

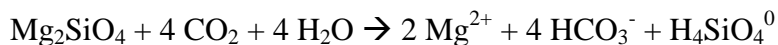
## Kan het landschap nog groener?

R.D.Schuiling

Iedereen weet waar je het over hebt, als het over bossen, akkers, weiden of zeeën gaat. Als je echter over bodems of gesteenten begint te praten, kom je al op minder bekend terrein, en zeker als het over processen in de bodem gaat, zoals verwerking en bodemvorming. Toch zou er geen leven mogelijk zijn, als gesteenten in de loop van de geologische geschiedenis niet afgebroken waren (“verweerd”) en bodems hadden gevormd, waarop planten kunnen groeien en dieren kunnen leven. Wat vrijwel niemand beseft, is dat er dankzij die altijd voortdurende verwerking van gesteenten ieder jaar ongeveer evenveel CO<sub>2</sub> wordt vastgelegd als er uit de aarde (onder andere door vulkanen) aan de atmosfeer wordt toegevoegd. Verwerking is eigenlijk niets anders dan de neutralisatie van een zuur met behulp van mineralen in de gesteenten. CO<sub>2</sub> heet niet voor niets *koolzuur*, en bij de neutralisatie van dit koolzuur wordt het eerst als bicarbonaat in het water vastgelegd, en uiteindelijk vormt het later ergens in zee kalkstenen (CaCO<sub>3</sub>) en dolomieten (CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>). Daardoor wordt de CO<sub>2</sub> voor geologisch lange tijden veilig opgeborgen. Biologische processen spelen een ondergeschikte rol in de koolstofcyclus, en onze pogingen om de snelle toename van het CO<sub>2</sub>-gehalte van de atmosfeer te compenseren met het planten van bomen zijn sympathiek, maar naïef.

Dat de producten van de biosfeer een ondergeschikte rol spelen, blijkt ook duidelijk uit het feit dat we nu bezig zijn om in een paar honderd jaar alle fossiele brandstoffen op te stoken, terwijl het honderden miljoenen jaren gekost heeft om die op te bouwen. Het tempo waarin dit organische materiaal werd gevormd, ligt dus zo’n miljoen maal lager dan het tempo waarin we het nu opmaken. Bij de verbranding komt ieder jaar ongeveer 25 miljard ton CO<sub>2</sub> vrij. Dat betekent dat er gemiddeld zo’n 25.000 ton CO<sub>2</sub> (miljoen maal minder) per jaar vastgelegd werd door de geologische geschiedenis heen. Deze ruwe berekening is niet helemaal eerlijk, het moet wat meer zijn, want er zit ook fijn verdeeld organische stof in gesteentes, die we niet als brandstof kunnen winnen. Bovendien zijn veel olie- en gasvelden in de loop van hun bestaan al voortijdig leeg gelekt.

Er komt ieder jaar ongeveer 2 à 2.5 miljard ton CO<sub>2</sub> uit de mantel van de aarde. Door het verstoken van fossiele brandstoffen hebben wij de hoeveelheid die ieder jaar aan de atmosfeer wordt toegevoegd (ruimschoots) met een factor 10 verhoogd. Daardoor komen we in ernstige problemen. Afgezien van enige fluctuaties, is het CO<sub>2</sub>-gehalte van de atmosfeer gedurende geologisch lange tijden min of meer constant gebleven, en de vraag is hoe de aarde dat heeft klaargespeeld? De vraag stellen is haar beantwoorden: dat kwam door de natuurlijke verwerking van gesteenten. Hoe ziet zo’n verweringsreactie er uit? Laten we beginnen met het mineraal olivijn, een groen magnesium silicaat, met een beetje ijzer, dat in enorme hoeveelheden op aarde voorkomt. In aanwezigheid van CO<sub>2</sub> en water is het mineraal onstabiel, en gaat langzaam in oplossing:



Op die manier wordt het broeikasgas CO<sub>2</sub> omgezet in het onschuldige bicarbonaat.

Dat bracht mij op de gedachte of we dat natuurlijke verweringsproces niet zouden kunnen versnellen, om op die manier ook de toegenomen instroom van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer te compenseren. Verwerking vindt plaats aan het oppervlak van de gesteenten, dus de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die we ieder jaar kunnen afvangen, is afhankelijk van het beschikbare oppervlak van reactieve mineralen. Om de verwerking te versnellen, moeten we olivijngesteenten gaan mijnen en vermalen, zodat het oppervlak van de olivijn vergroot wordt. Daarna moeten we het olivijnpoeder op plaatsen uitstrooien waar het met vocht en lucht in aanraking komt. En dat zijn natuurlijk net weer die akkers, weiden, bossen en zeeën waarmee ik dit verhaal begon.

Zoals gezegd, is de verwerkingssnelheid afhankelijk van de korrelgrootte, maar er zijn natuurlijk ook nog andere factoren. Hoe hoger de temperatuur, hoe sneller de reactie verloopt, dus kan de verwerking het beste in vochtige tropische landen plaatsvinden. Andere factoren zijn de CO<sub>2</sub> spanning en de zuurgraad (die trouwens een beetje samenhangen; zo ligt de pH van Spa rood, waarin de CO<sub>2</sub> spanning 1 atmosfeer is, rond de 3.9, wat dus behoorlijk zuur is). Gelukkig is de CO<sub>2</sub>-spanning in de bodem gemiddeld 100 maal hoger dan in de buitenlucht, waardoor de pH lager is. Dat komt omdat er in een gezonde bodem allemaal beestjes leven die CO<sub>2</sub> uitademen, en omdat er dood plantenmateriaal ligt te vergaan, waarbij ook CO<sub>2</sub> vrijkomt. Dat heeft dus tot gevolg, dat een olivijnkorrel *in* de bodem veel sneller verweert dan een korrel die *op* de bodem ligt.

Behalve de hogere temperatuur, waardoor de verwerking - en dus ook het afvangen van CO<sub>2</sub> - sneller gaat, bieden ontwikkelingslanden nog andere voordelen. Door de lage lonen is de olivijnmijnbouw in die landen goedkoper, en je kunt het olivijnpoeder in de omgeving van de mijnen uitstrooien, waardoor de transportkosten beperkt blijven. En voor de ontwikkelingslanden zelf is het natuurlijk belangrijk dat het extra werkgelegenheid oplevert, en economische groei. Zo kunnen die landen niet alleen ons helpen om een van de grootste problemen van de geïndustrialiseerde wereld op te lossen, maar profiteren zij daar zelfs tenminste ook van.

Helaas moeten we constateren dat de autoriteiten zich tot nu toe meestal blindstaren op het idee om CO<sub>2</sub> uit de rookgassen van kolencentrales te zuiveren, samen te persen en in verlaten gasvelden onder de grond te stoppen. Dit staat te boek als CCS (Carbon Capture and Storage), en zal zo'n 35 tot 50 euro per ton CO<sub>2</sub> gaan kosten (volgens sommigen zelfs 55 euro per ton). Het is raar dat iedereen gebiologeerd schijnt te zijn door dat idee om de CO<sub>2</sub> van kolencentrales af te vangen en onder de grond te stoppen. Aangezien alle moleculen CO<sub>2</sub> hetzelfde zijn, kan je die rookgassen beter ongemoeid laten, als je eenzelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> op een veel goedkopere manier uit de atmosfeer kunt halen. Het zuiveren van rookgassen vergt veel dure technologische poespas, en daarbij komen dan nog alle investeringen in buizenstelsels om CO<sub>2</sub> te transporteren, en in apparatuur om CO<sub>2</sub> onder hoge druk in de ondergrond te persen. Dit is dan ook niet de meest economische methode om het CO<sub>2</sub> aan te pakken. En dan praat ik nog niet eens over de potentiële risico's van de ondergrondse opslag.

De olivijnmethode is veel duurzamer en goedkoper. Op dit moment kost gemalen olivijn in de haven van Rotterdam 23 euro per ton. Zelfs met dit relatief dure olivijn uit Groenland (hoge lonen en ver transport), zou mijn methode nu al veel voordeliger uitvallen. Omdat 1 ton olivijn 1,25 ton CO<sub>2</sub> bindt, zou dat slechts 18 euro per ton kosten.

Maar wanneer de olivijnmijnbouw verplaatst wordt naar ontwikkelingslanden, grootschaliger wordt aangepakt en de transportkosten beperkt blijven, zal de prijs per ton vermeden CO<sub>2</sub> in de buurt van de 10 euro komen. Kort samengevat, komt het eigenlijk hierop neer:

*Wilt U liever meebetalen aan een methode die 35 tot 55 euro per ton kost, en waarvan de inkomsten voornamelijk naar grote Westerse industrieën zullen gaan, of hebt U liever een methode die 10 euro per ton kost, en waarvan de inkomsten vooral aan mensen in ontwikkelingslanden ten goede zullen komen?*

Allerlei bedrijven tonen belangstelling voor de aanpak met olivijn. Behalve een aantrekkelijke prijs heeft het ook milieuvoordelen. Je maakt gebruik van een duurzaam natuurlijk proces, waarvan we weten dat het geen nadelige milieuconsequenties heeft, want het heeft al miljarden jaren gefunctioneerd. We hoeven er geen dure en energieverblindende technologieën voor te ontwikkelen, maar laten de natuur het grootste deel van het werk doen. Er zijn een paar situaties waarin we er eigenlijk meteen mee zouden moeten starten. Olivijn buffert de zuurgraad van de bodem, dus bij alle zure bodems die nu regelmatig bekalkt worden, zouden we de kalk zo gauw mogelijk door olivijnpoeder moeten vervangen. Kost niets meer, en vangt bovendien CO<sub>2</sub>. Als boeren er dan ook nog CO<sub>2</sub>-credits voor zouden krijgen, dan wordt het voor hen helemaal aantrekkelijk om snel over te stappen. Hetzelfde geldt voor verzuurde meren, ook daar kan de situatie verbeterd worden door ze te bestrooien met olivijnpoeder. Ik denk dat een olivijngift van ongeveer 3 ton per hectare al goed is, maar het mag best wat meer. Dat is 300 gram per vierkante meter, een laagje van iets minder dan 100 micron dik. Eén regenbuitje, en u ziet er niets meer van, maar het blijft wel doorwerken. Olivijn helpt niet alleen tegen de verzuring, maar zorgt er ook voor dat de beschikbare hoeveelheid magnesium wordt aangevuld. Nederland bestaat uit afbraakmateriaal van gesteenten die ergens anders (in de Alpen, de Duitse middelgebergtes of de Ardennen) verweerd en geërodeerd zijn. Bij die verwerking verdwijnen allerlei voor planten nuttige voedingsstoffen. Daarom moeten deze minerale bestanddelen in de vorm van kunstmest aan de bodem worden toegevoegd. Als we olivijnpoeder uitstrooien, hoeft de meststof in ieder geval geen extra magnesium meer te bevatten.

We hebben het net over verzuring van bodems gehad. Dat is lokaal soms een serieus probleem, dat tot een verminderde opbrengst van het land leidt. Veel ernstiger is echter de verzuring van de zeeën, die nu al merkbaar en meetbaar aan de gang is. Zelfs als men niet zo zwaar als Al Gore aan de gevolgen van de toename van het CO<sub>2</sub>-gehalte voor ons klimaat tilt, zal men in moeten zien dat de verzuring van de oceanen toch echt wel zorgwekkend is. Men maakt zich grote zorgen over de verstoring van de carbonaatevenwichten in de oceanen, en de gevolgen daarvan voor het mariene leven (koralen, schelpdieren, plankton met kalkskeletjes). Wederom (het wordt eentonig) zou olivijnpoeder daar een goede remedie voor bieden. Mensen die helemaal niets van scheikunde afweten, kunnen de komende regels overslaan.

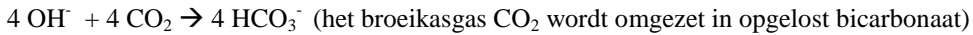
Intermezzo: Gedrag van olivijn in zee

Als je olivijnpoeder met zeewater roert, in een afgesloten fles (zodat er geen CO<sub>2</sub> uit de lucht bij kan), dan stijgt de pH in een paar uur van ongeveer 8 naar 9. Als je dan de fles weer open doet, en je blijft roeren, dan zakt de pH weer naar iets boven de 8. Dat kan alleen als het zeewater uit de lucht CO<sub>2</sub> opzuigt. In chemische termen hebben we alkaliteit aan het zeewater toegevoegd, waardoor het meer CO<sub>2</sub> als bicarbonaat kan opnemen, zonder dat het water verzuurt.

Je kunt daarvoor de volgende reacties opschrijven:



gevolgd door



Zo kan olivijn ingezet worden om de verzuring van de oceanen tegen te gaan, en tegelijk zorgen dat de oceanen veel meer CO<sub>2</sub> kunnen opnemen.

Natuurlijk zullen de lezers zich nu afvragen ‘waarom doen we het dan nog niet, als het allemaal zo simpel is?’ Daar zijn allerlei redenen voor te bedenken. Laten we beginnen met onkunde. Weinig mensen weten wat olivijn is, en zeker niet dat het snel verweert en dat het daarbij CO<sub>2</sub> vastlegt. Mocht men dit al beseffen, dan komt het bij weinig mensen op om de natuur als hun hoftechnoloog te gebruiken. Hoewel het tegendeel vaak genoeg bewezen is, mensen blijven denken dat door de mens ontwikkelde, en door mensen bestuurde technologieën veiliger zijn dan natuurlijke processen.

Ook als men accepteert dat natuurlijke verwerking inderdaad in staat is om ieder jaar enkele miljarden tonnen CO<sub>2</sub> uit de lucht te halen, dan komt het volgende bezwaar vaak om de hoek kijken: het zou te langzaam gaan om in korte tijd een merkbaar effect te sorteren. Ook dat is een misvatting. Verwerking is een proces dat zich aan het oppervlak van mineralen afspeelt, dus een tienvoudige vergroting van het oppervlak door olivijnkorrels te malen, levert vanzelf een tienvoudige versnelling op. Het gaat inderdaad niet in tien minuten, zoals bij extreme omstandigheden in een autoclaaf, maar dat hoeft ook niet. Als de reactie maar binnen enkele maanden, of eventueel binnen enkele jaren afloopt, is dat voldoende om het broeikasgevaar af te wenden. Onze experimenten met olivijnkorrels in bodems of in zeewater hebben aangetoond dat dat inderdaad haalbaar is.

Er zijn ook mensen die tegen de invoering van de olivijnmethode zijn, omdat er dan een grote hoeveelheid lucratieve business aan hun neus voorbijgaat. Het aanleggen van een leidingstelsel voor CO<sub>2</sub>-transport door West-Europa, van installaties om CO<sub>2</sub> uit rookgassen te halen, voor compressoren om die CO<sub>2</sub> onder druk te brengen en in lege gasvelden te persen, het zijn allemaal sectoren waar omzetten van honderden miljoenen te behalen zijn. Daarnaast zijn er oliemaatschappijen die extra inkomsten hopen te verkrijgen door het ter beschikking stellen van lege gasvelden in hun concessiegebieden. Ook de vele onderzoeksgroepen die bezig zijn om, gesteund door grote subsidies, de benodigde technologie te ontwikkelen, zien dit alternatief knarsetandend aan.

Vreemd genoeg, ‘bien étonnés de se trouver ensemble’, vinden deze partijen misschien fundamentalistische milieuactivisten aan hun zijde. Die vinden dat de mensheid zich radicaal anders moet opstellen, dat we helemaal geen fossiele brandstoffen meer moeten verstoken, dat we allemaal zuiniger moeten gaan leven, dat er geen auto’s meer gebruikt mogen worden en dergelijke. Prijzenswaardig, en je zou willen dat je iets van die veranderende mentaliteit kon bespeuren. Als je dat allemaal niet doet dan slaat het noodlot toe.

In dat scenario moet het zwaard van Damocles blijven hangen, en is het onwenselijk dat er een betaalbare en duurzame oplossing bestaat om het broeikasgevaar te bezweren. Zo'n oplossing zou voor velen wel eens een excuus kunnen zijn om hun levensstijl niet te veranderen, maar in plaats daarvan hun CO<sub>2</sub> schuld met olivijn af te kopen.

Maar we moeten er ook weer niet al te licht over denken. Als we ieder jaar 30 miljard ton CO<sub>2</sub> extra willen binden, hebben we 24 miljard ton olivijn nodig, of wel ongeveer 7 km<sup>3</sup> olivijngesteente. Dat is iets minder dan de hoeveelheid kalksteen die we jaarlijks winnen voor de cementfabricage. De grootste mijnen, zoals de Bingham kopermijn in Utah, hebben een volume van 25 miljard m<sup>3</sup> (25 km<sup>3</sup>), dus je zou iedere 3 à 4 jaar zo'n olivijnmijn moeten aanleggen. Dat is een put van 10 bij 5 kilometer, met een diepte van 500 meter. Zo moet je dat natuurlijk niet organiseren, het is beter om enkele tientallen nieuwe olivijnmijnen te openen in Zuidoost-Azië, West- en Centraal-Afrika, en Zuid- en Midden-Amerika. Als je de olivijnwinning over een groot aantal locaties spreidt, dan hoef je het olivijnpoeder niet over grote afstanden te transporteren. Het betekent wel dat de olivijnwinning, die nu rond de 20 miljoen ton per jaar ligt, duizend maal groter zal moeten worden, en dus van een bescheiden grondstoffenwinning tot een van de grootste mijnbouwsectoren zou uitgroeien, met alleen kolen, ijzer en bouwstoffen boven zich.

Het is aardig om op te merken dat we er, behalve in de nieuwe mijnbouwgebieden zelf, weinig van zullen merken. Je ziet verwerking niet gebeuren, en de veranderingen in de samenstelling van de bodems, het grondwater, en zeker van de zee blijven minimaal. Dat is ook begrijpelijk, want we veranderen niets aan het proces dat al 4.6 miljard jaar naar tevredenheid heeft gedraaid. De bodem fungeert daarbij als een gigantische, maar zachtmoedige en onopvallende reactor.

Ik heb net al geschetst uit welke hoek tegenstand te verwachten is, maar het grootste probleem zal zijn om te zorgen dat mensen anders gaan denken, de natuur respecteren en accepteren als een gewaardeerde bondgenoot om een groot wereldprobleem aan te pakken. Nieuwe technologie helpt niet, wereldproblemen moeten op wereldschaal opgelost worden, en als dat met minimale schade aan onze ecosystemen kan, des te beter. Het gaat eigenlijk om een botsing tussen 2 manieren om de wereld te bekijken. Een groot aantal mensen ziet alleen maar technologische oplossingen, en beschouwt de natuur vooral als een (lastig) kader waarin deze oplossingen moeten fungeren. In de olivijnoptie gaat het om een manier om samen met de natuur, en met respect voor de natuur een gigantisch milieuprobleem op te lossen. Misschien is het wel symbolisch dat olivijn een *groen* mineraal is.