

# Geo-engineering: ultieme redding of ultieme vloek? De technologiestrijd: voorkomen of genezen?

Johan Malcorps

Niemand zal betwisten dat de inzet van schone technologieën van groot belang is om de transitie naar een klimaatvriendelijke samenleving te maken. De vraag is niet zozeer: hebben we voor de ecologische transitie technologie nodig? De vraag is eerder: welke technologie hebben we nodig en kunnen we met technologie alleen het probleem oplossen, zoals de zogenaamde ecorealisten ons graag voorhouden?

Over welke technologieën hebben we het dan ?

Er is weinig discussie over het belang van technologieën gericht op mitigatie, technologieën die extra uitstoot van CO<sub>2</sub> of andere broeikasgassen willen voorkomen, zoals hernieuwbare energieproductie, besparing van energie en grondstoffen, minder vervuilende productieprocedures in industrie en landbouw.

Hetzelfde geldt voor technologieën die gericht zijn op adaptatie, die ons willen beschermen tegen de gevolgen van de klimaatontwrichting, zoals bescherming tegen zonnehitte, het voorkomen van uitslaande branden, de aanleg van dijken, van gecontroleerde overstromingsgebieden.

Dan is er een ruim gamma aan CO<sub>2</sub>-opvangtechnologieën die CO<sub>2</sub> voor korte of langere duur vastzetten (sequesteren). De meest natuurlijke manier om dit te doen is door (her) bebossing of door bodemherstel (bijvoorbeeld via agro-ecologie). Het kan ook gaan om technieken om CO<sub>2</sub> op te vangen uit afvalgassen, om die dan op te slaan of opnieuw te gebruiken als grondstof. Men spreekt dan van 'carbon capture and storage' (CCS) of 'carbon capture use and storage' (CCUS). Er wordt dan nog steeds CO<sub>2</sub> uitgestoten, maar tegelijk ook weer afgevangen en in het beste geval opnieuw gebruikt. Het gaat om een end-of-the-pipe-technologie, die het productiesysteem zelf ongemoeid laat.

***Maar men denkt de kwaal alsnog te kunnen genezen. Men wil dit dan doen door CO<sub>2</sub> uit de lucht te halen, de CO<sub>2</sub>-opnamecapaciteit van zeewater of planten kunstmatig op te drijven, CO<sub>2</sub> op te slaan in gesteente, zonlicht terug te kaatsen, golfstromen te manipuleren, enz.***

Ten slotte is er een heel gamma aan technologieën die de pretentie hebben om rechtstreeks in te grijpen op het klimaat om de (negatieve effecten van) klimaatverandering deels of geheel terug te draaien. De uitstoot is gebeurd, het kwaad geschied. Maar men denkt de kwaal alsnog te kunnen genezen. Men wil dit dan doen door CO<sub>2</sub> uit de lucht te halen, de CO<sub>2</sub>-opnamecapaciteit van zeewater of planten kunstmatig op te drijven, CO<sub>2</sub> op te slaan in gesteente, zonlicht terug te kaatsen, golfstromen te manipuleren, enz. Een reeks van deze technologieën leiden tot negatieve

CO<sub>2</sub>-emissies: ze verwijderen CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer. Wat in theorie verder gaat dan alleen maar de CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen of op nul brengen. Echt effect op het wereldklimaat krijg je maar als je dit op planetaire schaal doet, en lange tijd volhoudt. We spreken dan van *geo-engineering*. Maar de nieuwe risico's die men schept zijn ook voor heel de planeet...

### *Kan technologie ons klimaat redden?*

De mate waarin men vertrouwt op technologische oplossingen varieert.

De mainstreamopvatting is dat sterk moet ingezet worden op technologie om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Maar dat dit niet volstaat: er is ook nood aan een wijziging van onze productie- en consumptiewijzen. Tegelijk is er het besef dat de klimaatverandering al volop bezig is en dat we ook moeten investeren in het klimaatrobuust maken van onze samenlevingen. Technologische optimisten zullen meer vertrouwen hebben in een 'technological fix' (bijvoorbeeld 100 procent hernieuwbare energie op korte termijn — doorgedreven elektrificatie en/of een waterstofeconomie — zero waste en een perfecte kringloopeconomie). Ecologen zullen daarnaast ook meer de nadruk blijven leggen op de nood aan een verandering van productiesystemen en van levensstijl. Maar de consensus is in elk geval dat eerst moet worden ingezet op mitigatie, op het voorkomen van uitstoot en van verdere opwarming.

***De consensus is in elk geval dat eerst moet worden ingezet op mitigatie, op het voorkomen van uitstoot en van verdere opwarming.***

Veel verdedigers van geo-engineering sluiten nauw aan bij deze consensus, maar vrezen dat we de klimaatdoelstellingen niet zullen halen. Vandaar dat zij pleiten voor een plan B. Als je hen mag geloven, doen ze dat met de dood in het hart. Maar we moeten realist zijn, zo redeneren zij, als de opwarming toch boven de 3°C uitstijgt (en dat is op dit moment de tendens) dan moeten we ook alternatieve oplossingen klaar hebben. Ook als die op zich bijzonder risicovol zijn (wat ze niet ontkennen). Om die oplossingen op het juiste moment achter de hand te hebben, moeten we vanaf vandaag al investeren in onderzoek of zelfs testen op kleine schaal. En daarvoor zijn helaas heel wat extra middelen nodig. Geo-engineering is volgens hen een tijdelijke oplossing, om de kloof naar een klimaatneutrale wereld te overbruggen. CO<sub>2</sub>-verwijdering en de aanleg van infrastructuur voor negatieve emissietechnologieën kunnen onderdeel worden van een Green Deal of van een strategie om af te stappen van fossiele brandstoffen. Men kan ook uitdrukkelijk kiezen voor meer kleinschalige toepassingen, de zogenaamde *soft geo-engineering*<sup>2</sup> (bijvoorbeeld technieken voor ijs- of sneeuwvorming).

Ten slotte is er de groep van fanatieke believers in geo-engineering die alle heil verwachten van het direct ingrijpen op het klimaat, die de risico's minimaliseren en de inzet van geo-engineeringstechnologie juist als een opportuniteit zien. Zij verkiezen zelfs geo-engineeringstechnologieën boven mitigerende technologieën. Dat wordt dan voorgesteld als een vorm van ecomodernisme of groen conservatisme<sup>3</sup>. In plaats van miljoenen te investeren in het voorkomen van uitstoot, laat ons meteen investeren in het terughalen van die uitstoot of in het dempen van negatieve klimaateffecten. Deze

groep staat heel dicht bij hen die het hele klimaatprobleem gewoon ontkennen. Dit wordt steeds moeilijker. Maar voor klimaatnegationisten die met steeds meer onweerlegbare klimaatfeiten geconfronteerd worden, biedt de stoplap van de geo-engineering een comfortabele uitweg. Als het dan toch zo zou zijn, zo redeneren zij, hoeven we niet heel onze economie bij te sturen, maar zijn er efficiënte technologieën om de schade te herstellen of om althans de eigen rijkdom in de noordelijke hemisfeer veilig te stellen.

Het onderscheid tussen beide groepen is in de praktijk flinterdun. Want één ding is zeker: investeren in (onderzoek naar) geo-engineering kost stukken van mensen. Je kan het niet maar een klein beetje doen. En gelden die gaan naar onderzoek naar geo-engineering zijn niet meer beschikbaar voor investeringen in technologie die uitstoot willen voorkomen of in het stimuleren van andere vormen van produceren of consumeren.

In wat volgt overlopen we de verschillende technologieën op vlak van geo-engineering en in tweede instantie technologieën die CO<sub>2</sub> opslaan. We bekijken voor- en nadelen, maar ook gevestigde belangen en verborgen strategieën en we proberen in te schatten in welke mate ze al dan niet een bijdrage kunnen leveren aan de oplossing van het klimaatprobleem.

### *Geo-engineering*

#### *Zon en regen manipuleren*

De meest bekende geo-engineeringstechnieken zijn technieken om de zonnestraling te beheren (SRM = *solar radiation management*). Men wil op kunstmatige wijze het weerkaatsingsvermogen (albedo) van onze planeet verhogen. Het gaat om een heel scala aan technologieën van zeer lowtechweerkaatsingstechnologieën (het op grote schaal wit schilderen van daken, wegen en bergtoppen en het bedekken van grote stukken woestijn met witte weerkaatsende folies) tot hightechoplossingen zoals het plaatsen van megaspiegels in de ruimte om zonlicht af te ketsen.

De bekendste SRM-technologie is SAI (*stratospheric aerosol injection*). Met deze techniek worden sulfaatdeeltjes in de stratosfeer gebracht die het zonlicht terugkaatsen naar de ruimte, om te vermijden dat het licht van de zon gevangen wordt in de atmosfeer van de aarde en via het broeikaseffect voor opwarming zorgt. In feite wil men het zonlicht dimmend effect nabootsen van een vulkaanuitbarsting, zoals die van de Pinatubo in 1991. Er worden dan aerosols verspreid in de stratosfeer via kanonnen, slangvormige ballonnen of vliegtuigen. In het Verenigd Koninkrijk werd een groots opgezet experiment in die zin (het SPICE-project<sup>5</sup>) in 2012 op de valreep vermeden, na een grote controverse. De risico's van SRM zijn groot: regen- en stormpatronen kunnen op grote schaal verstoord worden. Op milieuvlak creëert men zware vervuiling met deeltjes, die zal leiden tot zure regen of de aantasting van de ozonlaag.

In de VS trachten onderzoekers van de universiteit van Harvard toestemming te krijgen voor het uitvoeren van het SCOPEX<sup>6</sup>-experiment, het inbrengen van kalkpoeder in de atmosfeer met een ballon. Kalk zou minder negatieve effecten hebben dan sulfaat. Het experiment zou geëvalueerd worden door een expertencommissie.

De tweede belangrijkste SRM-techniek is het bezaaien van wolken met zilverjodiden of met zeewater (MCB of *marine cloud brightening*), om ervoor te zorgen dat wolken aandikken en meer zonlicht terugkaatsen. Een variant is het uitdunnen van langwerpige wolkenlierten op grote hoogte zodat ze minder warmte kunnen vasthouden (*cirrus cloud thinning*).

Het is van belang om te beseffen dat MCB een nieuwe toepassing is van weerveranderingstechnologieën die op lokale schaal al langer worden toegepast, onder meer in de VS, Australië en China. Zo bijvoorbeeld het sproeien van zilverjodiden op wolken om meer regen te krijgen.

De kritiek op dit soort toepassingen is dat het bijna niet te voorspellen is hoe men de weerpatronen over grotere afstanden en over langere periodes gaat beïnvloeden. Toepassingen op grotere schaal (bijvoorbeeld het opwekking van stormen) werden in eerste instantie ontwikkeld en ook ingezet in een militaire context<sup>7</sup>. Het zijn in oorsprong oorlogstechnologieën. Zo experimenteerden de VS in de Vietnamoorlog met weersveranderingstechnologie. *Operatie Popeye* had als doel de Vietnamese troepen te hinderen door het extra te laten regenen, vooral tijdens de moesson. Dit deed men door verschillende chemicaliën in tonnen uit vliegtuigen te droppen<sup>8</sup>. Toen dit in 1971 aan het licht kwam, was de verontwaardiging groot. Op niveau van de VN werden toen internationale verdragen afgesloten om een moratorium of verbod in te stellen op het gebruik van geo-engineeringstechnologieën<sup>9</sup>.

### *De oceaan bemesten*

Oceaanbemesting is de techniek waarbij men bewust ijzervijlsel of andere voedingsstoffen zoals ureum uitstrooit over de oceaan om de groei van fytoplankton te bevorderen dat dan meer CO<sub>2</sub> kan absorberen. Critici stellen dat deze CO<sub>2</sub> terug zal vrijkomen in de voedselketen. Bovendien leidt oceaanbemesting tot de groei van giftige algen. IJzerdeeltjes en ureum kunnen het mariene milieu, dat door de opwarming van de aarde al sterk verzuurd is, verder ontregelen. Om de productie van fytoplankton echt op te drijven zouden ook macronutriënten als fosfor en stikstof moeten ingezet worden. Wat dan weer tot andere verwickelingen leidt. Experimenten met oceaanbemesting werden reeds op kleine schaal opgezet in relatief ongerepte delen van de oceaan aan de Galapagos-eilanden met beperkte resultaten (Ironex I), de Canarische eilanden, het zuiden van de Atlantische Oceaan en in de buurt van Antarctica. Bij de eilandengroep Haida Gwaii in de Stille Oceaan werd 91 ton ijzersulfaat in de zee verspreid met als doel meer fytoplankton te verkrijgen, meer CO<sub>2</sub> vast te leggen en tegelijk de zalm populatie te herstellen. De Haida Salmon Restoration Corporation hoopte de kosten van dit project terug te winnen door de verkoop van *carbon offsets*.

Andere technieken voor CO<sub>2</sub>-sequestratie op zee zijn het oppompen van zeewater uit de diepte dat rijker aan nutriënten is en meer CO<sub>2</sub> vangt. Of het laten inzinken van biomassa (zoals hele houtstammen) in de oceaan zodat de CO<sub>2</sub> die ze bevatten, definitief geborgen blijft. Daarnaast werden ook technieken voorgesteld om de weerkaatsing van zonlicht door het oceaanoppervlak te verhogen zoals het inbrengen van microbubbel of schuim in het water. Er werd ook gedacht aan het manipuleren van de warme golfstromen door op basis van hitte-uitwisselingsmethoden op grote schaal zeewater rond te pompen.

Ten slotte zijn er de voorstellen om op zee aan grootschalige 'herbebossing' (*ocean afforestation*) te doen door de kweek van zeewier, dat vervolgens vergist wordt, waarna de CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen, bijvoorbeeld in de zeebodem (*seaweed CCS*). Minder omstrede zijn voorstellen om aan aquacultuur te doen (de teelt van zeewier voor voedselproductie), met positieve effecten wat de opname van CO<sub>2</sub> betreft. Of je kan koolstofputten creëren voor de opslag van 'blauwe koolstof' door een aangepast beheer van veengebieden, mangroven en getijdemoerassen.

### *Gesteenten sneller laten verwerken (enhanced weathering of carbon mineralisation)*

Basalt en magnesium-ijzer-silicaat-gesteenten zoals olivijn en serpentijn kunnen uitgestrooid worden op stranden of via baggerschepen op zee. Deze gesteenten onttrekken CO<sub>2</sub> aan het zeewater. Zo wordt het zeewater minder zuur en wordt ook de buffercapaciteit van het zeewater verhoogd: het zeewater kan terug meer CO<sub>2</sub> opnemen uit de atmosfeer. Deze techniek wordt uitgetest in het Marien Station in Oostende, voorlopig nog in grote blauwe bakken zeewater, en met steun van de Vlaamse regering. Professor Filip Meysman, ook bekend van het Curieuzeneuzen-project, verdedigt dit onderzoek als 'een negatieve emissietechnologie en als op termijn onvermijdelijk'. Maar hij ziet het zeker niet als alternatief voor technologie die uitstoot voorkomt. Het probleem met deze techniek is dat er massaal gesteenten zullen moeten gedolven worden in mijnen. Naar schatting evenveel als er nu steenkool ontgonnen wordt. En die gesteenten zouden dan ook nog eens over lange afstanden moeten aangevoerd worden. Amerikaanse wetenschappers hebben berekend dat we, om een jaar van onze totale CO<sub>2</sub>-uitstoot wereldwijd te compenseren, een blok olivijn nodig hebben van zeven kubieke kilometer. Op kleinere schaal vertaald: de gemiddelde Belg stoot ongeveer tien ton CO<sub>2</sub> per jaar uit; voor de compensatie van een jaar uitstoot van een Belg zouden we zowat tien ton olivijn in zee moeten uitstrooien<sup>10</sup>.

### *CO<sub>2</sub> opslaan in planten*

Natuurlijke manieren om meer CO<sub>2</sub> op te slaan zijn bebossing, maar ook opslag van CO<sub>2</sub> in landbouwgewassen. In het laatste geval spreekt men van 'regeneratieve landbouw' of *carbon farming*. Op zich zijn dat technieken die op algemene instemming kunnen bogen. Mits men zorgvuldig te werk gaat. Het aanplanten van nieuwe bossen, is zeker een goede oplossing, tenzij gekozen wordt voor monoculturen die bestaande ecosystemen en familiale landbouw ontwrichten. Het telen van gewassen, specifiek omdat ze meer CO<sub>2</sub> kunnen bijhouden, of het afwisselen van teelten (eerst een voedselteelt, nadien een teelt die vooral bedoeld is om het koolstofgehalte in de bodem te herstellen), zijn goede praktijken, zoals ook toegepast in de agro-ecologie<sup>11</sup>. Dit zijn ons inziens verdedigbare opslagtechnologieën.

Maar dikwijls wil men nog verder gaan in het zoeken naar technologische wonderoplossingen. Wat als we de opname van CO<sub>2</sub> door planten zouden kunnen verhogen door in te grijpen op het fotosyntheseproses zelf? Men denkt dan vooral aan voedingsgewassen als rijst of suikerriet. Zo steekt de stichting van Bill & Melinda Gates miljoenen in het C4-rijstproject. Daarbij wil men via genetische manipulatie rijst gaan telen die meer CO<sub>2</sub> opneemt en gedijt in droge gebieden. Critici vrezen dat rijst juist een slechte keuze is omdat deze plant veel water nodig heeft, op een moment dat waterstress juist

een groot probleem is wereldwijd. En succesvolle toepassingen zullen allicht nog lang op zich laten wachten. Via genetische manipulatie tracht men ook voedingsgewassen te ontwikkelen met bladeren die meer zonlicht weerkaatsen, met een hoger albedo-effect dan natuurlijke vegetatie of bossen. Een perfect excuus allicht om natuur in te palmen voor *high albedo*-aanplantingen.<sup>12</sup> En men wil met toepassing van de CRISPR-techniek (het gericht bewerken van het genoom van een organisme) ook planten aanpassen zodat ze meer koolstof vasthouden in de bodem.

### *CO<sub>2</sub> uit de lucht halen*

CDR (*Carbon dioxide removal*)<sup>13</sup> groepeert de technologieën die vrijgekomen CO<sub>2</sub> terug verwijderen. Als het opvangen van CO<sub>2</sub> wordt ingezet om op grote schaal CO<sub>2</sub> terug te halen uit de atmosfeer, gaat het wel degelijk om geo-engineering. Dat gebeurt nadrukkelijk bij *Direct Air Capture* (DAC), bijvoorbeeld door de inzet van mega *scrubbers* die CO<sub>2</sub> uit de omgevingslucht halen. De CO<sub>2</sub> wordt ontgonnen uit de lucht als in een mijn. Een meer esthetische manier om dit te doen is door de plaatsing van 'kunstbomen'. De Zwitserse firma Climeworks bezit een demonstratieproject in Hinwil bij Zurich, waar 900 ton CO<sub>2</sub> per jaar wordt afgevangen om gebruikt te worden in serres. Of voor koolzuur in cola. Samen met autobouwer AUDI onderzoekt men ook de mogelijkheid om afgevangen CO<sub>2</sub> om te zetten in e-diesel die bij gewone diesel kan gemengd worden. De onderzoeksprojecten van Climeworks worden gesteund door de Zwitserse en Europese overheid. De vraag is of CO<sub>2</sub> rechtstreeks uit de lucht wassen, zelfs met massale overheidssteun, ooit rendabel of effectief kan zijn. In de buitenlucht bedraagt de hoeveelheid koolstofdioxide immers slechts ongeveer 0,04 vol.-%. In rookgassen zit veel meer CO<sub>2</sub> — daar is het afscheiden van CO<sub>2</sub> dus veel rendabeler. Maar dit weerhoudt sommigen er niet van om DAC in combinatie met CO<sub>2</sub>-stockage te promoten als dé oplossing voor het klimaatprobleem. Klaus Lackner van het Center for Negative Carbon Emissions van de universiteit van Arizona berekende dat DAC rendabel zou zijn aan een kost van 30 dollar per ton CO<sub>2</sub>. Maar de kost op dit ogenblik (bijvoorbeeld ook bij Climeworks) bedraagt 600 dollar per ton<sup>15</sup>.

Vermits DAC niet wordt ingezet op vervuilende installaties, maar rechtstreeks op omgevingslucht, geeft het zichzelf het label van een 'negatieve emissietechnologie'. Dat is ook de claim die Microsoft recent lanceerde. Bill Gates kondigde aan dat Microsoft zijn klimaatschuld wil aflossen en klimaatnegatief wil worden, door met DAC CO<sub>2</sub> uit de lucht te halen. Bill Gates investeert een miljard dollar in het Canadees bedrijf Carbon Engineering om deze technologie verder te ontwikkelen. Carbon Engineering berekende ooit dat de kostprijs zou liggen tussen de 94 en 232 dollar per ton CO<sub>2</sub><sup>16</sup>.

### *Opvang van koolstofdioxide (CCS/BECCS/CCUS)*

Als het gaat over het afvangen van CO<sub>2</sub> uit rookgassen in bijvoorbeeld energiecentrales of fabrieken, beschouwen velen dit wél als een 'mitigerende' technologie, een technologie die de uitstoot van CO<sub>2</sub> op het terrein vermindert. Zij het dan op de valreep, op het einde van het productieproces. Maar ook als je CCS niet meteen als geo-engineeringstechnologie wegzet, zijn er toch heel wat vragen te stellen over de toepassing van die techniek. Greenpeace<sup>17</sup> trekt al jaren ten strijde tegen CCS omdat het valse hoop biedt en afleidt van de echte alternatieven voor de klimaatopwarming. Andere

milieu-organisaties laten soms wel een opening<sup>18</sup>. Maar is CCS efficiënt? Is het betaalbaar? En vooral: is CCS (al dan niet gekoppeld aan geo-engineering) niet vooral ook een strategie van de fossielebrandstoffenindustrie?

Om dat goed te kunnen inschatten, is het nodig om te weten hoe CCS juist werkt. CCS verloopt in drie stappen: eerst de CO<sub>2</sub>-afvang en compressie, dan het transport en ten slotte de CO<sub>2</sub>-opslag. De twee belangrijkste methodes om CO<sub>2</sub> af te scheiden van andere gassen zijn absorptie en adsorptie. Ook hierin kunnen twee stappen onderscheiden worden: eerst wordt de CO<sub>2</sub> gebonden door chemicaliën en vervolgens wordt de CO<sub>2</sub> weer losgemaakt (gestript). Voor de meeste afvangmethodes (zeker voor het strippen) zijn elektriciteit en warmte nodig. Indien deze elektriciteit en warmte niet CO<sub>2</sub>-neutraal zijn, wordt het effect van CCS deels tenietgedaan. Als gewone elektriciteit gebruikt wordt, is er al een verlies van 15 procent CO<sub>2</sub>. Om dit te vermijden onderzoekt de UGent of het niet mogelijk is CO<sub>2</sub> op te vangen in een soort van moleculaire sponzen (zeolieten) en dan uit te spoelen<sup>19</sup>. Het transport van CO<sub>2</sub> gebeurt vervolgens via pijpleidingen of via schepen. Voor de meest economische vorm van vervoer per schip moet CO<sub>2</sub> vloeibaar gemaakt worden, wat opnieuw energie kost. Met de opslag van CO<sub>2</sub> heeft men nog weinig ervaring. Men kan kiezen voor geologische opslag, door injectie in

lege olie- of gasvelden, zoutformaties of aquifers, zowel in de aard- als in de zeebodem. De kans dat CO<sub>2</sub> weglekt is klein. Althans op korte termijn. Maar in feite geldt de opslag voor onbepaalde duur. En op lange termijn zal zelfs bij kleine lekverliezen, zowat alle CO<sub>2</sub> uit geologische reservoirs uiteindelijk ontsnappen.

***Op lange termijn zal zelfs bij kleine lekverliezen, zowat alle CO<sub>2</sub> uit geologische reservoirs uiteindelijk ontsnappen.***

De methode die het meest garanties biedt op permanente opslag, is de opslag in de vorm van mineralen ('minerale carbonatie'). Zo wordt de CO<sub>2</sub> opgeslagen in een stabiele en vaste vorm. Maar dit vergt een grote hoeveelheid mineralen én energie zoals hiervoor al geschetst. Indien de elektriciteit die voor carbonatie nodig is, niet hernieuwbaar is, is de CO<sub>2</sub>-besparing bij deze vorm van opslag slechts 15 tot 64 procent.

Aan de capaciteit om CO<sub>2</sub> geologisch op te slaan zal het niet liggen — die werd door het IPCC in 2005 geschat op minstens 2.000 miljard ton wereldwijd, of meer dan vijftig keer de jaarlijkse wereldwijde uitstoot van CO<sub>2</sub> (371 miljard ton in 2018). Maar om de 2°C-klimaatdoelstelling te halen zouden er volgens het Internationaal Energie Agentschap 3.500 grote CCS-installaties moeten operationeel zijn tegen 2050. Op dit moment zijn er slechts 19 grootschalige CCS-projecten operationeel wereldwijd<sup>20</sup>.



### CCS in de praktijk

Wat opvalt is dat 13 van deze 19 projecten te maken hebben met EOR (*Enhanced Oil Recovery*). Bij EOR wordt CO<sub>2</sub> geïnjecteerd in olievelden met als doel de olieproductie te stimuleren. De CO<sub>2</sub> wordt dan deels gerecycled (met olie opgepompt en dan terug geïnjecteerd), maar komt ook deels vrij. Ook hier treedt een verlies op van 30 procent en nog meer als de gebruikte energie niet hernieuwbaar is. Maar fundamenteeler is natuurlijk de kritiek dat op deze manier de winning van olie bestendig wordt. Als de opgepompte olie verbrand wordt, zorgt dit voor extra uitstoot van CO<sub>2</sub>. Het grootste CCS-project is Petra Nova in Texas: daar wordt 1,6 Mt CO<sub>2</sub> afgevangen bij een steenkoolcentrale, via een pijplijn 130 kilometer vervoerd om dan geïnjecteerd te worden in een olieveld. In het Quest-Shell-project in Canada wordt jaarlijks 1 Mt CO<sub>2</sub> van een stoom methaanreformer afgevangen. De CO<sub>2</sub> wordt vervolgens via een pijpleiding getransporteerd en geïnjecteerd in een zoutformatie. De kost voor afvang en opslag van CO<sub>2</sub> in dit modelproject bedraagt 97 € per ton CO<sub>2</sub>. De overheid draagt 60 procent van de kosten. Als de kosten voor de monitoring van lekkage op lange termijn worden meegerekend, zal de kost nog sterk stijgen.

Europa voorzag in 2009 een strikt kader voor de geologische opslag van kooldioxide (Richtlijn 2009/31/EG) en trok dat jaar maar liefst een miljard aan steun uit voor pilootprojecten. Maar van de twaalf geplande demoprojecten kwam voorlopig geen enkel van de grond. De prijs voor CO<sub>2</sub> bleef te laag. Een prijs van minimaal 40 € per ton zou nodig zijn om CCS economisch levensvatbaar te maken. Alleen Noorwegen, geen EU-lidstaat, wilde in Mongstad bij Bergen een grote CCS- installatie opzetten. Op basis van de ervaring opgedaan in het Sleipner-olieveld van Statoil sinds 1996. De Noorse regering kondigde het CCS-project aan in 2005. Volgens premier Jens Stoltenberg zou het om een inspanning gaan te vergelijken met de landing op de maan (een *moonshot project*). In 2013 werd het hele project afgeblazen<sup>21</sup>. Maar in 2018 werd het terug op de agenda geplaatst. Het idee om CO<sub>2</sub> af te voeren met pijpleidingen naar een bergplaats onder zee werd opgegeven. Men zou de CO<sub>2</sub> nu vervoeren per schip. Maar veel steun komt er voorlopig niet. De olie- en gasindustrie ziet nochtans een groot potentieel voor CO<sub>2</sub>-opslag in Europa<sup>22</sup> en wacht nu op een CCS-revival.

### CCS en energiecentrales

Mark Z. Jacobson, professor klimatologie aan de Stanford Universiteit, berekende dat de CO<sub>2</sub>-reductiecapaciteit van een steenkoolcentrale met CCS (zoals de Petra Nova-installatie) geen 90 procent bedraagt, maar amper 10,8 procent over een periode van 20 jaar. Dat komt omdat een centrale met CCS 25 tot 50 procent meer energie verbruikt en CO<sub>2</sub> uitstoot dan een centrale zonder CCS. Als de opgevangen CO<sub>2</sub> gebruikt wordt om efficiënter nieuwe olie te winnen, die dan ook weer verbrand wordt, gaat de CO<sub>2</sub> winst zelfs helemaal teniet. Een gascentrale met CCS produceert 27 tot 100 keer meer CO<sub>2</sub> dan een nieuwe onshore windturbine<sup>23</sup>.

Als het enkel gaat om energieproductie, is al lang duidelijk dat steenkoolcentrales en straks allicht ook gascentrales niet langer competitief zijn ten opzichte van hernieuwbare energie. Zelfs de koppeling van CCS en EOR zal dit plaatje niet meer veranderen, tenzij er overheidssteun zou komen voor bepaalde CCS-toepassingen. Dat gebeurt bijvoorbeeld met de *Furthering carbon capture, Utilization, Technology, Underground storage*,



and *Reduced Emissions (FUTURE) Act* in de VS. In deze wet wordt 35 dollar subsidie gegeven per ton CO<sub>2</sub> ingezet voor EOR, en 50 dollar voor elke ton CO<sub>2</sub> die in geologische formaties wordt geborgen.

Het Duitse Milieuministerie (Umwelt Bundesamt) daarentegen is bijzonder kritisch voor CCS. Gezien de sterke ontwikkeling van hernieuwbare energie in Duitsland, is de uitrol van CCS in Duitsland niet nodig om de klimaatdoelstellingen te halen<sup>24</sup>.

### *CCS en de industrie*

Voor de productie van energie is CCS dus geen volwaardig alternatief. Een andere vraag is of CCS wenselijk of zelfs noodzakelijk is om energie-intensieve productieprocessen die massa's CO<sub>2</sub> uitstoten, aan te passen en zo geleidelijk de transitie in te zetten naar een koolstofneutrale industrie. Grote concerns zoals INEOS of BASF in onze Antwerpse haven geven aan dat ze mee stappen in die transitie en dat ze hun installaties nu al *CCS-ready* willen maken, zoals Europa overigens vraagt. Dat wil zeggen dat ze hun CO<sub>2</sub>-uitstoot binnen afzienbare tijd willen gaan opvangen en afvoeren of verwerken.

***De havens van Antwerpen, Gent en Rotterdam willen tegen 2030 tien miljoen ton CO<sub>2</sub> opvangen, vervoeren en stockeren in een leeggepompt aardgasveld onder de bodem van de Noordzee.***

De havens van Antwerpen, Gent en Rotterdam willen tegen 2030 tien miljoen ton CO<sub>2</sub> opvangen, vervoeren en stockeren in een leeggepompt aardgasveld onder de bodem van de Noordzee. Het zogenaamde CO<sub>2</sub>TransPortsproject. Dit plan borduurt voort op het PORTHOS-project van de haven van Rotterdam (waarbij Porthos staat voor *Port of Rotterdam CO<sub>2</sub> Transport Hub and Offshore Storage*). De Rotterdamse haven heeft de ambitie om zich tot een wereldwijde CO<sub>2</sub>-hub

te ontpoppen<sup>25</sup>. Het is de bedoeling kilometers aan CO<sub>2</sub>-pijpleidingen aan te leggen tussen de verschillende havens. Men rekent op aanzienlijke Europese steun. Daartoe heeft men bij Europa de erkenning aangevraagd als *project of common interest*.

Het gaat om mega-investeringen voor een oplossing die zeker niet definitief is. In dit proces zal veel CO<sub>2</sub> vrijkomen en ook de geologische opslag is, zoals reeds aangetoond, geen duurzame oplossing. Het risico is groot — tot nu toe was CCS in Europa geen succes. Om uit te maken of investeringen in deze nieuwe CO<sub>2</sub>-afvanginfrastructuur — en pijpleidingen zinvol zijn, moeten we de vergelijking maken met andere technologie-investeringen die de uitstoot van CO<sub>2</sub> aan de bron vermijden.

Maar eerst bekijken we nog een bijzondere vorm van CCS: de combinatie van bio-energie en CCS.

### *Bioenergie en CCS (BECCS)*

Als je de CO<sub>2</sub> afvangt van biomassa-energiecentrales en die CO<sub>2</sub> dan definitief opslaat, krijg je negatieve CO<sub>2</sub>-emissies. Het zou dan gaan om 'hernieuwbare CCS'. In theorie. Want er zijn al heel wat studies die het klimaatneutraal karakter van bio-energie sterk in vraag stellen. Planten nemen CO<sub>2</sub> op. En als je die planten (biomassa) gebruikt om

energie op te wekken, via biobrandstoffen of een biomassacentrale, komt er terug CO<sub>2</sub> vrij. Het één compenseert het ander. Zo luidt de redenering. Maar zo simpel is het niet. Als er bijvoorbeeld bomen gekapt worden, duurt het een hele tijd voor er nieuwe bomen gegroeid zijn die terug evenveel CO<sub>2</sub> opnemen. Er wordt ook te weinig rekening gehouden met veranderingen in landgebruik, bijvoorbeeld. als energieteelten teelten van voedingsgewassen, weilanden of bossen verdringen.

Het theoretisch potentieel van BECCS is immens. Volgens een studie zou jaarlijks 3,3 gigaton CO<sub>2</sub> kunnen opgeslagen worden. Maar om dat te bereiken zijn maar liefst 580 miljoen hectaren aan energieteelten nodig of ruwweg één derde van alle landbouwgrond op de planeet. Zelfs als men uitgaat van bescheidener doelstellingen, zou er snel een conflict komen met de voedselveiligheid op wereldschaal<sup>26</sup>. Van de acht operationele BECCS-projecten worden er zeven ingezet voor de productie van biobrandstoffen, met overheidssteun.

Een aparte techniek is de productie van 'biochar', met name de omzetting van biomassa tot houtskool die dan vermengd wordt met de bodem. Op die manier wordt CO<sub>2</sub> letterlijk begraven. De Amazone-Indianen pasten die techniek in het verleden al toe om hun bodems te verbeteren (de zogenaamde Terra Preta — zwarte bodems). Maar onderzoek wijst uit dat bodems verrijkt met biochar minder CO<sub>2</sub> opnemen en dat door teveel CO<sub>2</sub> in de bodem in te brengen, bodemmicroben meer CO<sub>2</sub> gaan vrijzetten<sup>27</sup>.

### *CO<sub>2</sub> als grondstof*

Een alternatief voor CCS is CCUS (*carbon capture use and storage*). Daarbij wordt de CO<sub>2</sub> opgeslagen in een product. In theorie krijg je dan een volledig circulair proces: de CO<sub>2</sub> die vrijkomt wordt onmiddellijk weer gebruikt als grondstof. De CO<sub>2</sub>-besparing bij CCUS hangt dan af van het soort product dat je maakt. Als het gaat om een brandstof, dan komt de CO<sub>2</sub> toch op korte termijn weer vrij, en is de besparing relatief beperkt. Zo wordt CO<sub>2</sub> bijvoorbeeld gebruikt om algen te voeden. Van die algen worden dan biobrandstoffen of andere producten gemaakt. Pilotinstallaties die CCS koppelen aan de teelt van algen staan er al in Zweden, de VS en Canada. Het idee dat je microalgen op grote schaal zou kunnen telen alleen met water, zonlicht en CO<sub>2</sub> stuit in de praktijk echter op veel praktische bezwaren (waaronder een hoge energiekost en de nood aan grote landoppervlaktes).

Als de CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen in een vaste, recycleerbare stof die niet uiteindelijk verbrand wordt, is de CO<sub>2</sub> besparing wel reëel. Zo kan men CO<sub>2</sub> laten reageren met kalkvormende mineralen om beton te maken voor bouwtoepassingen. Dan wordt de CO<sub>2</sub> voor jaren vastgezet. Of CO<sub>2</sub> kan ingezet worden als grondstof in de chemie en zo ook voor lange of korte duur opgeslagen worden.

De bijdrage van CCU om het mondiale klimaatprobleem op te lossen kan echter nooit erg groot zijn. Daarvoor stoten we jaarlijks veel te veel broeikasgassen uit. Volgens een studie in Nature Climate Change zouden we met CCU amper één

***Stel dat men er zou voor kiezen om de wereldwijde productie van polymeren (basisbouwstenen voor plastics) te laten verlopen met CO<sub>2</sub> als grondstof, zou amper 0,1% van de door de mens veroorzaakte CO<sub>2</sub>-emissies gefixeerd worden***

procent van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling kunnen halen<sup>28</sup>. De beloftes van een groene chemie met CO<sub>2</sub> als grondstof moeten gerelativeerd worden. Stel dat men er zou voor kiezen om de wereldwijde productie van polymeren (basisbouwstenen voor plastics) te laten verlopen met CO<sub>2</sub> als grondstof, zou amper 0,1% van de door de mens veroorzaakte CO<sub>2</sub>-emissies gefixeerd worden<sup>29</sup>.

### *CCUS in Vlaanderen*

Vlaanderen heeft al de eerste stappen gezet op vlak van CCUS. Een voorbeeld: het Antwerps Havenbedrijf gaat samen met Indaver en Engie CO<sub>2</sub> afvangen om er met gebruik van groene waterstof vier tot achtduizend ton 'duurzame methanol' van te maken als alternatief voor fossiele grondstoffen. Deze methanol kan gebruikt worden als grondstof in de chemie (bijvoorbeeld voor de productie van isolatieplaten), maar de methanol kan ook dienst doen als brandstof voor auto's of sleepboten<sup>30</sup>.

In 2016 maakte de Vlaamse administratie een inventaris op van de CCU-technologieën die in Vlaanderen in de ontwikkelingsfase zitten bij bedrijven en kennisinstellingen en die op korte termijn (2-5 jaar) of langere termijn (10-15 jaar) commercieel toegepast kunnen worden<sup>31</sup>. Meest beloftevol zijn volgens deze studie: het methanolproject van het Antwerps Havenbedrijf, de productie van ethanol uit afgassen van de staalindustrie (ArcelorMittal), de voeding met CO<sub>2</sub> van micro-algen als voeders voor garnallaarven (Proviron) en de productie van constructiematerialen uit staalslakken van Genk en Charleroi of uit andere reststoffen (Carbstone Innovation NV).

In de studie die de Vlaamse regering liet maken over de transitie naar een koolstofneutrale Vlaamse industrie wordt voor verschillende sectoren uitgebreid beroep gedaan op koolstofopvang<sup>32</sup>.

Intussen zitten we al een fase verder. Vier Vlaamse universiteiten (VUB/UGent/KULeuven/UA) en VITO bundelen de krachten in het CATIN-project om de processen van CO<sub>2</sub>-afvang te verbeteren door de ontwikkeling van snellere en meer efficiënte scheidingscycli. Ze krijgen voor 2020 steun van de Vlaamse overheid in het kader van de zogenaamde *moonshot*-onderzoeksprojecten, die de Vlaamse industrie tegen 2050 koolstofneutraal moeten maken. Zoals de Amerikaanse president Kennedy ooit het doel stelde om mensen op de maan te brengen, zo wil de Vlaamse regering nu investeren in het CO<sub>2</sub>-vrij maken van heel de Vlaamse industrie tegen half deze eeuw. Net zoals de Noorse premier in 2005...

Toch valt te betwijfelen of via dit soort toepassingen veel Vlaamse CO<sub>2</sub> zal kunnen opgevangen en vastgelegd worden. Het gaat (voorlopig) om veel kleinere hoeveelheden dan in het groots opgevatte CO<sub>2</sub>TransPorts – project om CO<sub>2</sub> van de havens op te slaan onder de Noordzee. De oplossingen waarbij niet gekozen wordt voor de aanmaak van nieuwe brandstoffen, zijn wel stukken duurzamer.

De hamvraag blijft echter of niet beter kan geïnvesteerd worden in het koolstofvrij maken van de productieprocessen, niet op het einde van de productieketen, maar in de keten zelf. Of het vrijkomen van CO<sub>2</sub> niet beter kan voorkomen worden. Beter voorkomen dan genezen, zoals we van bij de aanvang stelden.

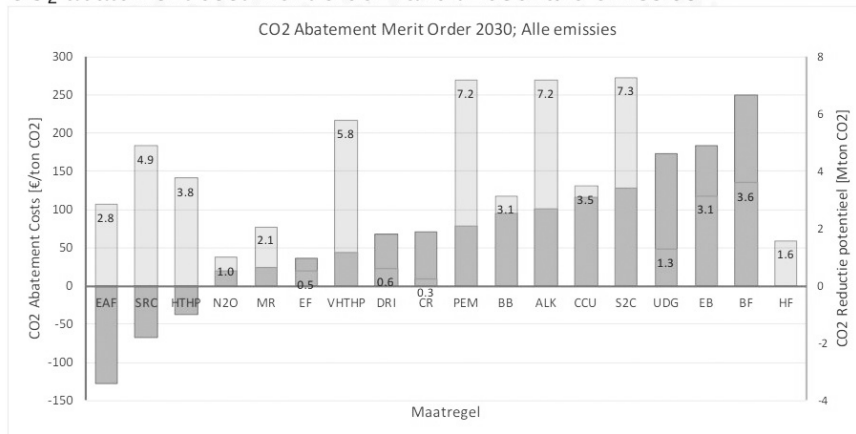
### Alternatieven voor CCS(U)

Bij het uitzetten van een strategie om tot een koolstofneutrale industrie te komen, is een vergelijking van het CO<sub>2</sub>-reductiepotentiël en de CO<sub>2</sub>-vermijdingskosten van verschillende technologieën nodig.

Een integrale doorrekening van enkele van deze opties voor het Institute of Sustainable Process Technologie (ISPT) in samenwerking met de industrie<sup>33</sup> laat zien dat verschillende alternatieve productietechnologieën onder referentieomstandigheden in 2030 lagere CO<sub>2</sub>-vermijdingskosten hebben dan CCS. Soms gaat het dan zelfs om negatieve CO<sub>2</sub>-verwijderingskosten (omdat de productie van CO<sub>2</sub> gewoon vermeden wordt).

De voorgestelde opties kosten veel minder, maar hebben daarnaast de potentie een reductie van tientallen megatonnen CO<sub>2</sub> te bewerkstelligen. Opwaardering van restwarmte kan potentieel ruim 10 Mton CO<sub>2</sub> op jaarbasis besparen; productie van waterstof middels elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit zo'n 7 Mton per jaar bij de huidige waterstofvraag; recycling van staalgassen om basischemicaliën en/of plastics te maken diverse megatonnen; vergassing van afval om basischemicaliën en/of plastics te maken ook diverse megatonnen. De basischemicaliën en/of plastics die uit staalgassen of afval gemaakt worden, worden niet verbrand en daarmee blijft de CO<sub>2</sub> vastgelegd. Voor de elektrificatie-opties is er helemaal geen sprake van directe CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hierdoor kunnen al deze opties meteen de eindoplossing voor een bepaalde toepassing zijn, terwijl CCS dat niet kan. Een aantal van deze technologieën kunnen onder de noemer CCU geplaatst worden, andere voorkomen gewoon de uitstoot van CO<sub>2</sub> en zijn volwaardige mitigatietechnologieën.<sup>34</sup>

### CO<sub>2</sub> abatement cost merit order vanuit 2030: alle emissies



2030 merit order, alle emissies. Blauwe staven geven de potentie (rechteras), grijze staven de CO<sub>2</sub> abatement costs (linkeras).

### *Argumenten tegen geo-engineering*

Elke geo-engineeringstechnologie schept eigen problemen, zoals hierboven geschetst. Maar een aantal problemen zijn gemeenschappelijk. Sommige gelden ook voor CCS.

Geo-engineering moet op mega-schaal worden ingezet, de gevolgen zijn dikwijls onvoorspelbaar, maar zullen zich ook op diezelfde grote schaal voordoen. In veel gevallen is de remedie erger dan de kwaal. Alle geo-engineeringstechnieken hebben potentieel negatieve milieu-effecten. De voedselketen kan grondig verstoord worden.

***In veel gevallen is de remedie erger dan de kwaal. Alle geo-engineeringstechnieken hebben potentieel negatieve milieu-effecten. De voedselketen kan grondig verstoord worden.***

De gevolgen van de ingrepen zijn ook onomkeerbaar. Het stopzetten van de klimaatmanipulatie, is op zich bijzonder gevaarlijk. Want dat kan leiden tot een felle opwarming op heel korte tijd, met alle geofysische, ecologische én sociale gevolgen van dien. Men spreekt in dit verband van de *termination shock*. Als je bepaalde technologieën inzet moet je dat wellicht honderden jaren volhouden.

Geo-engineering kan niet los gezien worden van geo-politiek. Internationale machtsverhoudingen zullen beslissend zijn. Machtige en rijke landen zullen de technologie willen inzetten in hun eigen voordeel. Arme landen, kwetsbare groepen in het Zuiden zullen zoals zo dikwijls de dupe zijn. Bovendien mogen we niet blind zijn voor het *dual use*-aspect van veel geo-engineeringstechnieken: ze kunnen en zullen ook ingezet worden voor militaire doeleinden.

Het belangrijkste bezwaar is echter van morele aard<sup>35</sup>: het feit dat de keuze voor geo-engineering in de praktijk bijna steeds neerkomt op klimaatactiviteit: het is een excuus om de echte keuzes om de uitstoot te verminderen, om werk te maken van klimaatmitigatie, niet te maken of op zijn minst uit te stellen. Geo-engineering lost klimaatproblemen ten gronde niet op, maar verschuift problemen naar de toekomst en creëert zo een vorm van intergenerationele onrechtvaardigheid.

### *Geo-engineering in het belang van de fossielebrandstoffenindustrie*

Intens studiewerk<sup>36</sup> naar de belanghebbenden achter geo-engineeringstudies, -experimenten en -projecten, toont aan dat de fossielebrandstoffenindustrie telkens een dikke vinger in de pap heeft. Zij betalen veel wetenschappers die geo-engineering promoten en sturen onderzoek in de richting die hen het best uitkomt. Dat geldt zowel voor geo-engineering als voor CCS(U). Ze doen dit op een dubbele manier. In eerste instantie steunen ze allerlei initiatieven die het hen mogelijk maken om verder steenkool, olie of gas te blijven ontginnen. Ze doen er alles aan om de echte vraag, het stopzetten van de fossiele productie af te blokken. Meer zelfs, geo-engineering en CCS worden vooral ingezet, doen juist dienst om nog meer en nog langer olie of gas op te pompen. Het feit dat CCS in de praktijk vooral wordt ingezet voor een betere olie-winning (EOR), zegt genoeg. De oliegeiganten maken er ook geen geheim van. In het Skyklimaatscenario van SHELL pleit men ongegeneerd voor de bouw van maar liefst 10.000 grote CCS-installaties wereldwijd. Op dat moment wordt CCS onverkort ingezet

voor geo-engineering. Dankzij deze mega-investeringen in CCS kan SHELL een blijvende grote afhankelijkheid van olie en gas verantwoorden tot ... 2100.

In tweede instantie tracht de fossiele lobby zoveel mogelijk haar infrastructuur (gas- en olievelden, boorplatforms, pijplijnen, grote centrales,...) intact te houden en er nieuwe bestemmingen voor te vinden. Het afvangen en afvoeren van CO<sub>2</sub> op grote schaal past perfect in dit kader. Net als het hergebruik van CO<sub>2</sub> om er nieuwe brandstoffen van te maken. Het grote fossieleproductie-apparaat blijft intact en blijft draaien. Er wordt enkel geschoven in enkele onderdelen. De Ja-knikkers van de oliemultinationals die massaal olie oppompten, worden injectietorens, die massaal CO<sub>2</sub> moeten gaan wegstouwen.

De componenten nodig voor geo-engineering zijn dikwijls (afval)producten van de fossiele industrie, bijvoorbeeld de zwaveldioxide-aerosols nodig voor SRM, de kolenafval die kan gebruikt worden voor 'enhanced weathering' of de witte plastic folies waarmee sommigen woestijnen willen bedekken om zonlicht terug te kaatsen. Niet onbelangrijk is ook dat in de strategieën van de fossiele industrie de inzet van geo-engineering (bijvoorbeeld CDR maar ook SRM) dikwijls onlosmakelijk verbonden is met de mogelijkheden van CCS. Zonder echt grootschalige CCS zijn veel geo-engineeringstechnieken uitzichtloos. Met investeringen in geo-engineering en CCS graaft de fossiele industrie zich in, letterlijk en figuurlijk.

*Voor de transitie naar een koolstofneutrale economie hebben we geen geo-engineering nodig*

Om het klimaatprobleem op te lossen, moeten we juist uit de fossiele loopgraven klauteren en radicaal kiezen voor nieuwe productie- en consumptiewijzen die het probleem bij de bron aanpakken. Grootschalige toepassingen van geo-engineering worden best verboden. Meer zelfs, in feite zijn ze al verboden en moeten de bestaande internationale verdragen nageleefd worden. Ook het IPCC zet in haar hoofdrapporten hoofdzakelijk in op mitigerende technologieën en niet op geo-engineering. CCS werd wel meegenomen. In het laatste rapport over het bereiken van de 1,5°C-doelstelling, werden in de geschetste scenario's wel vormen van CO<sub>2</sub>-verwijderingstechnologieën (naast bebosning, ook CCS en BECCS) meegenomen<sup>37</sup>. Maar daarop kwam kritiek: de projecties voor BECCS van het IPCC zouden twee tot vier keer meer voorzien dan fysiek mogelijk is<sup>38</sup>. Een opening waar voorstanders van geo-engineering graag met de voeten vooruit inspringen: 'Zie je wel, als we de opwarming willen beperken tot 1,5°C zullen we wel degelijk negatieve emissietechnologieën moeten inzetten.'

Om de toekomst echt veilig te stellen, moeten we vandaag de juiste maatschappelijke en technologische keuzes maken. In het rapport van de Heinrich Böll Stichting worden ze nog eens opgelijst:

- eerst en vooral het radicaal terugdringen van broeikasgasemissies — daar is geen weg naast
- een gecoördineerde en gefaseerde uitstap uit de fossiele brandstoffen
- 100 procent gedecentraliseerde hernieuwbare energie — efficiënt en duurzaam openbaar vervoer
- een verandering van hoogconsumptieve levensstijlen

- industriële productie met minder energie- en grondstoffen gebruik — een circulaire economie gebaseerd op zero waste
- een transitie van de landbouw naar minder verbruik van energie en chemicaliën, naar een herstel en zorgzaam gebruik van de bodem — de keuze voor agro-ecologie
- en ten slotte: werk maken van een grootschalig maar heel behoedzaam herstel van ecosystemen: bossen, regenwouden, moerassen en oceanen, met volwaardige participatie van de lokale gemeenschappen die er leven en er nu al zorg voor dragen.

Naomi Klein formuleerde een mogelijk besluit: 'Het feit dat sommigen geo-engineeringoplossingen zo ernstig nemen, zou juist de nood moeten onderstrepen van een echt plan A dat zich baseert op de beperking van uitstoot, hoe economisch ingrijpend dat ook is'<sup>39</sup>.

Kiezen voor geo-engineering is vergelijkbaar met Russische roulette. Zolang er nog een plan A mogelijk is, gaan we geen revolver tegen onze slaap houden...

## Bio

Johan Malcorps is lid van de Oikos-redactie en fractiesecretaris voor Groen in het Vlaams Parlement.

## Noten

1. Holly Jean Buck, *After Geoengineering. Climate Tragedy, Repair, and Restoration*, Verso, London/New York, 2019
2. Robert L. Olson, 'Soft Geoengineering: A Gentler Approach to Addressing Climate Change', *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 54:5, 29-39
3. Een van de auteurs van het 'Ecomodernist Manifesto' (2015) is David Keith, ook één van de uitgesproken voortrekkers van geo-engineering — cf. David Keith, 'A Case for Climate Engineering', 2013
4. Cf. Roger Scuton, *Groene Filosofie, Verstandig nadenken over onze planeet*, Nw Amsterdam, 2012 — pag. 48
5. SPICE = 'Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering'
6. SCOPEX = Stratospheric Controlled Perturbation Experiment
7. 'The Big Bad Fix — The Case against Climate Engineering' (etc group — Heinrich Böll Stiftung, Biofuelwatch), 2018
8. <https://www.nytimes.com/1974/05/19/archives/u-s-admits-rainmaking-from-67-to-72-in-indochina-a-first-in-warfare.html>
9. de 'Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques' (ENMOD), de Conventie over Biologische Diversiteit (CBD) - de 'Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter' of de Conventie van Londen
10. <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2019/05/22/ccs-ccu-deel-2-bodem-en-zee-enhanced-weathering/>
11. Zie ook Kristin Ohlson, 'The Soil will Save Us', *New York* — Rodale, 2014
12. <https://naturescrusaders.wordpress.com/2009/02/20/decrease-global-warming-by-raising-crops-with-a-high-albedo/>
13. Of ruimer: GGR: 'Greenhouse Gas Removal' — dan gaat het bijv. ook over de verwijdering van methaan of stikstofoxiden

14. American Physical Society, 'Direct Air Capture of CO<sub>2</sub> with chemicals: a technology assessment' Washington DC, 2011
15. De Standaard, 'Negatief is beter dan neutraal voor de aarde', 18/1/2020
16. Jeff Tollefson, 'Sucking Carbon out of the air is cheaper than scientists thought', Nature 558, 2018, 173
17. Kalavasta (studie i.o.v. Greenpeace), 'Notitie CCS: Aanbevelingen succesvolle en kosteneffectieve implementatie CCS in Nederland', 5 juni 2018 — rapport 'False Hope. Why Carbon Capture and storage won't save the climate', Greenpeace, 2008
18. <https://sandbag.org.uk/ccs/>
19. De Standaard, 'Spons voor kooldioxide', 1-2/8/2015
20. Global CCS Institute, Global Status of CCS 2019
21. AirClim, CCS in Norway. The moon landing that failed, 2015
22. IOGP, 'The potential for CCS and CCU in Europa', mei 2019
23. Mark Z. Jacobson, Evaluation of Coal and Natural Gas with Carbon Capture as proposed solutions to global warming, air pollution and energy security, 2019 — vrtm-website 27/10/2019: <https://www.vrtm.be/vrtmnl/2019/10/26/studie-plaatst-ernstige-vraagtekens-bij-afvangen-van-co2/>
24. UBA, Carbon Capture and Storage, 18/4/2018
25. Zie <https://www.rotterdamccus.nl/>
26. Carbon Sequestration Leadership Forum, Technical Summary of Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) 3 (2018),
27. Biofuelwatch, 'Biochar: Unproven claims,' Factsheet, 2013
28. Niall Mac Dowell e.a., 'The Role of CCUS in Mitigating Climate Change', Nature Climate Change 74, 2017, 243-9
29. Büro für Technikfolgen-Abschätzung, Duitse Bondsdag, TAB-Brief 41, sept. 2012
30. [https://www.standaard.be/cnt/dmf20190505\\_04377445](https://www.standaard.be/cnt/dmf20190505_04377445)
31. Departement LNE, Onderzoek naar mogelijk ondersteuningsbeleid m.b.t. nieuwe toepassingsmogelijkheden van CO<sub>2</sub> als grondstof/feedstock, 5 oktober 2016
32. VUB-IES, 'Towards a Flemish Industrial Low-Carbon Transition Framework', nov. 2018
33. Kalavasta (in opdracht van de milieubeweging) 'Kosteneffectieve maatregelenpakketten voor de klimaatdoelstellingen van de industrie', 14 juni 2018
34. Afkortingen achtereenvolgens: EAF=electric arc furnace, SRC=stoomrecompressie, HTHP=hoge temperatuur warmtepomp, N2O=lachgas afvangen, MR=mechanisch recycleren, EF=elektrisch fornuis, VHTHP=zeer hoge temperatuur warmtepomp, DRI=direct gereduceerd staal, CR=chemisch recycleren, PEM=PEM elektrolyse, BB=biomassa boiler, ALK=alkaline elektrolyse, CCU=CCU platform chemicaliën, S2C=Steel2Chemicals, UDG=ultra diepe geothermie, EB=elektrische boilers, BF=biomassa feedstock, HF=H2 fornuis
35. In de literatuur bekend als het 'moral hazard argument'
36. Center for International Environmental Law (CIEL), 'Fuel to the Fire. How Geoengineering threatens to Entrench Fossil Fuels and accelerate the climate crisis', 2019
37. IPCC, Global Warming of 1,5°C, Summary for Policymakers, 2019 — 4 pathways: zie pag. 14
38. Berekend door het Mercator Research Instituut in Berlijn, in 'Getting geoengineering back to front. A response to After Geoengineering by Holly Jean Buck, The Ecologist, nov. 2019
39. Naomi Klein, No Time, De Geus, 2014, pag.