

Olivijn, de groene klimaatridder?

René Rietra, Bram Hoogesteger, Huig Bergsma

Om de uitstoot van CO₂ te verminderen is voorgesteld om basische silicaten zoals olivijn op land uit te strooien en zo CO₂ te binden. Het idee wordt actief gepropageerd en heeft veel publiciteit gekregen. Experimenteel bewijs ontbreekt echter en daarom is in 2010 een drie jaar durende proef gestart. Daarbij is olivijn uitgestrooid in een weiland nabij Woerden en zijn er laboratoriumexperimenten gedaan. De resultaten van het eerste jaar laten zien dat de olivijn oplost, er nutriënten vrijkomen en de pH van de bodem wordt verhoogd. Normaal past men hiervoor kalk toe. Het blijkt dus mogelijk om kalk door olivijn te vervangen. Belangrijk voordeel is dat hiermee de CO₂-emissie van kalk is te verminderen. Alleen moeten we hiervoor andere steenmelen gebruiken omdat olivijn veel te veel nikkel bevat.

Jaren geleden is het idee ontstaan dat CO₂ uit verbrandingsprocessen vastgelegd kan worden in mineralen door het onder druk en bij hoge temperatuur te laten reageren met basische silicaten (in dit artikel verder als steenmeel aangeduid) zoals olivijn (Mg, Fe)₂SiO₄). Dit proces wordt nog steeds op diverse plaatsen in de wereld onderzocht. Onderzoek in Nederland¹ heeft laten zien dat het vastleggen van CO₂ in een industriële opzet erg kostbaar is (meer dan € 50 per ton CO₂). De vraag rijst of het niet gewoon zonder zo'n fabriek kan. Immers basische silicaatmineralen houden in vulkanische streken de pH van bodems zo hoog dat CO₂ uit de lucht wordt opgelost in het bodemvocht en als bicarbonaat (HCO₃⁻) verder via grondwater naar de zee wordt getransporteerd (reactie 4 in figuur 1). Het is om die reden dat in Nederland emeritus professor Schuiling² de toepassing van het wereldwijd veelvoorkomende steenmeel olivijn propageert: via het eenvoudig uitstrooien als gemalen bodemverbeteraar zou het CO₂ kunnen vastleggen. De potentie hiervan is groot, maar is aan een maximum verbonden. Als, onder invloed van het uitstrooien van steenmeel, de gemiddelde bicarbonaatconcentratie van alle rivieren van de wereld wordt verhoogd van 1 naar maximaal 4 mmol L⁻¹, leidt het tot een vastlegging van 10% van de antropogene CO₂-emissies. Om te berekenen hoeveel steenmeel daarvoor nodig is, moet je weten hoe, en hoe snel, het materiaal in de bodem reageert.

Het is economisch beter om steenmeel landbouwkundig nuttig toe te passen, én CO₂-emissies te besparen. In dit onderzoek richten we ons daarom op het gebruik van steenmeel als vervanger van landbouwkalk (CaCO₃). Kalk leidt volgens het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tot CO₂-emissie (reactie 1 in figuur 1). Vervangen van kalk met steenmeel is eenvoudig (reactie 3 in figuur

1); het vervangt alleen het materiaal dat nu gebruikt wordt en het is geen nieuwe activiteit in de landbouw. Experimentele gegevens voor dit aantrekkelijke idee ontbreken. Tegelijkertijd leren we dan hoe snel het materiaal in de bodem reageert zodat ook nagedacht kan worden over CO₂-binding met steenmeel op het land (reactie 4 in figuur 1).

Nova Saxum en Alterra hebben in samenwerking met Arcadis, met financiële steun van de provincie Utrecht dit idee getest. Hiervoor hebben we verschillende hoeveelheden olivijn uitgestrooid op een grasland nabij Woerden. Omdat olivijn waarschijnlijk het beste oplost in zure bodems, en op grasland naast kalk ook een hoge behoefte is aan magnesiumbemesting, is een veldproef uitgevoerd bij een grasperceel op veengrond. We gebruiken in de experimenten voornamelijk olivijn omdat het puur verkrijgbaar is. De meeste andere steenmelen zijn natuurlijke mengsels van mineralen, waardoor ze voor wetenschappelijk onderzoek minder geschikt zijn: we zouden niet kunnen traceren welk mineraal verantwoordelijk is voor een bepaald effect. We zullen in dit artikel ook aandacht besteden aan de specifieke bezwaren die kleven aan dit bekende mineraal.

Experimenten

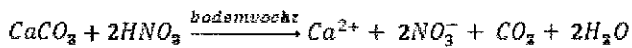
Er zijn vier experimenten uitgevoerd. In een laboratoriumexperiment is grond gemengd met olivijn. Direct hierna, en na 6 maanden incubatie, is de hoeveelheid extraheerbaar magnesium bepaald. In een grasland nabij Woerden is een proefveld ingericht met 21 plots van elk 40m². Er zijn 7 behandelingen in triplo (zie tabel 2). De effecten van olivijn zijn vergeleken met een nulbehandeling, een conventionele bekalking van de bodem, een bemesting met het goed oplosbare kieseriet (MgSO₄) en een bemesting met een steenmeel uit Noorwegen. De steenmeel heeft een bekalkende werking en levert mogelijk nutriënten. De kalk- en magnesiumgift zijn conform het bemestingsadvies. Alle meststoffen zijn oppervlakkig uitgestrooid en niet ingewerkt, omdat het provinciaal beleid is om CO₂-emissies door grondbewerking in veen te voorkomen. Gedurende het groeiseizoen is het gras vijf keer geoogst, de opbrengst bepaald, het gras geanalyseerd en zijn bodemanalyses gedaan. Daarnaast zijn lysimeters opgesteld om zo het bodemvocht op te vangen en het transport van

OVER DE AUTEUR

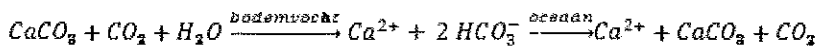
Dr. Ir. R.P.J.J. Rietra is onderzoeker bij Alterra (0317-486495, rene.rietra@wur.nl, www.wur.alterra.nl/steenmeel),

drs. A.W. Hoogesteger werkt als consultant bij Nova Saxum (www.novasaxum.nl) en **drs. H.L.T. Bergsma** is geochemicus bij Arcadis (www.arcadis.nl/steenmeel)

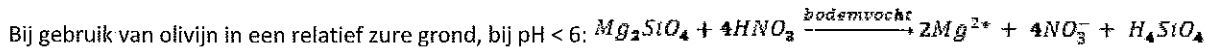
Bij bekalking met kalk in een relatief zure grond, bij pH < 6:



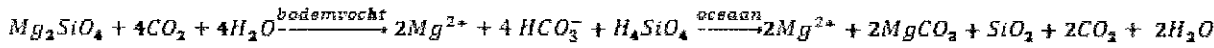
(1), komt CO₂ vrij na de reactie met zuur (voornamelijk van stikstofhoudende meststoffen). Bij neutrale bodems, bij pH > 5,5 à 6:



(2) wordt tijdelijk CO₂ vastgelegd (maximaal 1 mol C per mol Ca), maar netto uiteindelijk (oceaan) niets.



(3) komt in tegenstelling tot reactie 1 met kalk geen CO₂ vrij. Bij neutrale bodems pH > 5,5 à 6:



(4), wordt tijdelijk CO₂ vastgelegd (2 mol C per mol Mg), en netto uiteindelijk 50% van het initieel geconsumeerde CO₂ (1 mol C per 1 mol Mg).

Figuur 1. Reacties van Olivijn in bodem in vergelijking tot kalk (bij aanvang, in oplossing en na precipitatie in oceaan).

opgelost HCO₃⁻ te meten. Tenslotte is een kolom- en beschikbaarheidstest uitgevoerd om een toepassing van olivijn op bodem te toetsen conform de wet Bodemkwaliteit. Hieronder volgen beknopt de resultaten van het eerste meetjaar van het driejarige experiment.

Resultaten

De fijn gemalen olivijn (90% kleiner dan 0,06 mm) en steenmeel komen uit Noorwegen. De olivijn heeft een zuurneutraliserend vermogen van 20%, de steenmeel van 2%, en de gebruikte landbouw kalk 55%. De chemische samenstelling van olivijn en steenmeel suggereert hetzelfde neutraliserend vermogen als kalk, maar die is via de conventionele test voor kalk niet meetbaar. Bij het toevoegen van olivijn aan grond komt magnesium vrij (tabel 1). Na zes maanden is de hoeveelheid vrijgekomen magnesium verder toegenomen; dit geeft aan dat olivijn oplost binnen dit tijdsbestek.

Tabel 1. Verwerking van 3,5% olivijn in bodem aan de hand van magnesium in CaCl₂ extract uitgedrukt als mg magnesium per kg grond).

	Bij aanvang	Na 6 maanden
pH toename	0,25	0,57
% olivijn opgelost	3,8%	8,6%

In het veld is na één seizoen het effect van olivijn en steenmeel op de bodem pH bij de hoogste gift (8333 kg/ha) vergelijkbaar met die van 2111 kg/ha kalk (dolokal). Op basis van het gemeten neutraliserend vermogen van het steenmeel is dat een verrassende uitkomst. Bodemvocht analyses bevestigen dat in de bovenste 5 cm van de grond de oppervlakkige bemesting met hoogste olivijngift heeft geleid tot een pH toename met 0,2 eenheden (figuur 2). Het effect van olivijn op het magnesiumgehalte in gras is grofweg bij de laagste gift (215 kg/ha) vergelijkbaar met de gift met gemakkelijk oplosbaar kieseriet (MgSO₄). De pH toename bovenin de bodem (van 0 tot 5 cm diep) heeft echter nog niet geleid tot een hogere pH en meer HCO₃⁻ op grotere diepte (gemeten in de lysimeters, 20 cm diep).

Een milieukundige toetsing bleek noodzakelijk omdat olivijn van nature veel nikkel (2640 mg kg⁻¹) bevat. Dat is veel als je bedenkt dat de Nederlandse achtergrondwaarde in de bodem voor nikkel 35 mg kg⁻¹ grond is. Bij toepassing van olivijn op of in de bodem moet je daarom weten wat het lot is van nikkel. Olivijn is getoetst als bouwstof op bodem en als meststof. In een kolomproef (NEN7343) voldoet olivijn aan het besluit bodemkwaliteit (uitloging < 0,44 mg Ni kg⁻¹). Tijdens de kolomtest is de uitloging zeer gering doordat olivijn een pH 9 heeft, maar bij gebruik van olivijn in de bodem overheerst de neutrale of licht

zure pH van de bodem. De beschikbaarheidstest (NEN7341) simuleert dit zure milieu en hierbij is een uitloging gemeten van 26 mg Ni kg⁻¹. Dit geeft aan dat aan een toepassing als een bouwstof op de bodem, bijvoorbeeld in een weg, grote bezwaren zitten. Voor de toepassing van olivijn als meststof in de landbouw gelden de maximale waarden voor nikkel uit het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (800 mg Ni per kg MgO). Olivijn overschrijdt ruimschoots het Ni gehalte per MgO of per NV (neutraliserende waarde). Zelfs de eenmalige toepassing van olivijn in het veldexperiment leidt al tot een grote toename van de nikkelgehalten in de bodem (figuur 2). Bij een jaarlijkse toepassing als een landbouwkalk zou olivijn leiden tot veel te hoge nikkelgehalten welke toxisch zijn voor planten. Dit maakt olivijn ongeschikt als alternatieve kalkmeststof voor Nederlandse bodems.

Tabel 2. Effect van behandelingen op bodem pH en het gemiddelde magnesiumgehalte van het gras

behandelingen	metingen				
	totaal	als	als	pH	magnesium
		Mg	CaO*	bodem	opname gras
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg-ha	
nul-behandeling	0	0	0	4,4	25
kieseriet	125	20	0	4,3	27
Kalk	2111	232	1159	4,8	26
Olivijn	215	59	44	4,4	27
Olivijn	2111	583	430	4,4	29
Olivijn	8333	2300	1699	4,7	33
steenmeel	8333	15	47	4,7	26

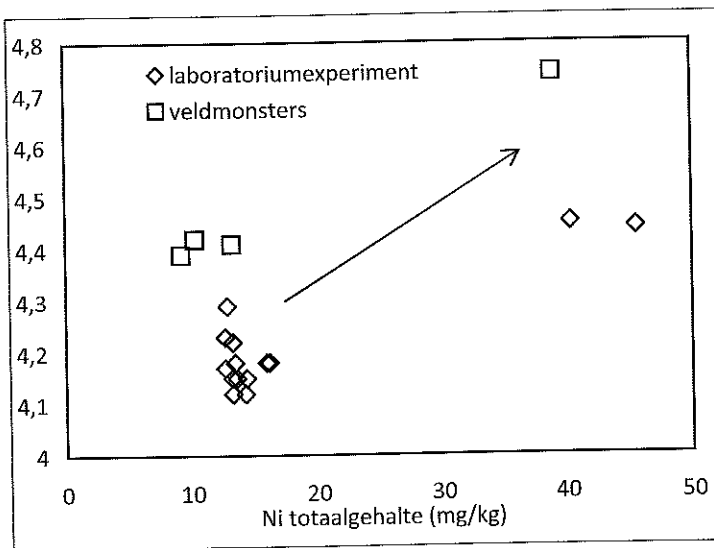
*CaO of neutraliserende waarde.

Dit wetende hebben we het onderzoek toch uitgevoerd omdat olivijn een voorbeeld is voor de werking van andere steenmelten. Het steenmeel dat we naast olivijn gebruikt hebben in de veldproef bevat een mengsel van mineralen met de nutriënten K, Mg en Ca, maar geen schadelijke gehalten aan zware metalen zoals nikkel. Het laat in het veld ook een duidelijke pH toename zien. Dit steenmeel is op grotere schaal toegepast binnen een, ook door de provincie Utrecht gefinancierd, zusterexperiment in Achterveld.

Conclusie

Het is mogelijk om met steenmeel een bijdrage leveren aan het verminderen van de CO₂-emissies. De bijdrage van landbouwkalk aan de totale antropogene CO₂-emissie is in Nederland gering 0,04%, in de EU en VS zo'n 0,1% en in Brazilië 0,5%. Dat is weliswaar een relatief

Bemonstering van bodemvocht met kunstwortels in de bovenste 5 cm van de veldproef bij de behandeling met en zonder olivijn. De pH van het bodemvocht in het met olivijn behandelende veld bleek 0,2 pH eenheid hoger dan het onbehandelde veld.



Figuur 2. Gehalten aan nikkel en pH in bodemmonsters bij behandeling met en zonder olivijn. Om de gewenste pH verhoging te krijgen is een dusdanig hoeveelheid olivijn nodig dat de nikkelgehalten buitengewoon veel toenemen. Dit is het gevolg van de van nature zeer hoge nikkelgehalten van olivijn (2640 mg kg⁻¹).

kleine emissie, maar die is eenvoudig te reduceren omdat er bijna geen extra kosten zijn: gewoon kalk vervangen door steenmeel. In de praktijkproeven hebben we vastgesteld dat steenmeel de functie van landbouwkalk (pH op peil brengen) kan vervangen. Het is na 1 jaar niet duidelijk hoeveel steenmeel op de lange termijn nodig is om de landbouwkalk te vervangen. Het blijkt noodzakelijk om bij aanvang meer steenmeel te gebruiken dan kalk maar de hypothese is dat de uiteindelijke effectiviteit, dat is de hoeveelheid die jaarlijks nodig is om de gewenste pH te behouden, hetzelfde is. Dit zal komende jaren blijken.

De kosten van steenmeeltoepassing zijn op dit moment onzeker omdat het materiaal slechts beperkt te koop is. De baten zijn onzeker waardoor agrariërs de waarde nog niet kunnen inschatten. De verwachting is dat het voor met kalk vergelijkbare prijzen te koop kan worden aangeboden. Het dient, net zo als kunstmest en een deel van de landbouwkalk, uit de omliggende landen geïmporteerd te worden. De CO₂-emissie bij het fijnmalen van hard gesteente ten opzichte van een zacht gesteente als kalk is relatief gering³. Bovendien is er voordeel te behalen omdat steenmeel in veel gevallen in een fijne korrelgrootte vrijkomt bij het mijnen van andere industrieel toepasbare mineralen (zoals titaan) of gesteenten (steen voor wegen, basaltblokken). Een veelbelovend traject is het zoeken naar steenmelen die naast de bekakende werking ook kalium bevatten omdat dat nutriënt op dit moment het meeste geld waard is. Verschillende bedrijven, waaronder Arcadis, propageren dan ook het idee van steenmeel als bodemverbeteraar met gunstige effecten op de emissie van CO₂.

Referenties

- Huigen W.J.J. en anderen, 2007. *Cost evaluation of CO₂ sequestration by aqueous mineral carbonation. Energy Conversion and Management*. 48, 1923-1935.
- Schulling R.D., en Krijgsman P., 2006. *Enhanced weathering: an effective and cheap tool to sequester CO₂. Climatic Change* 74(1-3):349-354.
- Hangx, S. J. T. en Spiers, C.J., 2009. *Coastal spreading of olivine to control atmospheric CO₂ concentrations: A critical analysis of viability International Journal of Greenhouse Gas Control* 3, 757-767.