 1900-talet och under lilla istiden snöade det upp till 30 dagar jämfört med 2-10 dagar under 1900-talet. Vintrarna var långa och hårda och somrarna var korta och regniga, dokument från denna tid berättar om hur böndernas skördar blev lyckade ungefär 40 % av åren. Det var alltså vanligare att skörden slog fel vilket ledde till att maten inte räckte till att mätta alla människor och matpriserna sköt i höjden, när

matbristen var som värst var vetepriiset fem gånger så högt som det hade varit under den varma medeltiden. Hungersnöden drabbade i huvudsak mest de fattiga som inte hade råd att hålla sig till dessa höga priser men även alla andra klasser var påverkade. Bristen på mat gick så långt att man i under 1600-talet t.o.m. kunde köpa råttor på marknaden.

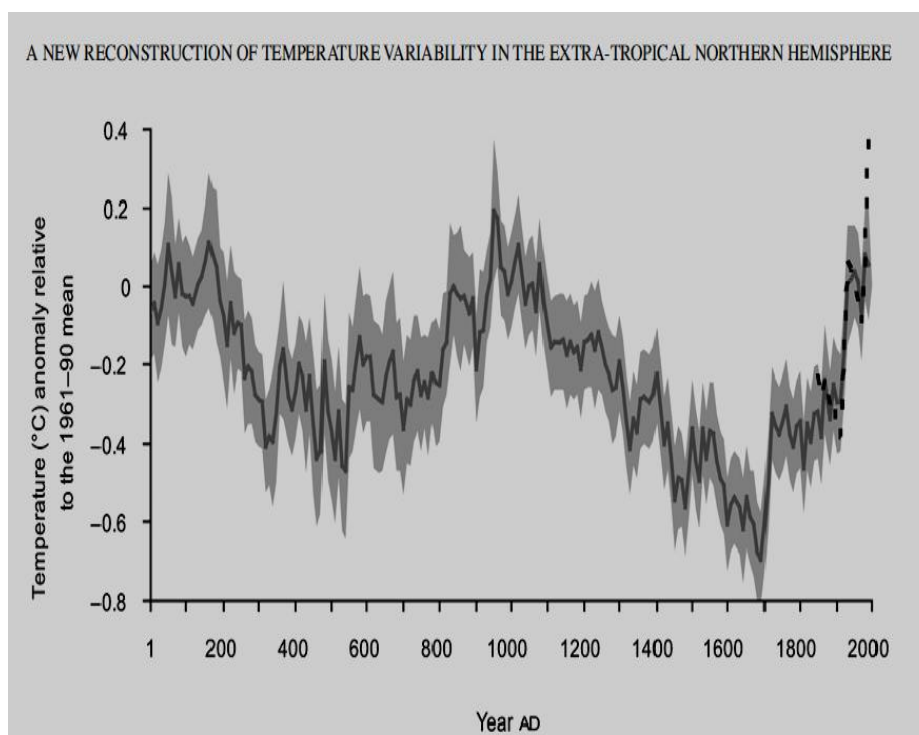
*Ett diagram som visar temperaturskillnaderna mellan den varma Medeltiden och Lilla Istiden.*



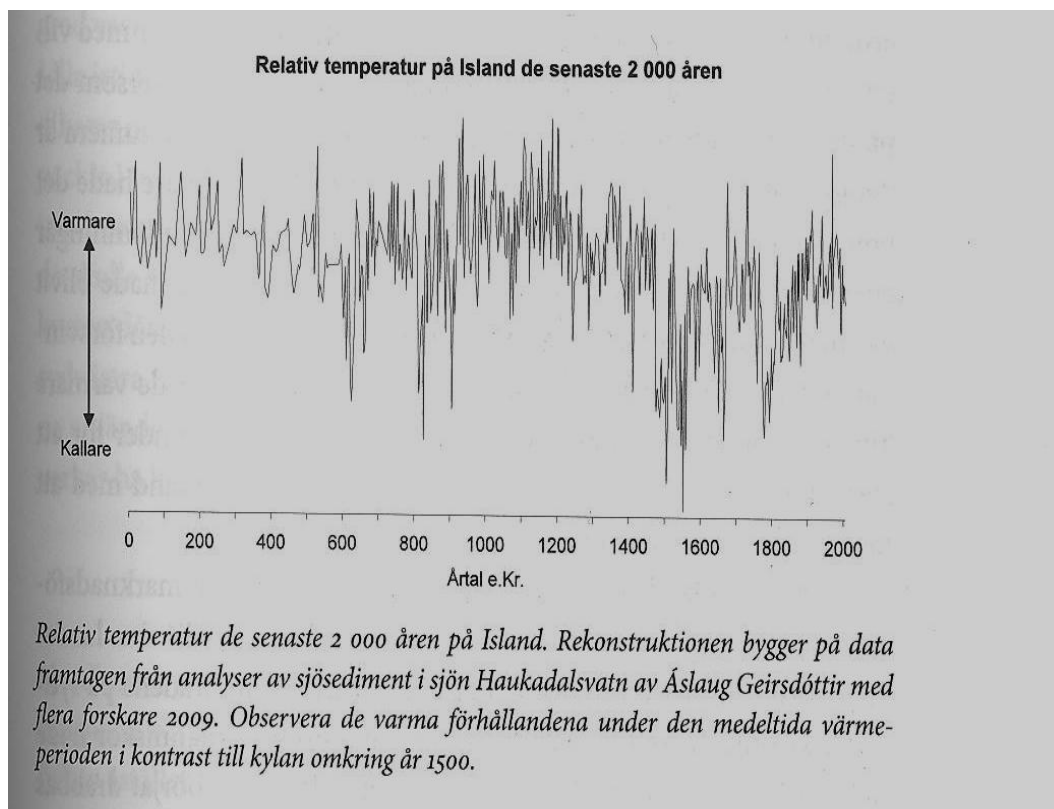
Men den drastiska klimatskiftningen gjorde inte bara att skördar misslyckades, den gjorde också så att de skandinaviska och de alpina glaciärerna under vintern växte mycket snabbt och då de inte smälte ner lika mycket på sommaren som vanligt utan att de avancerade ända ner i dalgångarna. Under lilla istiden hade glaciärerna sin hittills största utbredning sedan den senaste istiden.



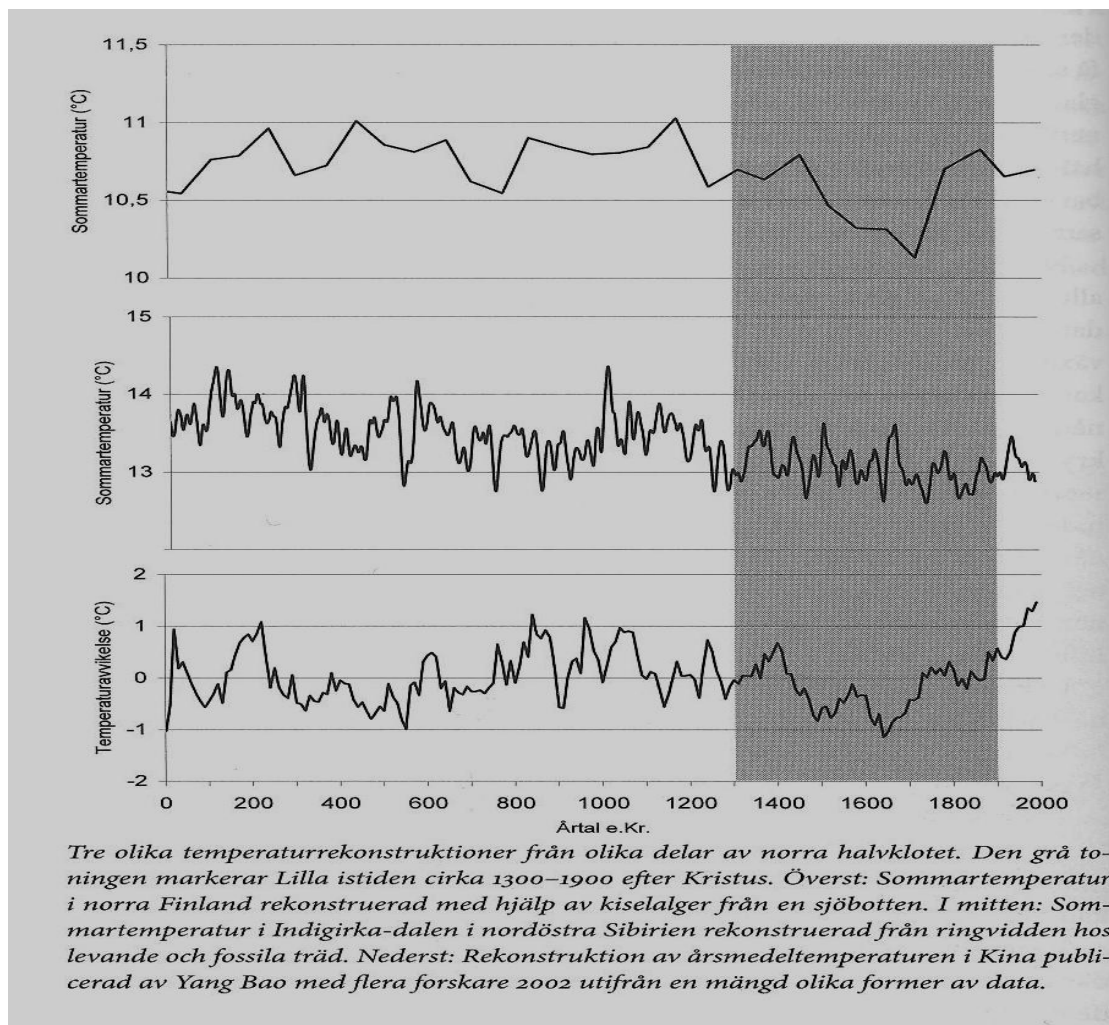
Glaciärerna förstörde allt i sin väg hus och lador krossades, träd bröts av som tändstickor och berg gröptes ur. Ett diagram av temperaturvariationen på den norra hemisfären under de senaste tvåtusen åren. Av Fredrik Charpentier-Ljungquist.



Detta kan jämföras med Islands temperatur. Från Fredrik Charpentier Ljungquist

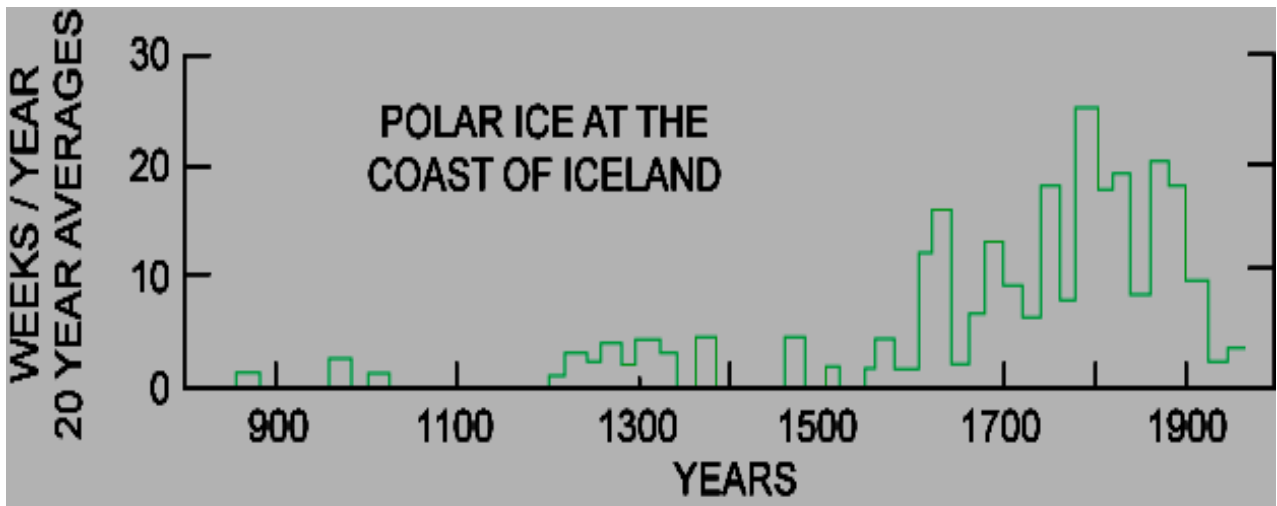


Lilla Istiden kan visas i diagram från Finland till Kina.



Ovanstående diagram är hämtade från boken "Global Nedkylning - Klimatet och människan under 10 000 år" av Fredrik Charpentier Ljungquist och återges med hans tillstånd..

Havet runt Island, som under den varma medeltiden hållit en ganska behaglig temperatur, blev nu så kallt att mer drivis började uppträda. Ju längre tiden gick desto mer is bildades kring Island och 1695 låg isen upp till 40 km ut från den isländska kusten, isen gjorde det nästintill omöjligt för båtar att lägga till och den danska regeringen övervägde att evakuera alla människor från Island eftersom kommunikationen blockerades och ingen hjälp skulle kunna sändas om tillståndet blev allvarligare. Isen låg i princip året runt vilket även gjorde att fisken, som varit huvudfödan på Island, försvann till varmare vatten.



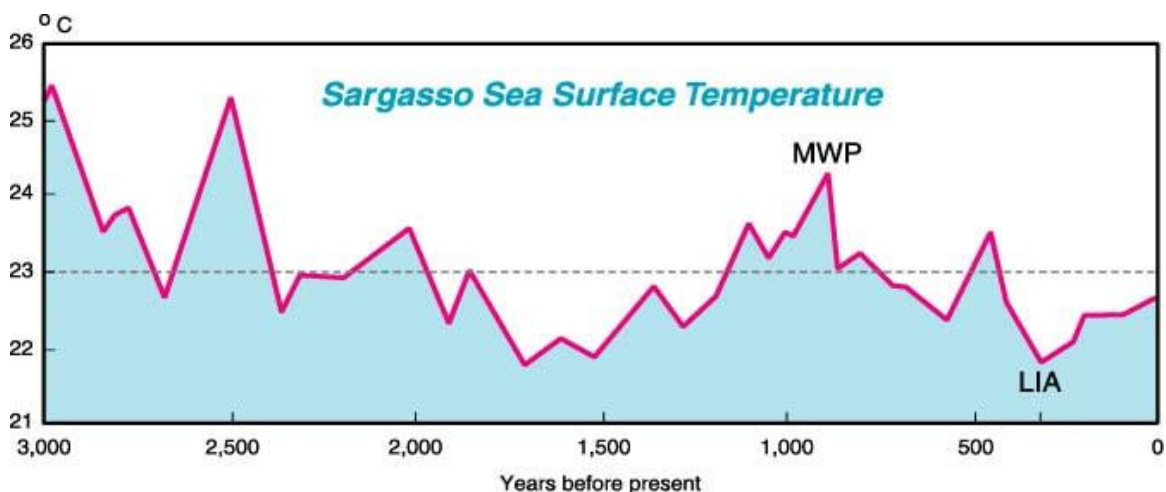
Diagrammet visar hur polarisen runt Islands kust växte ju längre Lilla Istiden varade, i början av 1900-talet hade isen dock i stort sett återgått till normal storlek.

Isen runt Island försvårade även vikingarnas kommunikation med Grönland. Grönland hade under den varma medeltiden blivit så varmt att man kunde ha en viss odling men grässlåtter var viktigast för deras kreatur och kolonisationen hade blomstrat, men i och med lilla istiden stannade kolonisationen av och vikingasamhället dog ut.

Just svält och sjukdomar var något präglade lilla istiden eftersom det regnade ofta och rikligt under somrarna så säden hann inte gå i ax. Detta gjorde att man fick usla skördar år efter år vilket i sig ledde till att man mindre foder att ge djuren på vintern så att även de dog av svält. När man är fysiskt försvagad gör det också att man har lättare för att drabbas av sjukdomar vilket gör att sjukdomarna utvecklar sig till epidemier. Kylan, epidemierna och hungersnöden gjorde att människans population minskade drastiskt i de norra delarna av jordklotet, men Lilla Istiden drabbade faktiskt inte bara norra Europa.

Trots att norra Europa drabbades hårdast av kylan blev även resterande delar av världen påverkade, dock varierade vädret. I Europa var misslyckade skördar p.g.a. kyla och för mycket regn men i sydöstra delarna utsattes man istället för extrem torka. Torkan gjorde även den lilla mängd vatten som man hade blev otjänligt eftersom vattnet blev stillastående och bakterier började växa. Därför dog man nu inte bara av undernäring, inte ens vattnet kunde man leva på.

### 11.1 Andra delar av världen



*Här är ett diagram framtaget genom tester av sediment på havsbotten i Sargassohavet. Det visar att temperaturen ändrades och blev kallare även där under Lilla Istiden.*

Fler diagram från olika delar av världen finns på följande länk,

<http://pages.science-skeptical.de/MWP/MedievalWarmPeriod1024x768.html>

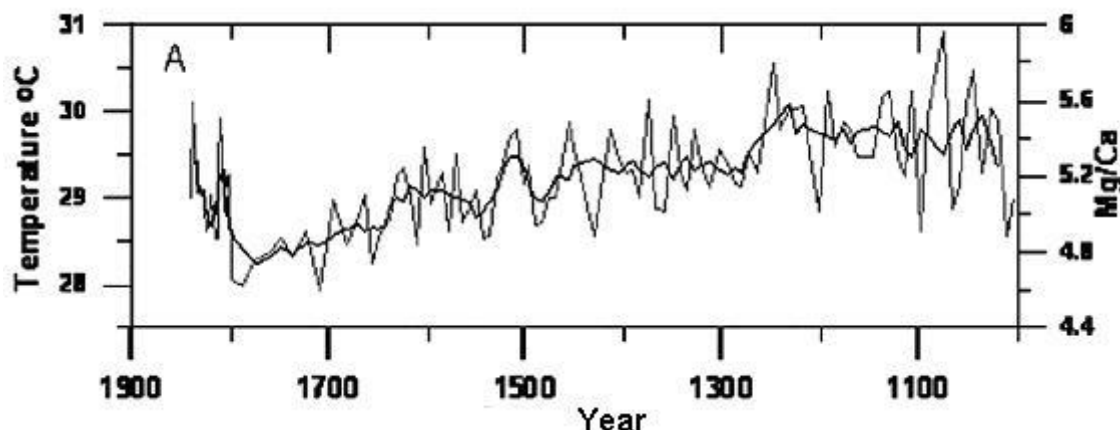
På Nya Zeeland började glaciären Franz Josef att i slutet av 1600-talet växa och glida ner i dalen där den störtade in i den tempererade regnskogen. Den fortsatte att växa och när den var som störst hade den bara tre km kvar till Stilla havet, där stoppades dock tillväxten och den har sedan dess långsamt krympt tillbaka till ursprunglig storlek och efterlämnat stora ändmoräner.

*Franz Josef på sin väg tillbaka.*



Glaciärer smälter inte undan i ett kontinuerligt tempo utan det går i perioder, smältperioder och tillväxtperioder, men sedan Lilla Istiden har vi haft varmare temperatur under längre perioder vilket har gjort att glaciärerna smält undan. Samtidigt som Franz Josef växte på Nya Zeeland

expanderades även glaciärerna i Kaukasus (landområdet mellan Svarta havet och Kaspiska havet), Himalaya, Kina och Peru.



Här är mätningar på sedimentet utanför Makassar Strait, Indonesien. Detta diagram visar att lilla istiden inte bara drabbade norra Europa och Nordamerika utan även länderna vid Stilla havet.

Ingen har hittills kunnat förklara varför vi har klimatförändringar, men man har lyckats hitta vissa sammanhang mellan t.ex. solens tillstånd och istider. Man har sett att under Lilla Istiden var solfläcksaktiviteten lägre. Solfläckar är mörka fläckar på solen som innebär att solen är något kallare i dessa områden. Mycket solfläckar innebär tvärt emot vad man skulle kunna tro att solen är varmare än normalt. Detta beror på att när solen är varmare än normalt är fler områden något kallare.

Jorden blev kallare när solen var mindre aktiv. Varför solen hade lägre aktivitet är en fråga som ingen ännu har lyckats svara på. Man vet också att när en nedkylning av jorden väl har börjat kan den bli i princip helt självförsörjande eftersom en ökad global snömängd kan reflektera tillbaka upp till 80 % av solens energi vilket leder till att jorden inte kan absorbera den värmeenergi som den brukar.

Lilla Istiden var förödande för många människor, i början av 1300-talet var det en stor svält och med svälten kom också svåra epidemier som digerdöden, men trots det lärde man sig under de ca 500 åren att leva med kylan. I Norge blev man tvungen att hitta en annan försörjning efter att mycket fisk hade lämnat vattnet utanför kusterna för att söka varmare breddgrader, man började då hugga ner skogen och sälja virket innan glaciärerna skulle hinna krossa den. Detta gav människorna i Norge ett någorlunda drägligt liv. När potatisen sedan började sprida sig i Europa medförde detta en förbättrad folkhälsa och fler människor överlevde än man gjort i början av Lilla Istiden.

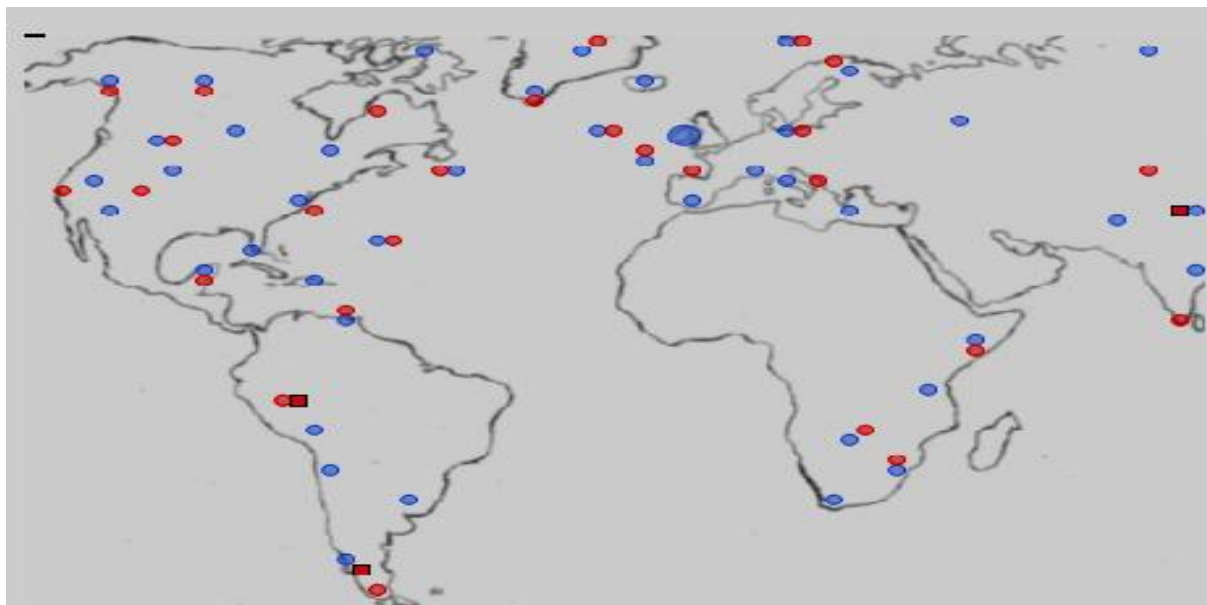
## 11.2 Varma Medeltiden och Lilla Istiden globalt

Av David Fahlgren

Var på jorden finns det tecken på den varma medeltiden och den lilla istiden? Svar på frågan ges av en undersökning som har gjorts av Willie Soon och Sallie Baliunas och det visas på kartan. De röda cirklarna visar var det var en varm period under medeltiden och de röda fyrkanterna visar var de inte förekom en varm period under medeltiden. De blå cirklarna visar var den lilla istiden förekom. Undersökningen visar att under den lilla istiden fanns det temperatursänkningar men de var inte under exakt samma tidsperiod över hela världen utan det förekom med några års mellanrum mellan

en del platser. Denna undersökning visar att det var varmare under medeltiden på det flesta ställena men inte enligt data från Chile, Antarktis och Himalaya där det inte var varmare under medeltiden.

Källa: CLIMATE RESEARCH vol.23:89-110, 2003



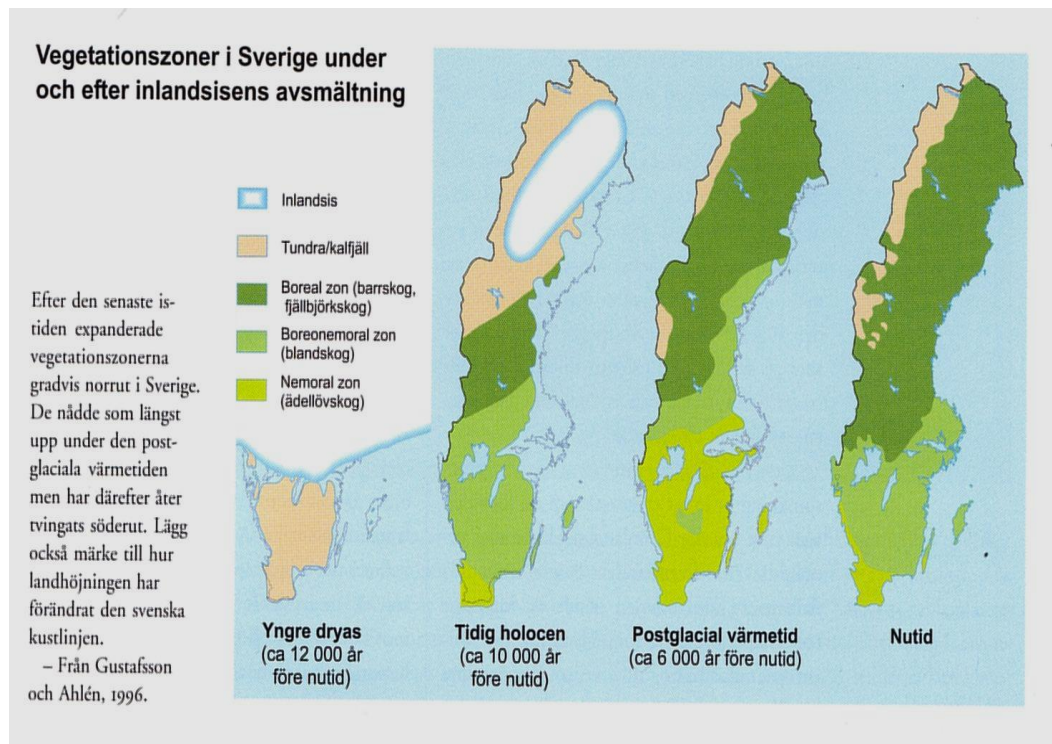
## 12. Klimatet i Sverige och världen genom tiderna

Av Lovisa Berthou och Linn Johansson

Klimatet har under alla tider varierat på olika sätt. I Sverige har temperaturen gått upp och ned och klimatet har hela tiden gått från varmare till kallare och tvärtom. Detta har påverkat landet på många sätt bland annat genom att ge naturen det utseende det har idag med sjöar m.m. De växt- och djurarter som finns idag är ett resultat av denna klimatpåverkan genom tiderna. Hur har klimatet varit de senaste 20 000 åren, hur vet man det och hur har klimatet påverkat oss?

För 20 000 år sedan var Skandinavien täckt av is, det var den så kallade istiden. Det var kritiskt för många arter, de tvingades söderut av klimatet och många hade svårt att klara sig. Detta är anledningen till att vi i Europa har ganska få arter i jämförelse med t ex Nordamerika. Sverige har formats av glaciärer av den sista istiden och klimatet. Glaciärer har en stor kraft att forma mark och skapa olika marktyper. Isen pressade ner jorden och bildade fördjupningar som fylldes av vatten som blev till sjöar och floder m.m. Skandinaviens klimat har i första hand påverkats av dess läge. Halvön ligger intill vatten, Nordsjön och Östersjön. När det ligger så nära stora vattendrag och polcirkeln har det stora effekter på klimatet.

För 15 000 år sedan blev klimatet allt varmare och isen började smälta bort. En värmeperiod pågick i Sverige, Alleröd tiden, som varade i 2 000-3 000 år. Avsmältningen tog flera tusen år och det dröjde ända till för ca 10 000 år sedan innan isen helt hade smält bort. Efter istiden blev det snabbt väldigt varmt och alla växter började komma tillbaka. Björk kom först, för ca 12 000 år sedan, och efter det kom tall, rönn och asp, som tillsammans utgjorde tundraskog.



→ *Vegetationszoner i Sverige under och efter inlandsisens avsmältning*

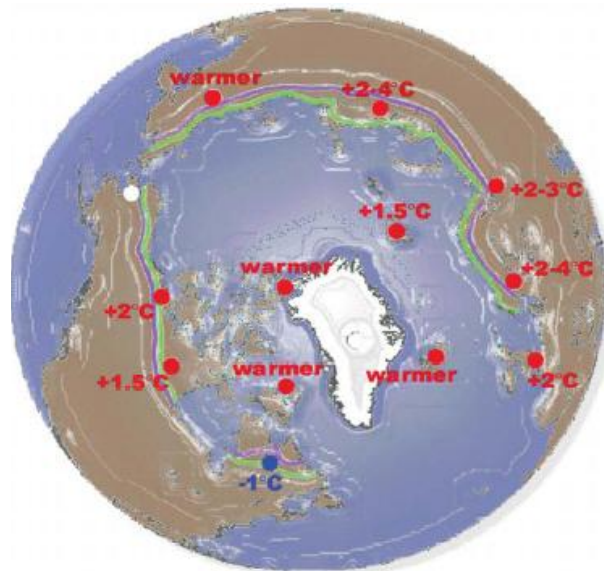
[http://www.nateko.lu.se/courses/NGEA08/doc%5Cann%5Cbernes\\_ch03.pdf](http://www.nateko.lu.se/courses/NGEA08/doc%5Cann%5Cbernes_ch03.pdf)

Klimatet försämrades igen för 11 000 år sedan och då fanns bara några enstaka björkar kvar, men bara 1 000 år senare blev det på nytt varmare och björken kom tillbaka. Denna kalla period kallas Yngre Dryas och temperaturen sjönk med ca sju grader på mindre än 50 år, vilket var en mycket kraftig temperatursänkning. Nordatlanten drabbades extra hårt, medan Medelhavsområdet knappt drabbades alls. Orsaken till denna drastiska temperaturförändring kan ha varit att det Nordamerikanska istäcket smälte och frigjorde stora mängder sötvatten, vilken störde den normala oceancirkulationen.

För 9 500 år sedan började en ny värmeperiod. Vid denna tid hade isen dragit sig undan helt och även Norrland invaderades nu av växter. Då bredde stora tall- och hasselskogar ut sig i Sverige. För ca 9 000-8 000 år sedan kom även al, alm, ek, lind och ask. Detta har man upptäckt genom olika pollenanalyser som gjorts. På de bördigaste markerna fanns ask, lind och alm, på de fuktigaste fanns al, på de steniga fanns ek och på de sämsta fanns tall, vilket visar att träd som tall är tåligare än vissa lövträd.

Tiden för mellan 8 000 och 5 000 år sedan var den mest gynnsamma tiden sedan istiden. För människorna var det stenålder. Trädgränsen i fjällen låg flera hundra meter högre än idag, vilket betyder att det var avsevärt varmare då och därmed kan vi se och undersöka det varierade klimatet och vegetationsutbredningen. Man har genom olika undersökningar, bl.a. kol-14-metoden, tagit reda på att temperatur- och humanitetsförändringar har lett till att björken idag utgör trädgräns och att lind var ett av de trädslagen som dominerade många skogar i södra och mellersta Sverige.

För ca 6 000 år sedan, tiden efter yngre Dryas, var det varmare än nu. Perioden kallas Holocene Optimum. I början av denna period var det varmt och torrt i stora delar av Nordamerika men det blev sedan kallare och våtare. I Himalaya var det 1,5-2 grader varmare än idag. I Europa och Antarktis var det 2-3 grader varmare än idag. Den genomsnittliga julitemperaturen var samma under denna period som idag, vilket man har kommit fram till genom tallforskning. Under Holocene fanns det andra faktorer som kan ha spelat in på klimatet, t ex solstrålning och markens fuktighet. Tallen kan då inte ha nått sin fulla utspridning. Under denna tid smälte även den norska glaciären Jostedalshelvet helt bort och havsnivåerna steg och var 2-3 m högre än vad de är idag. Trädgränserna i Alperna var högre upp än idag och den nordliga gränsen för barrskog var 250 km norr om den nuvarande gränsen.



*Temperaturer över världen under Holocen.*

För ca 5 000 år sedan började människorna bli bofasta, men klimatet blev kallare igen, vilket ledde till en ökad påverkan på mark och skog. Nu hade alla svenska trädslag kommit utom bok, men man kan däremot inte fastställa granens naturliga gräns i söder med tanke på mänsklig inblandning. Man brukar räkna med att granen inte skulle ha funnits i Skåne om inte människan hade hjälpt den dit.

För 2 000-3 000 år sedan sjönk temperaturen drastiskt och många växtarter dog ut. Denna period kallades fimbulvintern och infann sig i början av järnåldern. Nederbörden ökade i Medelhavsområdet och orsaken till detta kan ha varit stora vulkanutbrott och förändringar i solens strålning. Före denna tid var Sydsverige helt täckt av lövskog. Den största förändringen var den stora förlusten av lövskog som drabbade Sydsveriges skogar. Barrskogarna bredde ut sig.

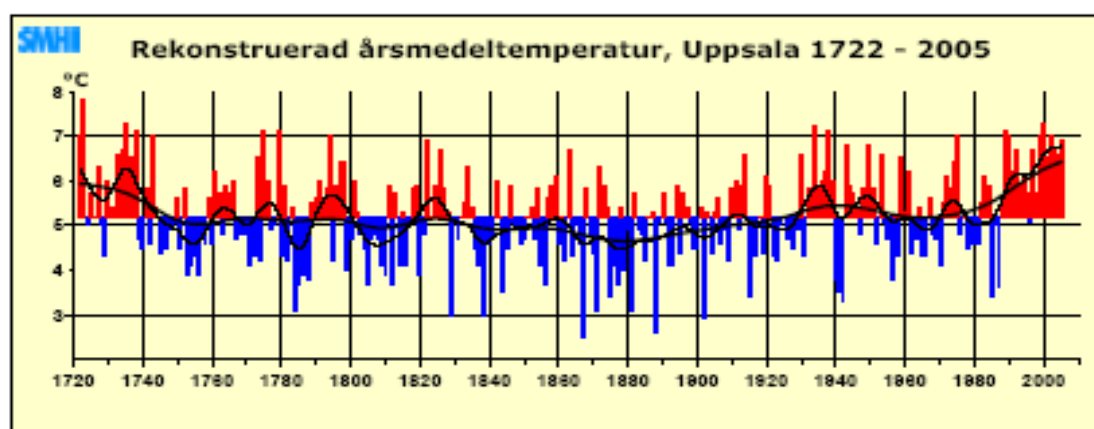
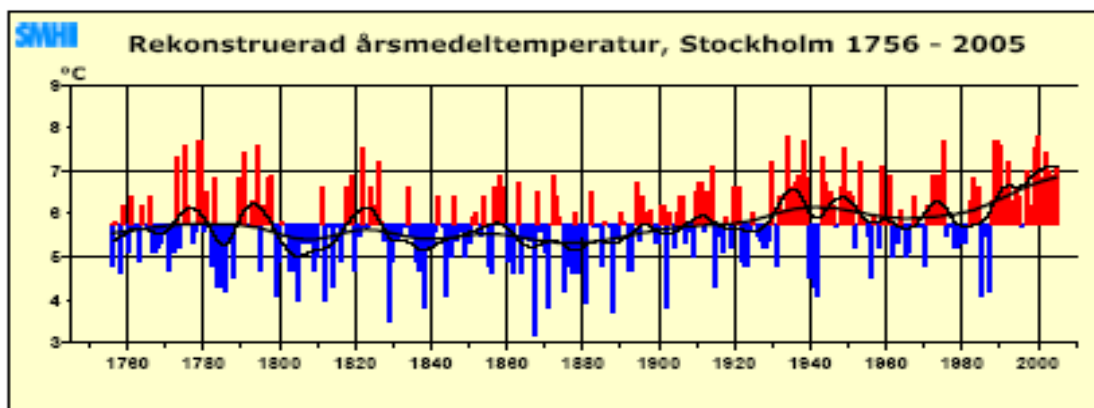
Efter detta kom ännu en ny värmeperiod som började ca 100 år efter Fimbulvintern. Det blev 2-3 grader varmare än idag i hela Sverige med mindre nederbörd. Vintrarna var fuktiga, blåsiga och kalla. Detta klimat kan tänkas ha påverkat landets arter genom att trädgränsen flyttades uppåt vid högre temperatur och fler arter kan ha kommit hit. Temperaturen kulminerade i den varma medeltiden. Klimatet fortsatte variera och år 1 400 kom "Lilla istiden" som varade till mitten av 1870-talet.

Med hjälp av olika studier och säkrare data kan vi få reda på hur klimatet var efter 1500-talet. Vi vet att Östersjöns medelvattentemperatur under 1900-talet var i snitt 4,6 grader, alltså något varmare än det normala, vilket är fyra grader. Extra varma perioder var 1930-, 1990- och strax därunder kommer 1950-talet. Under 1720-1730-talet var det lika varmt som år 1990. Vattentemperaturen under 1700-talet steg med 0,5 grader per årtionde, medan den i slutet av 1900-talet steg med 0,4 grader per årtionde. Detta visar att perioden under första delen av 1700-talet även var varm. Ett avbrott i den lilla istiden. 1740-1759 sjönk istället temperaturen med 0,4 grader per årtionde.

Några kalla köldperioder var 1694-1697 och kring 1789. Kylan var kortvarig men intensiv i jämförelse med 1940- och 1980-talen. År 1695 var det kallaste året inte bara i Sverige utan i hela Europa sedan 1500-talet fram tills nu. Om man studerar hur isen var under åren var 1730-,



1740-, 1930- och 1990-talen kan man konstatera att de var de år med minst is. Allra minst is var det år 1989 och 1961, medan det var mest is 1780, 1810 och 1690-talen.



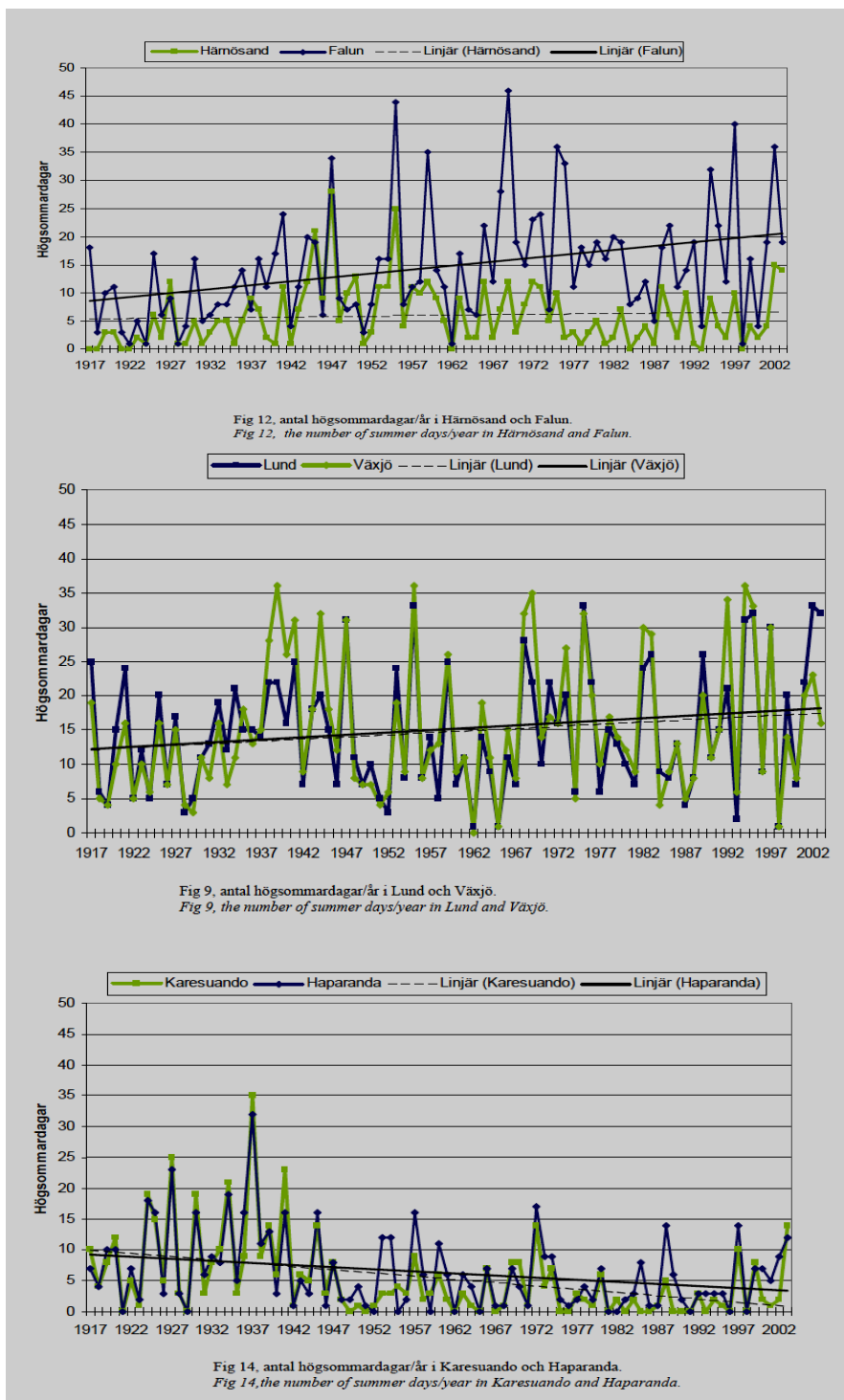
I dessa diagram ser vi medeltemperaturer i Stockholm och Uppsala från 1700- till 2000-talet. Genom att avläsa diagrammen ser vi att temperaturen har gått upp och ner under större delen av tiden. Både i Stockholm och i Uppsala var det runt 1880 en kall period, medan temperaturen åter vid 1940 steg för att därefter återigen bli kallare. Som vi ser stiger temperaturen igen runt 1980, men uppgifterna kring hur dagens och framtidens medeltemperaturer kommer se ut råder det delade meningar om. Professor Moberg i Uppsala jobbar med att revidera dessa diagram och han anser att den höga temperaturen under 1700-talet är en halv grad för hög. Dessa diagram finns att hämta hos SMHI. <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.2847>  
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.2855>

## 12.1 Somnardagar

De år i Sverige som har haft flest högsomnardagar är **1937** (mycket varmt till extremt varmt i hela landet, men längst i söder var det dock nära normalt), **1941** (varmt eller mycket varmt i stora delar av landet, men i Norrland och på ostkusten var det normal temperatur), **1947** (en av de fem varmaste somrarna på 100 år, mycket varmt eller extremt varmt i hela landet, i Målilla var det +38 grader), **1955** (normalt eller mycket varmt över hela landet, augusti månad var extra varm), **1969** (i västra Svealand och Sydvästra Norrland var det extremt varmt, Stockholm hade sin näst varmaste sommar), **1975** (mycket varmt i Götaland och Svealand, normal temperatur i södra Norrland, Karesuando hade sin tredje kallaste sommar), **1997** (mycket varmt och fuktigt i månadsskiftet juni-juli), **2002** (sommaren inleds med en varm och solig period, sjönk sedan till normala värden, samma sak i juli och augusti) och **2003** (30 grader i början av juni men sjönk sedan, det fina vädret kom

tillbaka i juli). Sommaren **2009** var extra kall och i Nordamerika var enligt undersökningar den tredje kallaste sommaren på 151 år.

Vi kan kanske av exemplen nedan läsa av hur temperaturen har ändrats med hjälp av hur många högsommardagar det har varit under åren i olika delar av Sverige under 1900-talet.



### Mellersta Sverige

Av detta diagram kan vi avläsa antal högsommardagar. Temperaturen har ökat mest i Falun, medan temperaturen har varit mer densamma i Hämösand.

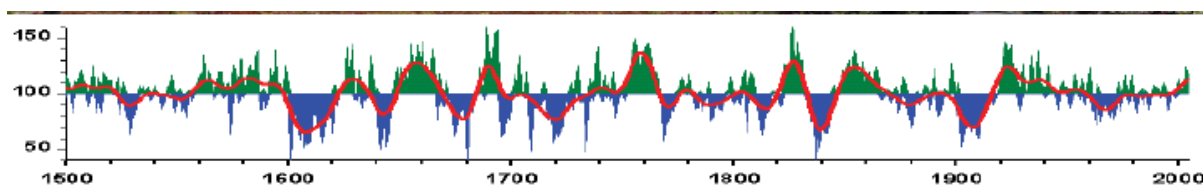
Södra Sverige, Lund, Växjö  
måttlig ökning av antalet högsommardagar

Norra Sverige  
temperatursänkning?

Diagrammen är hämtade från: <http://www.gvc2.gu.se/BIBLIO/B-serien/B398.pdf> och återges med författarnas tillstånd

Vi kan kanske härmed dra slutsatsen att det blir mindre högsommardagar och att det blir kallare i norra Sverige, vilket vi ser i diagrammet ovan.

## 12.2 Undersökning från Finland

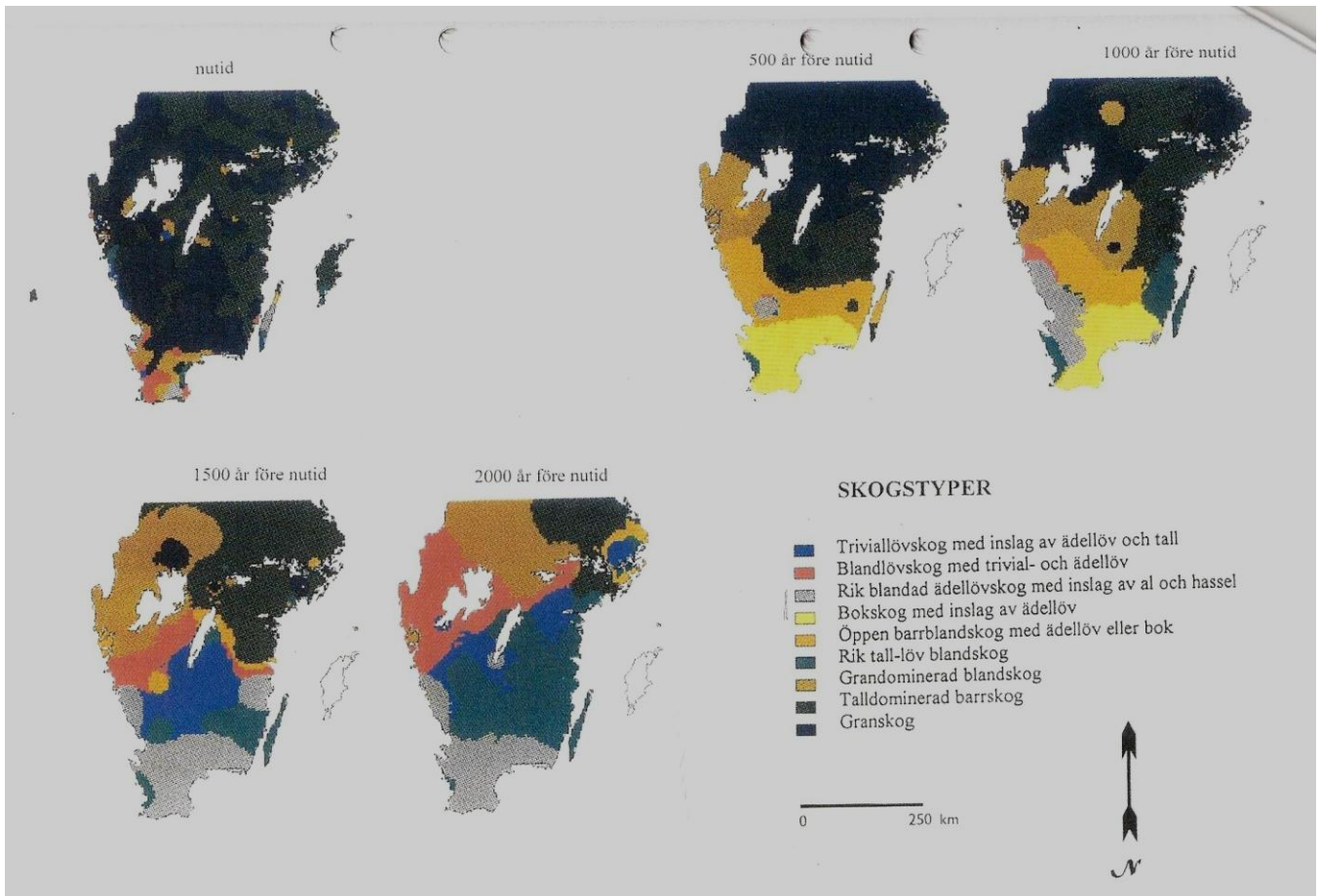


I Finland har undersökningar gjorts på tallar och de visade på olika temperaturförändringar. Med hjälp av dessa resultat har man kunnat se tallens spridning och därmed kunnat fastställa temperaturen i olika områden.

Det finns även studier i Finland som visar samma resultat som vi har fått i Sverige på klimatfronten. I norra Finland var det på 1920 och 1930-talet en ganska varm sommartid i jämförelse med det senaste tusentalet. Somrarna på 1930-talet var speciellt varma och jämfördes med temperaturer under 1500-talet. Större delar av 1500-talet hade mildt klimat, inte bara i Finland utan i stora delar av Europa över norra Alperna. Värmen varade till 1570 och denna period var varmare i Finland än 1900-talet. Efter 1570 ändrade klimatet kurs och det började blir kallt. Kallast var det under 1800-talet som också var den svåraste hundraårsperioden under det senaste årtusendet.



*Genom att studera trädringar i bra bevarade träd kan man se hur klimatet var förr. Träden låg bevarade i vatten och kunde då hållas i flera tusen år utan att brytas ned speciellt mycket, vilket gör det möjligt för dessa typer av analyser.*



→ Som vi ser på dessa bilder har skogarna förändrats under åren. Idag består nästan hela södra Sverige av barrskog, medan det för 2 000 år sedan fanns det väldigt många olika trädslag och en väldigt liten del av södra Sverige bestod av barrskog. Detta tyder bl.a. på att klimatet då var minst lika varmt som idag. <http://www.skogshistoria.nu/skannat/1999/G%20Björle.pdf>

Avslutningsvis kan vi konstatera att klimatet hela tiden har varierat och påverkat allt levande. Länder har varit allt från helt istäckta till att ha haft svåra värmeböljor. Det sker en hel del forskning om hur det har sett ut i världen vid olika tidpunkter. Frågor som däremot kan vara svåra att svara på är t ex; Hur skulle vi människor ha sett ut och levt om klimatet inte hade haft de förändringar till det bättre som det haft? Hade vi överhuvudtaget funnits? Det är frågor som man själv får fundera över med dessa fakta som grund och vi hoppas att vi med denna fördjupning har kunnat ge en ökad inblick i Sveriges, men även världens, klimat- och temperaturförändringar genom tiderna.

## 13. Framtiden

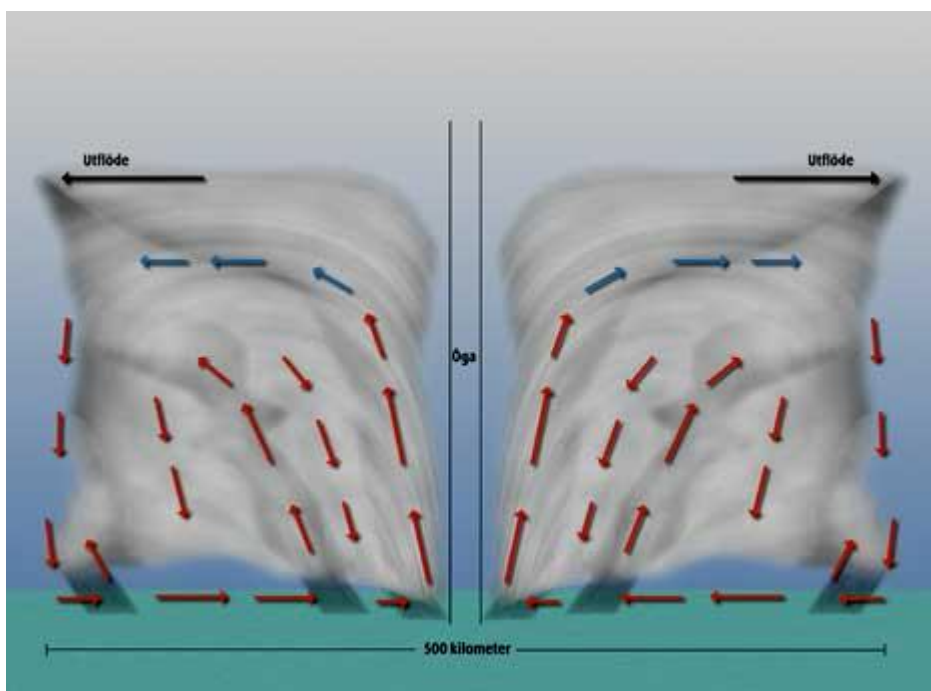
Av Mattias Hallersbo och Julia Liedberg

### 13.1 Klimatet och Katastrofer

Om klimatförändringarna är katastrofala eller ej finns det många synpunkter om. Förändringarna är svåra att beräkna, därför finns inte något klart svar på frågan. I vissa fall skenar de iväg bortom all kontroll vilket ger enskilda katastrofer så som stormar och orkaner. Först händer ingenting men sedan utvecklas mycket på en gång. Denna triggning eller "runoff-effekt" då en förändring sker snabbt och ger kraftiga konsekvenser, utlöser dessa katastrofer.

### 13.1.1 Cykloner

Det finns många olika definitioner av cykloner. Medelvindhastigheter över 32.6m/s kallas orkaner det finns också olika benämningar på dessa beroende på vart i världen de utbryter. I tropiska orkaner är vindhastigheten med god marginal ofta högre än 32.6m/s. Tropiska cykloner är gemensamma namnet för tropiska lågtryck (vindhastighet högst 17m/s), tropiska stormar (18-32m/s) och tropiska orkaner (minst 33m/s). Vindhastigheter under 32m/s kallas alltså stormar. I en tropisk storm är den undre gränsen för vindhastigheten 18m/s, övriga stormar har en undre gräns på 25m/s. de stormar som finns på våra breddgrader bildas vid polarfronten genom att kall luft från norr tränger in under varm luft från söder, som också den tränger in över den kalla luften. Tropiska orkaner bildas över hav och kräver att havstemperaturen når över 27 grader och att luften är varm och fuktig. Dessa orkanvirlvar vilka oftast bildas i tropikerna under sensommaren och tidig höst, är helt symmetriska till skillnad från våra egna lågtryck. De tropiska orkanerna får sin energi från vattenånga som havet avgett medan våra lågtryck får sin energi från temperaturskillnader mellan kalla och varma luftmassor. En annan skillnad är att tropiska orkaner är varma vädersystem, de är alltså varmare än omgivande luft även högt uppe i atmosfären. Våra lågtryck är kalla vädersystem. Tropiska orkaner varar också längre. De kan leva i 1-2 veckor medan våra lågtryck har en livstid på 3-4 dygn.



Vad som redan är känt är att det finns många forskare som påstår att det p.g.a. den globala uppvärmningen kommer bildas fler orkaner och stormar. Dessutom kommer de enligt dessa forskare öka i intensitet. Men det finns forskare som påstår att detta är felaktigt. Enligt en studie publicerats i tidskriften Nature Geoscience kommer den globala uppvärmningen att leda till ett minskat antal orkaner. En höjning av vattentemperaturen är en förutsättning för ökat antal stormar och orkaner, men det finns fler kriterier som måste uppfyllas. Den kända stormexperten och metrologen Chris Landsea gick i protest ur IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change, FN:s klimatpanel) då IPCC gick ut med att om vattentemperaturen höjs blir det automatiskt fler

orkaner. Chris Landsea, som verkar för ”National Oceanic & Atmospheric Administration, säger att detta är nonsens eftersom det då endast en kriterie uppfylls. Många forskare däribland Chris

Landsea påstår att det som IPCC gick ut med var inte vetenskap, det var politiskt. Det är sant att de tropiska cyklonerna fått allt större ekonomiska konsekvenser under senare år i USA, detta beror dock inte på att cyklonerna har blivit fler eller kraftigare, utan att samhället har förändrats. Data från ”Jarrell” visar att de tropiska cyklonerna inte ökat i antal under det senaste halvsekle. De ekonomiska skadeverkningarna har dock blivit större.

<http://www.mature.com/ngeo>

<http://www.esi-topics.com/tropical/interviews/ChrisLandsea.html>

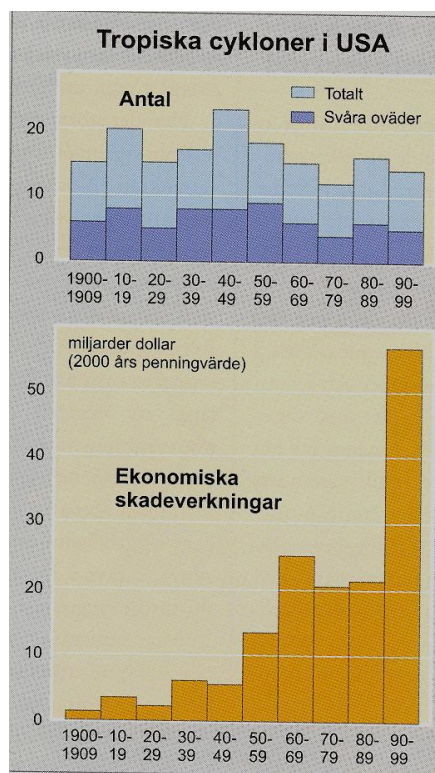
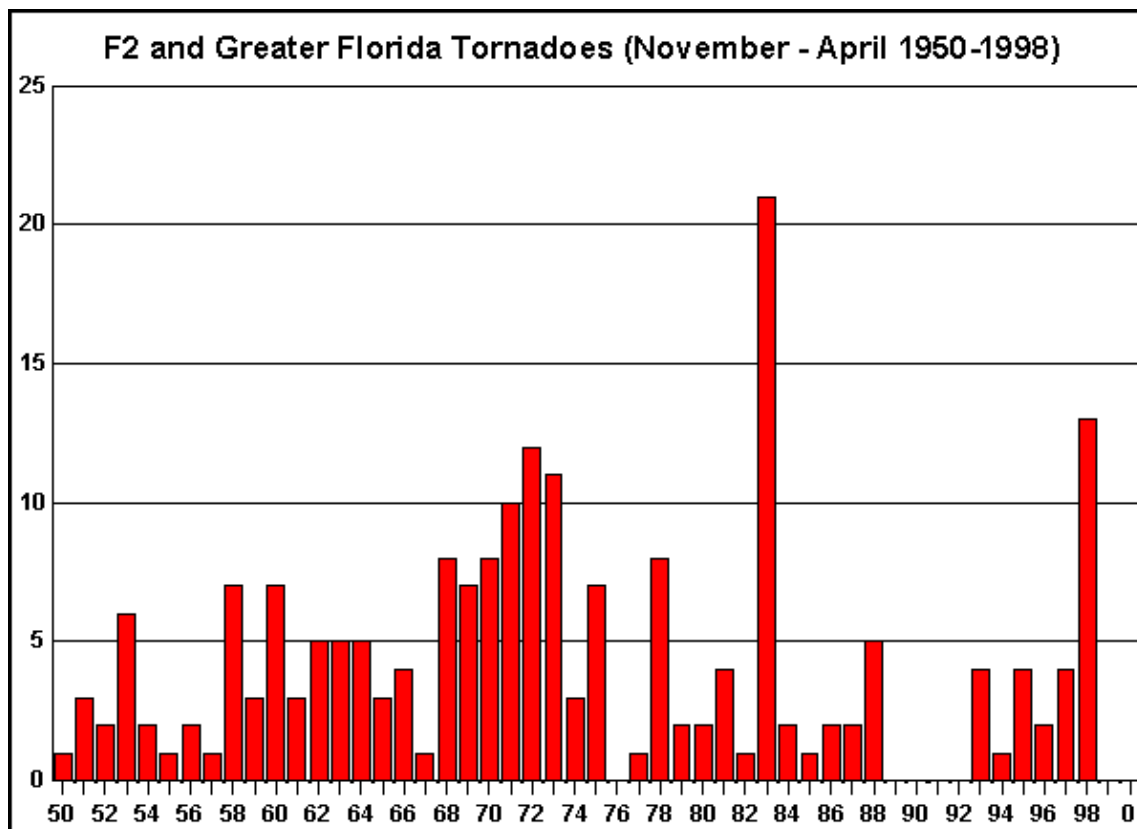


Bild från ”En varmare värld” monitor 18 NVV

I media är det vanligare med mer alarmistiska fakta, kanske är de mer spännande. På svt.se kan man läsa om att naturkatastrofer såsom stormar och orkaner, blir allt vanligare. Chris Landsea är däremot verkligen inte ensam om att kritisera dessa alarmistiska fakta. Han ingick tidigare i FN:s klimatpanel. I Florida har man samlat mycket fakta kring olika stormar och tropiska oväder.



(Diagram Florida) <http://www.srh.weather.gov/mlb/sls19paper10-1.html>

Jeff Master har publicerat ovanstående diagram. Självklart utbryter kraftiga tornadors fortfarande i Florida, men det är enkelt att från diagrammet utläsa att de minskat i antal. Det är svårt att finna trender i stormarnas antal och intensitet. Mätningar av vindhastigheter under det senaste halvsekle är någorlunda tillförlitliga. Men eftersom stormarna under en så kort tid är relativt ovanliga är det svårt att avgöra om de långsiktigt har blivit fler eller färre. Mer indirekta metoder används då man vill spåra förändringar i stormfrekvensen sedan något längre tid tillbaka. Exempelvis ger de lufttrycksskillnader som rådde mellan olika väderstationer en ganska god uppfattning om hur mycket det blåste kring väder stationerna. Ju större tryckskillnaderna var, desto kraftigare borde vinden ha varit. I bl.a. Nordvästeuropa har stormfrekvensen på detta sätt analyserats från 1880-talet och framåt.



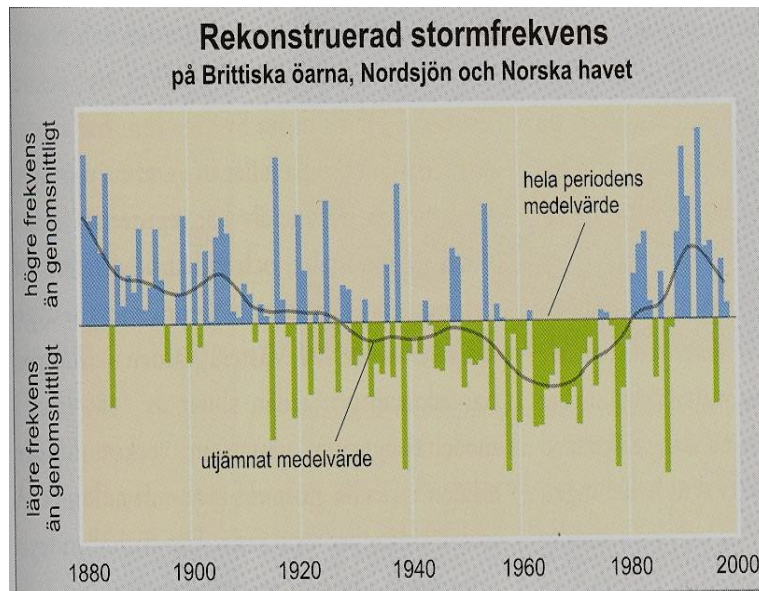
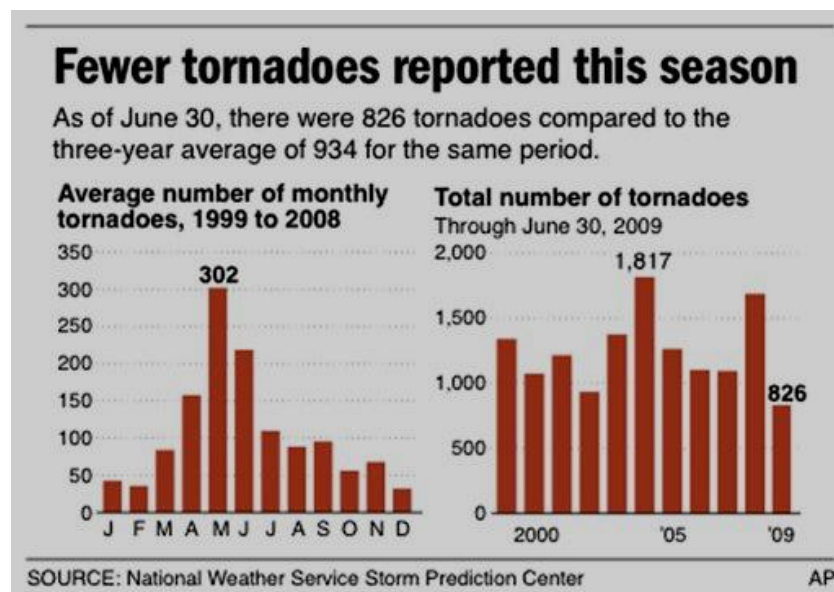


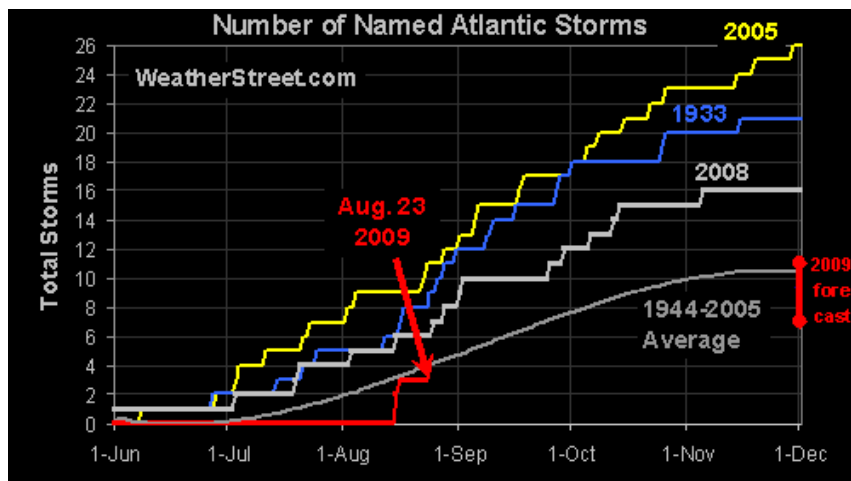
Diagram hämtat från ”En varmare värld” Monitor 18 NVV s41

Resultaten går att avläsa i diagrammet ovan till att börja med var stormarna vanliga men vid 1920 började frekvensen sedan avta till 1960-talet. Därefter ökar antalet stormar avsevärt fram till 1990-taltes början, sedan minskade antalet igen.

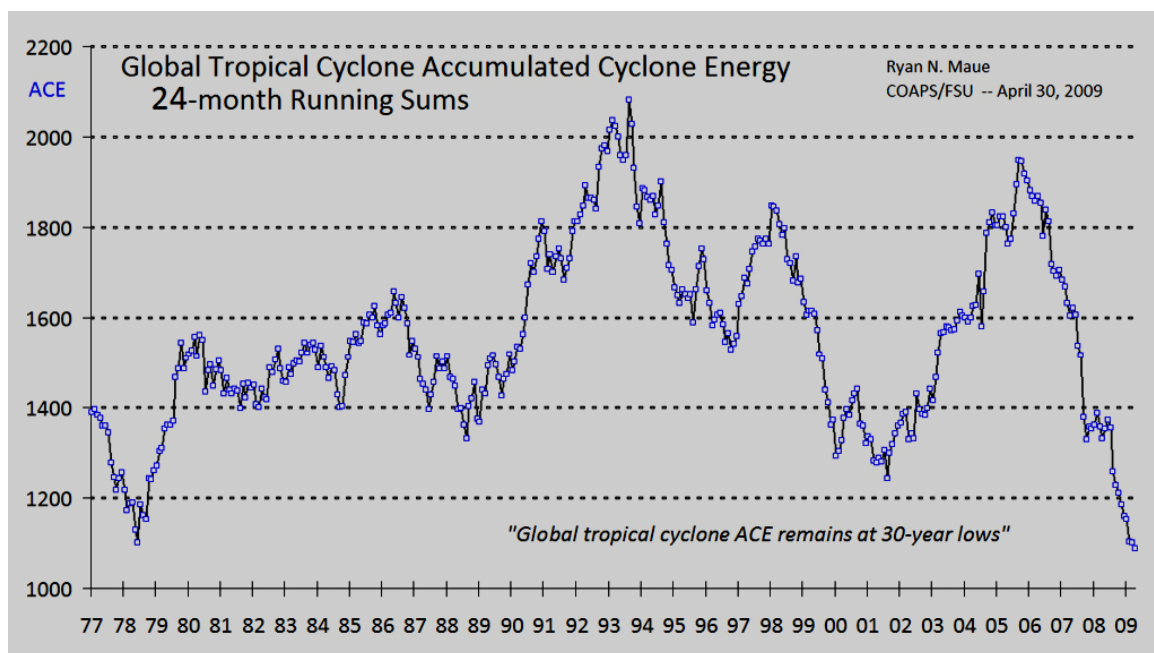


Båda dessa diagram visar på att tornados och stormar har minskat





Ryan Mave, som forskar mycket om orkaners aktivitet, har använt en ny mätmetod för att fastställa antalet cykloner under de senaste 30 åren. Nedan finns ett diagram där den ackumulerade cyklonenergin mäts under två år, ”Global Tropical Cyclone Accumulated Cyclone Energy 24month Running Sums”. Då den ackumulerade cyklonenergin mäts kan man fastställa följande.



Detta alldeles nya diagram visar att åren 2007 och 2008 har haft bland de lägsta ACE-värdena sedan de mest pålitliga satellitbilderna blev tagna för 30 år sedan. Enligt Mave så leder aktiva orkansäsonger i ett område till lugnare säsonger i ett annat område. Då stilla havet är kallare, vilket det är nu, så är Atlantens höga vindar långsammare. Detta ger bättre förutsättningar för orkaner. Mave menar att orkanaktiviteten går upp och ner från år till år. Det går enkelt att se från diagrammet.

<http://www.coaps.fsu.edu/~maue/tropical/>

<http://www.usatoday-printhis-clickability.com>



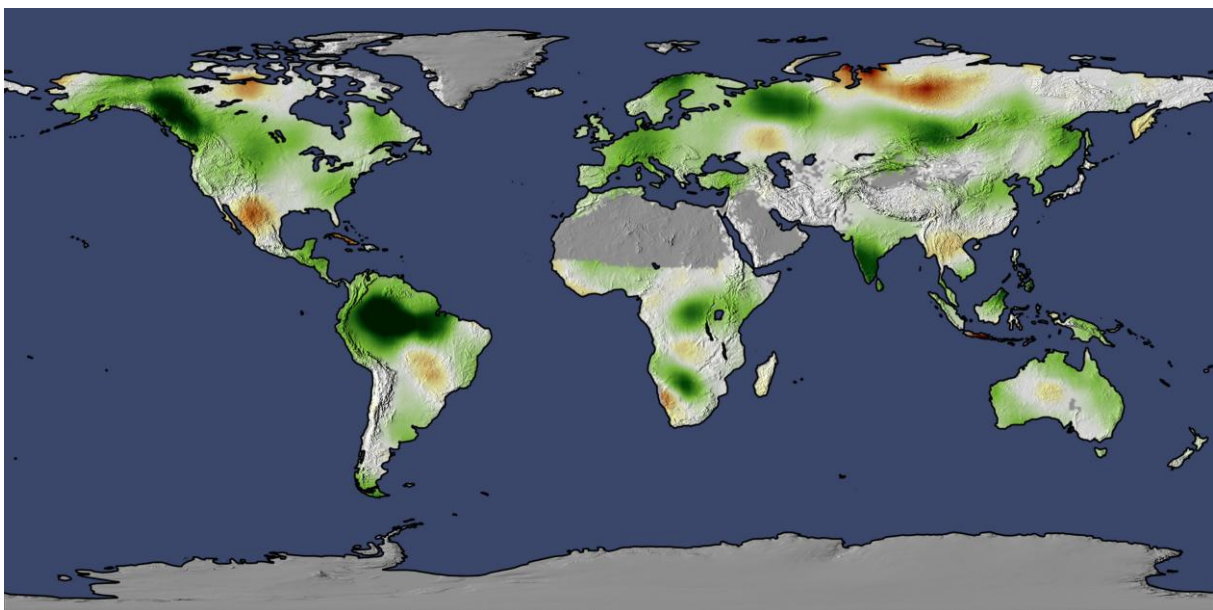
Ett annat sätt att få en uppfattning om orkaner minskat eller ökat är att undersöka det årliga antalet döda i orkaner eller stormar. I boken ”The Improving State of the World” kan man läsa att det årliga antalet döda i tornados hade en topp 1933 på 319 personer. Vid 2004 hade antalet sjunkit med 82 % till 57 personer. Man kan också läsa att det årliga antalet döda i orkaner har minskat med 97 % från 1909 till 2004. Detta säger en hel del om huruvida orkaner har ökat eller minskat i antal. Det finns alltså många fakta som säger att den globala uppvärmningen inte kommer ge ett ökat antal orkaner och stormar. Orkanforskaren William Gray påstod i juni 2007 att antalet orkaner kommer minska p.g.a. den svaga La Niña (den vanliga havsströmmen). Enligt Ryan Maves diagram stämde Grays påstående.

Kungliga Svenska vetenskapsakademien sa i ett uttalande i september 2009 ”Andra möjliga förändringar relaterade till ett allt varmare klimat, till exempel mer intensiva och frekventa tropiska och extra-tropiska cykloner och en intensivare nederbörd, kan inte urskiljas idag. Den stora ökningen av skador orsakade av kraftiga oväder i olika delar av världen, beror huvudsakligen på att mänskligheten idag utnyttjar mer utsatta platser och inte på ett mer extremt väder.”

[http://www.kva.se/Documents/Vetenskap\\_samhället/Miljo\\_klimat/Yttranden/uttalande\\_klimat\\_sv\\_090922.pdf](http://www.kva.se/Documents/Vetenskap_samhället/Miljo_klimat/Yttranden/uttalande_klimat_sv_090922.pdf)

### 13.2 Jorden blir grönare

Som sagt kvarstår frågan om klimatförändringarna är katastrofala eller inte. Att tillägga till denna fråga är att jorden faktiskt blir grönare.



Ramakrishna Nemani är en utav de forskare som undersökt förändringar i vegetationen. Enligt Nemanis undersökningar (ovan) så har 25 % av jordens vegetation mellan 1982 och 1999 ökat i produktivitet med en total ökning på 6 %. Det faktum att en fördubbling av koldioxidhalten kan ge en upp till 25 % större växtlighet påstår många forskare, däribland Nemani, är sant.

Turister som besöker vissa öknar blir allt mer besvikna, de har kommit för att se sand, men öknarna blir grönare och grönare för varje år. Namibiaöknen är en utav dessa öknar.

Orsakerna till ökande grönska är i en något förenklad form framför allt tre stycken säger professor Ulf Helldén, Lunds universitet. Den första orsaken är att växtligheten gynnas och breder ut sig på grund av den ökande koldioxidhalten i atmosfären. Den andra är den ökade temperaturen. Den ökade temperaturen leder till en längre växtsäsong. Detta fenomen är som mest påtagligt på kallare områden, eftersom en temperaturökning har större betydelse för växterna där. Den tredje orsaken är det vi människor som står för, vi har blivit bättre på att sköta marken vilket innebär att växterna klarar sig bättre.<http://www.fokus.se/2009/09/myt-att-oknar-sprider-sig>

Ännu en orsak till att öknarna blir grönare är förändringar i var vi lever. I Kina har de senaste årtiondens massflykt från landsbygden in till städerna gjort att trycket på jordbruksmarken minskar och landskapet får en chans att återhämta sig. Även jordens lutning och strömmarna i Atlanten påverkar klimatet. När jorden lutar som mest mot solen blir norra halvklotet varmare och regnen ökar. Tropikerna blir våtare och öknen förvandlas till savann. En svagare golfström leder till ett grönare Sahara.

Under de senaste 120 000 åren har Saharaöknen grönskat tre gånger. Geologen Rik Tjallingii har undersökt borrhärlor från havsbotten väster om Mauretanien. Borrhärlorna ger en tidslinje över den sand som kommit från Sahara och hamnat på botten. När Sahara har varit öken har sandstormar burit med sig mängder av grovkornigt sand. Under våtare perioder har växtligheten förhindrat sandstormarna, istället har floderna fört med sig finkornig sand. Genom att jämföra storleken på sandkornen från olika perioder kan Rik Tjallingii avgöra vilket klimat Sahara har haft.

<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap>



Rik Tjallingii har kommit fram till att de var för ca tio tusen år sedan Sahara grönskade. Nästan hela öknen var då täckt av savanner och skogar. Floder genomkorsade landskapet och på flera ställen fanns enorma sjöar, en av dem lika stor som Frankrike.

Enligt Rik Tjallingii tar varje cykel ungefär tjugo tusen år, och har en regelbundenhet som man skulle kunna ställa klockan efter. De våta perioderna varar mellan tusen och tio tusen år, övergångarna tar däremot bara några hundra år.

Växtligheten i sig har även den en stor inverkan på att klimatet förändras så snabbt. Att landskapet blir grönare genererar i mer regn, dessutom faller regnet i inlandet i stället för vid kusterna. Effekterna blir nästan explosiva, säger Tjallingii.

Att jorden har blivit grönare, och fortfarande blir grönare är alltså ett faktum. Växer växter bättre p.g.a. att det finns mer ”mat” för dem i atmosfären. Det finns mer koldioxid. Experiment har utförts på platser som USA och Europa då koldioxid pumpats in i skogar. Detta har gett en ökad växtlighet. Nuförtiden huggs också mindre skog ner och skogar återplanteras, vilket också det bidrar till en ökad växtlighet.

Som tidigare nämnt ställs fortfarande frågan: Är klimatförändringarna katastrofala eller inte? Ett klart ja går inte att svara på denna.

#### **14. Diskussion**

Behöver skolan skrämna eleverna för framtiden. En hel del av eleverna som sett Al Gores film känner stor oro för framtiden. ”Jag blev skiträdd sa en elev” Men denna film gör intryck genom överdrifter och arbetet ovan ger lite inblick i hur klimatet har ändrats under århundradens gång och vad som händer nu. Visst ska vi göra vissa förändringar och förbättringar men det finns ingen anledning till panik. Att till exempel Västtarktis och Grönland skulle smälta i någon större omfattning är otroligt och Östantarktis smälter inte alls. Det är ju annars havsytehöjningarna som ses som den stora faran i framtiden och som eleverna oroar sig mest för då de ser filmen. Det bestående intrycket är att det snart blir höjning av havsytan vilket kommer att dränka stora städer.

Vi kanske istället ska vara tacksamma för att vi har sluppit ur den lilla istiden med sitt sämre klimat och fler misslyckade skördar. Vi har ju fått en bättre och grönare värld.

## 15. Slutsatser

De trender som vi ser nu när det gäller klimatet, exempelvis temperaturhöjningar, glaciärernas avsmältningar, havsytehöjningar osv började för 100 – 300 år sedan. Trenderna är inte alltid linjära utan går i cykler som det visas även av den varma medeltiden och den lilla istiden.

Förhållandet mellan koldioxiden och temperaturen är logaritmiskt vilket betyder att ökade utsläpp i framtiden inte betyder lika mycket temperaturpåverkan som det vi hittills släppt ut.

Solen och den kosmiska strålningen har betydelse för klimatet.

Havsströmmarna har stor betydelse för klimatet.

De temperaturer som uppnåtts under 90-talet och början på 2000-talet ligger inom den naturliga variationen för vår jord. Mycket av det som skrivs om framtiden när det gäller klimatet bygger på ”värsta scenarier”.

Det är ännu inte lika varmt som det var när vi hade stenålder i vårt land och då alla glaciärerna i Sverige, Norge och Island var borta på grund av ett varmare klimat.

Någon accelererad havsytehöjning finns inte.

Atollöarna i Stilla havet är inte på väg att svämmas över.

Antal stormar har inte ökat.

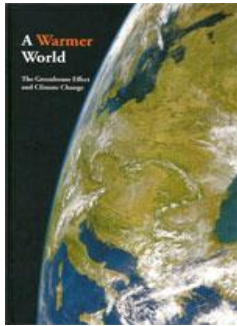
## 16. Referenser och bokrekommendationer

Till detta arbete har mycket material använts som ligger på nätet och länkar finns i de olika avsnitten för att läsare lätt ska komma åt källorna.

### Några böcker som använts är:

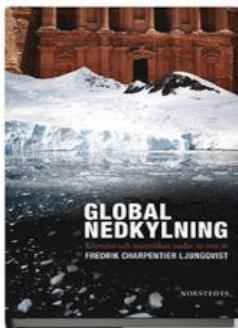
”En varmare värld” Monitor nr 18 Naturvårdsverket (finns nu endast att köpa på engelska)

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Om-Naturvardsverket/Vara-publikationer/?p=1>



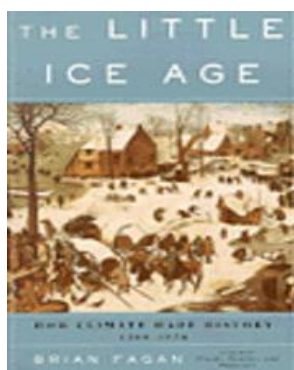
”Global nedkylning: klimatet och människan under 10 000 år” av Fredrik Charpentier-Ljungqvist

<http://www.bokus.com/bok/9789113021218/global-nedkylning-klimatet-och-manniskan-under-10-000-ar/>



The Little Ice Age av Brian Fagan

<http://www.bokus.com/bok/9780465022724/the-little-ice-age/>



NOVEMBER, 1922. MONTHLY WEATHER REVIEW.

THE CHANGING ARCTIC.

By GEORGE NICOLAS IFFT.

[Under date of October 10, 1922, the American consul at Bergen, Norway, submitted the following report to the State Department, Washington, D. C.]

The Arctic seems to be warming up. Reports from fishermen, seal hunters, and explorers who sail the seas about Spitzbergen and the eastern Arctic, all point to a radical change in climatic conditions, and hitherto unheard-of high temperatures in that part of the earth's surface.

In August, 1922, the Norwegian Department of Commerce sent an expedition to Spitzbergen and Bear Island under the leadership of Dr. Adolf Hoel, lecturer on geology at the University of Christiania. Its purpose was to survey and chart the lands adjacent to the Norwegian mines on those islands, take soundings of the adjacent waters, and make other oceanographic investigations.

Dr. Hoel, who has just returned, reports the location of hitherto unknown coal deposits on the eastern shores of Advent Bay—deposits of vast extent and superior quality. This is regarded as of first importance, as so far most of the coal mined by the Norwegian companies on those islands has not been of the best quality.

---

\* R. L. Holmes: Quart. Journ. Royal Meteorol. Soc., January, 1905.

The oceanographic observations have, however, been even more interesting. Ice conditions were exceptional. In fact, so little ice has never before been noted. The expedition all but established a record, sailing as far north as 81° 29' in ice-free water. This is the farthest north ever reached with modern oceanographic apparatus.

The character of the waters of the great polar basin has heretofore been practically unknown. Dr. Hoel reports that he made a section of the Gulf Stream at 81° north latitude and took soundings to a depth of 3,100 meters. These show the Gulf Stream very warm, and it could be traced as a surface current till beyond the 81st parallel. The warmth of the waters makes it probable that the favorable ice conditions will continue for some time.

<http://wattsupwiththat.com/2008/03/16/you-ask-i-provide-november-2nd-1922-arctic-ocean-getting-warm-seals-vanish-and-icebergs-melt/>

## Bilaga 2.

## Tabell över Nigardsbreen

TABLE 2.—Variation of the terminus of Nigardsbreen outlet glacier during the period 1710–1991 (based upon data in Østrem and others, 1976, and additional information)

Year	Variation (in meters)	Year	Variation (in meters)
1710–35	+2,800 <sup>1</sup>	1940–41	–41
1735–42	0	1941–42	–19
1742–43	+100 <sup>1</sup>	1942–43	–38
1743–48	+50 <sup>1</sup>	1943–44	–10
1748–1818	–540	1944–45	–43
1818–23	–70 <sup>1</sup>	1945–46	–35
1823–45	–80 <sup>1</sup>	1946–47	–113
1845–73	–710	1947–48	–145
1873–99	–595	1948–49	–92
1899–1903	–73	1949–50	–47
1903–07	+8	1950–51	–56
1907–08	–10	1951–52	–87
1908–09	+18	1952–53	–60
1909–10	–31	1953–54	–41
1910–11	+5	1954–55	–72
1911–12	–40	1955–56	–53
1912–13	–11	1956–57	–34
1913–14	–13	1957–58	–49
1914–15	–25	1958–59	–66
1915–16	–20	1959–60	–87
1916–17	–19	1960–61	–55
1917–18	–16	1961–62	–30
1918–19	–21	1962–63	–65
1919–20	–14	1963–64	–65
1920–21	–16	1964–72	–515
1921–22	+7	1972–73	–65
1922–23	–23	1973–74	–46
1923–24	–13	1974–75	–16
1924–25	+10	1975–76	–1
1925–26	+16	1976–78	–14
1926–27	–16	1978–79	+3
1927–28	+12	1979–80	+1
1928–29	+20	1980–81	–11
1929–30	+6	1981–82	+4
1930–31	–9	1982–83	–6
1931–32	–15	1983–84	–2
1932–33	–15	1984–85	–4
1933–34	–45	1985–86	–7
1934–35	–25	1986–87	+11
1935–36	+5	1987–88	–18
1936–37	–17	1988–89	+1
1937–38	–21	1989–90	+7
1938–39	–50	1990–91	+10
1939–40	–28		

<sup>1</sup> Approximative values only.