

**MVE420:**  
**Nya teknologier, global risk och mänsklighetens framtid**

<http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/CTH/mve420/1718/>

Föreläsning om  
**Klimatförändringar och frågan om samarbete kontra  
allmänningens tragedi**

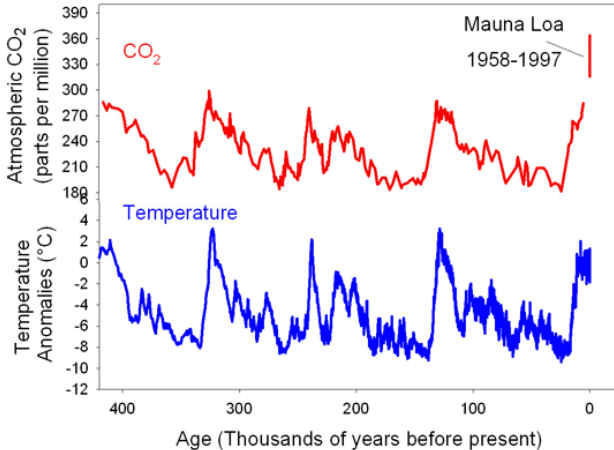
24 april 2018

Olle Häggström

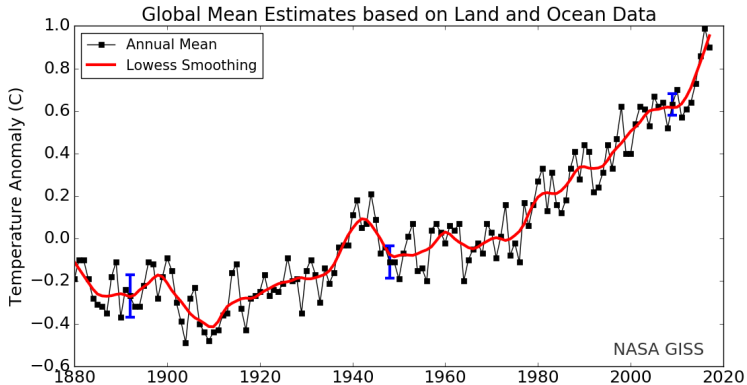
## Klimatförändringar är inte något nytt.



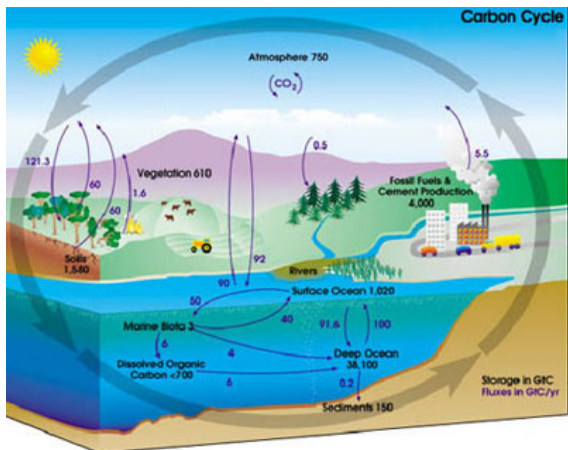
# Vostok Ice Core, Antarctica

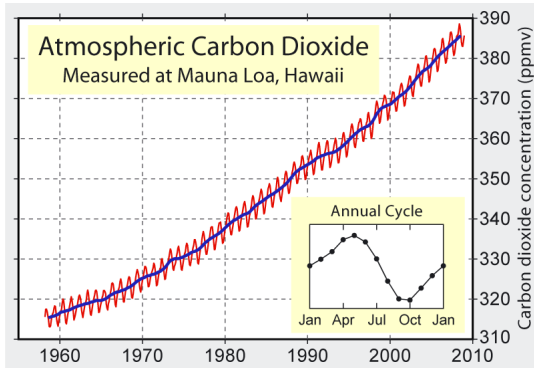


Petit et al. 1999 Nature

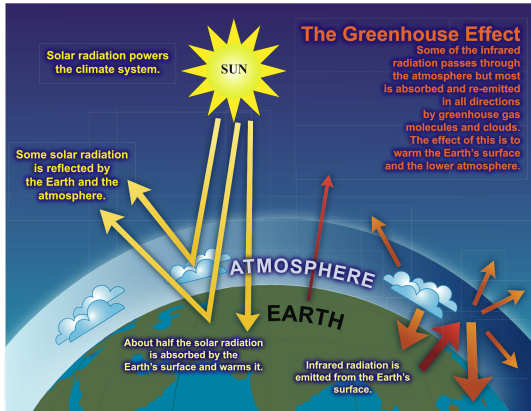


# Kolcykeln





# Grundläggande fysikalisk mekanism: växthuseffekten



I jämvikt råder vid jordytan strålningsbalans:

$$I_{in} = I_{out} .$$

Den utgående strålningen  $I_{out}$  ges av Stefan–Boltzmanns lag, som säger att

$$I_{out} = \varepsilon\sigma T^4 ,$$

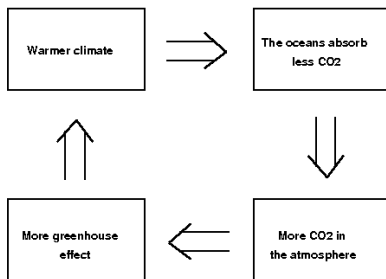
där  $T$  är yttemperaturen (mätt i Kelvin),  $\sigma$  är den universella Stefan–Boltzmannkonstanten, och  $\varepsilon$  är ett tal mellan 0 och 1 som beskriver ytans emissivitet.



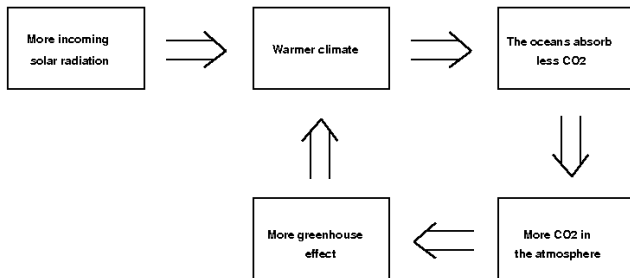
Den infallande strålningen  $I_{in}$  beror approximativt logaritmiskt på atmosfärens  $\text{CO}_2$ -halt. Därför är det naturligt att kvantifiera **koldioxidens klimatkänslighet**  $\Delta T_{2\times\text{CO}_2}$  som den höjning av jämviktsmedeltemperatur som blir följden av fördubblad  $\text{CO}_2$ -halt. Om det enbart vore för koldioxidens *direkta* växthuseffekt skulle vi med känd strålningsfysik erhålla  $\Delta T_{2\times\text{CO}_2} \approx 1 \text{ K}$ . Förekomsten av indirekta effekter, främst s.k. återkopplingseffekter, gör problemet svårare. IPCC anger i sin senaste rapport trolighetsintervallet

$$1.5\text{K} \leq \Delta T_{2\times\text{CO}_2} \leq 4.5\text{K}$$

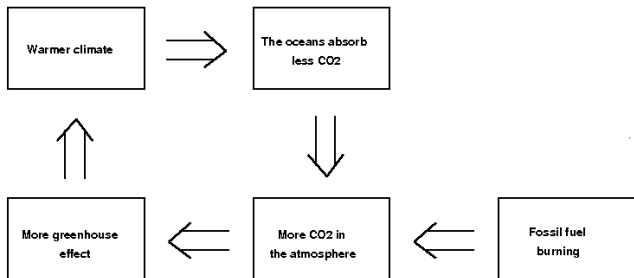
## Koldioxidens återkopplingscykel



## Koldioxidens återkopplingscykel under pleistocen

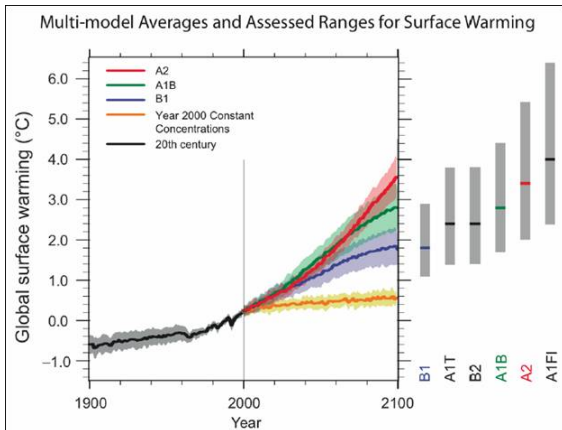


## Koldioxidens återkopplingscykel från ca 1900 och framåt



Vart klimatet tar vägen det närmaste århundradet beror på många faktorer, kanske framför allt

- ▶ värdet på klimatkänsligheten, och
- ▶ hur vi gör med våra utsläpp.



Flertalet bedömare menar att konsekvenserna av flera graders ytterligare uppvärmning skulle bli allvarliga, och inkludera t.ex.

- ▶ höjning av havsytan som kan dränka stora kustnära områden,
- ▶ massutrotningar,
- ▶ försämrade förutsättningar för jordbruk på låga breddgrader,
- ▶ stora flyktingströmmar.

Ett vanligt missförstånd är att ett, säg, 5°C varmare klimat *i sig* skulle vara mindre lämpat för liv på jorden, och att vårt nuvarande (eller förindustriella) klimat skall vara något slags magiskt optimum för livet. Så är det knappast.

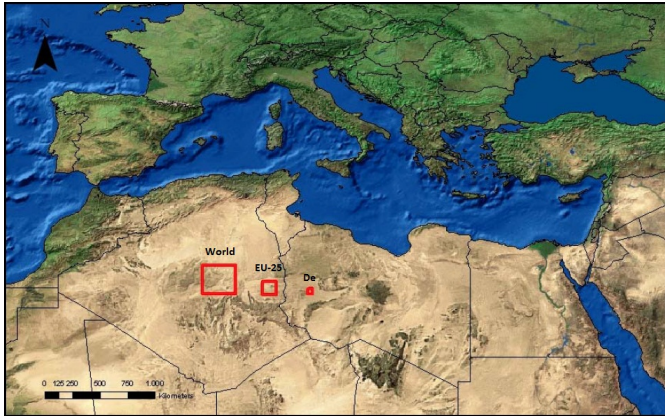


Ett vanligt missförstånd är att ett, säg, 5°C varmare klimat *i sig* skulle vara mindre lämpat för liv på jorden, och att vårt nuvarande (eller förindustriella) klimat skall vara något slags magiskt optimum för livet. Så är det knappast.

Problemet med klimatförändringarna är snarare *hastigheten*. Såväl biologiskt liv som det mänskliga samhället är anpassade till (ungefär) rådande klimat, men om klimatet förändras så snabbt att inte anpassningarna hinner med kan det gå illa.

Vad göra?

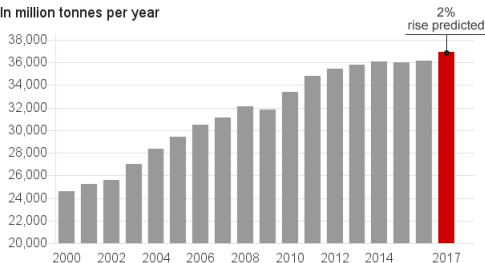
Ett uppenbart förslag: minska växthusgasutsläppen genom omställning av t.ex. våra energi- och transportsystem.



## Men varför händer så lite?

Global CO2 emissions, 2000 to 2017

In million tonnes per year



Kyotoprotokollet från 1997 har haft liten effekt, senare förhandlingar i t.ex. Bali (2007), Köpenhamn (2009), Cancún (2010), Durban (2011) och Lima (2014) har gått trögt, och Parisavtalet (2015) är bristfälligt i fråga om konkretion.

De tekniska svårigheterna med omställning till grön energi etc verkar vara överkomliga. Svårigheten tycks snarare ligga på ett socialt och politiskt plan: vem skall bära kostnaderna? Här finns både en **rums-** och en **tidsaspekt**:

De tekniska svårigheterna med omställning till grön energi etc verkar vara överkomliga. Svårigheten tycks snarare ligga på ett socialt och politiskt plan: vem skall bära kostnaderna? Här finns både en **rums-** och en **tidsaspekt**:

**Rumsaspekten:** Kostnaden för utsläppsminskningåtgärder (t.ex. att avveckla kolkraftverk och bygga vindkraftverk istället) bärs lokalt, medan nyttan sprids globalt.

De tekniska svårigheterna med omställning till grön energi etc verkar vara överkomliga. Svårigheten tycks snarare ligga på ett socialt och politiskt plan: vem skall bära kostnaderna? Här finns både en **rums-** och en **tidsaspekt**:

**Rumsaspekten:** Kostnaden för utsläppsminskningåtgärder (t.ex. att avveckla kolkraftverk och bygga vindkraftverk istället) bärs lokalt, medan nyttan sprids globalt.

**Tidsaspekten:** Kostnaden för dessa åtgärder drabbar oss idag, medan större delen av nyttan går till kommande generationer.

Rumsaspekten har den struktur som benämns **allmänningens tragedi (tragedy of the commons)**, efter en uppsats av Garrett Hardin från 1965.



Bönderna i en by har var och en ett stycke egen mark, men också tillgång till en gemensam allmänning som kan utnyttjas för de egna betesdjuren. Var och en tjänar på att utnyttja allmänningen, men om alla eller nästan alla gör det utarmas allmänningen och den förtvinar.



## Jämför:

- ▶ Om var och en av bönderna i byn följer sitt ekonomiska egenintresse så går allmänningen under och alla förlorar på det.
- ▶ Om varje land på jorden följer sitt ekonomiska egenintresse och överlåter till utlandet att stå för omställningen till fossilfri energi ( "vårt eget lilla land gör ju ingen större skillnad för utsläppen" ) så fortskrider den globala uppvärmningen och alla förlorar på det.

Scott Barretts (*Why Cooperate?*, 2007) klassificering av globala problem är i termer av hur många stater som behöver vara med på båten för att lösa dem.

- ▶ **(a) Kräver bara en stat.** (T.ex. asteroidhot.)
- ▶ **(b) Kräver flertalet stater.** (T.ex. ozonlagret.)
- ▶ **(c) Kräver att alla stater är med.** (T.ex. utplåning av smittsam sjukdom.)

En av Barretts teser är att det (paradoxalt nog) i många fall är svårare att skapa det erforderliga samarbetet i fall (b) än i fall (c).

Var på skalan hamnar klimatproblematiken?

Inom beteendekonometri studerar man bl.a. hur försökspersoner agerar i allmänningens tragedi-liknande situationer som denna:

*Var och en av, säg, 8 personer kan välja att lägga 10 kr eller ingenting i en gemensam pott. Banken fördubblar därefter potten, och alltsammans delas lika mellan de 8 personerna.*

Mycket av forskningen går ut på att förstå vilka slags modifieringar av reglerna som får folk att samarbeta. I bästa fall kanske sådant kan ge ledning om hur verkliga allmänningens tragedi-liknande situationer kan hanteras.

Ofta föreslagen lösning: **externalitetsinternalisering**.



**Tidsaspekten** handlar om hur vi skall väga kostnader (för t.ex. utsläppsminskningar) idag mot förmodade vinster i framtiden. Detta brukar hanteras med en så kallad **diskonteringsränta**  $r$ . Om t.ex.  $r = 2\%$ , så betyder det att vi värderar en intäkt om \$1000 fördröjd  $t$  år in i framtiden lika högt som en intäkt idag om  $\$1000 \cdot (1-0,02)^t$ .

$r$	10 år	100 år
0,1%	0,99	0,90
1%	0,90	0,37
1,4%	0,87	0,24
3%	0,74	0,048
6%	0,54	0,0021

Oenighet råder om lämpligt val av diskonteringsränta  $r$ , men de flesta ekonomer anser att **Ramseys formel** är ett bra ramverk för val av  $r$ :

$$r = \eta g + \delta$$

där

- ▶  $\delta$  är den s.k. **rena tidspreferensen**, dvs hur mycket viktigare vi finner vår egen välfärd idag vara jämfört med framtida generationers,
- ▶  $g$  är förväntad framtida tillväxttakt i ekonomin,
- ▶  $\eta$  är den s.k. **riskaversionskoefficienten**, definierad som det  $\eta$  för vilket nyttan  $u(x)$  av ekonomisk tillgång  $x$  betar sig så att marginalnyttan  $\frac{du(x)}{dx} \sim x^{-\eta}$ .

Idén med termen  $\eta g$  i Ramseys formel  $r = \eta g + \delta$  är att om framtida generationer är rikare än vi så är vi i större behov än dem av ett extra ekonomiskt tillskott.



Idén med termen  $\eta g$  i Ramseys formel  $r = \eta g + \delta$  är att om framtida generationer är rikare än vi så är vi i större behov än dem av ett extra ekonomiskt tillskott.

Två specialfall:

Idén med termen  $\eta g$  i Ramseys formel  $r = \eta g + \delta$  är att om framtida generationer är rikare än vi så är vi i större behov än dem av ett extra ekonomiskt tillskott.

Two specialfall:

- ▶  $\eta = 0$  svarar mot  $\frac{du(x)}{dx} = C$  och att ett givet ekonomiskt tillskott betyder exakt lika mycket för fattig som för rik. Knappast särskilt realistiskt.

Idén med termen  $\eta g$  i Ramseys formel  $r = \eta g + \delta$  är att om framtida generationer är rikare än vi så är vi i större behov än dem av ett extra ekonomiskt tillskott.

Två specialfall:

- ▶  $\eta = 0$  svarar mot  $\frac{du(x)}{dx} = C$  och att ett givet ekonomiskt tillskott betyder exakt lika mycket för fattig som för rik. Knappast särskilt realistiskt.
- ▶  $\eta = 1$  svarar mot  $\frac{du(x)}{dx} = \frac{C}{x}$  och  $u(x) = C \log(x)$ , så att ett givet *relativt* tillskott betyder lika mycket för fattig som för rik (en extra krona för den som har 1000 kr betyder lika mycket som en extra hundralapp för den som har 100 000 kr). Måhända mer realistiskt?

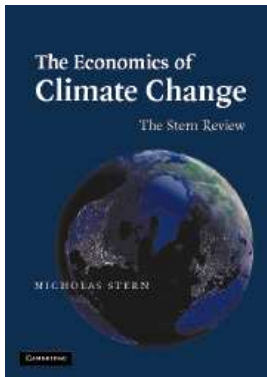
Idén med termen  $\eta g$  i Ramseys formel  $r = \eta g + \delta$  är att om framtida generationer är rikare än vi så är vi i större behov än dem av ett extra ekonomiskt tillskott.

Två specialfall:

- ▶  $\eta = 0$  svarar mot  $\frac{du(x)}{dx} = C$  och att ett givet ekonomiskt tillskott betyder exakt lika mycket för fattig som för rik. Knappast särskilt realistiskt.
- ▶  $\eta = 1$  svarar mot  $\frac{du(x)}{dx} = \frac{C}{x}$  och  $u(x) = C \log(x)$ , så att ett givet *relativt* tillskott betyder lika mycket för fattig som för rik (en extra krona för den som har 1000 kr betyder lika mycket som en extra hundralapp för den som har 100 000 kr). Måhända mer realistiskt?

Ju högre val av  $\eta$ , desto viktigare att fördela ekonomiska resurser jämnt.

Diskussionen om val av diskonteringsränta hettade till 2006 när brittiske nationalekonomen Sir Nicholas Stern presenterade sin radikala rapport om klimatekonomi.



- ▶ Stern förordar  $\eta = 1$ ,  $g = 1,3\%$  och  $\delta = 0,1\%$ , så att  $r = \eta g + \delta = 1,4\%$ .
- ▶ Harvardekonomen Martin Weitzman förordar  $\eta = 2$ ,  $g = 2\%$  och  $\delta = 2\%$ , så att  $r = 6\%$ .

Detta leder till radikalt olika bedömningar av hur angeläget och bråttom det är med utsläppsminskningar och andra klimatåtgärder. Stern förordar snabb avveckling av våra växthusgasutsläpp, medan Weitzmans val av  $r$  gör att de framtida kostnaderna för klimatförändringar i högre grad diskonteras bort, så att utsläppsminskningar idag blir mindre viktiga.