

Hoeveel biodiversiteit kan de huidige minerale bodem nog ondersteunen?

Tandrot in de bodem

Verwerking door verzurende depositie is een met tandrot vergelijkbaar proces waarbij mineralen onomkeerbaar uit de bodem verdwijnen. Hoeveel mineralen zijn hierdoor de afgelopen decennia versneld uit de bodem verdwenen? Wat zijn de gevolgen hiervan voor behoud of herstel van de biodiversiteit op droge zandgronden in Nederland?

Door: Huig Bergsma, Joost Vogels, Maaike Weijters, Roland Bobbink, André Jansen en Leontien Krul

Over de auteurs:

Drs H.L.T. Bergsma is Senior Onderzoeker Mineralogie/Geochemie BodemBergsma
Drs J.J. Vogels is Senior Onderzoeker Ecologie Stichting Bargerveen
Drs M.J. Weijters is Projectleider Ecologie/Bodemchemie Onderzoekcentrum B-WARE
Dr R. Bobbink is Senior Onderzoeker Ecologie/Bodemchemie Onderzoekcentrum B-WARE
Dr A.J.M. Jansen is Senior Expert Hydro-ecologie Unie van Bosgroepen
Ir L. Krul is Beleidsmedewerker Bedrijfsvoering Stichting Het Nationale Park De Hoge Veluwe

INLEIDING

Verweerbare mineralen zoals kaliveldspaat, albiet, muscoviet, biotiet, chloriet en amfibool vormen de basis van het leven op aarde.¹ Ze leveren nutriënten aan planten en bodemleven, houden via het bodemuitwisselingscomplex de bodemzuurgraad op peil en bieden een substraat voor bodemleven en organische stof. Deze mineralen verdwijnen door verwerking, een onomkeerbaar proces zoals in onderstaande vergelijking waarin kaliveldspaat door zuur wordt omgezet in het kleimineraal kaolien, kiezelzuur en een kaliumion.



Dit zuur kan afkomstig zijn van o.a. planten en bodemleven maar het allergrootste deel heeft de afgelopen decennia een menselijke oorsprong.² In natuurgebieden is het de verzurende depositie die zorgt voor de versnelde verwerking van bodemmineralen. Deze verwerking is op grote schaal gaande, maar wordt niet als zodanig herkend. De gevolgen zijn wel zichtbaar: heidevelden, heischrale graslanden en bossen verzuren; populaties van bedreigde planten- en diersoorten nemen af of sterven uit. Populaties van diersoorten in deze habitats zijn sinds 1990 gemiddeld afgenomen met 30%.³ Dit komt door versnippering van leefgebied, verdroging, en de verzurende stikstof- en zwaveldepositie. Verzuring van de bodem is de hoofdoorzaak van het verdwijnen van verzuringsgevoelige plantensoorten⁴ en recenter onderzoek suggereert dat ook karakteristieke diersoorten zoals het Korhoen⁵ daardoor verdwijnen.

Hoewel de vaste stof van de meeste bodems voor minimaal 90% uit mineralen bestaat, wordt er weinig aandacht besteed aan de

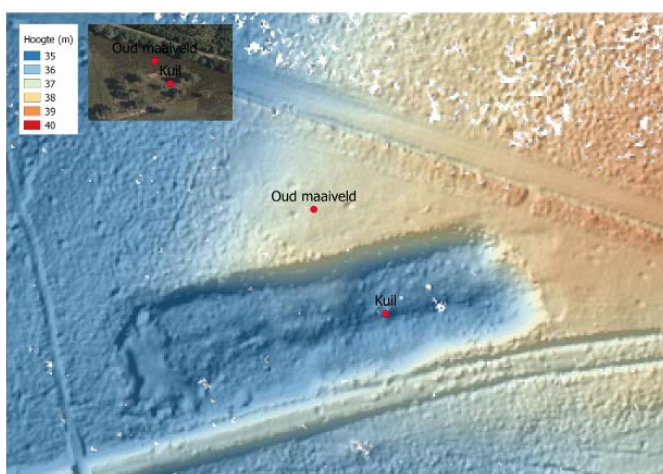
gevolgen van antropogene verzuring voor de relatie tussen bodemmineralen en bodemvruchtbaarheid. Meestal wordt aangenomen dat de pH-buffering door het bodemuitwisselingscomplex wordt bepaald en dat langzaam verwerkende silicaatmineralen zoals kaliveldspaat en muscoviet geen rol van betekenis spelen.⁶ In Nederland wordt sinds 2014 door de auteurs het verband onderzocht tussen de achteruitgang van de soortenrijkdom en het verlies van mineralen in de bodem. Hieruit blijkt dat ook de hierboven genoemde bodemmineralen wel degelijk een significante rol in de bodem spelen bij de neutralisatie van zure depositie. In het natuurbeheer worden de gevolgen van de zure depositie tot nu toe bestreden met bekalken en/of plaggen. Bekalking kan bij hoge dosis echter leiden tot versnelde afbraak van organische stof in de bodem waardoor bepaalde competitieve hoogproductieve soorten dominant worden (verruiging). Daarom wordt bekalking meestal toegepast na plaggen, waarbij de organische toplaag (deels) verwijderd wordt. Met plaggen wordt echter ook een

Verzuring van de bodem is hoofdoorzaak van het verdwijnen van verzuringsgevoelige planten en dieren

groot deel aan nutriënten, organische stof, bodemleven en zaden afgevoerd wat het herstel vertraagt. Om de effecten van bodemverzuring te verzachten, moet daarom gezocht worden naar methoden die het natuurlijk zuurbufferend vermogen van de bodem herstellen zonder ingrijpende maatregelen zoals plaggen. Een alternatief voor kalk is steenmeel van silicaatmineralen.^{1,7} Steenmeel reageert langzamer dan kalk waardoor het risico op verruiging kleiner is en het levert een breder palet aan nutriënten aan de planten. Idealiter worden met dat steenmeel ook die mineralen aangevuld die door de verzuring verdwenen zijn.

WAT IS ER MET DE MINERALEN IN DE BODEM GEBEURD?
Maar, hoeveel en welke mineralen zijn er precies verdwenen uit

de bodem? Hoe snel gaat dat proces? En hoeveel ervan is door menselijk toedoen verdwenen? De meest robuuste methode om het verlies aan mineralen te bepalen is de depletie methode, waarbij de netto verwerking wordt bepaald door het gehalte aan verweerbare mineralen in de A/E-horizont af te trekken van dat in de C-horizont. Bij een homogene ongestoorde afzetting wordt de C-horizont beschouwd als het niet verweerde uitgangsmateriaal waaruit de A/E-horizont is voortgekomen. Deze methode geeft het cumulatieve verlies van mineralen sinds de vorming van de bodem. Voor de Nederlandse situatie is dit in veel gevallen sinds de laatste ijstijd, 11.500 jaar geleden. Het is niet mogelijk te zeggen hoeveel mineralen er in een bepaald gedeelte van die periode verdwenen zijn. Dit kan wel bij zogenoemde chronosequenties van mineralogisch vergelijkbare maar in verweringsduur verschillende bodems, zoals die te vinden zijn bij terugtrekkende gletsjers.⁸ Een bruikbare mini-chronosequentie is gevonden in Het Nationale Park De Hoge Veluwe. Daar is in de Tweede Wereldoorlog een spoorlijn aangelegd waarvoor 74 jaar geleden zand is afgegraven (figuur 1).



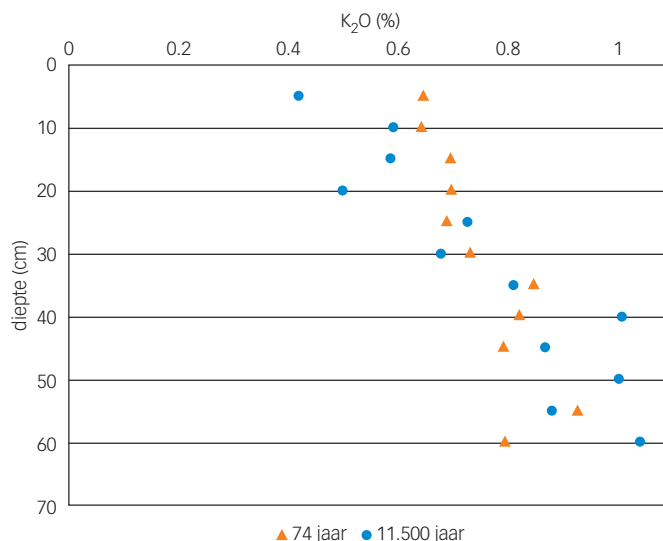
FIGUUR 1: LOCATIE VAN DE BOORKERNEN GENOMEN IN HET NATIONALE PARK DE HOGE VELUWE. "OUD MAAIVELD" EN "KUIL" ZIJN RESPECTIEVELIJK DE 11.500 JAAR OUDE EN 74 JAAR OUDE VERWERINGSPROFIELEN. BRON: PDOK, 2015, © ACTUEEL HOOGTEBESTAND NEDERLAND.

De bodem van de ontstane kuil is te beschouwen als een nieuwe bodem waarvan de minerale verwerking 74 jaar geleden is begonnen. Voor de omringende spoelzandwaaiers wordt aangenomen dat de bodemverwerking minimaal 11.500 jaar geleden begonnen is. Om de langetermijn-verwerking te bepalen zijn verweringsprofielen gemaakt van boorkernen genomen in de 74 jaar jonge en

De versnelde verwerking in de laatste 74 jaar komt overeen met 8.500 jaar natuurlijke verwerking

de 11.500 jaar oude bodem (figuur 2). Aan de kaliumgehalten is al goed te zien dat de jonge bodem, ondanks zijn jonge leeftijd, in vergelijking met de oude bodem al flink verweerd is. Om de verweringsverschijnselen in beide profielen uit te vergroten zijn mineralogische metingen gedaan aan de fractie <221 µm (tabel 1). Deze fractie is namelijk reactiever en bevat meer verweerbare mineralen dan de grovere fracties. Uit de analyses valt te berekenen dat de antropogene versnelde verwerking in de laatste 74 jaar ongeveer overeenkomt met 8.500 jaar natuurlijke verwerking.

Opvallend is dat vooral de K- en Na-houdende mineralen zeer sterke verwerking laten zien. Hoe dit kan is niet duidelijk maar zou het directe gevolg kunnen zijn van de hoge stikstofdepositie.⁹ Dit betekent ook dat door het eenzijdig gebruik van kalk de nutriëntenvoorraad in de bodem verder uit balans zou raken, omdat er wel Ca wordt aangevoerd, maar geen K en Na. We kunnen berekenen dat uit deze zandgrond in 74 jaar per hectare minimaal 20 ton verweerbare mineralen is verdwenen uit de fijne fractie van de bovenste 30 cm. Dat is meer dan de helft van wat er aan het begin van de Tweede Wereldoorlog nog in deze bodem aanwezig was.



FIGUUR 2: VERWERINGSVERLOOP VAN TOTAAL K₂O MET DE DIEPTE GEMETEN MET EEN NITON GOLDD+ HXRF. DE BLAUWE CIRKELS ZIJN MEETPUNTEN IN HET 11.500 JAAR OUDE PROFIEL (K₂O OUD), DE ORANJE DRIEHOEKEN ZIJN GEMETEN IN HET 74 JAAR OUDE PROFIEL (K₂O JONG).

	Kationen	Bodem 74 jaar			Bodem 11.500 jaar		
		A/E	C	afname	A/E	C	afname
Diepte (cm)		0-25	50-75		0-25	50-75	
Kwarts (%)		89.2	85.4		94.1	84.3	
Kali veldspaat (%)	K	4.8	6.6	- 30%	2.6	6.4	- 63%
Plagioklaas (%)	Na	1.8	3.0	- 43%	0.8	2.6	- 71%
Muscoviet (%)	K	0.38	0.79	- 54%	0.24	0.75	- 71%
Biotiet (%)	K, Mg, Fe	0.12	0.22	- 45%	0.05	0.36	- 87%
Granaat (%)	Ca	0.44	0.56	- 25%	0.08	0.89	- 92%
Epidoot (%)	Ca	0.37	0.38	- 5%	0.09	0.60	- 87%
Chloriet (%)	Mg	0.15	0.25	- 43%	0.01	0.36	- 98%
Mineralen verloren (kg/ha/jaar)		289			4.3		

TABEL 1: MINERALOGISCHE SAMENSTELLING VAN DE FRACTIE <221 µm VAN DE A/E-HORIZONT EN C-HORIZONT VAN EEN 74 EN 11.500 JAAR OUDE BODEM. AAN DE HAND HIERVAN IS HET VERLIES AAN MINERALEN PER HECTARE PER JAAR BEREKEND.

WAT IS DE RELATIE MET ZURE DEPOSITIE?

Het totale verlies van minerale kationen kan worden vergeleken met de cumulatieve zuurlast die is ontvangen tijdens de levensduur van de bodem. De cumulatieve zuurlast is opgebouwd uit twee componenten: de antropogene en de natuurlijke atmosferische input. Voor de eenvoud stellen we dat de bodem sinds de aanvang van de Tweede Wereldoorlog gemiddeld 4 kmol/ha/jaar aan antropogene input heeft ontvangen. De natuurlijke atmosferische input is ongeveer 0.02 kmol/ha/jaar.¹⁰ Figuur 3 laat zien

dat zowel de hoeveelheid door verwerking vrijgekomen kationen als de zuurlast in de afgelopen 74 jaar extreem hoog zijn geweest. De grafiek laat ook zien dat er meer zuur op de bodem is neergekomen dan er aan basische kationen is verdwenen. De zuurlast is zo hoog geweest dat ook het door verwerking vrijgekomen aluminium uit de mineralen heeft bijgedragen aan de neutralisatie van het zuur in plaats van dat het nieuwe kleimineralen heeft kunnen vormen (zoals het kaolien uit de vergelijking aan het begin van dit artikel). Hierdoor is het beschikbaar gebleven en gedeeltelijk opgenomen door het uitwisselingscomplex, hetgeen we terugzien in het huidige hoge aandeel aluminium in de kationen bezetting.¹¹

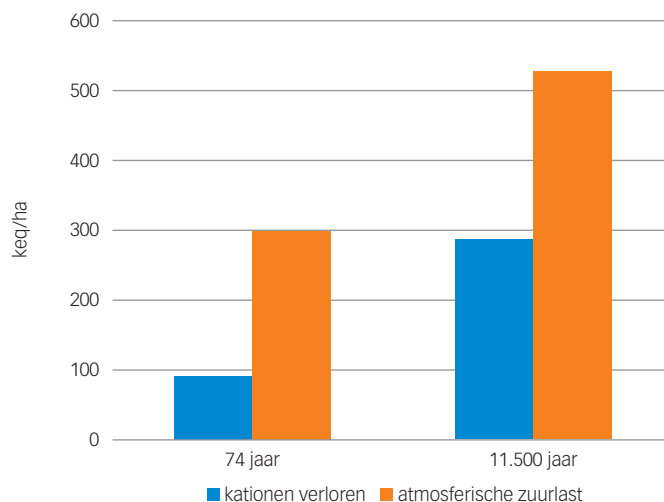
TOEKOMSTIGE CONSEQUENTIES?

De data laten zien dat door de verzuring het neutraliserend en nutriënten leverend en daarmee het zelfherstellend vermogen van de bodem in relatief korte tijd ernstig is aangetast. Dit betekent dat behoud en herstel van verzuringsgevoelige habitats op de Nederlandse zandgronden bij de huidige stikstofdepositie van 1.5-2 kmol/ha/jaar uitgesloten is zonder actief menselijk ingrijpen. De nieuwe inzichten houden in dat zelfs de vastgestelde kritische depositiewaarde (KDW) van 1.1 kmol/ha/jaar voor droge

Het mineralenverlies is zo groot dat alleen vermindering van stikstofdepositie niet meer zal leiden tot volledig ecologisch herstel

heide nog te hoog is voor herstel. Voor de vaststelling van de KDW is men er namelijk van uitgegaan dat de voorraad mineralen veel minder zou bijdragen aan de zuurbuffering en werd met een significante afname geen rekening gehouden. Nu blijkt dat deze processen veel sneller verlopen is het in het kader van bodembeheer verstandig de minerale voorraad op te nemen in de massabalans van bodemprocessen. Als uit huidige experimenten in Het Nationale Park De Hoge Veluwe en op de Strabrechtse Heide blijkt dat aanvulling van de mineralen in de bodem leidt tot verantwoord ecologisch herstel en grootschalige toepassing wordt overwogen, is het goed om te bedenken dat het gebruik van silicaatmineralen ook klimaatvoordelen met zich meebrengt doordat bij de verwerking ervan CO₂ wordt gebonden.¹² Dan snijdt het mes aan twee kanten.

Dit onderzoek is uitgevoerd met financiële ondersteuning van de Provincie Gelderland, het Prins Bernard Cultuurfonds en Het Nationale Park De Hoge Veluwe.



FIGUUR 3: BEREKEND TOTAALVERLIJES AAN KATIONEN UIT DE BOVENSTE 30 CM VAN DE BODEM UIT DE FIJNE (<221 µm) FRACIE VERGELEKEN MET DE TOTALE GESCHATTE ATMOSFERISCHE ZUUR INPUT GEDURENDE DE LEEFTIJD VAN DE BODEM.

LITERATUUR:

- Bergsma, H.L.T. 2013 It's the mineralogy, stupid! *Bodem* 23(4), 29-31.
- Eerens, H.C., J.D. van Dam (eds.), J.P. Beck, J.H.J. Dolmans, W.A.J. van Pul, R.B.C. Sluyter, K. van Velze, H.A. Vissenberg. 2001 Grootschalige luchtverontreiniging en depositie in de Nationale Milieuverkenning 5. RIVM rapport 408129016.
- Wereld Natuur Fonds. 2015 Living Planet Report. *Natuur in Nederland*. WNF, Zeist.
- Roelofs, J.G.M., R. Bobbink, E. Brouwer, M.C.C. De Graaf. 1996 Restoration of aquatic and terrestrial vegetation on non-calcareous soils in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 45, 517-541.
- Vogels, J. J. 2013. Voedsel van korhoenkuikens onder het vergrootglas - De relatie tussen plantkwaliteit en dichtheid van ongewervelde fauna op de Sallandse Heuvelrug. Stichting Bargerveen, Nijmegen, 34 pag.
- Sverdrup, H., P. Warfvinge. 1993 Calculating field weathering rates using a mechanistic geochemical model PROFILE. *Applied Geochemistry* 8, 273-283.
- Rietra, R.P.J.J., B. Hoogesteger, H.L.T. Bergsma. 2012 Herwaardering van een vergeten bodemverbeteraar. Steenmeel voor bodemvruchtbaarheid en klimaatdoelstellingen landbouw. *Bodem* 22(4), 35-36.
- Taylor, A., J.D. Blum. 1995 Relation between soil age and silicate weathering rates determined from the chemical evolution of a glacial chronosequence *Geology* 23, 979-982.
- Ochoa-Hueso, R., C. J. Stevens, M. J. Ortiz-Llorente, E. Manrique. 2013 Soil chemistry and fertility alterations in response to N application in a semiarid Mediterranean shrubland. *Science of the Total Environment* 452-453, 78-86.
- Mol, G., S.P. Vriend, P.F.M. van Gaans. 2003 Feldspar weathering as the key to understanding soil acidification monitoring data; a study of acid sandy soils in the Netherlands. *Chemical Geology* 202, 417-441.
- Weijters, M.J., R. Bobbink. 2015 Bodemchemisch onderzoek planfase SKNL in het Nationaal Park de Hoge Veluwe. (intern rapport).
- Rietra, R.P.J.J., B. Hoogesteger, H.L.T. Bergsma. 2011 Olivijn, de groene klimaatridder? *Milieu Dossier* 2011-5, 28-30.