

Introduktion till geoengineering och potentiella säkerhetspolitiska konsekvenser

Kristoffer Darin Mattsson

I det här memot presenteras begreppet geoengineering, en samling tekniker för att kyla klimatet. Memot utgör en kort introduktion till geoengineering och syftar till att besvara frågorna; Vad är geoengineering och vilka potentiella säkerhetspolitiska konsekvenser kan det få? Förmåga att styra klimatet får potentiellt långtgående konsekvenser då samhället, våra försörjningssystem och även våra kroppar är så beroende av klimatet. Osäkerheter och risker kopplade till avsiktlig klimatförändring är mycket stora. Studien är utförd som stöd till Försvarsmaktens långsiktiga omvärldsanalys.

KLIMATET HÅLLER PÅ att förändras vilket medför långtgående konsekvenser för planetens ekosystem och för våra samhällen och försörjning. Det finns tre olika sätt att hantera klimatförändringarna och undvika en klimatkris. Det första är att förebygga problemen genom att minska utsläppen av växthusgaser, så kallad mitigation. Det andra är att anpassa samhället till nya klimatologiska förhållanden, så kallad adaption. Det tredje är olika tekniker för att styra klimatet, som gemensamt benämns geoengineering.

Klimatanpassning ses ofta som det alternativ som är enklast att få uppslutning runt politiskt. Detta trots att det ställer enorma krav när underförstådda planeringsantaganden om variationer i temperatur, nederbörd, vindstyrka och andra klimatvariabler förändras. Det måste dessutom göras med avseende på variationer både i tid och rum. Samhällssystem som till exempel ekonomin, infrastrukturen, jordbruket och bostäderna är alla anpassade till det klimat vi vant oss vid. Detsamma gäller även våra kroppar även om de kan hantera mycket stor variation. När klimatet förändras så är det en fundamental förändring som alla kommer behöva hantera.

Det bästa sättet att hantera klimatförändringarna och undvika en klimatkatastrof i det långa perspektivet är enligt Förenta nationernas klimatpanel (IPCC) att minska utsläppen av växthusgaser. Det kräver dock stora initiala kostnader när fossila bränslen fasas ut. Samtidigt är en av de mer brännande slutsatserna från IPCC:s senaste rapport att det finns ett stort och brådskande behov av snabbverkande åtgärder om Parisavtalets mål

om max två graders uppvärmning ska hållas. I rapporten noteras också att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären fortsätter att öka och att minskning av växthusgasutsläpp därför inte räcker för att skydda våra samhällen. Det kan också tilläggas att försöken att etablera en global regim för att minska klimatutsläppen hittills har misslyckats då koncentrationen av växthusgaser på global nivå fortsatt att öka. I takt med att konsekvenserna av klimatförändringarna blir allvarigare är det rimligt att både utsläppsminskningar och anpassning kommer att efterfrågas mer.

Det tredje alternativet, som är fokus för detta memo, är geoengineering. Trots att utsläppsminskningar förespråkas av IPCC, att anpassning ofta setts som den politiskt mest framkomliga vägen, och det finns starka invändningar mot geoengineering så växer intresset för geoengineering. Skälet är ganska enkelt; det finns en överhängande risk att geoengineeringstekniker kommer behöva användas för att undvika allvarliga klimatrelaterade konsekvenser. Både minskning av utsläppen och klimatanpassning har hittills visat sig vara en svårframkomlig väg politiskt och är kostsamt och tekniskt svårt. För närvarande finns det dock varken politisk eller vetenskaplig konsensus i inställningen till geoengineering.

VAD ÄR GEOENGINEERING?

Geoengineering definieras av Oxford Geoengineering Programme som "avsiktlig och storskalig manipulering av jordens klimat i syfte att motverka klimatförändringen". Begreppet används främst för att beskriva olika metoder för

att manipulera klimatet globalt men även på kontinental nivå. Ett alternativt begrepp som används i stort sett synonymt är climate engineering. Geoengineering skiljer sig från vädermodifikation, som innebär medvetna ingrepp för att påverka vädret under kort tid och i ett geografiskt mycket mer begränsat område, exempelvis för att förhindra hagel- eller regnskurar att förstöra grödor. Det är också viktigt att inte blanda ihop geoengineering med klimat-anpassning som istället syftar till att anpassa samhället till ett förändrat klimat.

Det finns ett stort antal olika förslag på tekniker för geoengineering. En vanlig uppdelning av dessa tekniker är att skilja på dem som syftar till att minska upptaget av energi från solstrålningen, så kallad solar geoengineering, solar radiation management eller solar radiation modification (SRM) eller b) minska mängden växthusgaser i atmosfären, oftast men inte alltid med avseende på koldioxid, så kallad carbon dioxide removal (CDR). Det senare ska inte förväxlas med arbetet för att släppa ut mindre växthusgaser i atmosfären.

Även SMHI tillämpar uppdelning i CDR och SRM när de skriver om geoengineering. SMHI ger ett flertal exempel på geoengineeringstekniker, se tabell 1.

Det huvudsakliga syftet med geoengineering, att motverka klimatförändringarna, är också skälet till att geoengineering diskuterats inom ramen för IPCC:s sammanställningar av klimatforskningarna. I IPCC:s specialrapport från 2018 om 1,5 graders global uppvärmning till år 2100 introduceras flera utsläppsscenarioer. En del av dem inkluderar poster av negativa utsläpp av växthusgaser, vilket innebär att användning av CDR tekniker inkluderas.

CDR ses som ett möjligt komplement till minskade utsläpp samtidigt som det poängteras att det finns stora osäkerheter i hur sådana metoder kan implementeras. De metoder som tas upp är främst olika metoder för energiproduktion baserade på bioenergi där infångandet av frigjort kol och efterföljande lagring av kolet ingår som en komponent så kallad Bio-energy Carbon Capture and Storage (BECCS) samt lagring genom förändrad markanvändning. SRM tekniker tas inte upp av IPCC då kunskapsluckorna anses för stora. Sannolikt kommer geoengineering att diskuteras mer och mer i takt med att klimatförändringarnas konsekvenser blir mer påtagliga.

Tabell 1. Kategorier inom geoengineering

Solar Radiation Management, SRM	Carbon Dioxid removal, CDR
Påverka den infallande solstrålningen direkt exempelvis med speglar i rymden.	Öka planteringen av växter eller införa nyplantering av växter med högt koldioxidupptag.
Öka markytans albedo (reflektionsförmåga) genom att måla ytor vita, eller odla ljusa grödor.	Göda havet för att en ökad mängd växtplankton ska förbruka koldioxid och binda den vid havsbotten när dött plankton sjunker ner. Tekniken kräver aktivitet på globala allmänningar (global commons).
Öka molnigheten eller ändra molnens egenskaper för att reflektera bort mer solstrålning. Det kan göras genom att tillföra fler partiklar som behövs vid molnbildning. Tekniken kräver aktivitet på globala allmänningar (global commons).	Reducera växthusgaserna i atmosfären genom att fånga in dessa mekaniskt direkt ur luften
Tillföra svaveldioxid i stratosfären vilket bildar partiklar som reflekterar bort solstrålning. Metoden efterliknar den naturliga effekten av kraftiga vulkanutbrott. En liknande effekt skulle kunna uppnås med andra typer av reflekterande partiklar i stratosfären till exempel aluminium eller barium. Tekniken kräver aktivitet på globala allmänningar (global commons).	Använda bioenergi där koldioxid först tas upp genom odling av biomassa, och frigjort kol vid energiutvinning ur biomassan fångas upp och lagras. (Detta är en av de mest diskuterade metoderna och förkortas ofta BECCS – "bioenergy with carbon capture and storage).
	Öka vittringen av mineraler i sten, vilket förbrukar koldioxid ur atmosfären. Främst genom att öka mängden tillgängligt material för vittring.

Källa: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatpaverkan/geoengineering-1.75609> och Chalecki och Ferarri (2018).

Många av de tekniker som kan inordnas under CDR kan i princip användas direkt på den nationella nivån och är tillåtet inom ramen för Klimatkonventionen (UNFCCC). Dock finns varningar för att användningen av dessa geoengineeringstekniker används som ursäkt för att inte minska utsläppen eller stödja anpassning till de förändringar av klimatet som redan skett. Dessa förhållanden har lett till krav på gemensamma regelverk med försiktighetsprincipen som grund för implementering av teknikerna.

Forskningslitteraturen om geoengineering tenderar att fokusera på teknisk användbarhet och utvecklingspotential, svårigheter och risker samt styrningsfrågor på global nivå. I mindre utsträckning diskuteras även implikationer för säkerhetspolitiken. När det gäller säkerhetsdiskursen och geoengineering är det i första hand SRM som står i fokus. SRM ses som potentiellt snabbare och effektivare metoder i det korta perspektivet samt i flera fall möjliga att initiera för enskilda och inte nödvändigtvis resursstarka aktörer.

Det finns andra sätt att gruppera olika geoengineeringstekniker än indelningen i SRM och CDR, till exempel baserat på det legala ramverket runt användningen av teknikerna. Den indelning skiljer på tekniker som förutsätter användning i så kallade globala allmänningar som till exempel atmosfären, världshaven och rymden för att fungera och tekniker som kan drivas från enskilda stater och därmed regleras nationellt. Konsekvenserna kan dock spilla över statsgränserna oavsett.

Mycket av dagens forskning om geoengineeringstekniker utgår ifrån antagandet att geoengineering kan användas för att hindra eller åtminstone bidra till att hindra negativa konsekvenser orsakade av klimatförändringar. Att de kan användas i mänsklighetens tjänst för att säkerställa ett gynnsamt klimat eller till och med optimerat klimat. Det finns dock inga empiriska skäl att utvärdera geoengineering som om det rådde globalt konsensus om fördelar med teknikerna och vad målet med deras användning är. Att det ens kan uppnås någon gång i framtiden får betraktas som osannolikt. Konsensus riskerar dessutom att bli svårare att nå i takt med att klimatförändringarnas konsekvenser på lokal och regional nivå blir allt mer kännbara. Vad en optimal global temperatur är kommer alla helt enkelt inte att kunna enas om. Det har lett till att vissa förespråkar ett totalt förbud av användningen av vissa geoengineeringstekniker medan andra efterlyser samarbete och uppbyggnad av en global reglering och tillsyn av användningen av dessa tekniker.

GEOENGINEERING OCH SÄKERHETSPOLITIKEN

Vetenskapssamhället har klargjort att det finns stora osäkerheter och risker med storskalig användning av de olika tekniker som föreslagits, men där slutar enigheten. Det finns många argument mot användningen av geoengineeringstekniker generellt och mer specifika argument mot enskilda tekniker. Många av argumenten mot enskilda tekniker har en naturvetenskaplig karaktär och skulle åtminstone teoretiskt kunna mötas med mer forskning och bättre kunskap. Dock kommer stor osäkerhet och risker att kvarstå tills implementering i stor skala har genomförts. Andra typer av argument mot geoengineering har en mer samhällsvetenskaplig karaktär och kräver snarare, i de fall de ens kan hanteras, legitima implementerings-, hanterings- och beslutsprocesser.

Politisk oenighet och regleringsproblematik

Möjligheten att kontrollera det framtida klimatet har visat sig vara en politiskt laddad fråga trots att geoengineering inte finns som existerande praktik. Fenomenet har redan resulterat i debatter på den internationella arean. Ett bra exempel på det är konflikter om huruvida användningen av geoengineeringstekniker bör regleras på den internationella nivån eller inte, och om så är fallet vilken organisation som är bäst lämpad. Möjliga kandidater inkluderar IPCC eller FN:s miljöprogram (UNEP) eller FN:s säkerhetsråd. Inför FN:s fjärde miljöförsamling, the 4th UN Environment Assembly, UNEA, i Nairobi i mars 2019 presenterade Schweiz ett utkast på en resolution om att utreda regleringen av geoengineering. Till och med ett förslag om att utreda reglering möttes av stark kritik från bland andra USA, Brasilien och Saudiarabien och resolutionen fick dras tillbaka.

Ett av skälen var att man inte ens kunde enas om hur begreppet skulle förstås eller avgränsas. Ett annat skäl, som föreslås i forskningslitteraturen, är att aktörer med möjlighet att använda geoengineering självständigt och i eget syfte inte vill låta sig begränsas av internationella regler. Ett tredje är rädslan för att bli tvingad att använda geoengineering när man inte vill, alternativt inte få tillstånd att använda det när man skulle vilja, till exempel på grund av teknikägares prissättning och upphovsrättsfrågor.

Vanliga politiska invändningar eller farhågor när det kommer till geoengineering inkluderar sammanbrott i internationellt samarbete när geoengineering tycks öppna dörren för stater, och potentiellt andra aktörer, att agera självständigt i klimatfrågan. Det skulle kunna innebära ökad risk för konflikter.

Motsättningar som funnits i klimatdebatten och i viss mån fortfarande finns i dagens debatt, till exempel; pågår det ens klimatförändringar, vem ska betala för klimatanpassning, är klimatförändringarna drivna av människan eller naturliga, riskerar också att smyga sig in i geoengineeringsdebatten. Klimatförhandlingarna påverkas idag av skilda kunskapstraditioner, ekonomiska intressen och geopolitiska överväganden. Under klimatkonferensen i Egypten 2022 kom en stor del av förhandlingarna att handla om ansvaret för de konsekvenser som klimatförändringar för med sig och vem som ska betala och vem som ska få ersättning för dem. Indelningar av länder i kategorier som industrialiserade respektive utvecklingsländer ifrågasätts som utgångspunkter för betalningsansvar. Frågor om vilka naturhändelser, och till vilken grad, som beror på klimatförändringar och vilka som skulle inträffat ändå är ständigt närvarande.

Svårigheten att nå konsensus runt vad som är ett önskvärt klimateresultat och för vem, speciellt bland grupper som påverkas men inte har någon möjlighet att kontrollera eller följa upp resultat, riskerar att höja konfliktnivån i klimatförhandlingarna ytterligare. Sådana grupper har ibland liten eller ingen anledning att lita på att majoritetsbeslut skulle gagna dem. Intressekonflikter som dessa riskerar också att spilla över på andra frågor. Det är inte heller säkert att intressekonflikter uppstår enbart på grund av resultaten av att använda geoengineering. Även risker innan implementering kommer att fördelas olika över tid och rum och kan därför antas leda till konflikter redan i ett planeringsstadium. Dessa förhållanden gör det viktigt att åtgärda avsaknaden på trovärdiga internationella ramverk och reglering för geoengineering inklusive regelverk för forskning.

Risken för missbruk och unilateral användning

Ett av de mer drastiska förslagen inom gruppen SRM är rymdspeglar för att reflektera bort solstrålning. En otroligt kostsam teknik som sannolikt skulle kräva inblandning av många länder. Tekniken illustrerar dock storleken på konsekvenserna som kan komma med dessa tekniker. Teoretisk skulle man kunna skugga ett land och därigenom inte bara påverka temperaturen utan även till exempel jordbruksproduktionen. Vem som kan anförtros kontrollen över ett sådant verktyg är en potentiellt explosiv fråga.

Svårigheter och kostnader varierar stort mellan olika tekniker. Det gör också graden av reversibilitet och risken för potentiella bieffekter. Ur ett säkerhetspolitiskt perspektiv är den kanske mest avgörande punkten om de går att implementera självständigt för stater och då

utan andra staters stöd och medgivande samt även om vissa tekniker kan bli så enkla att implementera att icke statliga aktörer kan göra det utan att upptäckas. Oförutsedda konsekvenser och otydliga ansvarsförhållanden kan potentiellt utgöra grunden för konflikter. När det gäller SRM är det viktigt att komma ihåg att det är hypotetiska tekniker som diskuteras, de har aldrig använts annat än som teoretiska modeller, i simuleringar eller begränsade experiment. Fullskalig användning betraktas enbart som en framtida möjlighet än så länge.

Givet den låga kostnaden för implementering av vissa tekniker, som stratosfärisk aerosol spridning, kan enskilda länder eller andra aktörer försöka sig på unilateral implementering av geoengineering antingen mot mål som andra inte delar eller som orsakar negativa konsekvenser för andra.

Risken för att underminera annat klimatarbete

Farhågan att geoengineering underminerar arbetet med minskade utsläpp och klimatanpassning finns både bland miljöaktivister, en del stater framförallt i den globala syd och inom vetenskapssamhället. En inte obetydlig del av forskningen om geoengineering tycks utgå från att det är en teknisk fråga och en teknik som genom planering och rationella beslut kan tas i bruk för mänsklighetens bästa på ett ganska oproblematiskt vis. Detta trots att nuvarande svårigheter med att komma överens inom ramen för arbetet med minskade utsläpp antyder att det är en felaktig utgångspunkt. En rimligare utgångspunkt är att samarbete och gemensamma mål och metoder på klimatområdet är svårt att etablera.

Risken är att geoengineering, eller bara förhoppningen om det, minskar incitamenten för stater och företag att samarbeta och att vidta andra åtgärder.

Geoengineering kan användas som förevändning för att inte begränsa utsläppen och genomföra klimatanpassningar, trots att de flesta experter ser det som den bästa och säkrast lösningen på sikt. Denna risk har kommit att kallas för moraliska risken, *the moral hazard*.

Oförutsedda konsekvenser och ansvarsfördelning

Den naturvetenskapliga frågan som dominerar mycket av forskningen om teknikerna som sådana skulle kunna formuleras som; Kan geoengineering kyla av jorden på ett säkert och pålitligt sätt utan oönskade konsekvenser? De olika teknikerna för geoengineering befinner sig på olika nivåer av tillämpbarhet men gemensamt är att de är behäftade med stor osäkerhet och risk. Dels finns fortfarande kunskapsluckor i hur det globala klimatsystemet fungerar och ingrepp kan få okända bieffekter. Utöver det är de ekonomiska och politiska konsekvenserna inte

bara bristfälligt studerade utan också mycket svåra att studera utan exakta utgångspunkter för hur klimatet och miljön påverkas av ingreppen. Några möjliga och problematiska bieffekter från tillämpning av teknikerna i tabell 1 presenteras av SMHI.

- Metoder som involverar partiklar i stratosfären kan ha en nedbrytande inverkan på ozonskiktet.
- Om solens strålning reflekteras bort blir det mindre solenergi till växter och solpaneler.
- Om vi använder geoengineering i stället för att reducera utsläppen av CO₂ kommer haven att fortsätta försuras liksom nederbörden över land.
- Klimatmanipulering förändrar temperatur och nederbördsmönster vilket gynnar vissa och missgynnar andra länder. Vilka tider och platser som påverkas är en stor osäkerhetsfaktor.

Ytterligare ett problem är att samhället riskerar att bli beroende av den teknik/metod som tillämpas. Den måste kanske underhållas under mycket lång tid när den väl satts i bruk. Om en sådan teknik kombineras med fortsatta utsläpp kan effekten på klimatet om tekniken tas ur bruk bli mycket stor och snabb.

Det finns också en risk att framtida klimatkatastrofer, vars sannolikhet redan har ökat, börjar betraktas som orsakade, alternativt inte stoppats, med geoengineering. Det skapar spänningar antingen genom att ansvar tillskrivs någon som inte känns vid det eller att ansvar inte kan utkrävas om geoengineering sker i hemlighet.

Diskussion

Flera av problemen som presenterats ovan kräver helt nya internationella organ med både övervakningskapacitet och beslutsmandat för att kunna hanteras. Inte ens om en sådan institution fanns, skulle det garantera att aktörer, som inte instämmer i majoritetsstödda beslut, inte tar saken i egna händer och agerar självständigt. På grund av detta i kombination med de ovanstående riskerna har en del forskare dragit slutsatsen att det är omöjligt att implementera geoengineering i global skala på ett legitimt, demokratiskt och rättvist sätt och att det därför bör förbjudas. Det skulle kunna ske genom ett moratorium liknade de som finns för till exempel användningen av kemiska och biologiska massförstörelsevapen eller användningen av ozonnedbrytande kemikalier.

En del forskare har gått längre ändå och introducerar begreppet kontra-geoengineering, counter-geoengineering, i sin analys av möjliga framtidsutfall. Med utgångspunkt i att preferenserna för hur mycket man ska kyla klimatet skiljer sig mellan länder. Vissa kan till och med kan tänkas vilja sänka den globala temperaturen mer än den förindustriella nivån. Då kan ett behov av att förhindra detta uppstå och tekniker för att motverka andras geoengineering kan komma att utvecklas.

Även andra medel för att förhindra andras användning av geoengineering diskuteras. Till exempel traditionella sanktioner och ytterst krig. Men att blotta förekomsten av kontra-geoengineeringstekniker skulle vara avskräckande nog är en möjlighet. Även möjligheten att via veto blockera något som andra vill genomföra skulle kunna leda till konflikter, till exempel genom att underlåta att implementera geoengineeringstekniker och därmed tvinga andra att lida av konsekvenserna från klimatförändringarna trots att det kanske skulle gått att förhindra. Det är heller inte svårt att föreställa sig utpressningssituationer i internationella förhandlingar.

Alla geoengineeringstekniker som kan förändra klimatet i global skala har samma potential att orsaka oönskade effekter som klimatförändringarna själva. Antalet döda kan vid till exempel hunger orsakat av missväxt bli fler än de orsakade av krig. Skillnaden är att de inte skett avsiktligt, hittills. Med geoengineering kommer ansvarsutkrävandet att ställas än mer på sin spets.

Konflikterna har till viss del kanske redan börjat och konturerna av framtida konflikter kan spåras i den diplomatiska diskursen. Trots att geoengineering ännu inte existerar som praktik existerar geoengineering som diskursiv framtid. Som idéer, experiment, önskemål, modellscenarion, policy med mera. Detta handlar om representationer av framtiden. Kampen om vilken framtid och metoderna för att definiera och nå den kan sägas ha börjat. Redan nu finns idéerna om att styra vädret, med utgångspunkt i målformuleringar som till exempel rättvis distribution av nederbörd och andra förutsättningar för energi- och livsmedelsproduktion. Men vem kan man lita på när det handlar om vilka geografier som i framtiden ska optimeras? Det finns djupgående skiljelinjer mellan olika länder, där västvärlden generellt är mer positivt inställd än det globala syd.

Rekommendationer

Forskningen om kopplingen mellan geoengineering och säkerhetspolitiska frågor är än så länge ganska begränsad, men den växer. Teknikerna är förknippade med många risker och det saknas ramverk för styrning på den internationella arenan. Säkerhetspolitiska kopplingar bör

analyseras i relation till varje enskild teknik i takt med att de utvecklas och ny metoder för implementering presenteras. Olika tekniker leder sannolikt till olika typer av säkerhetspolitiska frågeställningar.

Givet att det är teoretiskt möjligt för enskilda stater eller andra aktörer att försöka implementera dessa tekniker självständigt med potentiellt stora konsekvenser för andra aktörer är det av intresse att kontinuerligt följa vem eller vilka som har kapaciteten och potentiella fördelar av användningen av dessa tekniker och under vilka omständigheter de kan tänka sig att använda dem. Det är sannolikt även centralt att utveckla ett eget förhållningssätt i synen på de olika tekniska möjligheterna och geoengineering som helhet. Det inkluderar ett ställningstagande för eller emot någon form av multilateral styrningsstruktur, både för utvecklingen av men framförallt för implementering av geoengineeringstekniker.

Det krävs forskning, sannolikt under flera år, innan förståelsen är så god att geoengineering kan sättas i verket i stor skala utan allt för stor osäkerhet och risk, med undantag av uppfångning av växthusgaser rent mekaniskt. När det gäller SRM tekniker är det sannolikt ganska brådskande att komma på plats med regler för experiment och småskaliga försök.

Ur ett svenskt perspektiv finns det extra skäl att bevaka hur geoengineeringsdebatten fortskrider. I geoengineeringslitteratur är den arktiska regionen en inte oäven plats för tidiga implementeringsprojekt i stor skala. Dels för att klimatförändringarna är kraftfulla i den arktiska miljön och temperaturen ökar snabbare

än på andra breddgrader men också för att flera aktörer med intressen och kapacitet finns i regionen. Det inkluderar krav på nationella och internationella forskningsprogram och konsekvensanalyser. Det finns också ett motstånd mot geoengineering i Sverige. Ett planerat fältförsök i Sverige under 2021, drivet av the Harvard geoengineering society, möttes av motstånd från samer och miljöaktivister och fick ställas in. Försöket gick ut på att via ballong sprida partiklar i atmosfären för att på så sätt manipulera molnen och blockera solens strålar.

Det kan redan nu vara önskvärt att utveckla någon form av förmåga att upptäcka om osanktionerad användning av geoengineering pågår. Att riskerna och osäkerheterna av experter hittills bedöms som för stora för storskalig användning är inte det samma som att ingen kommer att implementera dessa tekniker ändå.

Det bör noteras att det än så länge inte finns någon större faktisk geoengineerings praktik. Det leder till frågan om dessa tekniker kommer att implementeras i framtiden eller om det moratorium som förespråkas av vissa är mer sannolikt. En väg för att utvärdera sannolikheten för om geoengineering kommer att användas och av vem är fortsatt bevakning av vilka hot och konsekvenser klimatförändringarna medför för olika länder samt hur dessa länders policy förhåller sig till förändringarna. Vilken typ av konsekvenser klimatförändringarna medför och hur de påverkar olika länders syn på användningen samt riskbedömningen av olika geoengineeringstekniker. I de fall de finns uttalade geoengineerings policies bör dessa bevakas kontinuerligt. ■

Kristoffer Darin Mattson, MSc, är tidigare förste analytiker på FOI:s enhet Samhällets säkerhet.

Referenser

- Asayama, S., Sugiyama, M., Ishii, A., & Kosugi, T. (2019). Beyond solutionist science for the Anthropocene: To navigate the contentious atmosphere of solar geoengineering. *Anthropocene Review*, 6(1–2), 19–37. <https://doi.org/10.1177/2053019619843678>
- Bennett, A. P., Bouffard, T. J., & Bhatt, U. S. (2022). Arctic Sea Ice Decline and Geoengineering Solutions: Cascading Security and Ethical Considerations. *Challenges*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.3390/challe13010022>
- Biermann, F., Oomen, J., Aarti Gupta, A., Ali S. H., Conca, K., Hajer M. A., Kashwan, P., Kotzé L. j., Leach, M., Messner, D., Okereke, C., Persson, C., Potoc̃nik, J., Schlosberg, D., Scobie, M., VanDeveer, S. D. - Solar geoengineering: The case for an international non-use agreement. *WIREs Climate Change* – 2022. DOI: 10.1002/wcc.754
- Corry, O. (2017). The international politics of geoengineering: The feasibility of Plan B for tackling climate change. *Security Dialogue*, 48(4), 297–315. <https://doi.org/10.1177/0967010617704142>
- Chalecki, E.L., & Ferarri, L. L. (2018). A New Security Framework for Geoengineering. *Strategic Studies Quarterly*, 82–106.
- Heyen, D., Horton, J., & Moreno-Cruz, J. (2019). Strategic implications of counter-geoengineering: Clash or cooperation? *Journal of Environmental Economics and Management*, 95, 153–177. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.03.005>
- Horton, J. B., & Reynolds, J. L. (2016). The international politics of climate engineering: A review and prospectus for international relations. *International Studies Review*, 18(3), 438–461. <https://doi.org/10.1093/isr/viv013>
- IMCSS. (2020). International Military Council on Climate and Security the World Climate and Security Report 2020, (February), 92.
- IPCC (2012) Meeting report of the intergovernmental panel on climate change expert meeting on geoengineering. IPCC Working Group III Technical Support Unit, Potsdam Institute for Climate Impact Research
- IPCC (2014) Summary for policymakers. in: climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of workinggroup iii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Edenhofer, O., R.Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J.Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2018) Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24.
- IPCC (2021) Summary for policymakers. in: climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds). Cambridge University Press. In Press
- Lin, A. (2012). School of Law University of California, Davis Does Geoengineering Present a Moral Hazard ?
- McClellan, J., Keith, D. W., & Apt, J. (2012). Cost analysis of stratospheric albedo modification delivery systems. *Environmental Research Letters*, 7(3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/3/034019>
- McLaren, D., & Corry, O. (2021). Clash of Geofutures and the Remaking of Planetary Order: Faultlines underlying Conflicts over Geoengineering Governance. *Global Policy*, 12(S1), 20–33. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12863>
- Nightingale, P., & Cairns, R. (2014). The Security Implications of Geoengineering: Blame, Imposed Agreement and the Security of Critical Infrastructure. *Climate Geoengineering Governance Working Paper Series: 018*, (November), 19. Retrieved from <http://www.geoengineering-governanceresearch.org/perch/resources/workingpaper18nightingalecairnssecurityimplications.pdf>
- Parker, A., Horton, J. B., & Keith, D. W. (2018). Stopping Solar Geoengineering Through Technical Means: A Preliminary Assessment of Counter-Geoengineering. *Earth's Future*, 6(8), 1058–1065. <https://doi.org/10.1029/2018EF000864>
- The Royal Society. (2009). Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty. *Clean Technologies and Environmental Policy*.
- Smith, W., & Wagner, G. (2018). Stratospheric aerosol injection tactics and costs in the first 15 years of deployment. *Environmental Research Letters*, 13(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae98d>
- Talberg, Anita & Thomas, Sebastian & Christoff, Peter & Karoly, David. (2018). How geoengineering scenarios frame assumptions and create expectations. *Sustainability Science*. 13. 10.1007/s11625-018-0527-8.
- Vaughan, N. E., & Lenton, T. M. (2011). A review of climate geoengineering proposals. *Climatic Change*, 109(3–4), 745–790. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0027-7>
- Versen, J., Mnatsakanyan, Z., & Urpelainen, J. (2022). Concerns of climate intervention: understanding geoengineering security concerns in the Arctic and beyond. *Climatic Change*, 171(3–4). <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03345-8>

Biermann, F., Oomen, J., Aarti Gupta, A., Ali S. H., Conca, K., Hajer M. A., Kashwan, P., Kotzé L. j., Leach, M., Messner, D., Okereke, C., Persson, C., Potoc̣nik, J., Schlosberg, D., Scobie, M., VanDeveer, S. D. - Solar geoengineering: The case for an international non-use agreement. WIREs Climate Change – 2022. DOI: 10.1002/wcc.754

Whyte, K. P. (2018). Indigeneity in Geoengineering Discourses: Some Considerations. Ethics, Policy and Environment, 21(3), 289–307. <https://doi.org/10.1080/21550085.2018.1562529>

Internetkällor

SMHI <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatpaverkan/geoengineering-1.75609> Hämtat 2022-12-20

SVT <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/omtvistat-svenskt-ballongtest-stalls-in> Hämtat 2022-12-20

Oxford Geoengineering programme Oxford Geoengineering Programme // Home Hämtat 2022-12-02

SMHI <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatpaverkan/geoengineering-1.75609> Hämtat 2022-12-02.