

Klimat 1G: Tipping-points

(På 3ⁱ minuter hinner du läsa det som står med fetstil. Gör det nu. ⁱⁱ)

Så kallade tipping-points orsakas av feedback-mekanismer som finns inbyggda i klimatsystemet. Naturen själv kan både ta upp och släppa ut växthusgaser. ⁱⁱⁱ Hittills har haven och växtligheten tagit upp ungefär hälften av det fossila kol vi har släppt ut. ^{iv}

När temperaturen ökar så kommer nya utsläpp av växthusgaser från nya naturliga källor. Här är **några exempel:**

- **Tundran tinar:** Lämningar från djur och växter i Arktis har under många tusentals år frusits in i stället för att förmultna. Nu tinas denna enorma frysbox upp och frostas av. När död biomassa förmultnar eller ruttnar så bildas bl.a. koldioxid eller metan. Båda är växthusgaser. Metan är en mycket kraftfullare växthusgas, men den bryts ner till koldioxid på ca 10 år. ^v Att tundran blir en källa till växthusgaser är troligt om jorden värms upp 2 grader. ^{vi} Mängden kol som finns infrusen i tundran motsvarar ungefär lika mycket koldioxid som vi släpper ut på 57 år om den kommer ut som koldioxid. ^{vii} (Och 25 gånger mer än så om den skulle komma ut som metan. ^{viii})

Om en tjugondel av det kommer ut som metan under hundra år, (d.v.s. en halv promille per år) är det ensamt tillräckligt för att värma upp jorden från 2 till 3 grader. ^{ix}

- **Skogsbrand:** Biomassa betyder ungefär "vikten av allt som är levande eller nyligen har dött". När man säger att växande skogar tar upp kol så menar man att biomassan ökar. När en skog brinner så frigörs kolet igen i form av koldioxid.

Att Amazonas brinner upp är troligt om jorden värms upp 2 grader om vi inte vidtar åtgärder för att förhindra det. ^x

Koldioxiden som binds/frigörs motsvarar ungefär halva skogens vikt. ^{xi} Vid en (mindre) brand så förbrändes ungefär en fjärdedel av skogen. Resten blev kvar som träkol, brända stubbar och liknande. ^{xii}

För att frigöra lika mycket kol genom skogsbränder som människan släpper ut på ett år, så behöver en yta på drygt 150 mil i kvadrat brinna. ^{xiii} Det motsvarar mindre än en tredjedel av Brasiliens yta.

(Skulle allt kol i biomassan brinna och/eller förmultna, så skulle det krävas skogsbrand på i storleksordningen 75 mil i kvadrat eller motsvarande ca 7% av Brasiliens yta.)

Skogsbränderna ökar redan. ^{xiv} Tänk bara på alla nyheter från Australien, Ryssland och Kalifornien m.fl. under de senaste åren. ^{xv}

<http://youtu.be/tlgDbxlaZIE>

Fram tills tusenårs-skiftet fick den ökade mängden koldioxid trots allt skogarna att i genomsnitt växa till, men sedan dess har biomassan i stället minskat ^{xvi}:

<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/jordens-vaxter-tappar-kraft-1.1156942>

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45380>

Vid 4 graders uppvärmning kan jorden se ut så här:

<http://www.newscientist.com/data/images/archive/2697/26971701.jpg>

- **Metanhydrat:** Djupt nere i havet finns metanhydrat. ^{xvii} Det är en is-liknande form av metan som är stabil vid låg temperatur och högt tryck.

Om haven värms upp 3°C så frigörs tillräckligt mycket metan ^{xviii} för att ...

... det ensamt skulle värma jorden mycket mer än 5 grader även om allt bryts ner till koldioxid. ^{xix}

... värma upp jorden 5 grader om 0,3 promille av det varje år kommer ut som metan. ^{xx}

... värma upp jorden 8°C i mer än 1000 år om allt kommer ut som metan. ^{xxi}

... kostnaden kan bli större än hela världsekonomin. ^{xxii}

+ Lyckligtvis bedömer FN:s klimatpanel att det är mycket osannolikt att det kommer att hända före 2100. ^{xxiii} (I alla fall om inte utsläpp från tundran eller brinnande skogar gör att det går snabbare.)

+ Nya resultat tyder på att metan som är löst i vatten äts upp av bakterier på några månader. ^{xxiv}

+ En del metan hinner inte lösas i vattnet utan bubblar direkt upp i luften. ^{xxv}

+ Man har trott att en stor del av orsaken till att 95% av alla arter dog ut under Perm för 250 miljoner år sedan var att metanhydrat kom ut i atmosfären och blev till koldioxid. Nya studier tyder dock på att koldioxidkällan den gången var vulkaner där lavan bröt igenom tjocka lager av kalksten. ^{xxvi}

OM sådana här utsläpp blir större än vad naturen förmår ta upp, så hjälper det inte ens om vi människor helt slutar att släppa ut växthusgaser. Då kommer temperaturen ändå att fortsätta öka! Det är det som kallas tipping-point; när processen inte längre kan hejdas, utan fortsätter av egen kraft.

De flesta bedömare tror att vi kommer att passera sådana här tipping-points om:

- den globala temperaturen stiger 2 grader ^{xxvii} (Hittills har den stigit ca: 0,9 grader. ^{xxviii})

- koldioxidhalten i atmosfären förblir högre än 350 ppm ^{xxix} under en längre tid. ^{xxx} (Just nu är den 400 ppm ^{xxxi})

(Notera att verkligheten inte är som i filmer. I filmerna brukar man veta exakt när det blir för sent att handla, och resultatet syns omedelbart.

I verkligheten får man räkna med en osäkerhet på kanske 20 år. Ofta kan man inte ens i efterhand säga exakt när en tipping-point passerades. "Att bromsarna har slutat fungera märks inte förrän man försöker bromsa." Dessutom kan tipping-points som gäller klimatet inträffa årtionden innan de faktiska följderna märks.)

Bonus: Knappt tre minuter in i den här filmen visas ett isberg som välter:

http://www.ted.com/talks/camille_seaman_haunting_photos_of_ice.html

Det har i sig ingenting med klimatförändringarna att göra. Ändå är det här för mig på något sätt sinnebilden av en tipping point. Isen smälter och smälter och det syns ingen större skillnad. När tillräckligt mycket is har smält så att isberget har ändrat form, då når det sin tipping-point. Isberget tippar över och ingenting i världen kan hindra det från att rulla hela vägen runt.

Bonus: Litet men positivt: Varning, Åsikt ^{xxxii}: Om tillräckligt många börjar arbeta aktivt i klimatfrågan så kan hela debatten tippa över så att saker händer snabbt. ^{xxxiii} Vi väljer vad vi gör med vår jord!

Humor-bonus ^{xxxiv}:

http://aadverbaast.files.wordpress.com/2011/02/20091219_klimaattop.jpg

Mer information om denna klimat-utbildning finns på:

<http://klimatcbt.yolasite.com/>

Dagens uppgift är att ägna minst 3 minuter åt att läsa det här mailet. Framför allt det som står i fetstil.

Försök att alltid utföra dagens uppgift direkt när du får mailet. Om du bara har 3 minuter, så slutför uppgiften så bra som den hinner bli på 3 minuter. ^{xxxv}

Detta mail kan även laddas ner som PDF från:

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat1G_Tippingpoints.pdf

Bonus: Nästa mail kan laddas ner som PDF från:

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2G_GrejerFraktVindkraft.pdf

Det som står i fotnoterna är alltid bonusmaterial.

ⁱ Fotnot 0.14: Tre minuter per mail räcker för att följa kursen Klimat-CBT. (Fotnot 0.20:)

På tre minuter per mail får man en översiktlig helhetsbild. För den som önskar en djupare förståelse finns möjligheten att läsa resten av mailet. De flesta mail innehåller följande typer av information:

- 3-minuters: På 3 minuter hinner man läsa de viktigaste rubrikerna och slutsatserna så att man kan följa kursen.

- Brödtext: Den löpande texten ger en fördjupad beskrivning av ämnet i mailet.

- Bonus: Intressant information som berör ämnet men inte egentligen hör till kursen.

- Footer: Nedanför brödtexten finns lite information om kursen. Den är i princip likadan i alla mail.

- Fotnoter: I fotnoterna finns alla beräkningar och källor. Läs i fotnoterna (bara) om du vill veta hur jag har räknat, tänkt och resonerat eller vilka källor jag har använt.

Mer information om kursen finns på <http://klimatcbt.yolasite.com/>

ⁱⁱ Fotnot 0.20: Detta är det rekommenderade upplägget: Ägna 3 minuter åt att göra den obligatoriska delen direkt när du får e-mailet. Avsluta den obligatoriska delen då även om du inte är säker på att du gör den på det bästa sättet. Om du har tid och lust (det kan vara omedelbart, senare, eller en annan dag) så kan du göra bonusdelen, eller göra om den obligatoriska delen på ett bättre sätt.

ⁱⁱⁱ Fotnot 1.X.2: "The atmospheric carbon balance sheet"

(<http://soilcarboncenter.k-state.edu/carbcycle.html> Table "The atmospheric carbon balance sheet looks like this")

(http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting12/LG12_9a.pdf Table "The atmospheric carbon balance sheet looks like this")

^{iv} Fotnot 0.12: Hjälp mig gärna att verifiera (eller vederlägga) detta. Hjälp mig också att hitta en tillförlitlig källa. Maila det du hittar inklusive alla källor

^v Fotnot KM.2J: Kurs-mail "Klimat 2J: Kol, Koldioxid och Metan" (

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2J_KolKoldioxidMetan.pdf)

^{vi} Fotnot 1.AI: IPCC AR5 Table 2.3 Examples of global key risks for different sectors (

<http://klimatcbt.yolasite.com/resources/AR5table23Risks.png>) (Fotnot 1.AE:)

Fotnot 1.AE: FN:s klimatpanels senaste rapport AR5 från år 2014:

(http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)

vii Fotnot 1.D: "Permafrost areas hold 500 billion tonnes of carbon, which can fast turn into greenhouse gases"

(<http://www.reuters.com/article/2007/09/18/environment-arctic-russia-permafrost-env-idUSL1076886120070918>)

Människan släpper ut knappt 10 miljarder ton kol per år i form av koldioxid. (Fotnot 3.A:)

(I artikeln står det att människan släpper ut ca 7 miljarder ton kol per år, men mängden vi släpper ut ökar för varje år. (Fotnot 4.X.17:))

500 miljarder ton kol i tundran delat med 9,5 miljarder ton kol som människan släpper ut per år, betyder att kolet i tundran motsvarar:

500Gton / 8,7Gton/år \approx 53 års utsläpp

Fotnot 3.A: De totala utsläppen av fossil koldioxid år 2011 var 34,8 miljarder ton. (

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf "In 2011, annual CO2 emissions from fossil fuel combustion, cement production and flaring were 34.8 ± 2.9 GtCO₂/yr")

34,8 Giga-ton koldioxid motsvarar 9,5 Giga-ton kol

(Dessutom släpper vi ut andra växthusgaser än koldioxid. (Fotnot 2.1.BE:))

Utsläpp för fler år finns här. Ladda ner data som Excel och titta på landet "World" för en fullständig lista: (<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT/countries/1W?display=graph>)

Fotnot 4.X.17: 2015: Tillfällig minskning av utsläppen: "The projected fall is mainly due to China burning less coal, because of its economic slowdown ... Total emissions ... most probably rose" "deforestation ... peat ... fires"

(<https://www.newscientist.com/article/dn28631-2015-to-see-the-first-drop-in-fossil-fuel-emissions-as-gdp-grows/>)

2012: "Despite positive developments in some countries global energy-related CO2 emissions increased by 1.4% to reach 31.6 gigatonnes (Gt) in 2012 a historic high" (

<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2013/energyclimatemap/RedrawingEnergyClimateMap.pdf>

) (<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5560522>)

2012: 400 ppm CO₂ i atmosfären

(http://www.svd.se/nyheter/utrikes/rekordhalter-av-koldioxid-oroar-forskare_8163072.svd)

2011: "Global CO₂ emissions hit record in 2011 led by China: IEA" (

<http://www.reuters.com/article/2012/05/24/us-co2-iea-idUSBRE84N0MJ20120524>)

2010: "Carbon Emissions Show Biggest Jump Ever Recorded" (

<http://www.nytimes.com/2011/12/05/science/earth/record-jump-in-emissions-in-2010-study-finds.html>

)

Se graf: (<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT/countries/1W?display=graph>)

Notera att konstanta utsläpp ger en konstant ÖKNING av mängden växthusgaser och noll-utsläpp ger en konstant mängd växthusgaser. (Fotnot KM.2J:)

Fotnot 2.1.BE: Världens samlade utsläpp av koldioxid-ekvivalenter (Fotnot 2.1.BS:) var 44907 miljoner ton år 2010:

- Koldioxid: 33516 (

<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT/countries/1W?display=graph>)

- Metan: 7515 (

<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.METH.KT.CE/countries/1W?display=graph>)

- Kväveoxid: 2860 (

<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.NOXE.KT.CE/countries/1W?display=graph>)

- Övriga växthusgaser: 1015 (

<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGO.KT.CE/countries/1W?display=graph>)

(Enhet: miljoner ton koldioxid-ekvivalenter (Fotnot 2.1.BS:))

Fotnot 2.1.BS: Om Koldioxidekvivalenter: Det finns fler växthusgaser än koldioxid och metan. Man kan beskriva den värmande effekten som var och en av de här gaserna har, men man vill också gärna kunna beskriva den totala sammanlagda effekten. Det gör man genom att räkna ut hur mycket koldioxid som skulle ha samma effekt som de andra gaserna och sedan addera de uträkningarna till den faktiska koldioxidhalten. Summan kallas koldioxidekvivalenter.

Koldioxidekvivalenterna anges för att ge ett snabbt och enkelt mått på den totala växthuseffekten som jorden utsätts för.

Olika växthusgaser är inte direkt jämförbara, eftersom de bryts ner olika snabbt. När man räknar ut koldioxidekvivalenten för en viss mängd växthusgas så anger man "den mängd koldioxid som skulle behöva släppas ut för att ha samma effekt under hundra års tid". Om en växthusgas skulle brytas ner på exakt ett år så skulle den alltså behöva ha 100 gånger så stor effekt molekyl för molekyl, för att anses lika kraftfull räknat i ppm koldioxidekvivalenter, jämfört med en gas som bryts ner på 100 år eller mer.

^{viii} Fotnot 2.1.AA: Metans livstid och effekt som växthusgas:

(<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf> Table 2.14, sid 212)

Räknar man effekten under de 100 åren närmast efter utsläppet, så har metan en 25 gånger så stor effekt som koldioxid. Räknar man på kortare tid så är metanet ännu mycket kraftfullare eftersom metanet har sin största effekt åren efter att det släpptes ut, medan koldioxiden finns kvar i atmosfären i hundra(tals) år och i kolcykeln (<http://sv.wikipedia.org/wiki/Kolcykeln>) i tiotusentals år.

Räknar man effekten under de 20 åren närmast efter utsläppet, så har metan en 72 gånger så stor effekt som koldioxid.

Metan bryts ner till koldioxid. Hälften av metanet bryts ner på ca 8-12 år. Eftersom metanet bryts ner till koldioxid igen, så innebär konstanta utsläppsnivåer en konstant metanhalt i atmosfären.

Varning åsikt (Fotnot 0.5): Metanhalt skulle alltså knappast ha varit ett problem om inte koldioxidhalten hade höjts så mycket så att vi riskerar att passera oåterkalleliga tipping-points.

(Fotnot KM.1G:) Som det nu är så behöver vi minska på alla typer av utsläpp, inklusive metan, tills dess att metanhalt ryms inom 350 ppm koldioxidekvivalenter igen.

Se även (Fotnot KM.2J:)

Fotnot KM.1G: Kurs-mail "Klimat 1G: Tipping-points" (http://klimatcht.yolasite.com/resources/Klimat1G_Tippingpoints.pdf)

^{ix} Fotnot 1.AH: För att öka den global uppvärmningen från 3 till 4 grader räcker det att 5% av kolet i tundran kommer ut som metan.

För att öka den global uppvärmningen från 4 till 5 grader räcker det att 11% metanhydraten kommer ut som CO₂.

För att öka den global uppvärmningen från 0 till 5 grader räcker det att 0,5 promille av metanhydraten varje år kommer ut som metan.

Beräkning:

I tundran finns 500 miljarder ton kol (Fotnot 1.D:) d.v.s 500 Gton kol.

Om alla världens skogar vore regnskogar och allihop skulle brinna upp så skulle det frigöras ca 146 Gton kol i form av koldioxid.*

Om djuphaven skulle värmas upp 3 grader så skulle det frigöras 4000 Gton kol. (Fotnot IX:)

För att öka den globala uppvärmningen från 3 till 4 grader behövs ca 490 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 490 / 25 ~ 20 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

För att öka den globala uppvärmningen från 4 till 5 grader behövs ca 460 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 460 / 25 ~ 20 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

För att öka den globala uppvärmningen från 0 till 5 grader behövs ca 2400 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 2400 / 25 ~ 100 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

5% av kolet i tundran behövs som metan för att öka den global uppvärmningen från 3 till 4 grader:
 $5\% * 500\text{GtonC} \sim 25 \text{ Gton kol}$

11% av metanhydraten behövs som CO₂ för att öka den global uppvärmningen från 4 till 5 grader:
 $11\% * 4000\text{GtonC} \sim 460 \text{ Gton kol}$

3% av metanhydraten behövs som metan för att öka den global uppvärmningen från 0 till 5 grader:
 $3\% * 4000\text{GtonC} \sim 100 \text{ Gton kol}$

om dessa 3% kommer ut under 100 år så motsvarar det 0,3 promille per år

* När regnskog brinner frigörs ca 37 ton kol per hektar i form av CO₂ (Fotnot 1.B:) och det finns ca 4 miljarder hektar skog i världen. Om all skog vore regnskog och om alltihop brann upp så skulle det också frigöras:

$4\text{Gha} * 37\text{tonC/ha} \sim 146\text{Gton kol i form av CO}_2$

Fotnot 1.AG: Om de sammanlagda utsläppen av CO₂ är:

3100 Gton så blir den globala uppvärmningen ca 2 grader

5300 Gton så blir den globala uppvärmningen ca 3 grader

7100 Gton så blir den globala uppvärmningen ca 4 grader

8800 Gton så blir den globala uppvärmningen ca 5 grader

Det framgår också att vi vid mitten av 2000-talet hade släppt ut 1700 Gton (Fram till år 2011 har vi släppt ut ca 2040 Gton (Fotnot 1.AD:))

och att om vi fortsätter som nu så kommer vi år 2100 att ha släppt ut ca 7500 Gton och ha värmt upp jorden mer än 4 grader.

Källa IPCC AR5 (<http://klimatcbt.yolasite.com/bild-warmingcumulativeco2.php>) (http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf Figure SPM.5)

Fotnot 1.AD: 2040 miljarder ton koldioxid har vi släppt ut fram till 2011. ("2040 ± 310 GtCO₂ were added to the atmosphere between 1750 and 2011"

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)

3130 miljarder ton koldioxid kan vi släppa ut efter 1880 och stanna vid ca 2 grader

5290 miljarder ton koldioxid kan vi släppa ut efter 1880 och stanna vid ca 3 grader

7080 miljarder ton koldioxid kan vi släppa ut efter 1880 och stanna vid ca 4 grader

8770 miljarder ton koldioxid kan vi släppa ut efter 1880 och stanna vid ca 5 grader

(Fotnot 1.AG:)

Det betyder att efter 2011 kan vi släppa ut:

3130-2040=1090 miljarder ton koldioxid och stanna vid ca 2 grader

5290-2040=3250 miljarder ton koldioxid och stanna vid ca 3 grader

7080-2040=5040 miljarder ton koldioxid och stanna vid ca 4 grader

8770-2040=6730 miljarder ton koldioxid och stanna vid ca 5 grader

^x Fotnot 1.AI: IPCC AR5 Table 2.3 Examples of global key risks for different sectors (

<http://klimatcbt.yolasite.com/resources/AR5table23Risks.png>) (Fotnot 1.AE:)

^{xi} Fotnot 1.A: Ca 70% av biomassan är vatten. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_\(ecology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_(ecology))) Av de återstående 30% så är ungefär hälften kol. (Fotnot 1.B:) Alltså är ca 15% av biomassan kol. När kolet bildar koldioxid så ökar massan ca 3,7 gånger. (Fotnot 1.C:) Resultatet blir att koldioxiden väger lite mer än hälften av biomassan som band den.

$30\% \text{ torr vikt} * 50\% \text{ kol} * 3,7 \text{ ggr} \approx 55\%$

Fotnot 1.C: När kol förbränns till koldioxid så binder varje kol-atom två syre-atomer. Atomvikten är 12 för kol och 16 för syre. 12 kg kol förbränns alltså till: $12 + 2 * 16 = 44$ kg koldioxid

Det betyder alltså att varje kg kol blir $44/12 \approx 3,7$ kg koldioxid

^{xii} Fotnot 1.B: "burning was measured in forest cleared for pasture in a cattle ranch ... Aboveground dry weight biomass loading averaged 265 t ha⁻¹ ... 311 t ha⁻¹ total dry weight biomass ... Using carbon contents measured for different biomass components (all ~50% carbon) ... 27.6% reduction of aboveground carbon pools" (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1993JGR...9816733F>)

D.v.s. $265 \text{ ton/ha} * 50\% \text{ C} * 27\% \text{ frigjordes} \approx 37$ ton kol per hektar brunnen regnskog blev till CO₂.

^{xiii} Fotnot 1.E: 265 ton torr biomassa (ovan jord) per hektar består till 50% av kol som till 28% frigörs som koldioxid då regnskogen brinner (Fotnot 1.B:)

Det betyder att 37 ton kol (eller 134 ton koldioxid) frigörs per hektar:

$265 \text{ t/ha} * 50\% \text{ kol} * 28\% \text{ frigörs} \approx 37$ ton kol per ha frigörs

D.v.s. att 260 miljoner hektar behöver brinna för att komma upp i motsvarande människans utsläpp på knappt 10 miljarder ton kol per år (Fotnot 3.A:)

(Skulle det som blir kvar efter branden också brytas ner och förmultna så skulle det bara behövas motsvarande drygt 60 miljoner ha eftersom även resten av biomassan ovan och under marken skulle dö och bli till koldioxid.)

^{xiv} Fotnot 1.X.12: "När trä brinner, frisätts all den koldioxid som trädet samlat upp under sin livstid. Antalet skogsbränder har ökat under senare år, så att de nu tillsammans med medveten avbränning av skog står för inte mindre än 20 procent av de globala koldioxidutsläppen." Illustrerad Vetenskap 18/2009 sid 71
(Jag litar inte riktigt på allt som står i Illustrerad Vetenskap. Hjälp mig gärna att hitta en säkrare källa)
(Se även (Fotnot 2.3.C:))

Fotnot 2.3.C: Wildfires and Climate Change: (<http://youtu.be/tlgDbxlaZIE>)
Se även (Fotnot 2.3.X.3:)

^{xv} Fotnot 1.X.3: Notera att det alltid finns en tändande gnista som inte har med klimatet att göra. Skillnaden är att om det är varmt och torrt, så är det större risk att elden sprider sig.

^{xvi} Fotnot 2.3.X.3: Fram tills tusenårs-skiftet fick den ökade mängden koldioxid skogarna att i genomsnitt växa till, men sedan dess har biomassan (Fotnot 1.H:) i stället minskat:
(<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/jordens-vaxter-tappar-kraft/>)
(<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100820101504.htm>)
(<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45380>)
(<http://www.nytimes.com/2012/12/25/science/los-alamos-national-laboratory-studies-tree-deaths.html>)
Vid 4 graders uppvärmning kan jorden se ut så här:
(<http://www.newscientist.com/data/images/archive/2697/26971701.jpg>)
... och på en femtedel av jordytan är nuvarande ekosystem då inte längre möjliga: (<http://sverigesradio.se/sida/gruppsida.aspx?programid=406&grupp=12718&artikel=5510899>)
(Bonus: Se även (Fotnot 2.3.C:))

Fotnot 1.H: Biomassa betyder ungefär "vikten av allt som är levande eller nyligen har dött". När man säger att växande skogar tar upp kol så menar man att biomassan ökar. Kolet är dock bara bundet så länge skogen finns kvar. När skogen bränns eller förmultnar så frigörs kolet som koldioxid igen. Så länge den totala mängden biomassa på jorden är konstant, så är också mängden kol som är bundet i den konstant.

^{xvii} Fotnot VIII: Om metanhydrat: http://en.wikipedia.org/wiki/Methane_clathrate

^{xviii} Fotnot IX: Mängd metanhydrat som släpps ut vid 3 graders uppvärmning av haven. (Haven värms inte upp lika snabbt som resten av jorden. Det kan ta tusentals år.)

”global estimate of 3×10^{18} g of carbon (3000 Gton C) in clathrate and 2×10^{18} g (2000 Gton C) in methane bubbles. The predicted methane inventory decreases by 85% in response to 3 °C of warming” (

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V61-4DH2DBD-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=&_docanchor=&view=&_rerunOrigin=scholar.google&_acct=C00005021&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=3bd3a77d509acc1f52d6d7482162920

)

Vid 3 graders uppvärmning av haven kommer alltså 4000 miljarder ton kol ut i kolcykeln:

$85\% * (3 \times 10^{18} \text{g} + 2 \times 10^{18} \text{g}) \sim 4000$ miljarder ton kol

Människans årliga utsläpp är knappt 10 miljarder ton kol per år (Fotnot 3.A:)

Kolet som kan frigöras från haven motsvarar alltså människans utsläpp under:

$4000 \text{Gton} / 9,5 \text{Gton/år} \sim 430$ år om det kommer ut som koldioxid

Metan har en 25 ggr så stor effekt som koldioxid räknat över de 100 åren närmast efter utsläppet.

(Fotnot 2.1.AA:)

Under 100 år skulle människan släppa ut 950 miljarder ton kol.

Om kolet frigörs från haven i form av metan motsvarar det alltså människans utsläpp under mer än tio tusen år:

$25 * 4000 \text{Gton} / 950 \text{Gton}/100 \text{år} \sim 11000$ år

Allt kommer förstås inte ut som metan, men det behövs ju inte heller för att resultatet ska bli en katastrof!

För en beräkning av påverkan på temperaturen se (Fotnot 1.S:)

^{xix} Fotnot 1.AH:

^{xx} Fotnot 1.AH: För att öka den global uppvärmningen från 3 till 4 grader räcker det att 5% av kolet i tundran kommer ut som metan.

För att öka den global uppvärmningen från 4 till 5 grader räcker det att 11% metanhydraten kommer ut som CO₂.

För att öka den global uppvärmningen från 0 till 5 grader räcker det att 0,5 promille av metanhydraten varje år kommer ut som metan.

Beräkning:

I tundran finns 500 miljarder ton kol (Fotnot 1.D:) d.v.s 500 Gton kol.

Om alla världens skogar vore regnskogar och allihop skulle brinna upp så skulle det frigöras ca 146 Gton kol i form av koldioxid.*

Om djuphaven skulle värmas upp 3 grader så skulle det frigöras 4000 Gton kol. (Fotnot IX:)

För att öka den globala uppvärmningen från 3 till 4 grader behövs ca 490 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 490 / 25 ~ 20 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

För att öka den globala uppvärmningen från 4 till 5 grader behövs ca 460 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 460 / 25 ~ 20 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

För att öka den globala uppvärmningen från 0 till 5 grader behövs ca 2400 Gton kol i form av CO₂. (Fotnot 1.AG:)

Det går också bra med drygt 2400 / 25 ~ 100 Gton kol i form av metan på mindre än 100 år. (Fotnot 2.1.AA:)

5% av kolet i tundran behövs som metan för att öka den global uppvärmningen från 3 till 4 grader:
5% * 500GtonC ~ 25 Gton kol

11% av metanhydraten behövs som CO₂ för att öka den global uppvärmningen från 4 till 5 grader:
11% * 4000GtonC ~ 460 Gton kol

3% av metanhydraten behövs som metan för att öka den global uppvärmningen från 0 till 5 grader:
3% * 4000GtonC ~ 100 Gton kol

om dessa 3% kommer ut under 100 år så motsvarar det 0,3 promille per år

* När regnskog brinner frigörs ca 37 ton kol per hektar i form av CO₂ (Fotnot 1.B:) och det finns ca 4 miljarder hektar skog i världen. Om all skog vore regnskog och om alltihop brann upp så skulle det också frigöras:

4Gha * 37tonC/ha ~ 146Gton kol i form av CO₂

^{xxi} Fotnot 1.S: Om haven värms upp 3°C så frigörs 4000 miljarder ton kol i form av metan eller koldioxid. (Fotnot IX:)

- Om allt skulle komma ut som atmosfärisk koldioxid så räcker det för att värma upp jorden ytterligare 2,25 grader. (<http://klimatcbt.yolasite.com/bild-warmingcumulativeco2.php>) (Fotnot 1.AE:)

- Om 4% av det skulle komma ut som atmosfärisk metan räcker det ensamt för att värma upp jorden ytterligare 2,25 grader i hundra år eftersom metan en 25 gånger så kraftfull växthusgas som koldioxid räknat över 100 år. (Fotnot 2.1.AA:).

- Det innebär att årliga utsläpp på ca (4%/100år~) 0,4 promille/år ensamt skulle räcka för att värma upp jorden ytterligare mer än 2 grader.

(Försök själv bedömma vilken effekt ett par procent av metanet skulle få i atmosfären.)

- Lyckligtvis tror man att haven kommer att värmas upp mycket långsammare, så att det mesta kommer ut som koldioxid och inte som metan.

- Nya resultat tyder på att metan som är löst i vatten äts upp av bakterier på några månader. (Fotnot 1.X.4:)

- En del metan hinner inte lösas i vattnet utan bubblar direkt upp i luften. (Fotnot 1.X.5:)

- Man har trott att en stor del av orsaken till att 95% av alla arter dog ut under Perm för 250 miljoner år sedan var att metanhydrat kom ut i atmosfären och blev till koldioxid. En ny studie lutar dock åt att koldioxidkällan den gången var vulkaner där lavan bröt igenom tjocka lager av kalksten. (Fotnot 1.X.15:)

^{xxii} Fotnot 1.AK: "De körde modellen utifrån antagandet att 50 gigaton (50 miljarder ton) metan – som är en mycket aggressivare växthusgas än koldioxid – släpps ut i atmosfären mellan 2015 och 2025. Resultat: kostnaderna för klimatförändringarna växer med 60.000.000.000.000 (60 biljoner) dollar. Det motsvarar ungefär 390 biljoner kronor. Som en jämförelse kan nämnas att värdet på hela världsekonomin var 70 biljoner dollar 2012."

(<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/smalta-isar-kan-bli-rekorddyrt/>)

Det finns troligen mer än 4 Terra-ton metan i haven så 50 Giga-ton är mindre än 1%. (Fotnot IX:)

^{xxiii} Fotnot 1.AJ: Table 12.4 Components in the Earth system that have been proposed in the literature as potentially being susceptible to abrupt or irreversible change. (Rapport från FN:s klimatpanels Working Group 1 till sammanställningen av AR5 www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf) (Fotnot 1.AE:)

^{xxiv} Fotnot 1.X.4: "En och en halv miljon ton av växthusgasen metan ska ha välut ur borrhålet innan läckaget kunde stoppas. Men istället för att läcka upp i atmosfären för att där bidra till en accelererad växthuseffekt, så visade det sig de här enorma utsläppen av metangas har försvunnit efter några månader i vattnet - uppslukade av metanätande bakterier som här hittade lättillgängligt kol för stark tillväxt." (

<http://sverigesradio.se/sida/gruppsida.aspx?programid=406&grupp=12718&artikel=4276994>)

^{xxv} Fotnot 1.X.5: "methane measured in the atmosphere around the region is 100 times higher than normal background levels, and in some cases 1,000 times higher." (

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8437703.stm> Hjälp mig gärna att hitta en bättre källa)

Bakgrundsinformation: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8205864.stm>

^{xxvi} Fotnot 1.X.15: "The end-Permian mass extinction ... Several extinction scenarios ... values indicate a source containing substantial amounts of mantle- or carbonatederived carbon." (<http://www.pnas.org/content/107/19/8543.short>) (<http://www.pnas.org/content/107/19/8543.full.pdf+html>)

^{xxvii} Fotnot 1.I: Uttrycket "två graders målet" syftar på målet att hålla den globala uppvärmningen under 2 grader:

"2°C over the pre-industrial average has, since the 1990s, been commonly regarded as an adequate means of avoiding dangerous climate change, in science and policy making. However, recent science has shown that the weather, environmental and social impacts of 2°C rise are much greater than the earlier science indicated, and that impacts for a 1°C rise are now expected to be as great as those previously assumed for a 2°C rise." (

http://en.wikipedia.org/wiki/Avoiding_dangerous_climate_change#Avoiding_dangerous_climate_change_in_the_current_scientific_context)

Se även (Fotnot 2.1.BN:) & (Fotnot 1.N:)

Fotnot 2.1.BN: Professor Kevin Anderson - Climate Change: Going Beyond Dangerous (<http://www.slideshare.net/DFID/professor-kevin-anderson-climate-change-going-beyond-dangerous>)

Se även (Fotnot 1.N:) och (Fotnot 1.AC:)

Fotnot 1.N: "impacts associated with 2°C have been revised upwards, sufficiently so that 2°C now more appropriately represents the threshold between 'dangerous' and 'extremely dangerous' climate change" (<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/20.abstract>)

Se även (Fotnot 2.1.BN:)

Fotnot 1.AC: Det står och väger:

- Med enbart de åtgärder som diskuteras politiskt kommer världen att värmas upp 4 grader under våra barns livstid. (Fotnot 1.Q:)

- Vi har redan byggt eller projekterat all infrastruktur som vi kan använda för fossila bränslen.

(Fotnot 1.J:)

- Utsläppen ökar fortfarande varje år. (Fotnot 4.X.17:)

- 2°C är inte gränsen för ofarlig uppvärmning, utan gränsen mellan farlig och mycket farlig uppvärmning. (Fotnot 1.N:)

- Fortfarande kan vi (troligen) stoppa uppvärmningen före 2°C. (Fotnot 2.3.D:)

- Fortfarande kan vi (troligen) ta oss tillbaka till 350 ppm. (Fotnot KM.2K:)

- Varning Åsikt (Fotnot 0.5:): Även om åtgärderna är svåra att få igenom så är de troligen mycket lättare än att försöka leva i en 5°C eller 6°C varmare värld. (Fotnot 3.X.30:)

Fotnot 1.Q: Till år 2100 kommer jorden att värmas upp:

- 4-5 grader enligt IEA (2013) *
 - 4 grader enligt världsbanken (2012) **
- ... om vi inte gör mer

* "I en ny rapport från det internationella energirådet IEA slås fast att koldioxidutsläppen förra året var rekordhöga och att en global uppvärmning på mellan 3,6 och 5,3 grader kan bli följden. Men IEA pekar också ut åtgärder som snabbt kan bryta trenden utan att det skadar världsekonomin." (<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5560522>)

** Med enbart de åtgärder som anses "politiskt tänkbara" kommer världen att värmas upp nästan 4 grader under det här århundradet enligt en rapport från Världsbanken 2012:

"The emission pledges made at the climate conventions in Copenhagen and Cancun, if fully met, place the world on a trajectory for a global mean warming of well over 3°C. Even if these pledges are fully implemented there is still about a 20 percent chance of exceeding 4°C in 2100.10 If these pledges are not met then there is a much higher likelihood—more than 40 percent—of warming exceeding 4°C by 2100, and a 10 percent possibility of this occurring already by the 2070s, assuming emissions follow the medium business-as-usual reference pathway." (

http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf)

Världsbanken om klimatförändringarna: <http://climatechange.worldbank.org/>

En 3 minuters film från världsbanken: <http://www.youtube.com/watch?v=CQbOII0YQNs>

Fotnot 1.J: Vi har redan byggt eller projekterat i princip all infrastruktur som vi kan använda för fossila bränslen:

"The world is locking itself into an unsustainable energy future which would have far-reaching consequences, IEA warns in its latest World Energy Outlook

... The WEO presents a 450 Scenario ... the globally agreed goal of limiting the temperature rise to 2°C. Four-fifths of the total energy-related CO2 emissions permitted to 2035 ... are already locked-in by existing capital stock ... Without further action by 2017, the energy-related infrastructure then in place would generate all the CO2 emissions allowed in the 450 Scenario up to 2035. Delaying action is a false economy: for every \$1 of investment in cleaner technology that is avoided in the power sector before 2020, an additional \$4.30 would need to be spent after 2020 to compensate for the increased emissions."

(<http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2011/november/name,20318,en.html>)

Fotnot 2.3.D: Utdrag ur GDR 6 page executive summary:

Vår ... slutsats är att 2°C-målet (Fotnot 1.I: ö.a.) verkligen kan hållas men att detta kräver en skarp brytning med den nuvarande politiken. Därför följer vi vetenskapen, och fastställer ett övergripande utsläppsmål - en "2°C-Nödutväg" - som ger oss en verklig chans att klara 2°C-målet, och sedan tar vi itu med att bedöma de strategier och anpassningar som kommer att vara nödvändiga att nå det utsläppsmålet.

"Our ... conclusion is that the 2°C line can indeed be held, but that doing so demands a sharp break with politics as usual. Accordingly, we follow the science, defining a global emissions objective – a "2°C emergency pathway" – that preserves a real chance of holding the 2°C line, and then setting out to straightforwardly assess the strategies and accommodations that will be necessary to do so."

(http://gdrights.org/wp-content/uploads/2009/01/gdrs_execsummary.pdf) (Fotnot 0.2:)

Fotnot 3.X.30: Att säga att GDR (och alla andra fördelningar som krävs för att verkligen stoppa klimatförändringarna) är politiskt omöjligt. Det är detsamma som att säga att 2°C-målet (Fotnot 1.1:) eller 350 ppm målet är politiskt omöjliga.

Det är i sin tur detsamma som att säga att det är politiskt omöjligt att förhindra de tipping-points som inträffar runt 2°C eller 350 ppm ...

... och det är i sin tur detsamma som att säga att det är politiskt omöjligt att förhindra MYCKET högre temperaturer.

Detta handlar om våra barns överlevnad! Är du beredd att godta att ett långt liv för dem som föds nu är "politiskt omöjligt"? Eller är du beredd att kämpa för dina barns liv?

Tänk på ditt barns eller ditt barnbarns ansikte nu och BESTÄM dig.

Fotnot 0.2: Ramverket "Greenhouse Development Rights" beskrivs under Källor. (

<http://klimatcbt.yolasite.com/kallor.php>)

Ramverkets hemsida:

(<http://gdrights.org/2009/02/16/second-edition-of-the-greenhouse-development-rights/>)

En presentation av GDR på Engelska: (<http://www.youtube.com/watch?v=Y3S9c1ZbcII>)

De första 48 minuterna är ett föredrag om GDR, och resten är frågestunden efter föredraget.

^{xxviii} Fotnot 1.X.6: Temperatur-grafer från 2 oberoende organisationer: (

<http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>)

(<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/>)

Temperaturerna är angivna som avvikelser från ett godtyckligt medelvärde. Temperaturskillnaden mellan 1800-talet och nu är drygt 0,7 grader Celsius.

(Angående den omdebatterade hockeyklubban: "Sedan 1999 är MBH98-rekonstruktionen föråldrad, ... De nyare rekonstruktionerna påminner även de om hockeyklubbor och de bekräftar i stort sett det som MBH98 kom fram till." <http://sv.wikipedia.org/wiki/Hockeyklubbskurvan>)

Senare studier visar fortfarande samma form på grafen: (

<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=4760189>)

^{xxix} Fotnot 2.1.AQ: Förkortningen ppm står för Parts Per Million, alltså miljondelar. Om

koldioxidhalten i atmosfären vore 390 ppm så skulle 390 stycken av varje 1000000 molekyler i luften vara koldioxid-molekyler.

(Jämför med % som betyder 100-delar. Om koldioxidhalten i atmosfären vore 1% så skulle 1 stycken av varje 100 molekyler i luften ha varit koldioxid-molekyler.)

^{xxx} Fotnot 1.X.11: 350 ppm (

http://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_mitigation_scenarios#350_ppm)

(Se även (Fotnot 1.AC:))

^{xxxi} Fotnot 2.1.J: Före industrialiseringen var koldioxidhalten ca 280 ppm. (

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmssp-human-and.html)

1988 var koldioxidhalten ca 350 ppm.

Nu är halten nästan 400 ppm och den stiger med nästan 3 ppm per år.

(<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>)

^{xxxii} Fotnot 0.5: Det är viktigt att skilja mellan åsikter och vetenskapliga fakta. Avsikten är att alla påståenden i den här kursen ska vara verifierbara vetenskapliga fakta. Det är därför jag är så noga med att inkludera alla källor i fotnoterna. När jag skriver något som är min egen personliga åsikt så markerar jag det så här.

Mina åsikter är naturligtvis alltid bonusmaterial och inte en obligatorisk del av kursen.

^{xxxiii} Fotnot 1.T: Om 70% av människorna gör som "alla andra", så räcker det med att majoriteten av resten agerar aktivt. D.v.s. Det räcker med att 15% av oss arbetar aktivt för att vi ska göra vad som krävs för att stoppa klimatförändringarna.

Exempel på effekten av gruppträck: (<http://www.youtube.com/watch?v=67iHGCTkXus>)

^{xxxiv} Fotnot 0.13: Det som inte tål att skrattas åt är väl inte heller värt att ta på allvar :-)

^{xxxv} Fotnot 0.20: Detta är det rekommenderade upplägget: Ägna 3 minuter åt att göra den obligatoriska delen direkt när du får e-målet. Avsluta den obligatoriska delen då även om du inte är säker på att du gör den på det bästa sättet. Om du har tid och lust (det kan vara omedelbart, senare, eller en annan dag) så kan du göra bonusdelen, eller göra om den obligatoriska delen på ett bättre sätt.