



Gebergten en hun invloed op de CO₂-huishouding

A.J. (TOM) VAN LOON
VALLE DEL PORTET 17
03726 BENITACHELL
SPANJE
GEOCOM.VANLOON@GMAIL.COM

Wetenschap betekent dat onze kennis langzaam voortschrijdt: met twee stappen vooruit en dan weer één stap achteruit. Oude 'zekerheden' moeten steeds weer worden herzien. Zo lijkt het er nu op dat gebergten bijdragen aan meer CO₂ in de atmosfeer. Dat gaat lijnrecht in tegen wat een paar jaar geleden als vaststaand werd aangenomen.

Een onderwerp dat de gemoederen blijft bezighouden, is de (natuurlijke) CO₂-huishouding van de aarde, omdat veel onderzoekers menen dat die een grote rol speelt bij de veronderstelde klimaatverandering. Hoe de CO₂-kringloop precies in elkaar zit, is echter op veel punten nog volstrekt onduidelijk. Daarom zijn tal van onderzoeken erop gericht om na te gaan door welke processen significant grote hoeveelheden van deze verbinding in de atmosfeer terechtkomen, maar ook door welke processen er CO₂ aan de

atmosfeer wordt onttrokken. Veel is inmiddels bekend over de uitwisseling tussen atmosfeer en de oceanen, maar een sluitende 'begroting' van de kringloop is nog verre van bereikt. Wel is duidelijk dat bij bodemvorming veel CO₂ aan de atmosfeer wordt onttrokken. Maar er is meer ...

Bodemvorming kost CO₂

Nog maar een paar jaar geleden verscheen er een artikel in het gerenommeerde tijdschrift *Science* (Larsen *et al.*, 2014) over onderzoek in de

Zuidelijke Alpen van Nieuw-Zeeland. Uit dat onderzoek bleek dat gebergten veel belangrijker zijn voor de opslag van CO_2 dan eerder werd aangenomen (Afb. 1). Het was weliswaar al geruime tijd bekend dat gebergten – vanwege hun onregelmatig reliëf en daardoor het relatief grote aan lucht blootgestelde oppervlak – een veel grotere bijdrage aan de bodemvorming leveren dan vlakke gebieden, maar men meende dat er een bovengrens bestaat aan de snelheid waarmee die bodemvorming kan plaatsvinden. Die veronderstelde maximale snelheid van bodemvorming kon door het Nieuw-Zeelandse onderzoek naar het rijk der fabelen worden verwezen. In dit gebergte (Afb. 2), dat één van de snelst stijgende op aarde is – en daarmee ook één van de plaatsen waar erosie het snelst plaatsvindt – bleek de bodemvorming met maar liefst 2,5 mm per jaar in het gesteente door te dringen. Dat is viermaal de tot dan toe veronderstelde maximale snelheid!

Bovendien bleek uit het onderzoek dat – in tegenstelling tot wat logisch lijkt – een dikke bodemlaag bodemvorming bevordert. Zo'n dikke bodemlaag is in de Zuidelijke Alpen van Nieuw-Zeeland aanwezig doordat de vele neerslag in Nieuw-Zeeland ervoor zorgt dat ook steile wanden gewoonlijk dicht begroeid zijn en dat de al gevormde bodem door de wortels van de begroeiing op zijn plaats wordt gehouden.

Deze ontdekking was groot nieuws. Bij bodemvorming worden namelijk grote hoeveelheden CO_2 verbruikt, die uiteindelijk vooral terechtkomen in carbonaten (veelal calciet). Dit komt doordat CO_2 uit de atmosfeer oplost in water, waardoor koolzuur (H_2CO_3) ontstaat. Deze verbinding is echter niet stabiel, maar leidt tot een groot aantal evenwichtsreacties waarvan zowel de aard als het evenwicht afhangen van de omstandigheden. Eén van de meest fundamentele evenwichtsreacties geeft aan dat koolzuur in een waterige omgeving uiteenvalt in een positief geladen waterstof-ion en een negatief geladen HCO_3^- -ion. Het positieve waterstof-ion zorgt ervoor dat de vloeistof waarin dit ion voorkomt (bijv. regenwater of een meer) reageert als een zuur, waarbij de zuurgraad

afhangt van de concentratie waterstof-ionen, en dus van de mate waarin het evenwicht naar de ene of naar de andere zijde opgeschoven is. Uiteindelijk reageert dit zuur – na nog vele andere chemische reacties te hebben doorlopen – met silicaten, waarbij calcium-ionen en bicarbonaten vrijkomen. Deze stoffen worden uiteindelijk door rivieren naar zee afgevoerd, waar vooral schelpdieren ze gebruiken voor de vorming van hun kalkschalen (Afb. 3). Gebergten leken dus een veel belangrijker 'sink' voor CO_2 te zijn dan tot dan toe werd aangenomen, en dit werd als een grote geruststelling ervaren door degenen die vrezen voor een significante temperatuurstijging op aarde in de komende eeuw, en daarmee voor een grote zeespiegelstijging die zou leiden tot overstroming van veel dichtbevolkte kustgebieden.

Tegengesteld proces

Dit jaar is echter, ook in Science, het resultaat gepubliceerd van een onderzoek (Hemingway *et al.*, 2018) waaruit blijkt dat de erosie die plaatsvindt in steile gebergten juist leidt tot een extra toename van de CO_2 in de atmosfeer. Onderzoekers van het centrale berggebied van Taiwan (Afb. 4)



AFBEELDING 2. | *Mount Cook (3724 m), de hoogste top van Nieuw-Zeeland.* Foto: publiek domein.

merkten bij onderzoek naar de bodemvruchtbaarheid op dat er een tot nu toe onbekend proces in gebergten speelt dat een tegengesteld effect heeft op de CO₂-huishouding. Het gaat om bacteriële activiteit die ervoor zorgt dat CO₂ vrijkomt. Die CO₂ wordt gevormd door omzetting van organische koolstof die bij de vorming van de gesteenten werd opgenomen uit resten van afgestorven organismen.

Waar het vaste gesteente overgaat in bodem, bleek het gehalte aan organische koolstof plotseling tot nul te zijn gereduceerd. Daarentegen trad een plotselinge toename op van lipiden, organische vetverbindingen waarvan bekend is dat ze door bacteriën worden gevormd. Welke bacteriën verantwoordelijk zijn, is nog onbekend; daarvoor zouden eerst analyses van het DNA moeten worden uitgevoerd, maar dat het om bacteriën gaat, staat vast. De snelheid waarmee het CO₂ door de bacteriën wordt vrijgemaakt in het onderzochte gebied (overeenkomend met 6,1-18,6 ton koolstof per km² per jaar) is volgens de onderzoekers groter dan de snelheid waardoor CO₂ door de gebergten wordt opgenomen. De snelheid lijkt onvoldoende om het klimaat rechtstreeks te beïnvloeden, maar wordt door de onderzoekers groot genoeg geacht om het atmosferische CO₂-gehalte op geologische tijdschaal binnen bepaalde grenzen te houden.

Bescheidenheid

Steeds opnieuw blijkt voortgaand onderzoek aan te geven dat in de natuur processen spelen waarvan we (nog) geen weet hebben. Vaak ook blijkt het noodzakelijk om op basis van de nieuwe kennis bestaande inzichten aan te passen. Het geeft eens te meer aan dat de mens bescheidenheid past: de natuur is veel gecompliceerder dan we waarschijnlijk ooit zullen weten. Veel wetenschappers zijn daarvan overtuigd; politici zouden eveneens moeten beseffen dat de vaste zekerheden waarvan ze uitgaan bij hun beslissingen wel eens niet zo zeker zouden kunnen zijn. Wat vaste grond lijkt op het ene moment, kan bij verstoring gemakkelijk veranderen in drijfzand. Dat geldt ook voor klimaatonderzoek, zoals bovenstaande voorbeelden van 'voortschrijdende kennis' bewijzen.



AFBEELDING 3. | De schelp *Liguus virgineus*, een van de ontelbare schelpdieren die uiteindelijk koolstof uit geërodeerde gebergten opslaan in hun schaal.

Foto: publiek domein.



AFBEELDING 4. | De Tarokokloof in het centrale bergland van Taiwan.

Foto: Fred Hsu.

REFERENTIES

- Hemingway, J.D., Hilton, R.G., Hovius, N., Eglinton, E.I., Haghimpour, N., Wacker, L., Chen, M.-C. & Gali, V.V., 2018. *Microbial oxidation of lithospheric organic carbon in rapidly eroding tropical mountain soils. Science* 360, 209-212.
- Larsen, I.J., Almond, P.C., Eger, A., Stone, J.O., Montgomery, D.R. & Malcolm, B., 2014. *Rapid soil production and weathering in the Southern Alps, New Zealand. Science* 343, 637-640.