

Klimatskeptiker på KTH (några utdrag)

Detta är en personlig webbsida. [Mer information](#).

Dessa sidor fanns förut på [Klimatskeptiker på KTH](#) men plockades bort eftersom de inte överensstämde med ledningens syn på saken.

Solens påverkan

Solen har naturligtvis en avgörande betydelse för klimatet på jorden. Dels varierar solens utstrålning men framför allt varierar jordens lutning och dess bana runt solen. En del av dessa variationer är cykliska och man har kunnat koppla dessa till exempelvis de istider som jorden genomgår med jämna mellanrum. För att klimathotet skall kunna leva vidare så är det viktigt att den senaste tidens uppvärmning inte kan kopplas till dessa variationer; om den uppvärmning vi kan se är en helt naturlig förändring så försvinner hotets sista halmstrå.

Argumentet att dessa variationer inte skulle kunna ha någon påverkan är till viss del riktigt. De förändringar i omloppsbanan sker med så långa cykler att det inte skulle kunna göra någon skillnad på så få år som vi talar om. Om vi vill kunna förklara temperaturuppgången sedan 70-talet är det nog inte där vi skall leta. Solens har visserligen sin interna cykel på cirka 11 år men skillnaden i utstrålning är inte så stor att den skulle kunna förklara en temperaturuppgång.

Att solen har en stor inverkan är dock mycket troligt. Den så kallade Lilla istiden, från sen medeltid till ca 1850, var betydligt kallare än idag och detta sammanfaller väl med perioder då solen haft en mycket låg aktivitet. Hur den lägre aktiviteten skulle kunna ha så stora konsekvenser är dock inte klarlagt, den minskade utstrålningen mot jorden räcker knappast till för att ge en förklaring. Om dessa kalla perioder verkligen är en konsekvens av solens lägre aktivitet så måste det finnas någon annan mekanism som verkar.

Moln

Något som därmed skulle ha en stor effekt är om jordens molnighet förändrades. Varje strandbadare vet att ett moln gör rätt stor skillnad och den som har för vana att rumla hem sent på natten kan ha noterat att molnfria nätter tenderar att vara betydligt kallare. Moln förändrar klimatet dels för att de reflekterar inkommande solstrålning men det håller också kvar värmen om natten. Om man börjar läsa om molnens betydelse så hittar man en uppsjö rapporter som påvisar en del ena en del andra, klart är nog dock att en förändring i molnigheten på jorden skulle ha stor inverkan på klimatet.

De flesta anser att molnens totala effekt idag är att de kyler jorden så att vi lever i en värld några grader kallare än vad vi skulle om vi inte hade några moln. Hur molnbilden förändras över tid är dock mycket svårt att uppskatta och det är heller ingenting som de olika

klimatmodeller tar med i beräkningen. Vi kan dock ha i bakhuvudet att om jorden hade varit molnigare än idag så hade det nog varit kallare.

Galaktisk strålning

Nu skall vi och titta lite på det som kallas galaktisk strålning. Du kanske undrar vart vi är på väg; titeln var "Solens påverkan" men efter att först ha sagt att vi inte förstår hur den skulle kunna ha så stor påverkan, och sedan talat om moln så skall vi nu tala om galaktisk strålning? Alla pusselbitar kommer dock att falla på plats så hårdta ut.

Galaktisk strålning är de partiklar som vi hela tiden bombarderas av när vi susar omkring i galaxen, eller, rättare sagt bombarderas rätt så lite av när vi susar omkring i galaxen. Vi skyddas nämligen hela tiden av solen vars magnetfält skapar en skyddande bubbla i vårt solsystem. Galaktisk strålning består av partiklar som slungas i väg av exploderande supernovor och som efter några miljoner år når fram till vårt solsystem. De partiklar som inte leds bort av solens magnetfält kan träffa jorden och braka då rakt in i vår atmosfär.

När dessa partiklar slår in i atmosfärens övre lager ger krockar de med molekyler och ger upphov till olika joner. Att de hindras från att nå jordytan skall vi vara tacksamma för eftersom de inte är så hälsosamt att bli utsatt för. Hade vi inte skyddats av vår atmosfär hade livet på jordytan varit rätt så tufft.

En dansk skalle

Henrik Svensmark vid DTU i Danmark, har länge arbetat med en mycket intressant idé. Tänk om de joner som bildas slår sig samman och bildar små kärnor. Om dessa små kärnor blir tillräckligt stora så kan vattenånga i atmosfären kondenseras och bilda en liten vattendroppe. Många små vattendroppar är naturligtvis ett moln. Häng med nu:

- solens aktivitet påverkar den galaktiska strålningen med sitt magnetfält,
- galaktisk strålning kan påverka bildandet av moln och
- mer moln ger en kallare värld.

Om dessa tre samband gäller så ger det oss att: en inaktiv sol ger ett svagare magnetfält som ökar mängden galaktisk strålning som ger mer moln och då ger en kallare värld. Svensmark har en modell som skulle kunna förklara hur de relativt små förändringar vi ser i solens aktivitet skulle kunna ha en mycket stor påverkan.

Under de senaste tio åren har Svensmark arbetat med att genom experiment, bland annat vid CERN, kunna påvisa att partiklar verkligen kan påverka molnbildning. Han har även visat att det verkligen föreligger en mycket god korrelation mellan galaktisk strålning och temperatur både på mycket kort tid och under de senaste tusen åren. Det finns alltså en modell, där de fysiska förloppen är verifierat genom experiment och dess effekt överensstämmer med de observationer vi har, som kan förklara mycket av den temperaturförändring vi ser.

Äntligen

De som borde vara gladast om Svensmarks teori stämmer, visar sig konstigt nog vara de mest aktiva motståndarna. Om man tror att världen går under på grund av vår användning av fossila bränslen så borde man väl vara lättad att få höra att den uppvärmning vi sett de senaste decennierna inte beror på koldioxid utan på förändrad solaktivitet. Vi skulle kunna ta de miljarder som vi idag lägger på att minska koldioxidutsläpp till att göra någon verklig nytta för miljön men detta ses inte som något positivt. Det verkar vara tvärt om, en teori som talar emot att koldioxid är boven skall tystas och om inte det räcker baktals; det är en bra konstig värld vi lever i.

Koldioxid i atmosfären

Om vi skall göra en liten sammanfattning över varför man bör ta alla klimathot med en nya salt så kan vi börja med att titta på koldioxid i atmosfären.

Vi kommer inte att dö av förgiftning

Koldioxid är inte en giftig gas, de koncentrationer som finns eller kommer att finnas i atmosfären är långt under vad som anses farligt. Luften inomhus ligger ofta uppemot 1000 ppm och det finns gränsvärden inom vissa yrken på 5000 ppm. Den luft vi andas ut ligger på nästan 40.000 ppm så det är långt över de 400 ppm som vi idag uppmäter i atmosfären.

Man kan ju tänka att vi genom att bränna kol och olja kommer att öka atmosfärens koncentration i oändligheten, men så är inte riktigt fallet. Vi konsumerar idag fossila bränslen som motsvarar ca 10 Gt kol om året, vilket är betydligt mer än vad vi gjorde i början på 60-talet då vi bara förbrukade ca 2.5 Gt om året. Om koldioxiden från de fossila bränslena som vi förbrukat de senaste två hundra åren skulle ackumulerats i atmosfären så skulle atmosfären innehålla bra mycket mer koldioxid än vad den har idag. Nu står koldioxid i atmosfären i ständigt utbyte med haven och koncentrationen av koldioxid i atmosfären höjs inte så mycket som man kanske tror.

Av den ökning från 316 ppm till 400 ppm som vi sett sedan 1959 så har fossil användningen stått för kanske hälften. Den andra hälften är ett resultat av den temperaturökning vi sett; ett varmare klimat gör att haven avger mer koldioxid.

Vilken nivå är lagom

Om vi bortser från klimathotet för ett tag och ställer oss frågan om ökade koldioxidnivåer är bra eller dåligt så är svaret rätt lätt - det är bra, till och med mycket bra. Vi lever idag i en värld där växtligheten är begränsad på grund av brist på koldioxid. Om vi lyckas öka nivån av koldioxid i atmosfären så skulle det (vilket vi kanske redan sett) ge oss en grönare planet.



Detta är ingen hemlighet; varenda större tomatodlare i landet har en gastank kopplad till sitt växthus och höjer nivån till ca 800 ppm för att öka skörden. Om vi vid slutet av seklet lyckas få upp koldioxidnivån till 500 ppm i atmosfären så kommer det att vara någonting av det bästa mänskligheten har gjort för att förbättra vår miljö.

Vilken nivå kommer vi att ha

Vilken nivå kommer vi då att ha vid slutet av seklet - en svår fråga eftersom det till stor del beror på hur varmt eller kallt det kommer att bli. Vi kan dock räkna på hur mycket vi kan bidra med från fossila utsläpp. Vi bidrar idag med ca 50 ppm av de 400 ppm som vi har i atmosfären. Om vi antar att vi fortsätter att öka vår konsumtion av fossila bränslen till 20Gt år 2050 och sedan behåller den nivån så kommer vi att kunna bidra med ca 140ppm, inte mera. Frågan är väl kanske hur mycket fossila resurser det finns på vår jord och om inte kärnkraft har tagit över som energikälla innan vi når dessa nivåer.

Låt oss för enkelheten skull anta att vi kan trycka upp koldioxidnivån med 140 ppm. Om temperaturen inte förändras så kommer vi då att tangeras 500ppm vid seklets slut. Om temperaturen sjunker så kanske vi bara ligger kring 450ppm, om den ökar så kanske vi kommer ligga runt 550ppm - det är i det området och med den osäkerhet vi rör oss.

När vi minskar vår konsumtion av fossila bränslen, vilket vi kommer att göra förr eller senare, så kommer koldioxidnivåerna dessvärre snart gå ner på naturliga nivåer.

Temperaturen och hotet

Är en varmare värld ett hot? Det är kanske lite tycke och smak men om man ser tillbaka på historien så kan vi kanske vara överens om att varmare perioder i mänsklighetens historia också varit de bättre perioderna.

En bra bok som ger lite perspektiv:

- Klimatet och människan under 12000 år av Fredrik Charpentier Ljungqvist

Klimatkänslighet

En central fråga, oavsett vad upphovet till den ökade koldioxidkoncentrationen vi sett, är hur mycket koldioxid i atmosfären påverka klimatet. I dessa frågor så är klimatet konstigt nog nästan liktydigt med global medeltemperatur och vi kan väl låta det vara så för den här reflektionen. Man talar om koldioxids "klimatkänslighet" och vill då beskriva vad en fördubbling av mängden koldioxid i atmosfären skulle betyda i temperaturförändring.

Det första vi kan konstatera, så har vi det ur vägen, är att koldioxid är en s.k. "växthusgas" och har en inverkan på temperaturen - den stora frågan är hur mycket. Början på svaret är delvis helt okontroversiellt men följderna av inledningen kanske är där åsikterna drar isär.

Man kan räkna på hur mycket en fördubbling av koldioxid i atmosfären bör göra för temperaturen och den siffran är under 1 grad Celsius. Nu är det beräkningar som gör en mängd antagande om hur mycket vattenånga atmosfären innehåller, hur mycket moln det finns mm. Det finns även en diskussion om koldioxid har någon som helst inverkan men för att få lite perspektiv på klimathotet behöver vi dock inte fastslå om den verkliga siffran är 0.5 grader eller 0.9 grader, resultatet är det samma.

Varför en fördubbling

Den temperaturförändring vi talar om är för en fördubbling av koldioxiden, från säg 300 ppm till 600 ppm. Anledningen till att man talar om fördubblingar är att varje fördubbling har samma effekt. Att gå från 100 ppm till 200 ppm har samma effekt som att gå från 200 ppm till 400 ppm eller från 400 ppm till 800 ppm. Den ökning vi ser har alltså mindre och mindre betydelse allt eftersom koncentrationen ökar.

Det sagt så har denna avtagande effekt mycket liten inverkan för de små variationer vi talar om idag. Den påverkan vi skulle få när vi gick från 315 ppm till 365 ppm (+50 ppm, en ökning med 16%) är inte mycket större än den påverkan vi skulle se från 365 ppm till 415 ppm (+50 ppm, en ökning med 14%). Det kan dock vara skönt att i bakhuvudet ha att en ökning med 50 ppm får mindre och mindre betydelse och om vi verkligen skulle fördubbla den nuvarande koncentrationen till säg 830 ppm så skulle 50 ppm extra ha en mycket liten påverkan (+50 ppm, en ökning med 6%).

Vad betyder en grad

Om vi antar att koldioxid har en klimatkänslighet på en grad så kan vi beräkna hur mycket den koldioxiduppgång som vi sett sedan slutet på 50-talet betytt för jordens medeltemperatur.

Sedan de kontinuerliga mätningarna av koldioxidkoncentrationen började 1959 har den ökat från 315 ppm till 410 ppm, en ökning med 13%. Det skulle, om vi utgår från en grads förändring vid fördubbling, ge en temperaturuppgång på under 0.2 grader. Det är så lite att det fullständigt drunknar i de naturliga variationer vi har. Om man ändå vill hävda att 0.2 grader är en ohållbar uppvärmning så kan man beakta att våra fossila utsläpp endast står för

hälften av den förhöjda koldioxidkoncentrationen. Vi är alltså då ansvariga för en uppgång på 0.1 grad. Vi har under samma tid sett en temperaturuppgång på kanske 0.5 grader - den mänskliga delen är alltså 0.1 grader av 0.5 grader.

Det är värre än vad vi trodde

Den alarmistiska synen är att hela temperaturuppgången beror på koldioxid. Det måste betyda att det finnas en förstärkningseffekt som gör att den lilla förändring som vi får från koldioxid i praktiken blir dubbelt eller tre gånger så stor. Det man vill hävda är att en varmare värld leder till att världen blir ännu varmare. Detta är i sig ingen konstig idé och det finns säkert omständigheter som gör att värme förändrar förutsättningar så att det blir ännu varmare. Man skall dock veta att även om sådana effekter finns så betyder det inte att temperaturen kommer att skena. Låt oss som exempel anta att en uppvärmning på en grad medför att det förändrar systemet så att det egentligen blir en och en halv grad varmare, denna extra halva grad kommer naturligtvis att även den förändra systemet och vi är kanske snabbt på väg mot oändligheten. Om man summerar alla extra grader så slutar man dock på ringa en grad ($0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.0625 + \dots = 1$).

Den förstärkande effekt som man oftast hörs nämnas är att mängden vattenånga i atmosfären skulle öka. Vattenånga är som koldioxid en s.k. växthusgas och det är inte orimligt att tro att till exempel ett varmare hav skulle ge ifrån sig mer vattenånga. Det är dock så att vi inte sett några tecken på att vattenångan i atmosfären har ökat (tvärt om så har den kanske minskat) så det finns inga observationer som styrker denna effekt. Andra effekter, mer spektakulära händelser, skall vara att "tundran tinar", "metan frigörs" mm men vi kanske skall ta dem med en nypa salt så länge.

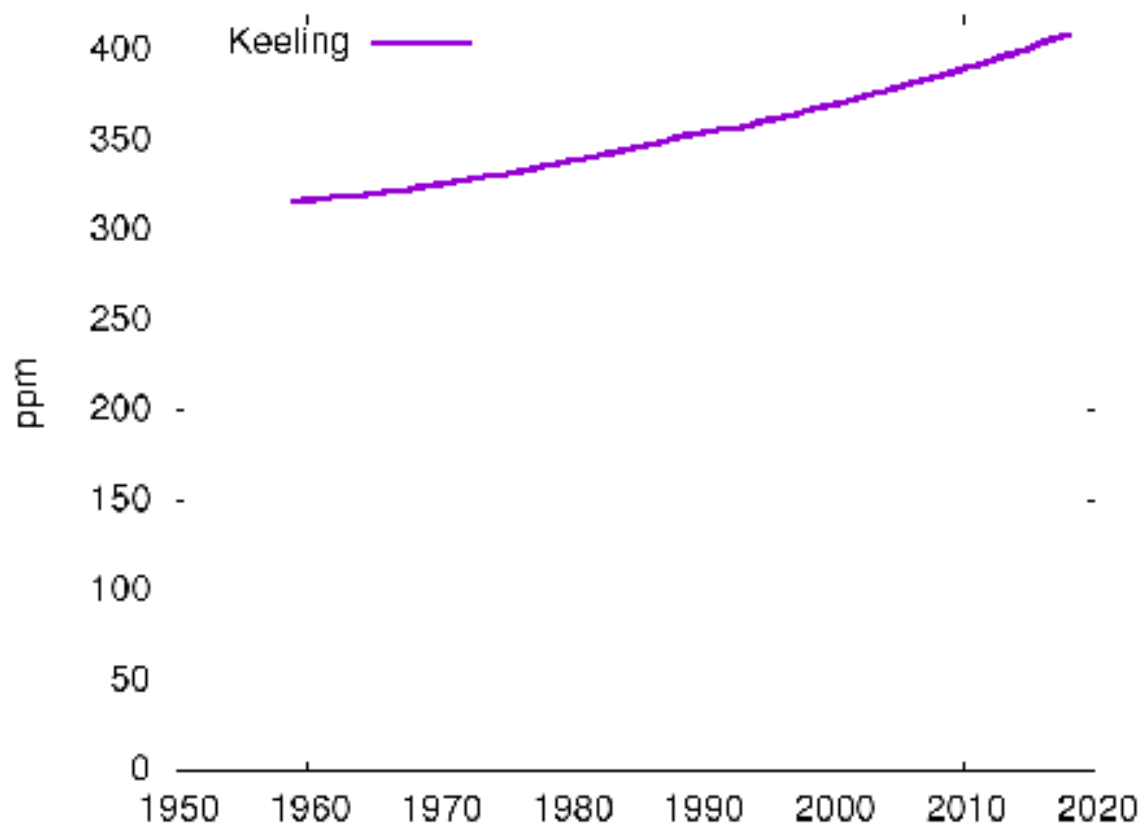
Det kanske inte är så farligt

På samma sätt som det skulle kunna finnas förstärkande effekter så kan det också finnas effekter som gör att den uppvärmning som man skulle se inte blir så stor. Om de undre luftlagren blir varmare så får vi en ökad lufterörelse som gör att värmen försvinner snabbare. Väder fungerar till mångt och mycket som en termostat som hela tiden dämpar kraftiga förändringar.

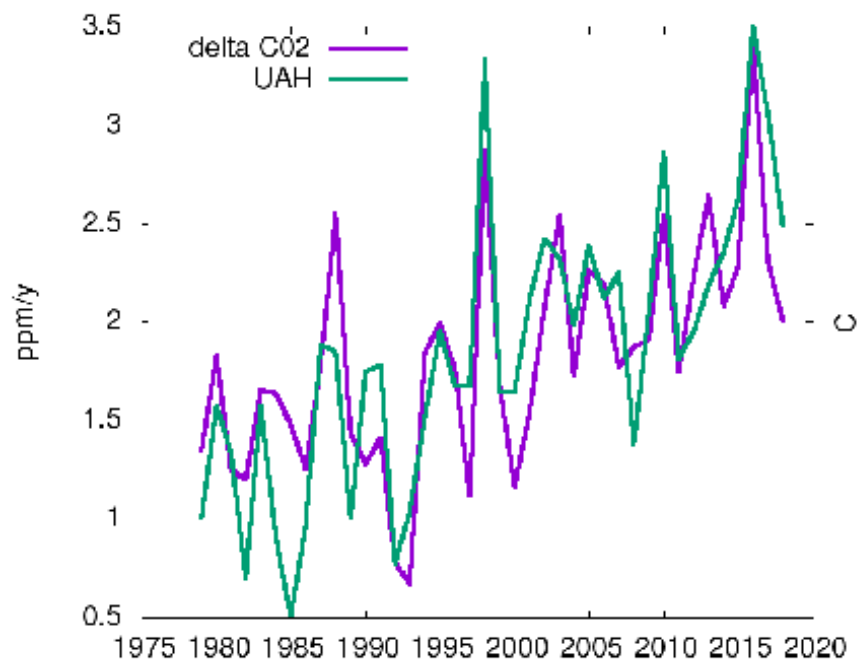
Det är mycket svårt att avgöra hur mycket koldioxid påverkar den globala temperaturen. Dels har vi för korta mätserier men det största problemet är att vi inte vet tillräckligt om vilka andra faktorer som påverkar temperaturen. Det är en väldigt bekväm sanning att tro att det enda som har påverka temperaturen det senaste halvsekle är den ökande mängden koldioxid i atmosfären. Om man väljer den vägen så blir allt naturligtvis mycket enklare men det är en rätt naiv inställning. Om vi någon gång skall kunna avgöra koldioxidens klimatkänslighet så måste vi ha betydligt mer data och ha en mycket bättre förståelse för vilka andra faktorer som spelar in.

Koldioxid och temperaturen

När det kommer till koldioxid i atmosfären så är det få serier som kan matcha den s.k. Keeling-kurvan. Vid Mauna Lao på Hawaii har man mätt koldioxidnivåerna i atmosfären sedan 1958. När det i media står att "nu är vi uppe i 400 ppm" så är det just mätningarna vid Mauna Lao som de refererar till.



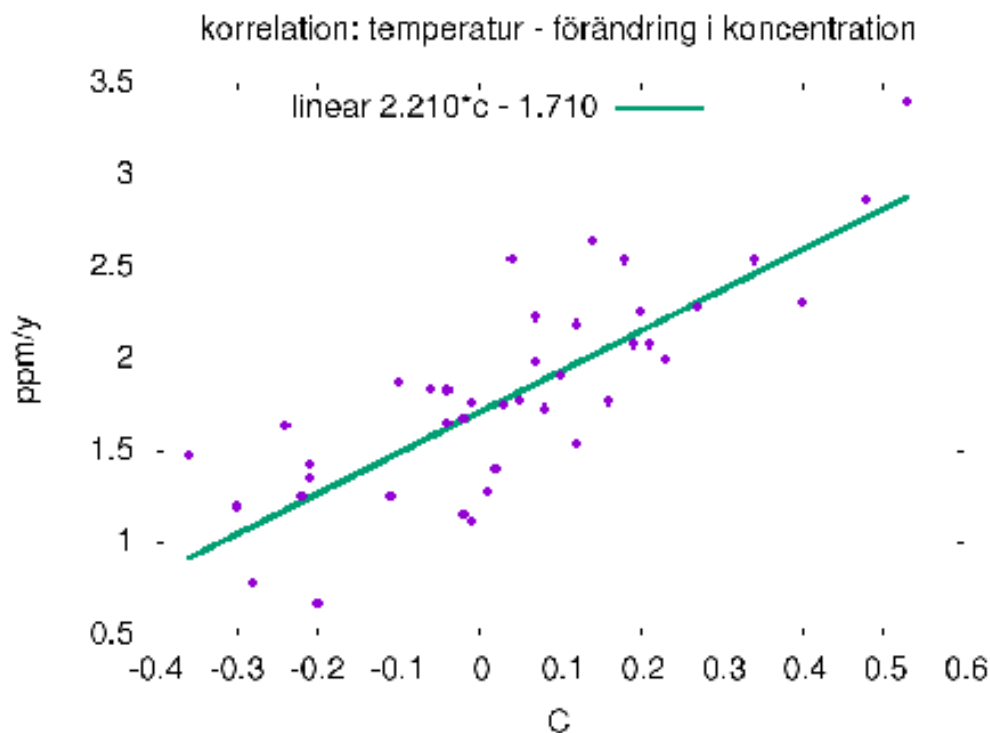
Att koldioxidnivåerna har stigit sedan slutet av 50-talet är det knappast någon diskussion om, det som kanske kan sätta en del myror i huvudet är om man frågar sig vad det beror på. Om man får tro media så är det utan tvivel så att ökningen beror på användningen av fossila bränslen men sanningen är nog lite mer komplicerad än så. Vi kan för skojs skull rita upp de temperatursiffror som UAH ger oss och jämföra med **den årliga ökningen** av koldioxid i atmosfären. Det är utan tvekan så att ett varmare hav kommer att avge mer koldioxid så det finns säkert en viss korrelations mellan dessa värden.



Överensstämmelsen mellan dessa två kurvor ger oss en indikation på dessa storheter har ett starkt samband.

Ett varmare hav ökar koncentrationen

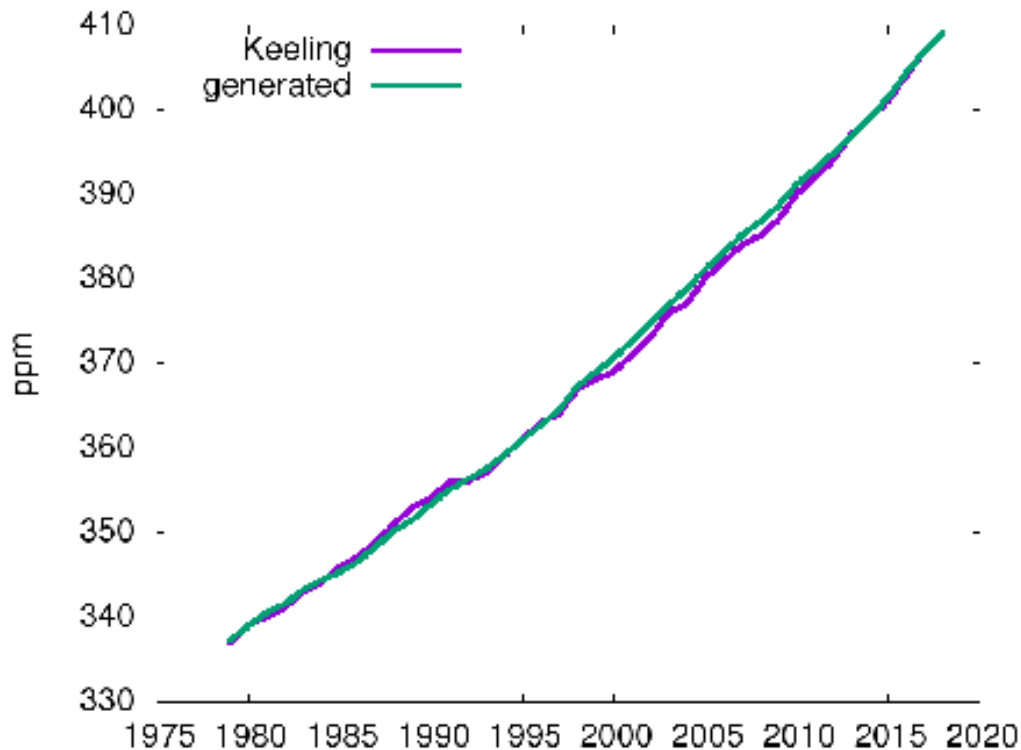
För att undersöka saken närmare kan vi plotta värdena mot varandra för att om möjligt se hur väl de är korrelerade.



Korrelationen mellan temperaturen och förändringen är som synes rätt hög (0.81). I diagrammet är även den linjära ekvationen $2.21 \cdot t + 1.74$ inlagd (där t är temperaturdata från

UAH) som bäst beskriver det linjära sambandet. En korrelation mellan dessa värden är inget bevis för ett orsakssamband men det är en indikation på att detta kan finnas. Då vi även har en fysikalisk förklaring för att förändringen av koldioxid i atmosfären skulle vara temperaturberoende - kan vi nog tills vi hittar ett motbevis, ha som hypotes att detta verkligen är så.

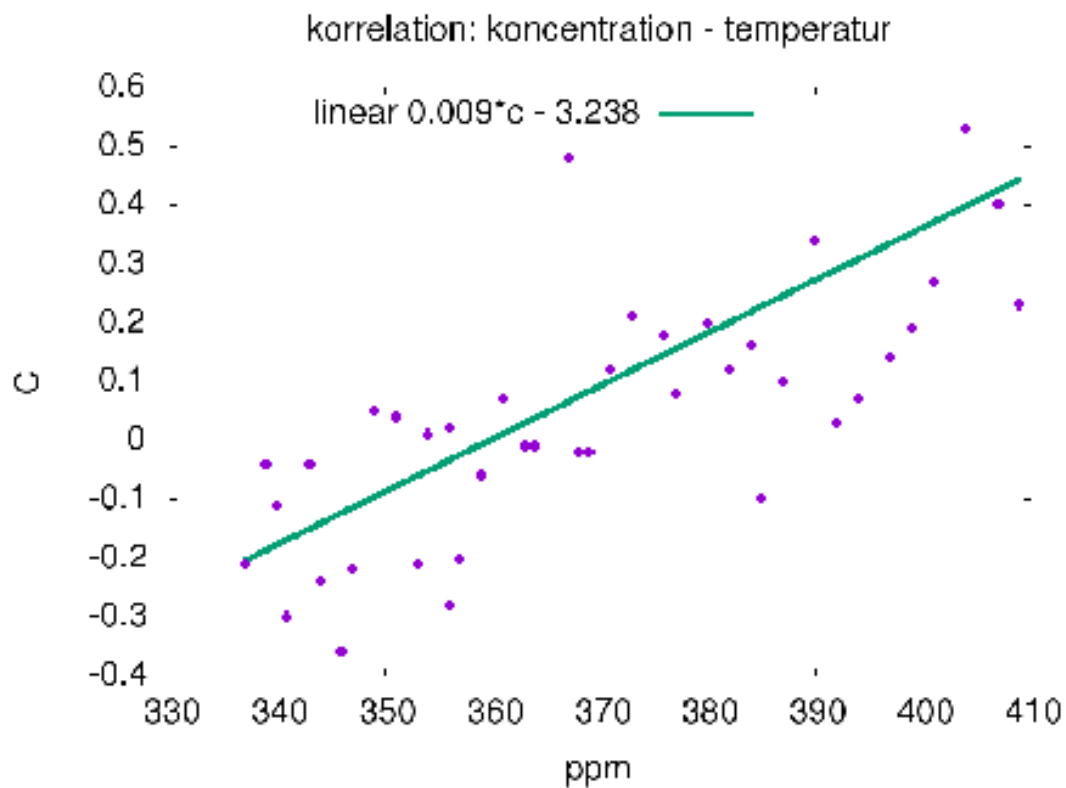
För att visa hur väl temperaturen förklarar koldioxidnivån så kan vi ta det linjära sambandet ($2.21 \cdot t + 1.74$) som vi har räknat ut och använda det för att generera en utveckling givet temperaturserien från UAH. Det visar sig att den genererade utvecklingen nästan exakt överensstämmer med de uppmätta värdena som vi har i Keeling-kurvan.



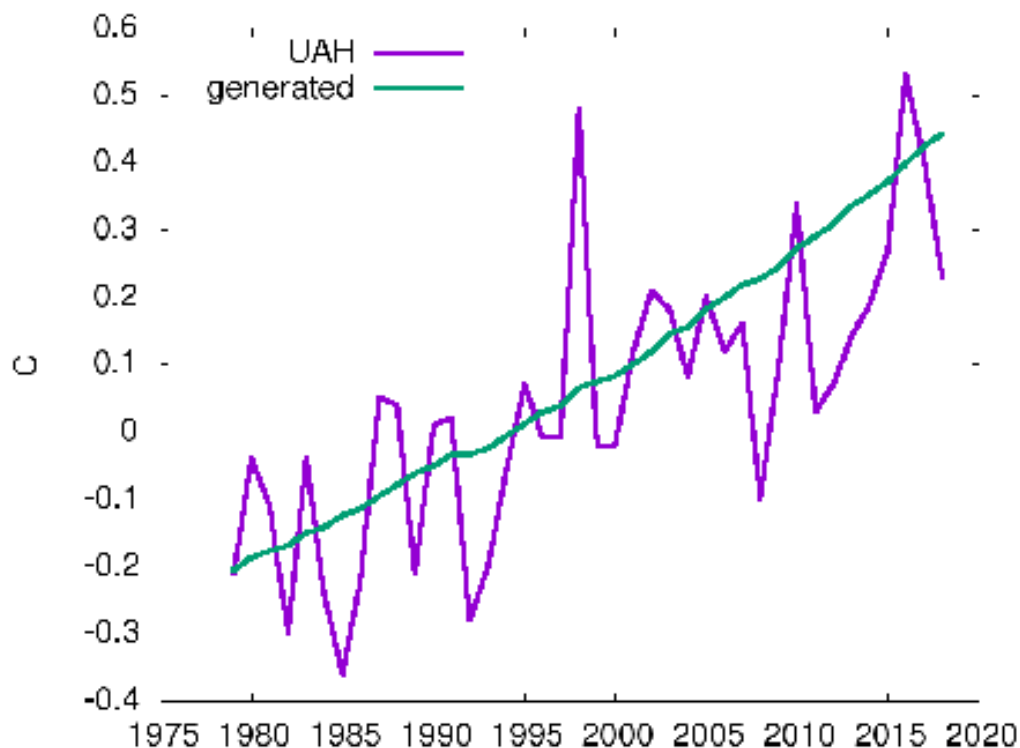
Om vi inte "visste" att förbränningen av fossila bränslen är upphovet till koldioxidökningen så hade vi slutat här. Vi har en i det närmaste perfekt beskrivning av nivån av koldioxid i atmosfären som endast tar temperaturutvecklingen som parameter. Är sambandet en illusion då både temperatur och användande av fossila bränslen har ökat under perioden - eller är det faktiskt så att utveckling är oberoende av den berikning som fossila bränslen ger?

Ökad koncentration ger en varmare värld

För att inte dra för snabba slutsatser så kan vi se hur temperaturen förhåller sig till koncentrationen av koldioxid. Vi gör om samma övning men jämför nu inte ändringen under året utan koldioxidkoncentrationen och temperaturen.



Som synes råder det även här en korrelation (0.71) om än inte lika stark som förut. Vi kan på samma sätt ta fram en linjär approximation $0.009^{\circ}\text{C} - 3.238$ som beskriver sambandet. Om vi nu gör en ny rekonstruktion där vi från koncentrationen och det linjära sambandet beräknar temperaturen så får vi följande graf.



Vi lyckas fånga en generellt varmare värld men inte de stora fluktuationer som sker.

Hmm, vad är det som händer

När vi under en period 1978-2018 både har sett stigande temperaturer och stigande koncentrationer är det inte lätt att utröna vad som är vagnen och vad som är hästen. De snabba temperaturförändringarna från år till år förklarar väl de skillnader i ökningen av koldioxidkoncentrationen som vi ser. Det omvända sambandet är nästan lika starkt men kan inte förklara de snabba temperaturförändringar vi ser.

Om det visar sig att koncentrationen styrs av temperaturen så finns naturligtvis frågan - vad styr temperaturen? På samma sätt kan vi fråga oss om temperaturen styrs av koncentrationen så - vad styr koncentrationen? Svaret på den senare frågan kan du säkert redan men det kan visa sig att det inte är så enkelt som man kan tro.

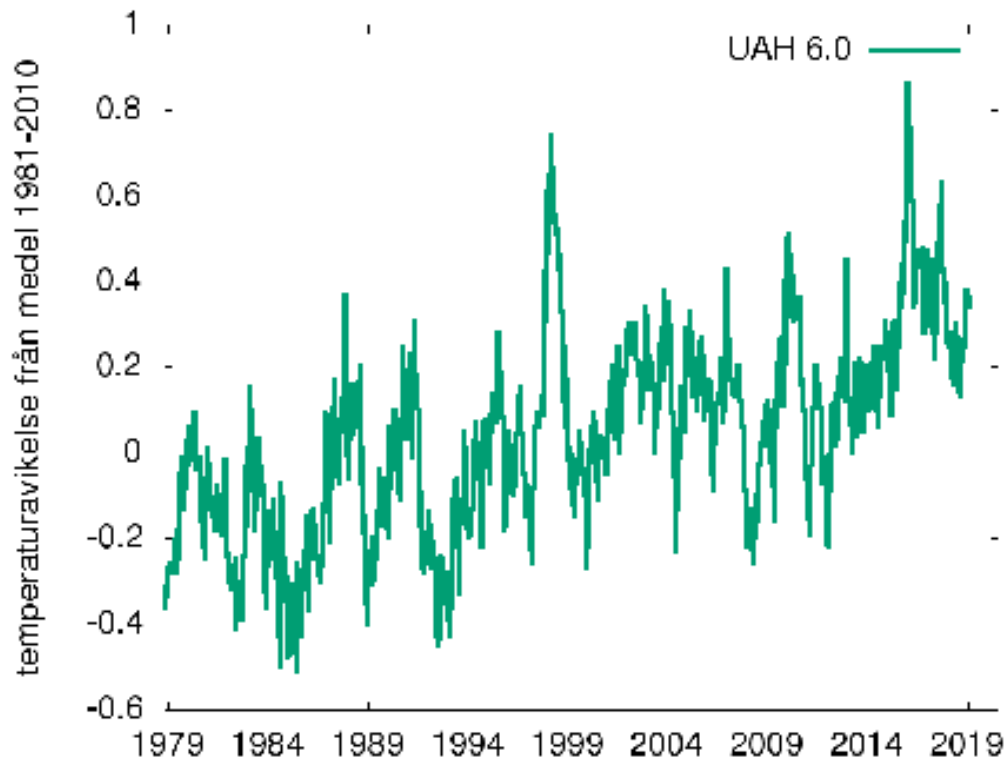
Det skall bli väldigt intressant att följa dessa samband när temperaturen åter vänder nedåt. Kommer vi då få en stabilisering av koldioxidnivåerna, som det först sambandet pekar på, eller kommer vi helt enkelt inte se någon temperaturminskning så länge koldioxidnivåerna befinner sig över 400 ppm? Jag tror på det första scenariot men tiden får väl utvisa.

Temperatur

När det kommer till globala temperaturer så är det inget som slår satellitmätningar och då är det två sammanställningar som man ofta tittar på. Den som sammanställs av University of Alabama Huntsville (UAH) och den som sammanställs av företaget Remote Sensing Systems (RSS). Själva satelliterna tillhör NASA men det är inte bara att läsa av temperaturen; man kan göra olika sammanställningar och får lite olika resultat. För det vi skall titta på så är det dock inte så stor skillnad på de två serierna.

- [Dr John Cristy UAH](#)
- [UAH Earth System Science Center](#)
- [UAH Lower Troposphere](#)

Om vi börjar med att titta på temperaturutvecklingen så ser man att det svänger en del från år till år. Man kan å andra sidan säga att temperaturen är väldigt stabil för den förändras dock bara med någon grad medan temperaturen på jorden slår mellan -50 och +50 grader. En global temperaturuppgång på några tiondels grader är ingenting som vi normalt bryr oss om; om du inte tror mig så fråga vem som helst om de kan säga något viktigt som hänt sedan 1979. Klicka på diagrammet för att få en läsbar version.



Det sticker upp en spik 1998 och ytterligare en 2016. Dessa spikar är ett resultat av s.k. el Niño, ett väderfenomen i Stilla havet. Visst kan vi se att de tjugo senaste åren varit varmare än den först tjugo åren men man skall nog inte dra alltför stora växlar på skillnader på så kort tid; om man tror sig hitta trender i denna serie så skall man generera en slumpserie där skillnaden, månad för månad har samma fördelning, och fråga sig vad som skiljer de två serien åt.

Längre serier

Om vi vill gå längre tillbaka i tiden och se hur temperaturen har förändrats de senaste århundraden så har vi ett problem. Vi har inga mätningar som täcker jorden utan får rekonstruera en utveckling baserad på de meteorologiska mätningar som har gjorts. Det verkar vid första anblicken vara en smal sak att ta ett medelvärde av en mängd mätningar och sen sammanställa en temperaturutveckling men det är ett stort arbete där osäkerheten är stor.

Vårt första problem är att det inte finns så mycket mätningar att utgå från som man ibland förleds att tro när media talar om "varmaste april på 300 år" mm. Om vi ser på den sammanställning som görs av University of East Anglia och Hadley Centre som är den som man oftast refererar till så förstår man vilka problem man står inför. Den ena serien är baserad på mätserier från land och den andra från mätningar till havs. Dessa sammanvägs sedan till en global serie.

- [CRUTEM4 rekonstruktion av global landtemperatur](#)
- [HadSST3 rekonstruktion av global havstemperatur](#)

Man skall med rätta ställa sig frågan hur stor osäkerheten är i dessa mätserier. Den som vill ha en utomstående genomgång kan läsa doktorsavhandling av John McLean som går igenom hur dessa mätserier är konstruerade och på vilka data de är baserade på,

- ["An audit of uncertainties in the HadCRUT4 temperature anomaly dataset plus the investigation of three other contemporary climate issues". PhD thesis, John D. McLean, 2017 James Cook University](#)

Det visar sig tyvärr att rekonstruktioner före 1950 baserar sig på få stationer, ca 4000, och innan 1890 har vi under 1000. Dessa stationer har av historiska skäl främst funnits i Europa och Nord Amerika och att utifrån dessa uttala sig om den globala temperaturen är naturligtvis något som man bara kan göra med stor osäkerhet.

Man skulle i och för sig kunna gå runt problemet och inte tala om något globalt utan enbart titta på individuella stationer och från dessa exempel, om slumpvis valda stationer överensstämmer, kunna uttala sig om en generell utveckling. Det är en betydligt enklare övning men även här stöter vi på problem. För det första finns det inte så många stationer med långa obrutna serier och för det andra har dessa påverkats under tiden. Vi behöver inte gå långt för att inse vilket problem vi står inför, det räcker med att knata till Observatorielunden eller ta pendeln till Uppsala.

Uppsala temperaturserie

Genom att gå igenom arkiv med meteorologiska observationer har Hans Bergström vid Uppsala Universitet och Anders Moberg vid Stockholms Universitet skapat en temperaturserie för Uppsala som sträcker sig från 1722 till idag. Serien uppdateras hela tiden och skall representera temperaturutvecklingen i Uppsala om staden hade varit oförändrad.

- [SMHI Uppsala temperaturserie](#)

Det är verkligen spännande att läsa om de svårigheter som Bergström och Moberg brottades med då de sammanställde serien. Man kan lätt tro att det bara är att skriva ner de siffror som finns i loggböcker men djävulen döljer sig i detaljerna: vilken termometer användes, var exakt gjordes mätningarna, vilka tider på dygnet, hur många gånger, när målades den vita lådan om, hur stora var träden i närheten mm. Som om inte det var nog så har mätstationen flyttats flera gånger under perioden och det är inte helt enkelt att jämföra olika stationer även om flytten bara var några hundra meter.

- Bergström H, Moberg A, "Daily air temperature and pressure series for Uppsala (1722-1998)", 2002 , Climatic Change 53: 213-252

Det som kanske är svårast att hantera är det faktum att staden har växt under tiden. Uppsala hade 8.000 innevånare 1860 och 120.000 innevånare 1990. Grus och gräs har i mångt och mycket bytts mot asfalt och betong och denna urbaniseringseffekt är påtaglig men samtidigt mycket svår att uppskatta. Generellt sett blir det varmare desto mer bebyggelse vi har, på somrarna finns mindre fukt som kan avdunsta och kyla omgivningen och på

vintrarna bidrar värme från hus och bilar till att höja temperaturen. I Uppsala temperaturserie så har urbaniseringseffekten kompenserats med att sänka de uppmätta temperaturerna med 0.38 grader mellan 1960 och 1980. Sedan dess har den legat oförändrad på 0.53 grader men SMHI flaggar för att de inte riktigt är säkra på vad den skall vara:

["Preliminära jämförelser med mätningar i Marsta 8 km norr om staden antyder att korrektionen för den urbana värmeö 2015 är ca 0,3-0,5 grader för liten."](#)

(edit 2021-09, texten på SMHI:s sida har nu ändrats)

När vi ur serien kan utläsa att det idag ser ut att ha varit en temperaturuppgång på 2.3 grader från det kalla 1860-talet till idag så är en osäkerhet på 0.3-0.5 grader naturligtvis högst relevant. Är det varmare idag än på 1720-talet - kanske?

Om vi får tro de uppmätta temperaturer som vi har så är det, även med viss osäkerhet, troligt att 1800-talet var relativt kallt, att det blev varmare fram till 1940-talet och att det sen blev kallare. Vi som var med på 70-talet minns kanske rubrikerna om den stundande istiden som sas ligga runt hörnet men de rubrikerna byttes sen mot de omvända när uppvärmningen på 1990-talet tog fart. Att temperaturerna legat relativt oförändrade de senaste 20 åren är kanske ingenting som skapar rubriker.

Ännu längre tillbaka

Går vi längre tillbaka i tiden så finns det inga uppmätta värden att gå efter. Vi får nöja oss med att titta på s.k. proxies dvs observationer som får agera ställföreträdare i brist på riktiga data. För temperatur så är bland annat trädringar mycket användbart även om dessa främst är en indikation på klimatet under sommaren då mycket av tillväxten sker. Det intressanta med de rekonstruktioner vi får är kanske inte att vi kan säga exakt hur varmt det var en viss sommar utan att det har varierat betydligt under åren och att den värmeperiod vi nu är inne i inte på något sett är unik.

Vi behöver inte gå långt för att hitta intressant forskning på området, Håkan Grudd vid Stockholms Universitet har gjort flera arbeten där han tittat på trädringar för att försöka rekonstruerar temperaturserie så långt tillbaks som till vikingatiden.

- [Håkan Grudd, "Torotrask tree-ring width and density"> ad 500–2004: a test of climatic sensitivity and a new 1500-year reconstruction of north Fennoscandian summers", Climate Dynamics, December 2008, Volume 31, Issue 7–8, pp 843–857](#)

Dendrokronologi, studien av trädringar, är en fascinerande vetenskap som varje sjuåring får lära sig i skolan och en del fortsätter med hela livet. Spoiler alert - om du tänker kasta dig över artikeln så skall du sluta läsa nu och plocka upp artikeln för här kommer slutklämmen:

"The late-twentieth century is not exceptionally warm in the new Torotrask record: 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.”

Hur långt kan vi gå

Hur långt tillbaks i tiden kan vi gå - rätt så långt. Det finns proxies som sträcker sig tusentals år, hundra tusentals år och även miljoner år tillbaks i tiden. När man tittar på dessa serier så skall man dock komma ihåg två saker:

- de visar ofta ett medelvärde över mycket långa perioder och
- det är inte lätt att jämföra dem med idag.

Vi kan ha en underbar proxie som verkligen visar på förändringar för hundratusen år sedan men de visar då kanske medelvärden över några hundra år och om vi inte har samma proxie för idag så skall vi vara lite försiktiga när vi jämför den med dagens uppmätta värden. Det sagt så ger oss till exempel iskärnor från Grönland och Antarktis en bra bild av vad som händer på jorden under tusentals år.

Om man är lagd åt det oroliga hållet skall man dock inte titta på dessa bilder, de säger oss nämligen att vi nu är i slutet på en temporär mellantid som snart kommer övergå i en ny istid. Dessa mellantider då klimatet i våra ögon är rätt bra (i alla fall bättre än 3 km is ovanför Stockholm) varar i ca 10.000 år medan istiderna pågår upp till 100.000 år. Om man vill gå och oro sig för något, så kan man med fördel oro sig för den stundande istiden.

Vårt fossila bidrag

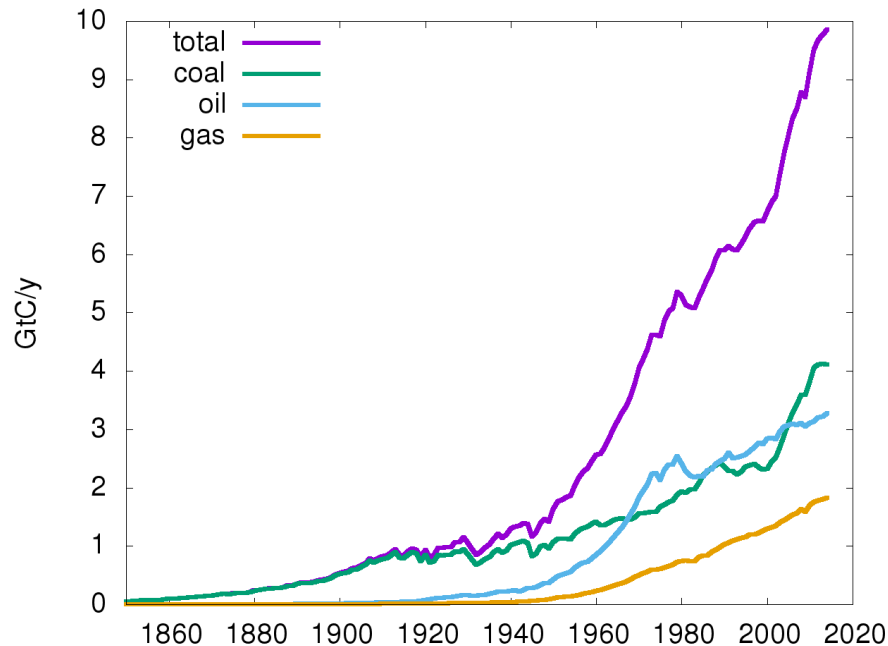
Något som vi har rätt bra koll på är användandet av fossila bränslen genom tiderna. Kol har visserligen brutits i flera tusen år men det är först på 1800-talet i och med den industriella revolutionen som kol började användas i någon större mängd. Vid mitten av 1800-talet var förbrukningen uppe i ca 50 Mt om året, en siffra som stigit till ca 500 Mt vid förra sekelskiftet. På 1900-talet började vi även använda gas och olja och användandet av fossila bränslen var på 60-talet upp i 2.5 Gt. Idag är vi uppe över 10 Gt fossila bränslen om året.

När man talar om mängden kol och koldioxid så blir man lätt förvirrad över de olika enheter som används. När det gäller fossila bränslen så är det enkelt om man använder ton kol eller tC som enhet. Världens konsumtion kan då uttryckas i miljoner ton kol, MtC, eller miljarder ton kol, GtC. När man talar om koldioxid i atmosfären så beskriver man den oftast som en koncentration, vilket är en väldigt liten siffra som bäst mäts i miljondelar, ppm. Vår atmosfär består till ca 410 ppm av koldioxid men om vi skall jämföra koncentrationen med vår användning av fossila bränslen så måste vi veta hur många ton kol det skulle motsvara. En enkel formel ger att om vi multiplicerar koncentrationen i ppm med 2.12 så får vi mängden uttryckt i GtC. Atmosfären skulle idag alltså innehålla ca 870 GtC i form av koldioxid.

Den sammanställning som vi skall titta på är gjord av Oak Ridge National Laboratory i USA.

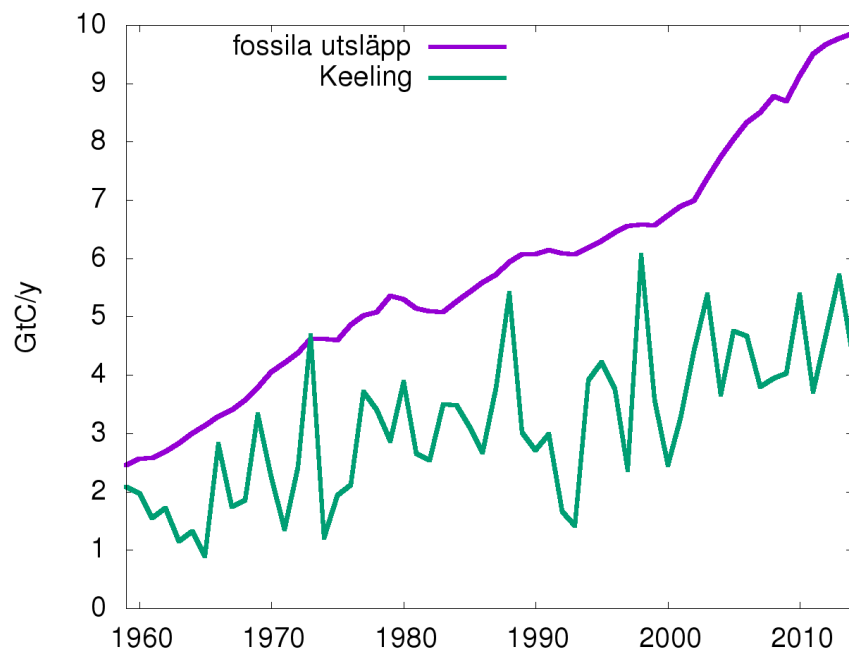
- Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂ Emissions (1751 - 2014) (V. 2017).
Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), Oak Ridge National Laboratory

Vi kan börja med att ta fram ett diagram som visar utvecklingen sedan 1850-talet. Som framgår av diagrammet så var kol det helt dominerande fossila bränslet fram till 50-talet då produktionen av olja och sedan gas växer. Notera vilken tillväxt kol hade under början på 2000-talet men att den på senare år planet ut.



Om man summerar all användning under åren så får man en siffra på hur mycket fossila bränslen som vi använt totalt. Denna siffra är, som det kommer visa sig, rätt så meningslös om vi vill förstå hur atmosfärens koldioxid växer men det kan ge en tankeställare. Fram till 1965 hade vi förbrukat ca 100 GtC, tjugotvå år senare, 1987, var siffran uppe i 200 GtC, sexton år senare, 2003, 300 GtC och 2014, elva år senare, bröt den 400 GtC. Denna siffra är dock inte så intressant i sammanhanget, det som är intressant (för klimatsdiskussionen) är hur vi påverkar atmosfären.

Eftersom vi är intresserade av hur vårt fossila bidrag förändrar mängden koldioxid i atmosfären så kan vi jämföra den förändring som vi kan mäta från år till år med vår årliga användning av fossila bränslen.



Jämförelsen visar sig ställa en del frågor - den ökning vi ser (gröna kurvan) stämmer inte så väl in på mängden fossila bränslen vi använder. För det första ser vi hur vårt årliga bidrag ökar från år till år men ökningen i atmosfärens är allt från jämn. Vi har kanske i bakhuvudet att de snabba förändringarna drivs av temperaturförändringarna men även om vi tänker bort dessa så finns det frågetecken.

I början på sextioalet (under åren 1960-1964) så använde vi totalt 13.7 GtC, atmosfärens ökning var under den perioden totalt sett 7.7 GtC dvs 56% av vårt fossila tillskott. Under början på 2010-talet (2010-2014) så var vår fossila användning 49.7 GtC men ökningen i atmosfären bara endast 11.2 GtC dvs 22% av vårt bidrag.

Den enkla idén att ökningen i atmosfären skulle vara direkt beroende av vårt fossila bidrag haltar rejält. För att förstå sambandet mellan dessa storheter måste vi hitta en modell för vad som verkligen händer.

En enkel modell

Vi kan, för enkelhetens skull, modellera atmosfärens koncentration av koldioxid som ett utbyte mellan atmosfären och ett mycket stort hav. Detta är inte så som det ser ut i verkligheten, men det visar sig att denna modell fungerar utmärkt för att beskriva hur koncentrationen i atmosfären utvecklas.

När vi tillför koldioxid till atmosfären så påbörjas en process för att återställa en balans mellan den koldioxid som finns i atmosfären och den som finns i haven. Förhållandet mellan dessa två reservoarer är i storleksordningen 1:40 eller 1:50. Haven innehåller bra mycket mer kol än vad atmosfären gör; hur mycket som finns i haven är en grov uppskattning men mängden i atmosfären har vi desto bättre koll på. Keeling-kurvan ger besked och genom att multiplicera med 2.12 så kan vi omvandla ppm till GtC. Om vi idag har ca 410 ppm så skulle det motsvara 870 GtC. Om vi jämför det med de dryga 400 GtC som vi bidragit med så blir man kanske lite orolig.

Om vi för ögonblicket gör det enkelt för oss och funderar över var de ca 400 GtC som vi bidragit till skulle befinna sig då en jämvikt åter har infunnit sig. De skulle med all sannolikhet också

fördela sig i förhållandet 1:40 eller 1:50. Detta är på inget sett kontroversiellt och även den mest klimattoende skulle skriva under på den slutsatsen. Den stora frågan är hur lång tid det skulle ta; om det skulle ske på några årtionden så kan vi fortsätta att använda fossila bränslen utan att koldioxidnivån höjs, är det frågan om tusen år så kommer vi se en markant ökning med de konsekvenser (mest positiva) som det skulle leda till.

I vår enkla modell kommer vi att anta att haven är så stora att vårt lilla bidrag till dess koldioxidinnehåll är försumbar. Det är inte långt från sanningen om haven innehåller 38.000 GtC och vi har bidragit till maximalt 400 GtC. Atmosfären är det vi är intresserade av och där kan naturligtvis vårt bidrag göra en stor skillnad. För att förstå hur stor skillnad måste vi göra ett antagande om hur snabbt balansen mellan de två reservoarerna inställer sig. Detta avgörs av hur stort utbytet mellan reservoarerna är per år: ett litet utbyte ger en lång tid, ett stort utbyte ger en kort tid.

Det finns olika uppskattningar på hur stort utbytet är mellan atmosfären och havet men för att visa på ett exempel så skall vi ta en siffra (som det finns stöd för) som säger att ca 7% (ca 60 GtC) av atmosfärens koldioxid transporteras ner i haven varje år. Detta ersätts naturligtvis av en transport från haven så att vid jämvikt är koncentrationen oförändrad. Om du börjar leta efter uppskattningar på utbytet mellan hav och atmosfär så kommer du hitta siffror som är bra mycket högre än de vi antar här men vi har råd att vara lite konservativa.

Vi börjar i en värld i jämvikt så har vi en viss mängd kol i atmosfären, en transport från atmosfären till haven på X GtC och en lika stor transport från haven till atmosfären varje år. Antag nu att vi tillför atmosfären 10 GtC koldioxid, vad kommer att hända? I vår enkla modell så kommer transporten från atmosfären till haven att öka så att den nu är X GtC plus 7% av de 10 GtC som vi tillför. Atmosfären kan inte göra skillnad på naturligt koldioxid och det som har fossilt ursprung utan transporterar gladeligen 7% av allt till haven. Vad kommer nu att hända med transporten från haven till atmosfären - den förblir X GtC. Transporten från haven till atmosfären är proportionell mot mängden kol i haven, men vårt lilla bidrag på 7% av 10 GtC gör ingen mätbar skillnad.

Man kan redan nu invända och påpeka att jorden minsann består av mer än hav och att haven hur stormiga de än må vara inte på något sätt är en välblandad reservoar. Dessa invändningar är helt riktiga men vi väntar ett tag med dem till vi förstår hur vår enkla modell fungerar.

I vår enkla modell så finns efter ett år ett mänskligt bidrag i atmosfären på 9.3 GtC (0.7 GtC gick ner i haven). Efter ytterligare ett år har denna siffra minskat till 8.6 GtC, året efter till 8.0 GtC. Efter tio år är mängden nere i 5 GtC, vi har en halveringstid på 10 år. Efter 20 år har vi 2.5 GtC och efter 30 år 1.25 GtC ... osv. Efter 50 år är vi ner i 0.02 GtC dvs inte mätbart med de instrument vi har.

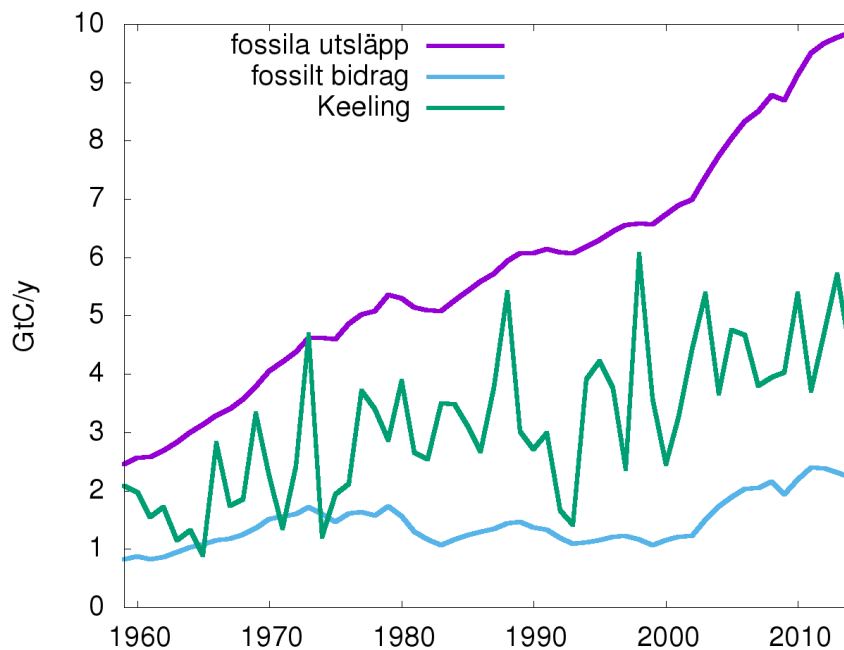
Hmm, ok - kanske sant, men nu släpper vi inte ut 10 GtC och sen ingenting utan vi släpper ut 10 GtC per år, år efter år!

Vad händer om vi släpper ut 10 GtC år efter år så att alla bidrag sakta men säkert höjer mängden koldioxid i atmosfären? Efter första året finns det 9.3 GtC kvar, andra året 8.6 + 9.3 GtC, tredje året 8.0 + 8.6 + 9.3 GtC varje år trycker vi ut 10 GtC men det som återstår från de tidigare åren har ännu inte försvunnit. Om vi ser hur mycket utav vårt bidrag som tillförs haven så är det första året 0.7 GtC, andra året 1.35 GtC (7% av 9.3 GtC + 7% av 10 GtC), tredje året 1.95 GtC (7% * 8.6 + 7% * 9.3 + 7% * 10). För varje år som går kommer vårt totala bidrag att öka men det kommer även den mängd som vi för varje år för ner i haven.

Antag att vi har kommit upp i en nivå där vi har tillfört atmosfären 143 GtC. Hur mycket av det kommer försvinna ner i haven ... 7% av 143 .. 10 GtC - vi tillför då haven lika mycket som vi släpper ut. Om vi håller en fossil användning till 10 GtC om året kommer vårt maximala bidrag till atmosfären vara 143 GtC eller 67 ppm.

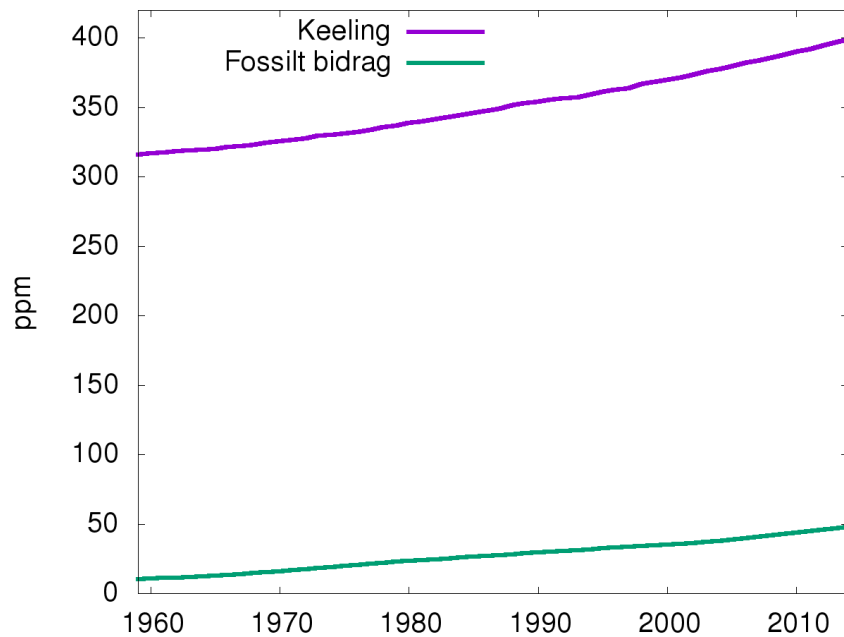
Vårt bidrag hittills

Om vår modell stämmer med verkligheten så kan vi räkna ut hur stort vårt bidrag till den koldioxidökning vi ser som verkligen kommer från fossila källor. Vi utgår från de utsläppsdata vi har och räknar oss framåt från 1750 tills idag. Vi lägger varje år till våra utsläpp men låter samtidigt 7% av den totala mängden försvinna ner i haven. Om vi sen gör en jämförelse med hur Keeling-kurvan förändras så får vi följande diagram; här ser vi våra årliga utsläpp och också vårt årliga bidrag till atmosfären.



Vi släpper alltså ut 10 GtC men bidrar bara med 2 GtC utav den ökning på 4 GtC som vi observerar. Man kan och ska ställa sig frågan varifrån det övriga bidraget kommer ifrån och svaret på det är kanske haven. En ökad temperatur får haven att avge mer koldioxid och den ökning vi ser kan mycket väl förklaras med ett varmare hav.

Hur mycket har vi bidragit med hittills? Vi kan räkna om vårt totala bidrag i ppm och jämföra med Keeling-kurvan. Vi ser att under tiden från 1959 då mätningarna startade så har koldioxiden i atmosfären ökat från 316 ppm till 399 ppm (2014) dvs en ökning på 83 ppm. Under den perioden har den vårt fossila bidrag vuxit från 10 ppm till nästan 50 ppm dvs 40 ppm.



Utav den ökning vi sett sedan 1959 står vi för mindre än hälften, ökningen vi ser är mer beroende av temperaturförändringar än användning av fossila bränslen. Vårt bidrag är inte obetydligt men det är kanske bra mycket mindre än vad man tror om man följer medias larmrapportering.

Nota bene

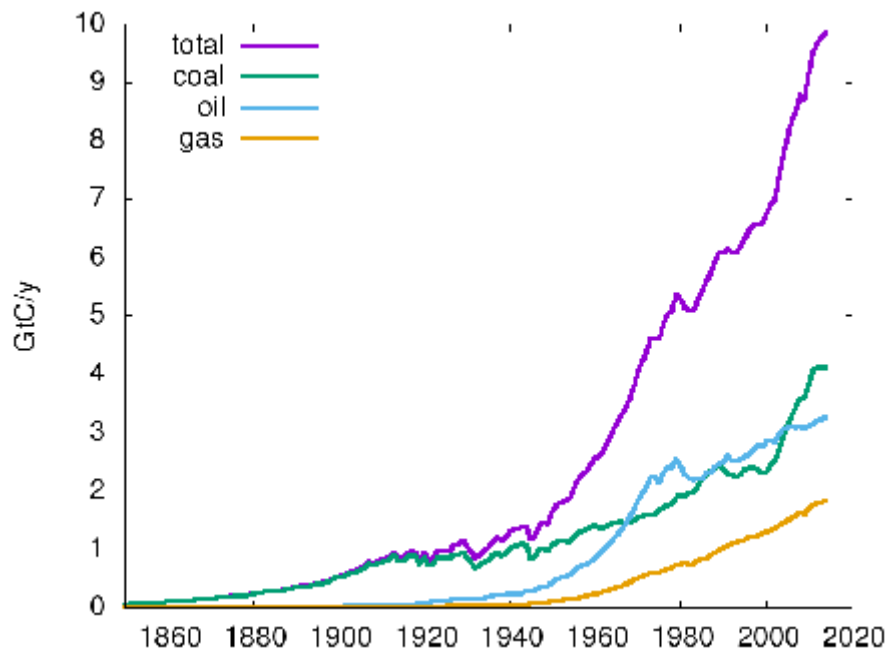
Den uträkning vi har gjort är baserad på en mycket förenklad modell av vad som sker i utbytet mellan atmosfär, hav och biosfär. Det är dock så att en modell alltid är en förenkling och vi skall försöka använda oss av den enklaste modellen som kan förklara de observationer vi gör. Vi har gjort några antagande som att transporten från atmosfären till haven skulle vara 7% om året, denna siffra är inte gripen ur luften utan har vetenskapligt stöd. Vi kan diskutera om den är 6% eller 10% men den är inte 1%. Gör vi om beräkningarna med en högre siffra så kommer vårt bidrag att bli mindre. Vi har även gjort förenklingen och antagit att jorden endast består av hav och att dessa fungerar som en omblandad reservoar vilket inte är sant; dock så visar det sig att i många av de observationer vi gör så beter sig jorden faktiskt som att så vore fallet.

Framtiden

Hur kommer framtiden att te sig givet vår enkla modell? Om vi fortsätter med våra utsläpp om 10 GtC om året å kommer vårt bidrag till atmosfären plana ut vid 67 ppm från dagens 50 ppm dvs obetydligt. Om vi ökar vår användning till det dubbla så kommer vi sluta på det dubbla 134 ppm. Om vi antar att vi i övrigt har en naturlig nivå på 350 ppm så ger det ett totalt värde på 484 ppm. Mycket? Ja - men långt ifrån en fördubbling från dagens nivåer. Vi kan titta närmare på vad en ökad mängd koldioxid i atmosfären verkligen bidrar till men man kan börja med att konstatera att nivån inte kommer att skena iväg.

Glaciärerna smälter

Något som man ständigt får höra när man säger sig vara skeptiskt till klimathotet är - men glaciärerna smälter. Det är i och för sig en korrekt iakttagelse men det kanske inte är så bra argument för att klimathotet är på riktigt som man kan tro. Det visar sig om man tittar närmare på saken att jordens glaciärer har dragit sig till baks sedan 1850-talet dvs långt innan vi genom förbränning av fossila bränslen kunnat påverka förloppet. För att påminna oss om vad vi talar om så kan vi ta en titt på den årliga förbrukningen av fossila bränslen.



Om vi haft någon mätbar påverkan på glaciärerna före 1950 så skulle påverkan idag vara mångdubbelt större. Fram till 50-talet hade vi bränt ca 60 GtC medan vi idag ligger över 400 GtC. Så finns det någon förändring av jordens glaciärer från 50-talet som skulle vara ett tecken på att vi verkligen har en påverkan? Om vi enbart tittar på siffror från 50-talet och framåt så ser vi mycket riktigt att glaciärer runt hela jorden har dragit sig tillbaka och vi skulle kunna nöja oss med det; den som funderar ett steg längre undrar naturligtvis vilka naturliga förändringar som finns och hur de senaste förändringarna skiljer sig. För att ta reda på den saken måste vi ha data som sträcker sig bra mycket längre än till 50-talet.

Vi tittar på en glaciär

Vi vill ha en glaciär som är väldokumenterad i flera hundra år och varför då inte ta en av de största vi har i Europa, [Mer de Glace](#) i Chamonix. De som är skidåkare har kanske tagit turen från Aiguille du Midi ner genom La Vallée Blanche och då åker man långa sträckor på glaciären. Vi behöver inte läsa mycket om glaciären innan vi förstår att den varit bra mycket större förr i tiden och att den idag är bra mycket kortare. Vi lär oss också snart att glaciären hade sin största utbredning, under de senaste tre hundra åren, i mitten på 1800-talet. Om vi vill veta mer om glaciären får vi ta en titt på de sammanställningar som har gjorts där man försöker dokumentera dess längd under åren. Vi hittar en sådan sammanställning i tidskriften [Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie](#).

- ["Fluctuations of the Mer de Glace \(Mont Blanc area, France\) AD 1500–2050: an interdisciplinary approach using new historical data and neural network simulations", S. U. Nussbaumer, H. J. Zumbühl, D. Steiner](#)

I detta arbete har författarna först gjort en rekonstruktion över glaciärens utbredning för att sedan försöka skapa en modell för hur den kan komma att utvecklas. Det är intressant läsning som beskriver hur man genom att studera kartor, avsättningar i naturen och till och med gamla tavlor kan återskapa hur utveckling har varit från slutet av 1500-talet och till idag. Den rekonstruktion man kommer fram till visas i ett diagram på sidan 52. För att inte ta bort det roliga så kommer jag inte att berätta vad den visar, du får själv ta en titt på den och fundera en stund.

Naturliga variationer

Det är ingen hemlighet att klimatet varierat under århundraden. Vi förleds ofta att tro att de senaste årens temperaturuppgång är dramatisk och helt skild från historiska förändringar. Ju mer vi läser om och förstår att klimatet alltid förändrats och att förändringarna historiskt varit bra mycket större än det vi sett på senare tid så kommer klimathotet i lite perspektiv. Att historiska förändringarna varit större än dagens motsäger i och för sig inte att vi inte har en påverkan idag men det säger oss att man inte kan ta dagens förändringar som bevis på mänsklig påverkan.

Att göra som övning

Nästa gång det i media flaggas för att glaciärerna smälter så ta och gå ett steg längre. Vilket område är det de talar om, vilka glaciärer, finns det rekonstruktioner av glaciärens utbredning sedan 1800-talet, vad pekar de på? Det är inte alla glaciärs som är så väldokumenterade som Mer de Glace men i de fall där det finns data så pekar de nog i samma riktning; glaciärerna var bra mycket större för - men de började dra sig tillbaks i mitten på 1800-talet, långt innan vi skulle kunna ha någonting med saken att göra.