

Klimatförändringar, en kortfattad information

Energiöverföring via Strålning

I vår serie av översatta broschyrer

https://klimatupplysningen.se/klimathotet_2/allt-du-behover-veta-om-klimathotet/ är turen kommen till William Happer.

Introduktion

Atmosfärens koncentrationer av koldioxid, metan, dikväveoxid och andra växthusgaser ökar långsamt. Vissa säger att detta snart kommer att orsaka en skenande global uppvärmning av jordens yta. Få inser hur lite vetenskapligt stöd det finns för denna oro. Faktum är att mer koldioxid (CO₂) redan har bidragit till större skördar inom jordbruk och skogsbruk, och ännu mer koldioxid kommer att ge fler fördelar. Denna korta rapport diskuterar klimatalarmismens "främsta drivkraft", hur växthusgaser modifierar energiöverföring via strålning.

Livet på vår vackra planet möjliggörs av solljus som både värmer jordens yta och möjliggör för fotosyntetiska organismer, allt från odlade grödor till plankton i haven, att omvandla koldioxid och vattenmolekyler (H₂O) till sockerarter och andra grundläggande livsviktiga molekyler.

Elektromagnetisk Strålning

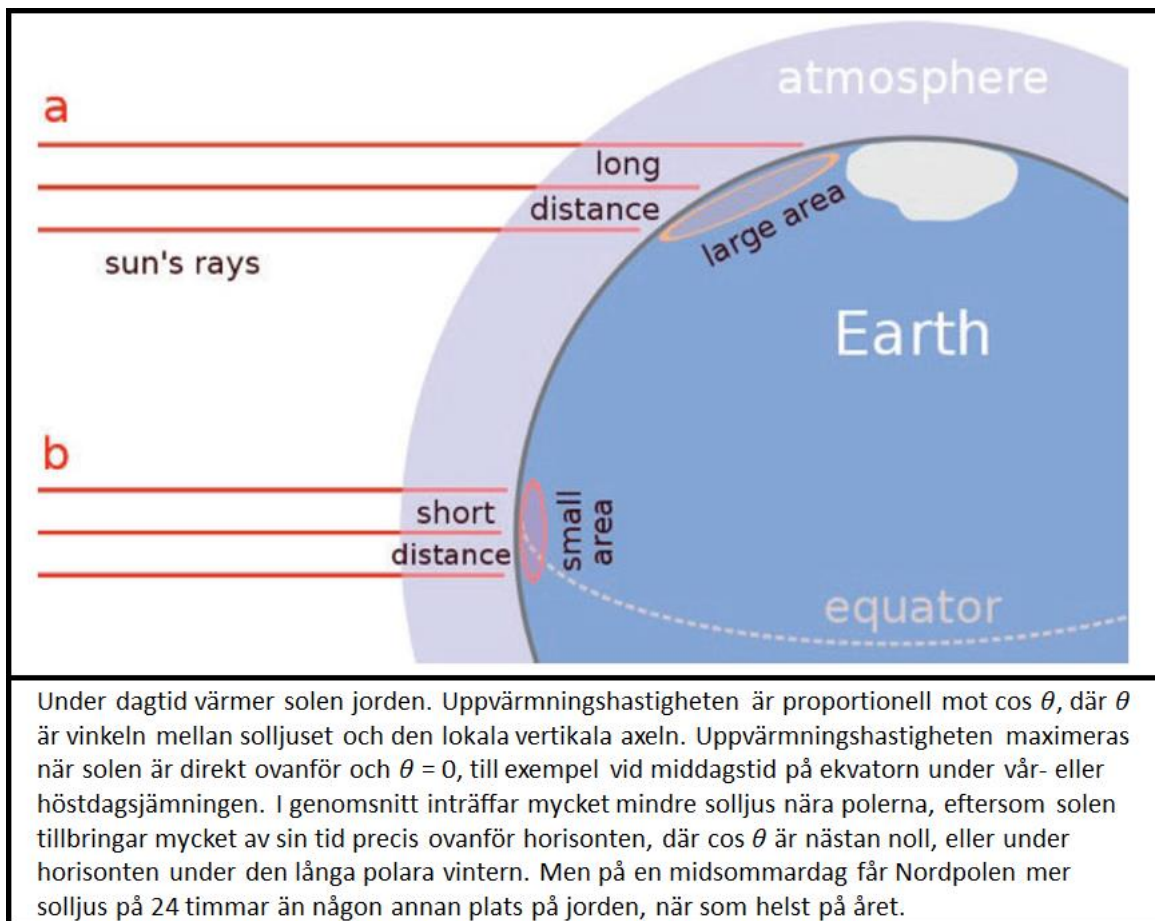
På jordens genomsnittliga avstånd från solen har solljus ett energiflöde på cirka 1360 watt per kvadratmeter (Wm⁻²). Vi är bekanta med detta flöde, en del av vilket värmer oss när vi solar på stranden en molnfri sommardag. Flödet på toppen av jordens atmosfär varierar lite under året, eftersom jordens bana runt solen är lite elliptisk. Jorden är cirka 3,3 % närmare solen i början av januari än i början av juli. Eftersom solflödet minskar enligt kvadraten på avståndet från solen är solflödet högst upp i atmosfären cirka 6,7 % eller 91 Wm⁻² större i januari än i juli. Som vi kommer att diskutera mer detaljerat nedan, för molnfria tempererade breddgrader skulle en fördubbling av koncentrationen av koldioxid minska värmeinstrålningen till rymden med cirka 3 Wm⁻².

För att bestämma om vi verkligen har ett klimatnödläge (det har vi inte) är siffror viktigare än retorik och känslor. Den representativa minskningen av

termisk strålning från klar himmel till rymden vid en fördubbling av koldioxidkoncentrationer, 3 Wm^{-2} , är en viktig siffra att komma ihåg. Andra viktiga siffror är det genomsnittliga solflödet, 1360 Wm^{-2} , eller förändringen i detta flöde från sommar till vinter, 91 Wm^{-2} . Om 3 Wm^{-2} låter litet i jämförelse är det verkligen mycket litet. Det krävs stora ansträngningar för att koka ihop ett "vetenskapligt" argument där 3 Wm^{-2} är värt att oroa sig för.

Varje fördubbling av koldioxidkoncentrationer kommer att ge samma 3 Wm^{-2} minskning av flöde till rymden oavsett om vi överväger att fördubbla det förindustriella värdet på 280 delar per miljon (ppm) till 560 ppm, vilket kan ske ungefär år 2100 vid nuvarande ökningstakten runt 2 ppm/år. Att fördubbla den nuvarande atmosfäriska koncentrationen på 410 ppm till 820 ppm skulle ta ungefär två århundraden.

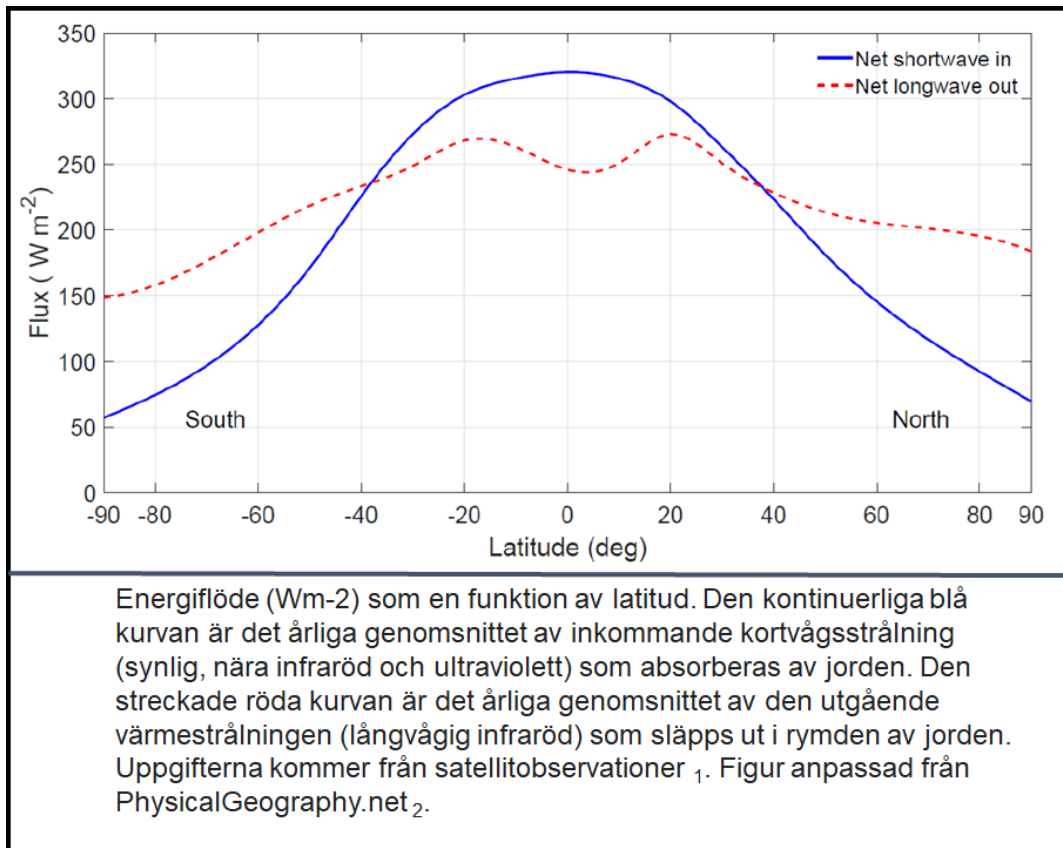
Jordens yta värms upp hela dagen av solljus, vilket illustreras av figuren nedan. Atmosfärens tjocklek är kraftigt överdriven i figuren. Vid typiska tempererade breddgrader ligger cirka 99 % av atmosfärens massa under en höjd på cirka 31 km. Jordens radie är cirka 6400 km så 31 km är bara cirka 0,5 % av jordens radie. Atmosfären är en mycket tunn hud, mer som ett äppelskal än den tjocka filten man kan tänka sig när man tittar på figuren nedan.



Trots dess tunnhet har jordens atmosfär, tillsammans med haven som täcker cirka 70 % av jordens yta, en mycket stor effekt på hur värmen från solen återvänder till rymden. Detta beror på att atmosfären och haven transporterar värmen mycket effektivt genom konvektion från ekvatoriella regioner, där den årliga genomsnittliga solvärmen är högst, till polerna där det finns minimal värme. Liksom jordens poler värms många hem konvektivt från en central värmeanordning genom varm luft som blåses genom värmekanaler eller varmt vatten som strömmar till radiatorer.

De grundläggande fakta om jordens värmekonvektion illustreras i figuren nedan. För ekvatoriella områden strömmar mer solenergi in än som strålas tillbaka till rymden (den kontinuerliga blå kurvan är ovanför den streckade röda kurvan). För polara områden strömmar mycket mindre solenergi in än som strålas tillbaka till rymden (den streckade röda kurvan ligger ovanför den kontinuerliga blå kurvan.) Överskott av solenergi som absorberas i tropikerna transporteras till polerna genom massflöde i atmosfären och haven. Båda polerna är mycket varmare under sina respektive vintrar än de skulle vara utan konvektiv värmetransport från tropikerna. Då den yttre rymden är ett vakuum

finns det ingen möjlighet för konvektion att ske. Så solvärme måste så småningom återgå till rymden som värmestrålning. Men värmestrålningen kan ske tusentals mil från där värmen absorberades.

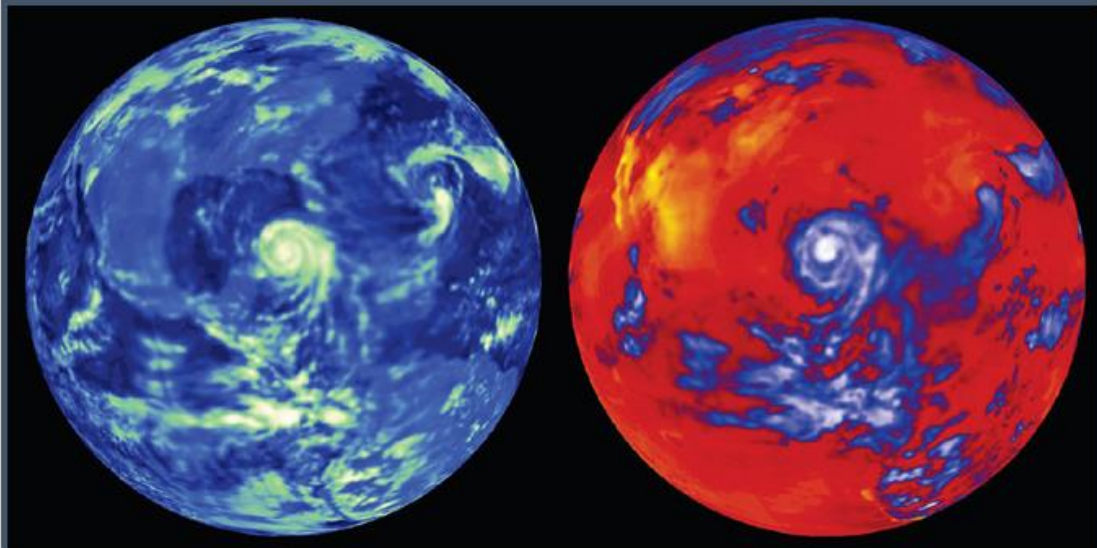


Hur mycket värmestrålning som släpps ut i rymden vid valfri latitud och longitud på jordytan bestäms av temperaturen som området verkar ha när det observeras från rymden. Men vad är den temperaturen? För tempererade breddgrader sjunker temperaturen stadigt från cirka 15°C vid ytan till -50°C i tropopausen, en höjd på cirka 11 km. Det här är gränsen mellan den nedre atmosfärens konvektionsluft och den nästan stabila luften i stratosfären ovan. Jetplan gillar att flyga nära tropopausen för att slippa turbulensen i den lägre atmosfären. Atmosfärstemperaturen ökar med höjden över tropopausen på grund av ozonskiktets absorption av ultraviolett solljus på höjder av 30 till 40 km.

Utsläppsgraden för termisk strålning från molntoppar eller från land- och havsytor är proportionell mot T^4 , den fjärde potensen av den absoluta temperaturen T . Som vi diskuterar nedan är utsläppet av värmestrålning till rymden mer komplicerat och mer påverkat av växthusgaser i molnfria områden på jorden. Termisk emission, den streckade röda linjen enligt föregående figur,

har ett minimum vid ekvatorn, där solvärme är ett maximum. Detta beror på att det i genomsnitt finns mer molntäckning nära ekvatorn än vid 20° till 30° norr eller sydlig latitud, vid vad sjömän brukade kalla "hästbreddgraderna". Här undertrycks molnbildning av sjunkande, torr luft som drivs till höga höjder nära ekvatorn genom intensiv soluppvärmning. Mycket av den stigande luftens fukt går förlorad genom nederbörd. De höga, kalla molntopparna nära ekvatorn släpper ut mindre termisk energi till rymden än de varma land- och havsytorna och den molnfria luften vid hästbreddgraderna.

Data från NASA: s "Clouds and the Earth's Radiant Energy System" eller CERES³ kan ge en värdefull inblick i värmetransporten genom jordens atmosfär. Ett exempel ses i figuren nedan som visar två bilder från en CERES-satellit centrerad över Mexikanska golfen. Den synliga bilden till vänster har nästan korrekt färgåtergivning. Den visar en svag kontur av de nord- och sydamerikanska kontinenterna och en del av Atlanten och Stilla havet. En orkan ligger mitt i Mexikanska golfen och dess spiralvita molntoppar är tydligt synliga. På figurens högra sida finns en bild tagen över samma område med termiska infraröda detektorer. Här betecknar röda färger mer termisk infraröd, blå färger betecknar mindre och vita färger nästan ingen. Molntopparna i orkanens mitt och "djupkonvektions"-molnen i östra Stilla havet ligger på mycket höga höjder, nära tropopausen, där temperaturen är -50° C eller mindre. Mycket lite termisk infraröd strålning avges av sådana kalla moln. Lägre, något varmare molntoppar avger mer infraröd och är syns som blå. De röda regionerna är antingen molnfria områden där det varma havet eller landytan kan ses av satelliten, eller områden med låga stratusmoln, med relativt varma molntoppar. Mycket mer termisk energi släpps ut i rymden från dessa regioner.



Bilder av jorden över Mexikanska golfen tagna samtidigt av CERES satellitinstrument med synligt solljus (vänster) och med långvågigt termiskt infrarött ljus (höger). Mycket solljus reflekteras från höga spiralmoln i orkanen i golfen och från "djupkonvektions" molnen i östra Stilla havet. För den termiska bilden till höger anger röda färger högintensiv strålning, blå anger lågintensiv strålning och vit anger nästan ingen strålning. De höga molnen avger mycket lite termiskt infrarött ljus eftersom de är så kalla, vanligtvis -50°C eller mindre. De molnfria områdena i haven och på land är mycket varma och avger intensiv värmestrålning.

Frekvenser av termisk strålning

För molnfria områden på jorden (i genomsnitt ungefär hälften av jordens yta) är strålningens utsläpp till rymden särskilt komplicerat eftersom strålningen kommer från olika höjder, allt från noll höjd, ytan, för "infraröda fönster", till högt uppe i stratosfären för strålningsfrekvenser i absorptionsbanden för växthusmolekylerna koldioxid eller ozon (O_3). "Frekvensen" för termisk strålning ges ofta som en rumslig frekvens, cm^{-1} . Detta är antalet toppar du skulle räkna per cm, längs propagationsriktningen, om du kunde ta en "ögonblicksbild" av vågen.

Växthusmolekylerna i jordens atmosfär absorberar och avger strålning vid karakteristiska frekvenser, precis som sopranfioler avger höga akustiska frekvenser, altfioler avger lägre frekvenser och kontrabasar avger mycket låga frekvenser. Klar luft absorberar och avger på ett sätt som till stor del liknar en

orkester av växthusmolekyler. Vattenmolekyler är både atmosfärens strängbasar och sopranfioler. Vatten dominerar atmosfärens opacitet (ogenomskinlighet) för mycket låga och mycket höga värmestrålningsfrekvenser medan koldioxidmolekyler är som altfioler... de absorberar och avger värmestrålning vid mellanfrekvenser.

Eftersom vattenmolekyler i kall luft kan kondensera för att bilda regn eller snö är koncentrationen av vattenmolekyler mycket mindre i stratosfären än i troposfären. Stratosfärisk luft "avfuktas" av den kalla tropopausen. Mestadeln av vattenångans absorption och utsläpp sker i den relativt varma lägre atmosfären. Koldioxidmolekyler, som inte kan kondensera i jordens atmosfär, har nästan samma koncentration i stratosfären som i troposfären. Mestadeln av koldioxidens utsläpp av termisk strålning till rymden sker i den nedre stratosfären.

Några exempel på "symfonin" av växthusgasfrekvenser som observerats från rymden visas i figuren på nästa sida. Diagrammen till höger visar intensiteten av uppstrålning uppmätt vid tre olika breddgrader, över Medelhavet, över Saharaöknen och över Antarktis. Diagrammen till vänster är intensiteter modellerade med Schwarzschild-ekvationen, som motsvarar $E = mc^2$ för strålningsöverföring. Det är intressant att notera att Karl Schwarzschild hittade en av de första lösningarna på Einsteins allmänna relativitetsteori. Som man kan se från figuren överensstämmer de modellerade intensiteterna mycket väl med observerade intensiteter på alla tre breddgrader. För de modellerade intensiteterna visar den streckade röda linjen den Planck-intensitet som skulle observeras om jordytan hade samma temperatur men det inte fanns några växthusgaser. Skillnaden mellan de taggiga svarta kurvorna i Schwarzschild-ekvationen och den röda kurvan är den mängd med vilken den nuvarande koncentrationen av växthusgaser i jordens atmosfär har minskat strålningen till rymden jämfört med inga växthusgaser alls.

Effekten av växthusgaser

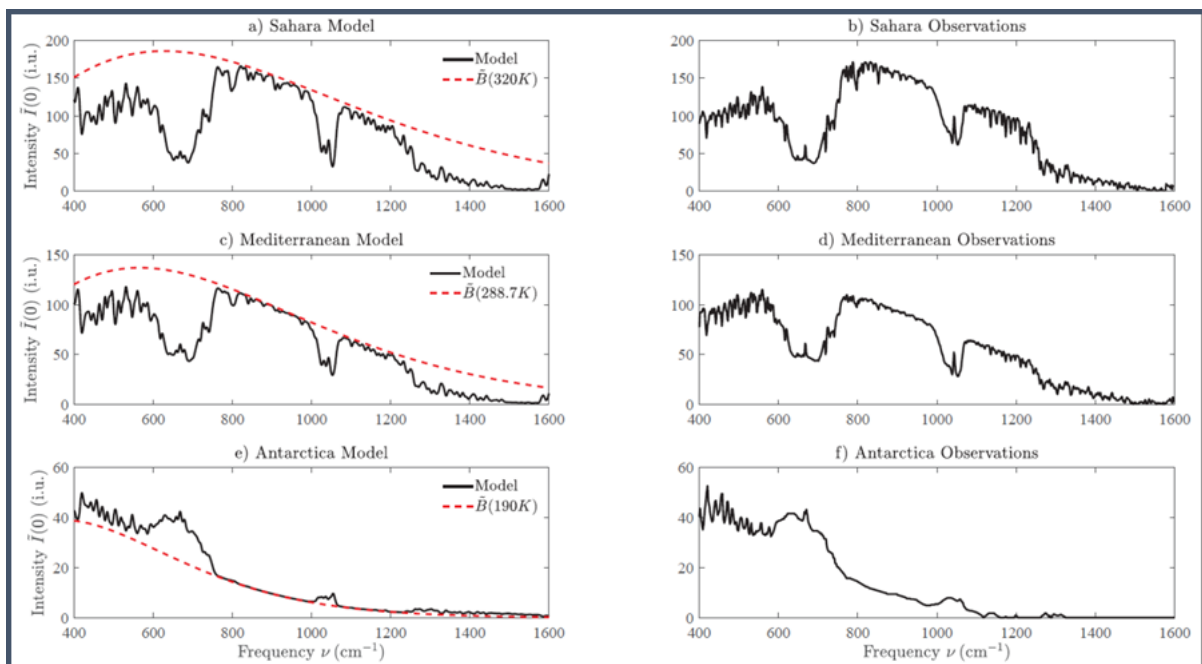
Av denna figur kan man se att växthusgaser, för Medelhavet och Sahara, väsentligt minskar strålningen till rymden. Kvantitativt finner man att för tempererade breddgrader minskar växthusgaser strålningsflödet till rymden med en faktor på cirka 0,70. På grund av T^4 -lagen för termisk emission från svarta ytor skulle man kunna få samma minskning av flödet genom att ta

bort alla växthusgaser och sänka temperaturen från $T = 15^\circ\text{C}$ till $(T - \Delta T)$, där temperaturen minskning, ΔT , definieras av:

$$\left(T - \frac{\Delta T}{T}\right)^4 = 0.70$$

(($1 - \Delta T/T$)⁴ = 0,70 skall det vara)

Ekvationen kan enkelt lösas för att hitta $\Delta T = 25^\circ\text{C}$. Detta enkla exempel illustrerar hur viktiga växthusgaser är för livet på jorden. Yttertemperaturen utan växthusgaser skulle vara -10°C , en bra bit under vattens fryspunkt. Utan växthusgaser skulle jorden vara en livlös snöboll med allt vatten i fruset tillstånd.

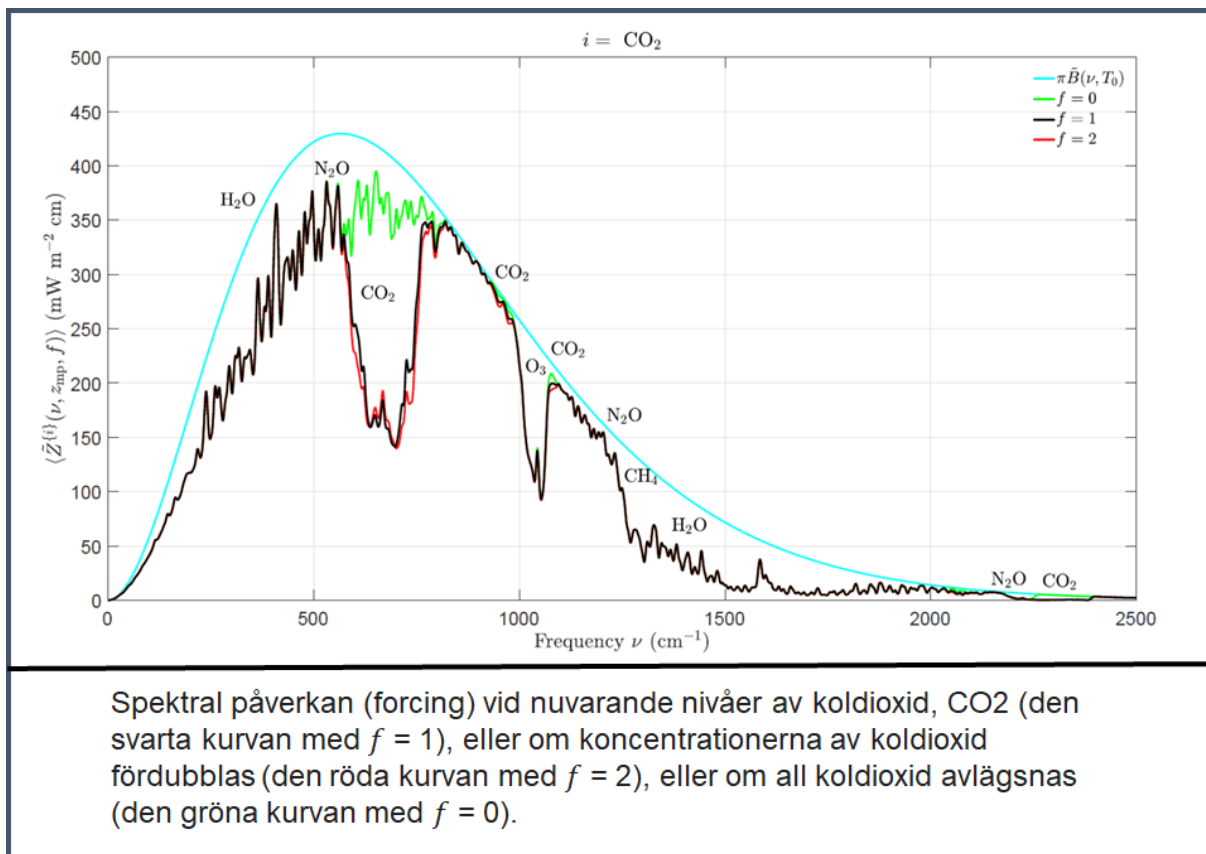


Värmestrålningsintensiteter vid toppen av atmosfären observerade med en Michaelson-interferometer i en satellit ₄ (höger) och teoretiskt modellerade intensiteter ₅ (vänster). Tre breddgrader visas: Saharaöknen, Medelhavet och Antarktis. Intensitetsenheten är 1 i.u. = 1 mW m⁻² cm sr⁻¹. Påverkan (forcing) medelst strålning är negativ under Antarktis vintersäsong eftersom de relativt varma växthusgaserna i troposfären - mestadels koldioxid, ozon och vatten - strålar mer ut i rymden än den kalla isytan, vid en temperatur av $T = -83^\circ\text{C}$, kan stråla genom en transparent atmosfär.

Som man kan se från denna figur kan den observerade värmestrålningsintensiteten från jorden knappast särskiljas från den som modellerats med Schwarzschild-ekvationen. Således skulle man naturligtvis

undra hur stor förändring av värmestrålningsflödet till rymden skulle prediceras av samma Schwarzschild-ekvation vid en fördubbling av koncentrationerna av koldioxid och andra växthusgaser. Man skulle kunna tro att en fördubbling av koldioxid skulle ha en ganska stor effekt, eftersom denna siffra visar att den nuvarande koncentrationen av koldioxid gör att gapet i spektrumet centrerat vid cirka 667 cm^{-1} absorberar cirka 30 Wm^{-2} av flödet som skulle nå rymden om det inte fanns någon koldioxid.

Svaret på denna fråga visas i följande bild. Här är den släta cyankurvan strålningen som skulle nå rymden från jordens yta, vid en temperatur av $15,5^\circ\text{C}$ om det inte fanns några växthusgaser alls. Detta Planck-flöde är en faktor π gånger större än de vertikala Planck-intensiteterna som visas i föregående figur, eftersom flödet inkluderar intensiteten från alla uppåtgående riktningar, inte bara vertikalt upp som i föregående figur. Den svarta taggiga kurvan är det predicerade Schwarzschild-flödet till rymden för aktuella koncentrationer av alla viktiga växthusgaser, förutsatt 400 ppm koldioxid. Den röda taggiga kurvan är Schwarzschild-flödet till rymden vid en fördubbling av koldioxidkoncentrationen till 800 ppm. Den röda kurvan går inte att särskilja från den svarta kurvan utom i koldioxidbandet, där den röda kurvan är under den svarta vid bandkanterna (på grund av förändrad koldioxidutsläpp i troposfären), men ovanför den svarta kurvan i centrum av bandet (på grund av de ökade koldioxidutsläppen i övre stratosfären). Nettoresultatet är en minskning av strålningen till rymden på $S = 3 \text{ Wm}^{-2}$, där S är flödesökningen på grund av fördubbling av koldioxidkoncentrationer (flödeskänsligheten). De första 400 ppm koldioxid som tillförs atmosfären minskar strålningsflödet till rymden med cirka 30 Wm^{-2} . När ytterligare samma mängd koldioxid, 400 ppm, tillförs atmosfären för att få en koncentration på 800 ppm minskar bara flödet med 3 Wm^{-2} . På grund av koldioxidmolekylens egenskaper för energiöverföring via strålning, om koldioxidkoncentrationen ökas från C_1 till C_2 , kommer flödet till rymden att ändras från F_1 till F_2 där $(F_1 - F_2) = S \log_2 (C_2/C_1)$. Att tillsätta ytterligare 400 ppm koldioxid till atmosfären för att öka de totala koncentrationerna från $C_1 = 800 \text{ ppm}$ till $C_2 = 1200 \text{ ppm}$ skulle således minska flödet till rymden med $S \log_2 (1200/800) = 1,75 \text{ Wm}^{-2}$.



Sammanfattning

Sammanfattningsvis visar figuren ovan att flödesförändringen som erhålls genom att fördubbla koncentrationerna av växthusgaser, en mycket väsentlig förändring, minskar strålningen till rymden med bara några få Wm^{-2} . Detta är bara några procent av de flera hundra Wm^{-2} i det naturliga flödet till rymden, eller av den 91 Wm^{-2} förändringen av solflödet mellan vinter och sommar. Och molntäcke, som det som visas i figuren på sidan 5 (dvs. bilderna av jordklotet över Mexikanska golfen), minskar ytterligare påverkan av växthusgaser. Det är mycket svårt att övertyga människor med teknisk sunt förnuft att sådana små förändringar kommer att få några skadliga konsekvenser.

Dr. William Happer, Professor Emeritus of Physics, Princeton University

Översättare: Stephen Wilks

¹ Dewitte, S., and N. Clerbaux (2017): Measurement of the Earth radiation budget at the top of the atmosphere – A review. *Remote Sensing*, **9**, 1143.

² *Radiation Balance: PhysicalGeography.net*. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7j.html>

³ CERES comparison Earth images in visible and long-wave infrared radiation. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/2645/aqua-ces-eres-first-light>

⁴ Hanel, R.A., and B.J. Conrath (1970): Thermal emission spectra of the Earth and atmosphere from the Nimbus 4 Michaelson Interferometer Experiment. *Nature*, **228**, 143-145.

⁵ van Wijngaarden, W.A., and W. Happer (2020): Dependence of Earth's thermal radiation on five most abundant greenhouse gases. <http://arxiv.org/abs/2006.03098>