

2013-06-24

## **Rekonstruktion av Murry Salbys teori för att koldioxidökningen är temperaturdriven**

Av Pehr Björnbom

**Med utgångspunkt från de informationer som Murry Salby har gett i sina föredrag har jag rekonstruerat hans teori för hur koldioxidhalten i atmosfären varierar med temperaturen. Denna rapport ger hela bilden från diskussion av teorins grunder och härledning av ekvationer, framtagning av data, lösning av modellekvationen och jämförelse av beräknade och observerade värden.**

## Inledning

Murry Salby har redogjort för sin teori i ett par föredrag men inte publicerat någon vetenskaplig artikel. Han hävdar att hans teori kan förklara koldioxidökningen i atmosfären sedan förindustriell tid som en följd av temperaturuppgången. Han säger att koldioxidhalten i atmosfären följer en kinetisk ekvation

$$\frac{dy}{dt} = k(T - T_b) \quad (1)$$

där

$y$  = koldioxidhalten i atmosfären, ppmv

$t$  = tiden

$k$  = en hastighetskonstan

$T$  = den globala medeltemperaturen

$T_b$  = en global medeltemperatur vid ett referenstillstånd

Murry Salby hävdar att denna ekvation överensstämmer mycket bra med observerade data på koldioxidhaltens utveckling sedan 1850. Han har i sina föredrag visat kurvor på detta. Men hans påstående har ifrågasatts på olika bloggar. Det är därför av stort intresse att undersöka om hans påstående är riktigt eller inte.

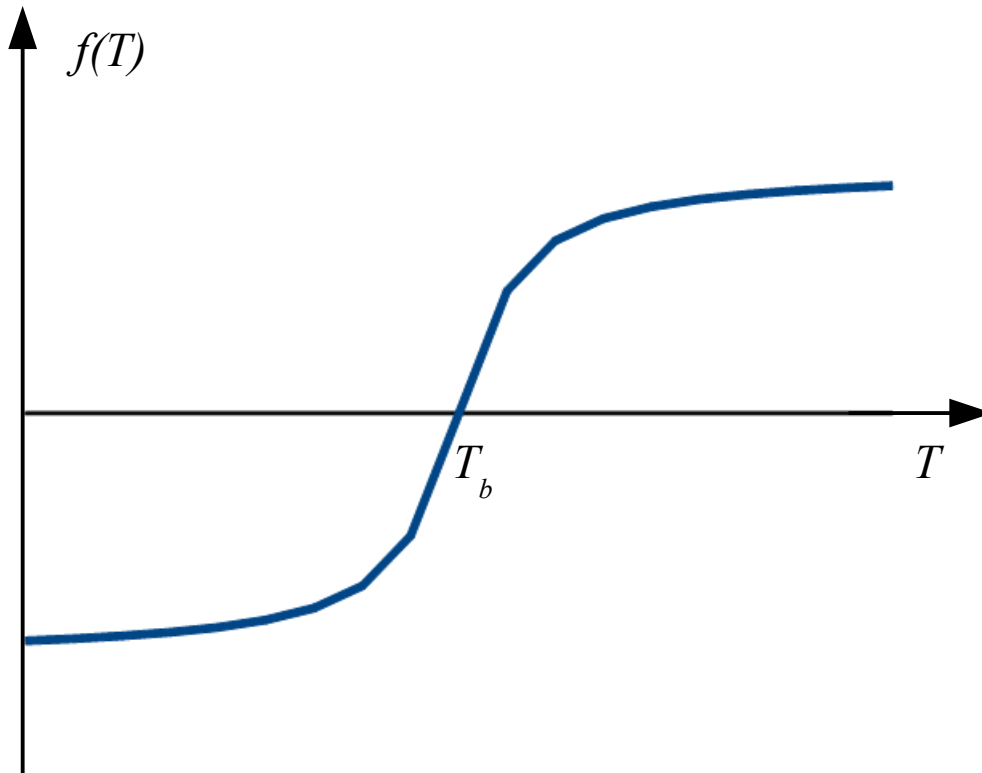
Låt oss först undersöka bakgrunden till ekvation (1). Jag vill se denna ekvation som utgående från *hypotesen* att under det klimattillstånd som har rått sedan förindustriell tid och en tid dessförinnan så är ändringshastigheten av koldioxidhalten i luften endast en funktion av den globala medeltemperaturen.

$$\frac{dy}{dt} = f(T) \quad (2)$$

Vi kan tänka oss att atmosfären vid någon global temperatur  $T_b$  är i balans med de andra kolreservoarerna. Då är alltså koldioxidhalten i atmosfären konstant och vi har att  $f(T_b) = 0$ . Detta skulle kunna tänkas vara ett tillstånd som jorden var i för några hundra år sedan. När temperaturen ökar så störs balansen så att koldioxid övergår från andra reservoarer till atmosfären vilket medför att koldioxidhalten i denna ökar. När temperaturen minskar blir det tvärtom.

Hur denna funktion ser ut vet vi naturligtvis inte men om ett funktionssamband som bara avser temperaturen håller för större temperaturändringar så finns det rimligen begränsningar för hur mycket förändringshastigheten kan variera. Funktionen skulle till exempel kunna se ut som i figur 1:

Det måste också vara så att andra tillståndsvariabler i klimatsystemet efter ett tag måste påverka förändringshastigheten förutom temperaturen. När överföringen av koldioxid har pågått en tid mellan reservoarerna måste det uppstå till exempel koncentrationsgradienter som minskar överföringshastigheten och till slut leder ändringen i massbalanserna mellan reservoarerna till att en ny balans uppstår. Men detta hindrar inte att under en initial tidsperiod är förändringshastigheten endast en funktion av temperaturen.



Figur 1. Exempel på funktion av temperaturen

Vi skulle också kunna jämföra med att koka vatten i ett tätt slutet tryckkärl. Om vi först tänker oss att vi kokar vatten i en vanlig öppen kastrull på en elektrisk spisplatta så kokar det fortare ju varmare plattan är. Detta beror på att den hastighet som värme överförs med mellan spisplatta och vattnet i kastrullen begränsar kokningshastigheten. Denna värmeöverföringshastighet är proportionell mot temperaturskillnaden mellan spisplattan och vattnet. Även koldioxidhaltens förändringshastighet skulle för övrigt kunna vara proportionell mot en temperaturskillnad beroende på att en värmeöverföringshastighet begränsar den.

Om kastrullen skulle stängas till så att den blir ett tätt slutet tryckkärl så skulle det initialt vara så att vattnet kokar lika fort som i den öppna kastrullen och fortare ju varmare spisplattan är. Men när sedan trycket i det slutna kärlet ökar så kommer kokningshastigheten att minska genom att kokpunkten ökar. Till slut blir den noll när temperaturen i kärlet har blivit lika med kokplattans temperatur. Då har vi fått en ny balans. Detta visar alltså ett system där processens hastighet först endast är en funktion av temperaturen på spisplattan men där hastigheten sedan avtar till noll när en annan tillståndsvariabel, nämligen trycket i kärlet, efter ett tag börjar påverka systemet.

Men vi antar nu att klimatsystemet under en initial tidsperiod uppför sig enligt figur 1. Låt oss nu Taylorutveckla högra ledet i ekvation (2) vid  $T=T_b$  men bara behålla de två första termerna.

$$f(T) = f(T_b) + \left( \frac{df}{dT} \right)_{T_b} (T - T_b) = k(T - T_b)$$

där  $k = \left( \frac{df}{dT} \right)_{T_b}$

Vi ser alltså att högra ledet i ekvation (1) kan betraktas som en linjärisering av högra ledet i ekvation (2) runt den temperatur då atmosfären är i balans med de andra kolreservoarerna.

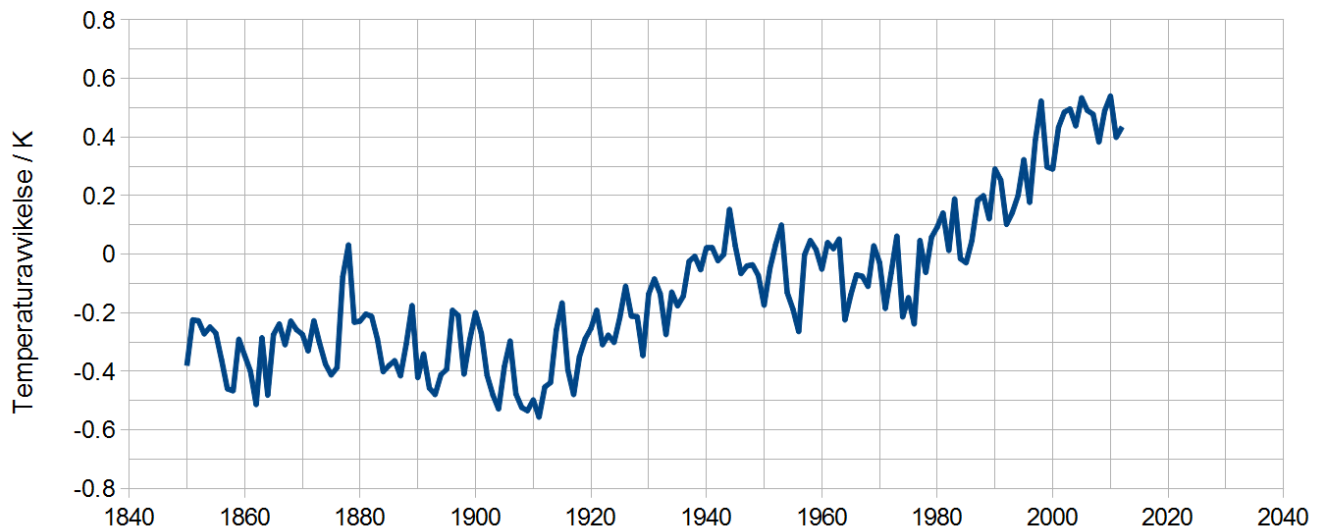
### Lösningsmetod och data

Ekvation (1) är en differentialekvation som beskriver hur koldioxidhalten  $y$  i luften varierar som funktion av den globala temperaturen  $T$ . Ekvationen innehåller två okända parametrar  $k$  och  $T_b$  som vi måste bestämma innan vi kan beräkna hur koldioxidhalten varierar med temperaturen. Men har vi dessa parametervärden skulle vi kunna beräkna koldioxidhalten som funktion av temperaturen genom att integrera differentialekvationen.

Värden på årsmedeltemperaturen för 1850 till 2012 finns i form av temperaturavvikelser från en nollnivå från Met Office i databasen HadCRUT4. Dessa temperaturavvikelser kan användas för att beräkna de temperaturdifferenser som vi behöver.

Temperaturavvikelser enligt HadCRUT4

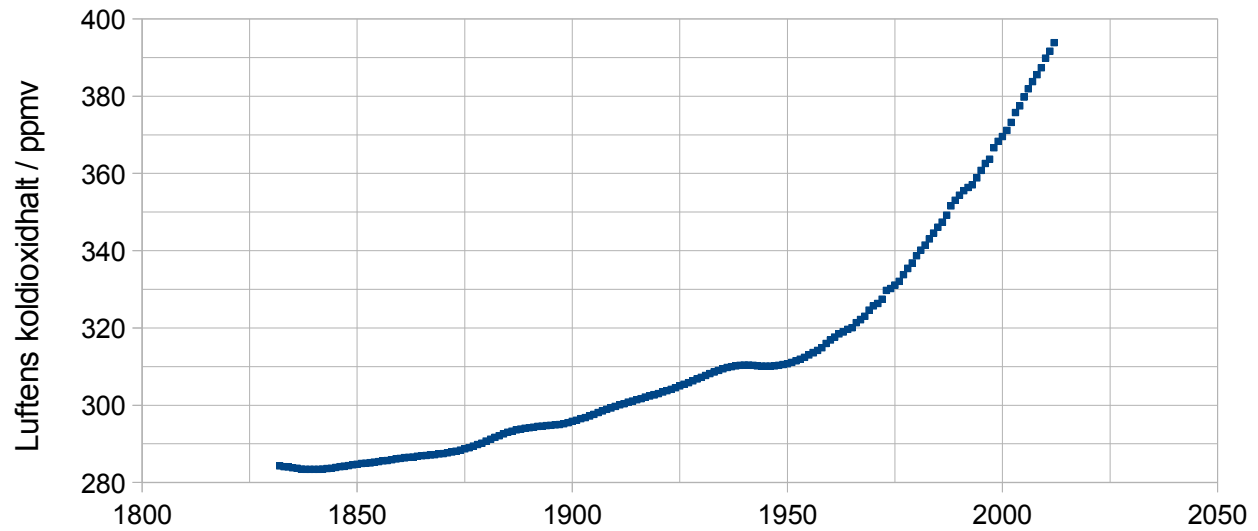
Årsmedelvärden



Värden på koldioxidhalten i luften finns också tillgängliga som årsmedelvärden under samma tidsperiod. Från och med 1959 och framåt finns direkta mätningar från Mauna Loa. Dessförinnan finns ett par data serier från isborrkärnor. Jag har använt en från Lawdome i Antarktis.

### Luftens koldioxidhalt enligt mätningar och en isborrkärna

Mauna loa fr o m 1959, dessförinnan Lawdome



För att lösa problemet med att beräkna de två okända parametrarna så använde jag den integrerade formen av differentialekvation (1):

$$y - y_0 = k \int_{t_0}^t (T - T_b) dt \quad (3)$$

där  $t_0$  är starttidpunkten för den tidsperiod vi tittar på. Genom att skriva om ekvation (3) på följande sätt kan vi beräkna de två okända parametrarna genom linjär regression.

$$y - y_0 = k \int_{t_0}^t T dt - k T_b (t - t_0) \quad (4)$$

I ekvation (4) ser vi nämligen att  $y - y_0$  vid tiden  $t$  är en linjär funktion av två variabler, nämligen  $\int_{t_0}^t T dt$  och  $t - t_0$  med koefficienterna  $k$  och  $-k T_b$ . De två okända parametrarna kan därför beräknas genom linjär regression efter att vi beräknat värdena för  $y - y_0$ ,  $\int_{t_0}^t T dt$  och  $t - t_0$  för vart och ett av åren 1851 till 2012 ( $t_0 = 1850$ ).

Integralen  $I(t) = \int_{t_0}^t T dt$  skall här beräknas genom att integrera temperaturavvikelserna från

HadCRUT4. Detta kan göras på olika sätt men jag valde att använda funktionen `ode` för numerisk integrering av ordinära differentialekvationer i det Matlabliknande datorprogrammet Scilab genom att skriva om ekvation för integralen som

$$\frac{dI}{dt} = T(t, I) \quad (5)$$

Man måste då uttrycka temperaturavvikelserna  $T$  som en funktion av  $t$  och  $I$  vilket i följande kod är gjort genom interpolation i tabellen för temperaturavvikelserna.

```
clear
exec('C:\Users\Pehr\Documents\Scilabfiler\Klimatberäkningar\Hadcrut420130228\HCRUT4.sce', -1);
t1=HCRUT4(:,1);
DT=HCRUT4(:,2);

function ydot=f(t,y)
    d=splin(t1, DT)
    ydot = interp(t, t1,DT, d);
endfunction

t0=t1(1)
IntDT=ode(0,t0,t1,f);
```

Den linjära regressionen gjordes i ett kalkylblad OpenOffice.org Calc med funktionen REGR som motsvarar LINEST i Microsoft Excel. Följande bild visar indata och utdata från REGR samt

beräkningen av  $T_b$ . Endast de första 20 årens indata visas. Värdet på  $y_0$  sattes lika med värdet för år  $t_0 = 1850$  vilket var 284.7 ppmv.

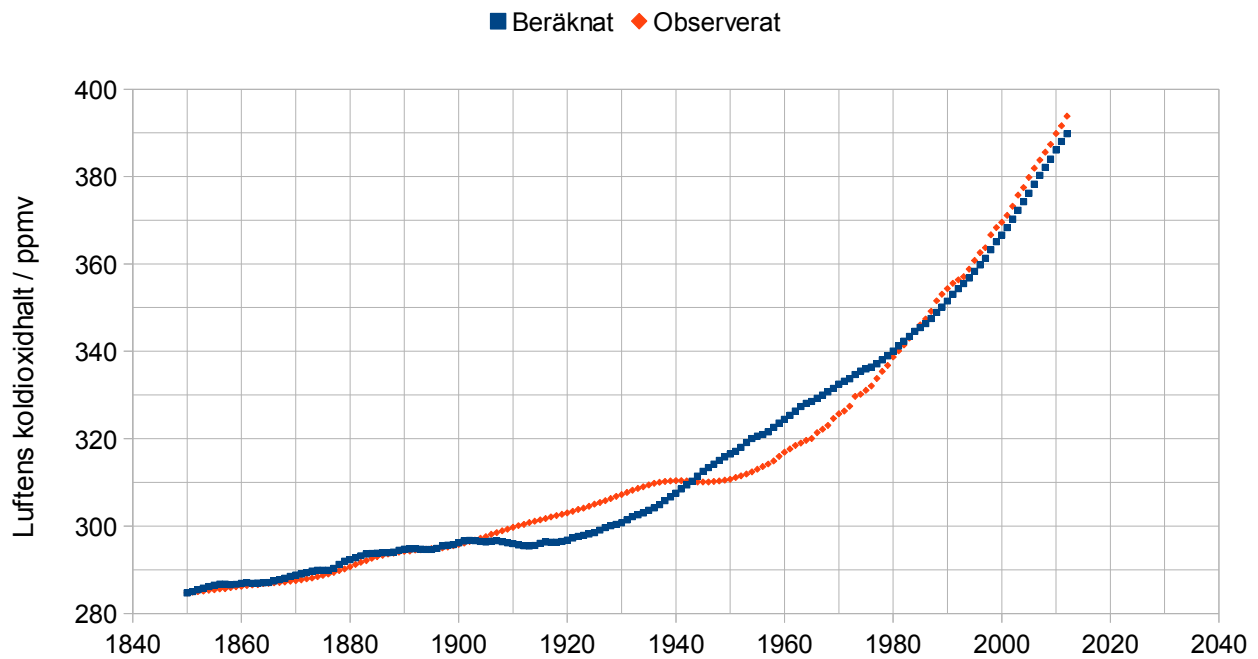
D	E	F	G	H	I	J
t-t0	Integral	Y-y0				
0	-0	0		2.20774631	0.91679377	0
1	-0.2841693	0.2		0.05674678	0.01320469	#Saknas
2	-0.5006666	0.3		0.99018724	4.14930251	#Saknas
3	-0.7535077	0.4		8123.10668	161	#Saknas
4	-1.0158957	0.6		279706.365	2771.89052	#Saknas
5	-1.2675028	0.7		#Saknas	#Saknas	#Saknas
6	-1.5784347	0.9		#Saknas	#Saknas	#Saknas
7	-1.9896	1		#Saknas	#Saknas	#Saknas
8	-2.4700088	1.2		#Saknas	#Saknas	#Saknas
9	-2.8434576	1.4				
10	-3.1492551	1.5				
11	-3.5151164	1.7		k		2.20774631
12	-3.9926242	1.8		-k*Tb		0.91679377
13	-4.3822298	1.9		Tb		-0.41526228
14	-4.7608016	2.1				
15	-5.1601544	2.2				
16	-5.3911688	2.3				
17	-5.6732517	2.4				
18	-5.943649	2.5				
19	-6.1807286	2.7				
20	-6.4440244	2.8				

*Determinationskoefficienten*  $R^2$  för vår regression blev här faktiskt lika med 0.99 (finns i cell H4), ett värde som visar att det mesta av variansen i observationerna förklaras av regressionsekvationen.

## Resultat

Värdena på de två parametrarna blev  $T_b = -0.415$  C och  $k = 2.21$  ppmv/(år C). I följande diagram jämförs värden beräknade (i blått) med dessa parametrar i ekvation (4) med de observerade värdena (i rött).

Jämförelse mellan beräknade värden enligt Murry Salbys teori och observationer





Det är häpnadsväckande att koldioxidhalten så pass väl följer denna ekvation som är helt och hållet beroende av temperaturen. Det är också ett mycket rimligt resultat att vi har en balans vid temperaturanomalin -0.42 C enligt Hadcrut4 där ingen nettoförändring av koldioxidhalten i luften sker samt att hastigheten i nettoförändringen är proportionell mot avvikelserna i temperatur från balanstemperaturen dvs. att

$$\frac{dy}{dt} = k(T - T_b) \quad (3)$$

## **Diskussion**

Om detta när forskningen går vidare skulle visa sig vara en fysikaliskt giltig förklaring så finns det inte rum för att antropogena utsläpp av fossil koldioxid nämnvärt påverkar halten av koldioxid. Orsaken till den ökade koldioxidhalten ser då helt och hållet vara den ökade temperaturen 1850-2012. De naturliga flödena mellan de olika kolreservoarerna i naturen måste i ett sådant fall vara så stora att de antropogena utsläppen blir som en droppe i havet. Dessa kan inte påverka balansen i kolcykeln. I stället är det naturliga förändringar i jordsystemet som är orsaken till att koldioxidhalten i luften varierar.

Om det däremot är de antropogena koldioxidutsläppen som är huvudorsaken så måste det vara en ren tillfällighet att temperatur och koldioxidhalt har råkat utveckla sig så att den ovannämnda ekvationen satisfieras. Detta bör då gå att förklara matematiskt men det återstår att se.

Som det nu ser ut så väcker Murry Salbys resultat många frågor som måste besvaras. Det är ju inte bara det resultat som jag har reproducerat här utan också hans resultat om att 13C kan förändras lika väl av naturliga koldioxidkällor som av antropogena så att minskningen av 13C i atmosfären inte är ett bevis på att ökningen består av fossil koldioxid. Det är ju inga småsaker som står på spel, om koldioxidhaltens ökning skulle visa sig vara helt naturlig så väntar stora omvälvningar i många viktiga verksamheter som är relaterade till klimatfrågan.

## **Referenser**

Föredrag i Hamburg av Murry Salby:

[http://www.youtube.com/watch?v=2ROw\\_cDKwc0](http://www.youtube.com/watch?v=2ROw_cDKwc0)

Årsmedelvärden på koldioxidhalten i luften från Mauna Loa:

[ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_mlo.txt)

Årsmedelvärden på koldioxidhalten i luften från Lawdome, Antarktis:

<http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/co2/lawdome.smoothed.yr20>

Årsmedelvärden av globala temperaturavvikelser från HadCRUT4:

[http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/time\\_series/HadCRUT.4.2.0.0.annual\\_ns\\_avg.txt](http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/time_series/HadCRUT.4.2.0.0.annual_ns_avg.txt)

Scilab:

<https://www.scilab.org/>