

Geoengineering – en utväg?

Hur allvarliga det närmaste århundradets klimatförändringar blir vet vi inte. Utfallet beror framför allt på två faktorer: hur känsligt klimatet är för störningar, och i vad mån vi lyckas dämpa våra accelererande växthusgasutsläpp. Rörande den första faktorn är koldioxidens så kallade klimatkänslighet en viktig storhet, definierad som den ökning i global medeltemperatur som en fördubbling av atmosfärens koldioxidhalt för med sig. Trots omfattande forskning råder alltså stor vetenskaplig osäkerhet, vilket återspeglar sig i FN:s klimatpanel IPCC:s bedömning, när de anger att klimatkänsligheten troligen ligger mellan 2 och 4,5 C (grader Celsius), att värden under 1,5 C är att betrakta som mycket osannolika, medan värden betydligt högre än 4,5 C inte kan uteslutas. På grund av klimatsystemets oerhörda komplexitet finns risk att vi får dras länge än med osäkerheter i denna storleksordning. Den ibland framförda tanken att vi bör avvakta fortsatt forskning innan vi vidtar klimatåtgärder framstår därför som tvivelaktig.

När det gäller den andra faktorn – de mänskligt genererade utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser – ligger makten i mänsklighetens händer, men för att tillräckligt snabbt åstadkomma en förändring till det bättre krävs verkningsfulla globala överenskommelser. Efter misslyckandet i Köpenhamn 2009, och med en amerikansk senat som effektivt blockerar varje möjlighet för Barack Obama att agera kraftfullt, ser läget när detta skrivs (i oktober 2010) mörkt ut inför det nära förestående klimatmötet i Cancun, Mexico, och de därpå planerade mötena 2011 och 2012.

Fortsatta misslyckanden ökar risken för katastrofala klimatförändringar, och ju längre ett genombrott dröjer desto mer pockande blir frågan om det inte möjligen skulle kunna finnas något annat sätt att hejda den globala uppvärmningen än via minskade växthusgasutsläpp. Svaret är faktiskt ja, och det finns en bukett av mer eller mindre fantasieggande åtgärdsförslag som går under samlingsnamnet *geoengineering*, vilket på svenska möjligen skulle kunna översättas med planetär ingenjörskonst, men jag skall hålla mig till den etablerade engelska termen. Med *geoengineering* avses avsiktlig omstöpning av klimat och miljö på global skala.

Den kanske allra enklaste idén är att vi systematiskt målar alla hustak och vägar (etc) vita. Detta får till följd att en större del av den infallande solstrålningen reflekteras tillbaka ut i rymden istället för att absorberas och bli till värme. En mer grandios idé men med samma grundtanke – att reflektera bort en del av solstrålningen – är att skicka upp skärmar i rymden som på lämpligt vis skymmer delar av siktlinjen mellan jorden och solen. En tredje idé på samma tema är att pumpa upp svaveldioxid i stratosfären (den del av atmosfären som sträcker sig från cirka 10 till cirka 50 kilometers höjd), där den bildar små partiklar, kallade aerosoler, vilka snabbt sprids och bidrar till att reflektera bort en lagom stor andel av solstrålningen innan den når jordytan. (Även andra förslag finns.) Kostnads kalkyler pekar mot att svavel-i-stratosfären-lösningen är överlägset billigare än de båda andra när det gäller att uppnå given temperatursänkning, så låt mig uppehålla mig lite längre vid denna.

Redan idag släpper vi av helt andra skäl ut mängder med svavel i luften, dock mestadels i markhöjd och inte i stratosfären. Vitsen med att skicka upp svavlet i stratosfären är att partiklar där har en typisk uppehållstid på ett par år, att jämföra med partiklar i de nedre atmosfärslagren som sköljs ut med nederbörd på några veckor. Därmed minskar den nödvändiga utsläppsmängden, vilket har minst två fördelar. Det gör metoden billig – så billig att ett enskilt land, eller rentav en enskild mycket rik person, kan implementera den på egen hand. Därtill betyder det att den tillförda mängden svavel blir liten jämfört med de svavelutsläpp vi redan idag gör, så att den extra försurning av mark och vatten som metoden medför blir jämförelsevis marginell.

Detta börjar låta som rena mirakelmedicinen! Tyvärr finns flera hakar, som gör att svavel i stratosfären inte duger som alternativ till koldioxidbantning.

För det första kan metoden, även om den hejdar den globala uppvärmningen, inte stoppa klimatförändringarna. Då vi höjt medeltemperaturen med en mekanism (växthusgasutsläpp) och sänker i motsvarande mån med en annan (svavel i stratosfären) kan vi inte räkna med status quo annat än i just det globala medelvärdet. På vissa håll kommer vi att få se en kraftig uppvärmning, på andra en dito nedkylning, och på åter andra förändrade nederbördsmonster.

För det andra är svavlet i stratosfären inte någon lösning på de övriga problem utöver förstärkt växthuseffekt som den ökade koldioxidhalten ställer till med. Troligen värst av dessa är den försurning av världshaven som vi redan ser början till och som kan få katastrofala konsekvenser för de marina ekosystemen.

För det tredje innebär fortsatta koldioxidutsläpp ihop med svavel i stratosfären att vi på ett oacceptabelt sätt bygger in framtida generationer i ett teknikberoende, där de inte kan avbryta svaveltillförseln utan att orsaka en plötslig katastrofal uppvärmning inom loppet av bara ett par år. Huruvida vår civilisation i århundraden framåt fortsatt kommer att ha den infrastruktur som krävs för att förvalta sådan högteknologi kan vi omöjligt veta.

Av dessa skäl kan svavel i stratosfären inte gärna komma på tal annat än möjligen som en tillfällig nödtåtgärd för att kapa en koldioxidtopp under ett eller ett par decennier längre fram i innevarande sekel – exempelvis för den händelse att klimatkänsligheten visar sig vara högre än vi trott. Invändningarna mot svavelmetoden kan också riktas mot övriga geoengineeringkoncept baserade på idén att reflektera bort solljus.

Det finns emellertid en annan kategori av geoengineeringmetoder som istället för solskydd går ut på att avlägsna koldioxid ur atmosfären. En sådan är att odla skog och se till att det av träden upptagna kolet till sist hamnar under mark – antingen genom bibränsleförbränning kombinerad med koldioxidinfångning av samma slag som kolkraftsindustrin hoppas på som en livlina (*CCS – carbon capture and storage*), eller också genom att helt enkelt begrava träden utan förbränning. Detta tar stora arealer mark i anspråk som vi kan behöva till annat, t.ex. matproduktion, och kan som bäst bli en dellösning. Även andra koldioxidborttagningsmetoder har föreslagits, och jackpoten vore om vi fann en praktiskt gångbar industriell metod

att fånga in koldioxid ur luften (för att sedan, som i CCS, begrava under jord). Sådan så kallad *air capture* är i princip möjlig, och forskning på området pågår, men det är ytterst osäkert om och i så fall när storskalig användning blir praktiskt gångbar.

Sammanfattningsvis kan om de olika geoengineeringmetoder som föreslagits sägas att en del av dem visserligen är intressanta, men att ingen av dem idag kan anses utgöra någon pålitlig lösning på klimatproblemet. Det finns därför en risk att geoengineeringtänkandet blir till vad i försäkringsbranschen kallas en *moral hazard*, dvs att det lockar oss till ett mer våghalsigt leverne, som i detta fall skulle bestå i att obekymrat fortsätta elda olja och kol.

När jag med en text som denna drar uppmärksamhet till geoengineering måste jag därför fråga mig om jag därmed bidrar till denna *moral hazard*, och därför kanske rentav borde avstå. Men att avstå vore att lämna fältet fritt för högerekonomer och naiva teknikoptimister att oemotsagda predika geoengineering som ett sätt att slippa åbäka oss med utsläppsbegränsningar och grön teknik. Den sortens retorik har redan börjat dyka upp, och behöver mötas med en mer sansad och vetenskapligt förankrad diskussion.

Olle Häggström

Professor i matematisk statistik på Chalmers.

Lästips (samtliga tillgängliga på nätet)

Olle Häggström (2010) Om geoengineering, *Uppsalainitiativet*, 11 januari.

David Keith (2000) Geoengineering the climate: history and prospects, *Annual Review of Energy and the Environment* **25**, 245-284.

The Royal Society (2009) *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*.