



Att fatta ett genomtänkt beslut om Klimatkompensation

Bolincetrets Klimatarena syftar till att stödja arbeten mellan olika samhällssektorer för att möjliggöra den omställning som krävs för att ”böja kurvan” inom klimatförändringar, genom att:

- ✓ utveckla ett långsiktigt samarbete mellan akademi, näringsliv, offentlig sektor och civilsamhälle,
- ✓ förbättra effekterna och utnyttjandet av kunskap och forskning, och
- ✓ främja klimatutbildning för framtiden.

I skrivande stund värms jorden upp med en hastighet av 0.2°C per årtionde. Denna typ av klimatförändring kan ske naturligt, men den pågående klimatförändringen är till följd av människans aktiviteter. Denna policy brief har flera syften. Den ger dig som beslutsfattare ett underlag för att fatta politiska beslut grundad i vetenskap gällande klimatkompensation. Om du är verksam inom en organisation eller ett företag, så kan detta underlätta arbetet att minska verksamhetens koldioxidavtryck. Policy briefen kan även hjälpa dig som individ att fatta personliga beslut, som till exempel handlar om kompensering för en flygresa. Innan vi kan fatta ett genomtänkt beslut om klimatkompensation så behöver vi tillgodohålla en grundläggande föreståelse om klimatet och

kolet. Detta kan göras genom att tillämpa ett geologiskt perspektiv, eftersom problemet vi har att göra med är av geologisk natur.



Foto: Alasdair Skelton

Det geologiska perspektivet

Den **antropogena** klimatförändringen är ytterst ett geologiskt problem. Dess främsta orsak är förbränningen av fossila bränslen (kol, olja och naturgas) och cementproduktion från kalksten. Kol, olja, gas och kalksten består av geologiskt material¹, vilket har ett högt innehåll av grundämnet kol och tar *miljontals* år att bilda. Problemet är att vi förbränner kolet, vilket omvandlar det till koldioxid, inom loppet av *årtionden*. Vi har exempelvis sedan 1950 förbränt omkring 20 till 40% av alla kända fossila bränslereserver. Detta har resulterat i att vi släppt ut 200 miljarder ton kol till atmosfären, vilket är ungefär en tredjedel av vad atmosfären innehöll från början (IPCC 2013). Det finns en

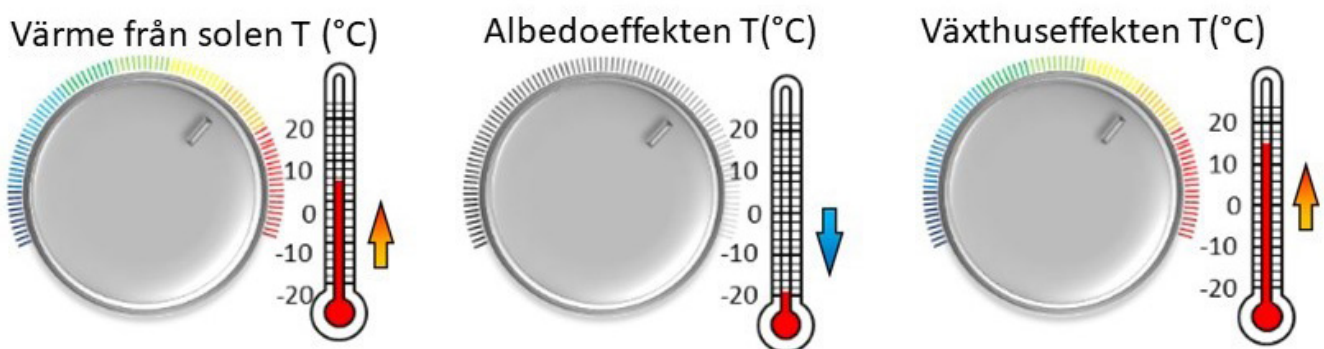
Antropogen betyder med ursprung från människans aktiviteter och **antropisk** betyder av relevans till människan.

obalans mellan den **geologiska tidsskalan** som fossila bränslen formas på, och den **antropiska tidsskalan** som vi bränner det på. Det resulterar i att koncentrationen av koldioxid i atmosfären stiger, vilket i sin tur resulterar i klimatförändring.

Den **geologiska tidsskalan** är ett kronologiskt system som använder sig av tidsperioder på miljontals år.

Klimatet

Jordens klimat kontrolleras av tre faktorer på den geologiska tidsskalan; hur mycket värme den mottar från solen, hur mycket värme som reflekteras tillbaka till rymden (albedoeffekten) och hur mycket värme som fångas upp av atmosfären (växthuseffekten). Faktorerna kan betraktas som en uppsättning kontrollvred (Figur 1). Om vi skruvar upp värmen från solen blir jorden varmare. Om vi skruvar upp



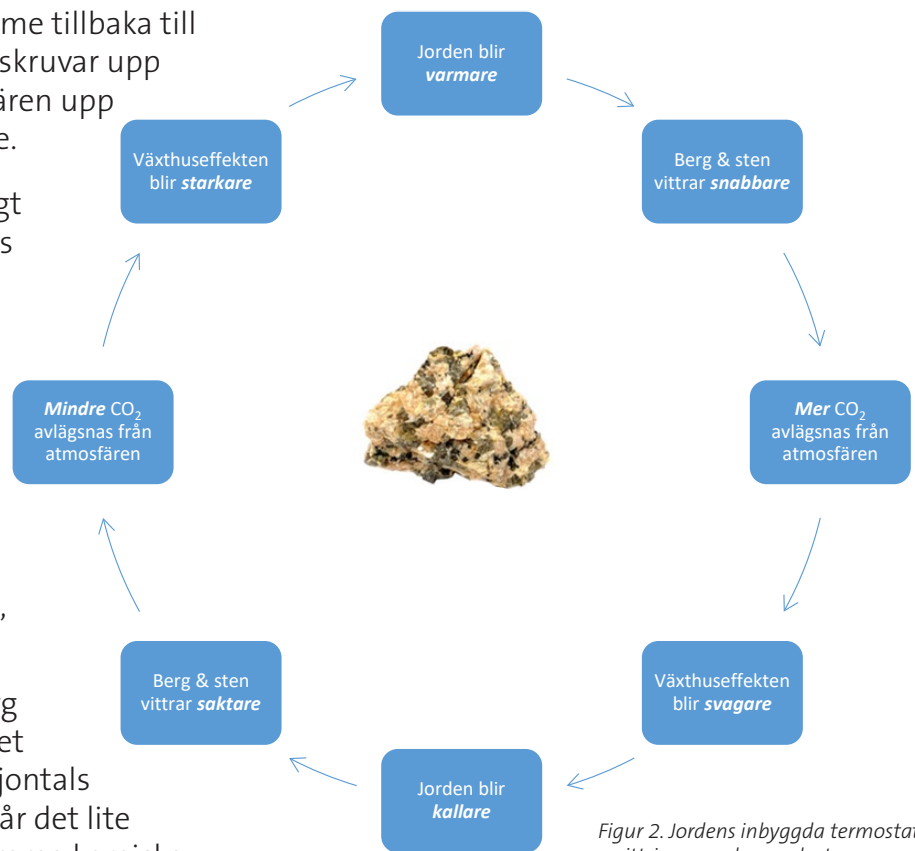
Figur 1. Klimatets "kontrollvred" på den geologiska tidsskalan.

¹ Kol består av geologiskt material; det bildas av resterna från växter och andra organismer som levde för miljontals år sedan. Olja och naturgas bildas på samma sätt. Ordet *petroleum*, av grekiskans *petra*, betyder "klippa" och *oleum* betyder "olja".

albedoeffekten reflekteras mer värme tillbaka till rymden och jorden kyls ner. Om vi skruvar upp växthuseffekten så fångar atmosfären upp mer värme, och jorden blir varmare.

Alla dessa faktorer varierar naturligt på den geologiska tidsskalan. Deras variation förklarar varför det var varmare när dinosaurier levde på jorden, och varför det var kallare under den senaste nedisningen. De naturliga variationerna av jordens temperatur dämpas av jordens inbyggda "termostat" (kom ihåg att en termostat är en apparat som reglerar temperaturen). Denna "termostat" är vittringen av berg och sten. Det kanske inte är uppenbart, men berg och sten bryts ner av vatten, och det är en väldigt långsam process (miljontals år). Om man involverar koldioxid går det lite snabbare (hundratusentals år). Samma kemiska reaktion som bryter ner berg och sten tar också bort koldioxid från atmosfären, en process som går snabbare om det är varmare. Så, hur är detta en "termostat"? Detta illustreras i Figur 2. Om jorden blir varmare så bryts berg och sten ner snabbare och mer koldioxid avlägsnas från atmosfären. Det gör att växthuseffekten blir svagare och jorden kallare. När jorden kyls ner så bryts berg och sten ner långsammare, och mindre koldioxid avlägsnas från atmosfären. Samtidigt släpper vulkaner naturligt ut koldioxid, som byggs upp i atmosfären, vilket gör

1 **petagram** (Pg) är lika med 1 miljard ton. Det är vikten av ungefär 5 miljoner jumbo jets, eller 600 miljoner bilar.



Figur 2. Jordens inbyggda termostat – vittringen av berg och sten.

växthuseffekten starkare, och jorden blir varmare. Denna "termostat" fungerar på en tidsskala som sträcker sig över hundratusentals år (Archer et al., 2009), vilket gör att den är effektiv när det kommer till att dämpa klimatvariationer på en geologisk tidsskala, dock alldeles för långsam för att hantera koldioxidutsläpp på en antropisk tidsskala.

Kolet

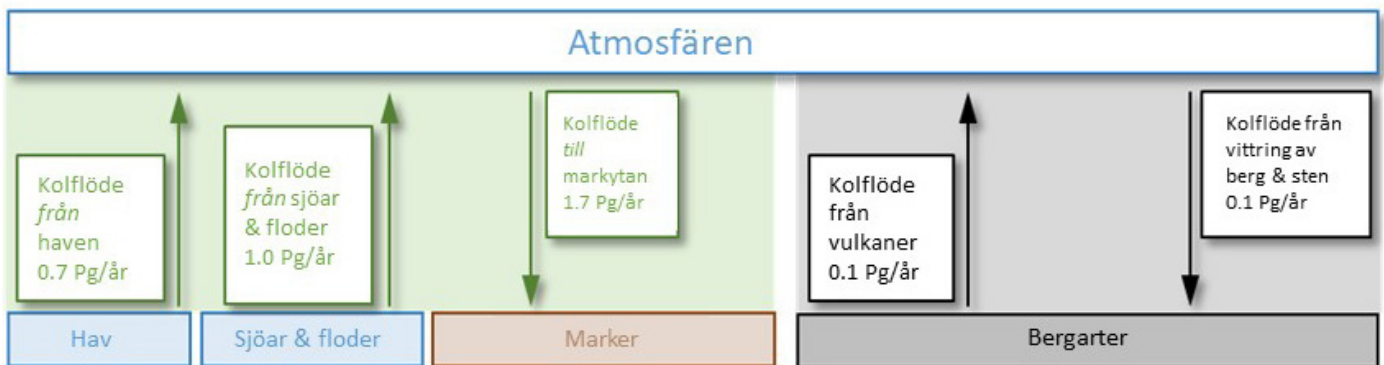
Figur 3 nedan illustrerar kolcykeln innan människan började påverka klimatet. Enheterna är **petagram** (Pg) kol per år. Kolcykeln har två delar; den första delen (skuggat i grönt i figurerna 3 & 4) är den "snabba cykeln" där kolet cirkulerar mellan atmosfären, markytan (inklusive

vegetation), hav, sjöar och floder. Denna cykel styrs av snabba processer, som till exempel fotosyntes (koldioxid + vatten + ljusenergi = druvsocker + syre), och verkar på antropiska tidsskalor. Den andra delen (skuggat i grått i figurerna nedan) är den ”långsamma cykeln”, där kolet cirkulerar mellan atmosfären, berg och sten. Den styrs av långsamma processer, såsom vittring av berg och sten, och verkar på geologiska tidsskalor.

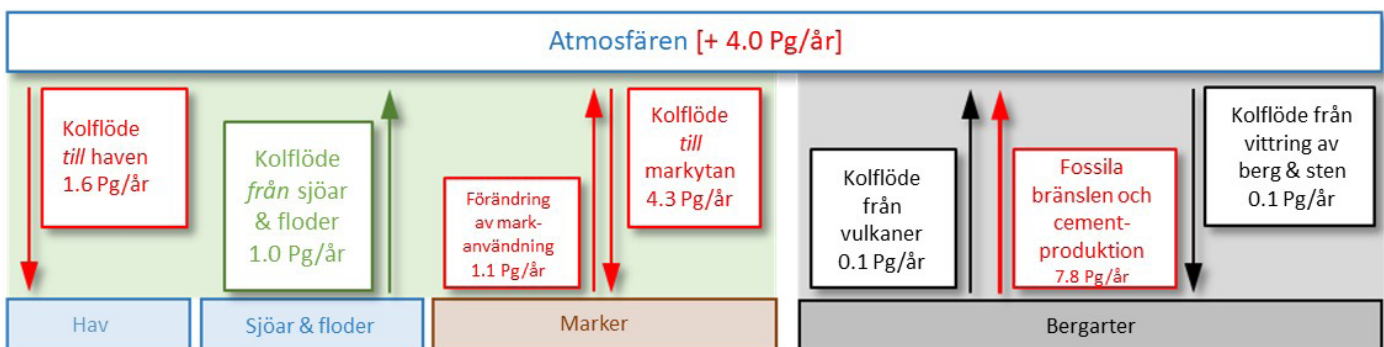
Figur 4 nedan illustrerar hur vi människor har rubbat kolcykeln. Vi släpper ut 8.9 petagram kol årligen genom förbränning av fossila

bränslen, cementproduktion och förändring av markanvändning enligt IPCC (2013). Kolet tas sedan upp av atmosfären, hav och markytor. Kolet som tas upp av atmosfären förvandlas till koldioxid (CO₂) och metan (CH₄), vilket orsakar global uppvärmning, och kolet som tas upp av havet orsakar försurning. Du kan läsa mer om beräkningarna som ligger bakom dessa två figurer i bildtexten till Figur 4.

Nu när vi har diskuterat klimatets och kolets grunder är vi redo att ta itu med frågor om klimatkompensation.



Figur 3. Den förindustriella kolcykeln (modifierad och översatt från IPCC's Fifth Assessment Report).



Figur 4. Kolcykeln från 2000–2009 (modifierad och översatt från IPCC's Fifth Assessment Report). De röda pilarna representerar kolflödet som har förändrats på grund av människans aktiviteter. För att bättre förstå dessa siffror så kan du addera kolflödet till atmosfären från sjöar & floder (1.0 Pg/år), från vulkaner (0.1 Pg/år), från ändringar av markanvändning (1.1 Pg/år) och från fossila bränslen och cementproduktion (7.8 Pg/år). Detta ger resultatet 10 Pg/år som tillförs atmosfären. Subtrahera sedan kolflödet från atmosfären till hav (1.6 Pg/år), till marker (4.3 Pg/år) och till följd av vittring av bergarter (0.1 Pg/år). Detta ger resultatet 6 Pg/år, vilket är mängden kol som lämnar atmosfären. De resterande 4 Pg/år stannar i atmosfären.

Klimatkompensation och dess dilemma

Med klimatkompensation menas en aktivitet som utförs för att kompensera för utsläpp av koldioxid eller andra växthusgaser, genom att till exempel plantera träd eller investera i någon form av kolbindning (att öka lagringen av kol utanför atmosfären). I boken "An Inconvenient truth" (2006), skriver Al Gore: "när du köper klimatkompensation så finansierar du ett projekt som reducerar mängden växthusgaser i atmosfären genom, till exempel, ökad energieffektivitet, utveckling av förnybar energi, återställning av skogar, och bindning av kol i marken" (egen översättning från engelska). Dessa definitioner understryker några grundläggande problem med klimatkompensation.

Den snabba och långsamma kolcykeln

Det första problemet angår den snabba och långsamma kolcykeln. Föreställ dig vad som händer om vi kompenserar för utsläpp från fossila bränslen eller cementproduktion genom att plantera träd, återställa skogar eller binda kol i marken (insatser som tillsammans kallas för "naturliga klimatlösningar"). Några exempel är en person som bidrar till ett projekt som återställer skogar för att kompensera för en långdistansflygresa, ett företag som finansierar ett projekt som återplanterar skog för att kompensera för "oundvikliga" utsläpp från företagsresor, eller att staten finansierar ett projekt riktat mot att binda kol i marken som ett sätt att nå koldioxidneutralitet. Problemet är att kolet man kompenserar för (fossila bränslen, cementproduktion) tillhör den långsamma cykeln och påverkar därför klimatet negativt på den geologiska tidsskalan, medan kolet som används för kompensation tillhör den snabba cykeln och påverkar klimatet positivt på den antropiska tidsskalan. Även de "snabba" tidsskalorna varierar mycket, allt från årtionden

till årtusenden, beroende på till exempel vilka sorters träd eller jordar man använder sig av samt den geografiska platsen man väljer att använda för kolbindning (Sierra et al., 2017; Carvalhais et al., 2014). Kollagring under århundraden och årtusenden kan ge oss tid att övervinna vårt beroende av fossila bränslen, men många projekt som handskas med klimatkompensation kan bara garantera några decennier av kollagring. I dessa fall lever den negativa effekten av kolet man kompenserar för längre än den positiva effekten av kolet som används för att klimatkompensera. En ytterligare aspekt till problemet med den snabba cykeln är dess kapacitet att ta upp kol. Griscom och medförfattare (2017) uppskattar att den maximala globala kapaciteten för naturliga klimatlösningar är 6.5 petagram kol per år "när de begränsas av livsmedelssäkerhet, fibersäkerhet och bevarande av biologisk mångfald" (egen översättning från engelska), varav mindre än hälften (3.1 petagram kol per år) är "konstadeffektivt" och därför anses intressant för klimatkompensation. Detta är bara en tredjedel av de 8.9 petagram kol vi släpper ut till atmosfären varje år (IPCC 2013). Detta leder till det andra problemet som handlar om "negativa utsläpp", nämligen att vi behöver använda jordens fulla kapacitet till naturliga klimatlösningar för att reparera de skador som vi redan har utsatt atmosfären för. Detta problem, samt betydelsen av negativa utsläpp, kommer att förklaras mer ingående nedan.

Behovet av negativa utsläpp

Om det fortfarande var år 1950, och vi ännu inte hade släppt ut över 200 miljarder ton kol till atmosfären, så hade det varit möjligt att påstå att vi kan upprätthålla atmosfärens koldioxidhalt på en säker nivå genom att kompensera för allas utsläpp med olika projekt som återför kolet till sin ursprungliga källa (vare sig det är den snabba



Figur 5. Bilderna illustrerar klimatinvesteringar: bevarande av våtmarker, förnybar energi, och geologisk lagring av kol. I den tredje bilden fyller vitfärgade kalcitkristaller decimeterlånga vågformade vener i en gröngrå vulkanisk sten. Kalcit (CaCO_3) är ett mineral som innehåller kol (C).
Foton: Alasdair Skelton

eller långsamma cykeln). Detta skulle kunna utföras direkt genom att kompensera för utsläpp från fossila bränslen eller cementproduktion med ett projekt som binder kol i marken eller berggrunden. Eller indirekt, genom att finansiera ett projekt som ökar energieffektiviteten eller utvecklar förnybar energi, vilket minskar vårt beroende av fossila bränslen. Problemet är att det inte är år 1950, det är 70 år senare och vi har redan tillfört mer än 200 miljarder ton kol till atmosfären, och vi fortsätter att släppa ut ytterligare 8.9 miljarder ton varje år. IPCC's Fifth Assessment Report (2013) gör det tydligt för oss att utsläppsminskningar inte räcker för att hindra koldioxidhalten i atmosfären från att nå farliga nivåer, vi behöver även investera i "negativa utsläpp". Dessa kan klassas som "naturliga klimatlösningar" eller "Carbon Dioxide Removal" – alltså "avlägsnande av koldioxid". Exempel på naturliga klimatlösningar är skogsåterställning, bevarande av våtmarker, och kolbinding i marker (Griscom et al., 2017). Dessa lösningar tillhör den snabba kolcykeln. Exempel på avlägsnanden av koldioxid är skogsplantering där det tidigare inte funnits träd och geologisk lagring av kol. Den förstnämnda tillhör den snabba kolcykeln, och den sistnämnda tillhör

den långsamma kolcykeln. Det viktigaste är att de negativa utsläppen använder *samma* lösningar som klimatkompensationen. Eftersom dessa lösningar redan behövs för att försäkra oss att koldioxidkoncentrationen inte når farliga nivåer, så kan vi inte *också* använda dem för att klimatkompensera.

Hur går vi vidare?

Sammanfattningsvis är det viktigt att vi ändrar vår inställning och sättet vi tänker på när det kommer till klimatkompensation. Vi behöver jordens fulla kapacitet för att tillhandahålla naturliga klimatlösningar (såsom skogsåterställning, bevarande av våtmarker och binding av kol i marker) i sin helhet för att reparera de skador vi redan utsatt atmosfären för. Det betyder att vi inte kan använda samma lösningar för att klimatkompensera. Istället måste vi som individer, politiker och organisationer se handlingar som avlägsnar kol från atmosfären (utan att förstöra ekosystem) som investeringar i vårt framtida klimat, inte som ett tillvägagångssätt för att fortsatt utsätta vår atmosfär för skador.

Referenser

Archer, D., et al., 2009. Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37, 117–134.

Griscom, B. W., et al., 2017. Natural climate solutions Proceedings of the National Academy of Science 114 11645–50.

IPCC, 2013. Climate change 2013. the physical science basis. In: Stocker, T.F., et al., (eds.), Contribution of Working Group I to the Fifth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2019. Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Pörtner, H.-O., et al. (eds.). In press.

Denna policy brief är ett expertutlåtande av Alasdair Skelton, och är referentgranskad av Gustaf Hugelius, Richard Gyllencreutz och Nina Kirchner, som alla är forskare vid Bolincentrum för klimatforskning. Detta är inte nödvändigtvis en kollektiv ståndpunkt som alla medlemmar vid Bolincentrum delar.

Kontakt information

Författaren av denna Policy Brief är **Alasdair Skelton**. Han är geolog och studerar klimatet på Bolincentrum för klimatforskning, där han även är föreståndare. Bolincentrum är ett konsortium som består av över 400 forskare och har sin hemvist på Stockholms universitet. Han installerades som professor i geokemi och petrologi, vilket betyder att han studerar jordens kemi (geokemi) och bergarter (petrologi), år 2001. Han har sedan dess publicerat över 60 artiklar i högt rankade referentgranskade internationella tidskrifter. Han har också utbildat tiotusentals studenter på alla nivåer, från forskoleelever till universitetstudenter, om geologi och klimatet.

alasdair.skelton@geo.su.se

Redigerad och översatt av Laila Islamovic, laila.islamovic@su.se
kommunikatör vid Bolincentrum för klimatforskning.

Bolincentrum
för klimatforskning