

Puzzelen met veldeffecten van metalen

Het onderzoek in het SSEO heeft aangetoond dat diffuse verontreiniging van zware metalen effecten heeft op bodemecosystemen onder en boven de grond, ondanks beperkte biobeschikbaarheid van de metalen. Deze effecten waren goed waarneembaar in het Toemaakdek van de Ronde Venen. Als gevolg van de sterke dynamiek door overstromingen waren de effecten op de andere SSEO-locaties moeilijker te traceren.

Michiel Rutgers

Het aantonen van veldeffecten is geen sinecure, vooral bij concentraties van verontreinigende stoffen rond de risicogrenzen (tussen de streef- en interventiewaarden). De oorzaak is gelegen in het feit dat elk ecosysteem uniek is. Bovendien is de dynamiek in ecosystemen als gevolg van natuurlijke factoren en menselijke invloeden groot (zie bijdrage van Klok). Dit is een belangrijke reden voor het feit dat de fundamentele van de ecotoxicologie in het laboratoriumonderzoek liggen, en niet in het veldecologische onderzoek. De laatste jaren is ecologisch onderzoek naar effecten van bodemverontreiniging in de belangstelling gekomen, ter aanvulling op de stofgerichte aanpak. Er is onderzoek gedaan in de Kempen in Noord-Brabant¹, de Krimpenerwaard in Zuid-Holland², vele kleine locaties³ en ook al in De Ronde Venen.⁴ Nieuwe kennis over veld-effecten van verontreinigende stoffen, zoals die in het SSEO wordt ontwikkeld, kan direct worden toegepast in de zogenaamde TRIADE.⁵ De TRIADE is een instrument om locatiespecifieke ecologische risico's te bepalen, via drie sporen, namelijk stofgericht onderzoek, de toe-

passing van bioassays, en veldecologisch onderzoek.

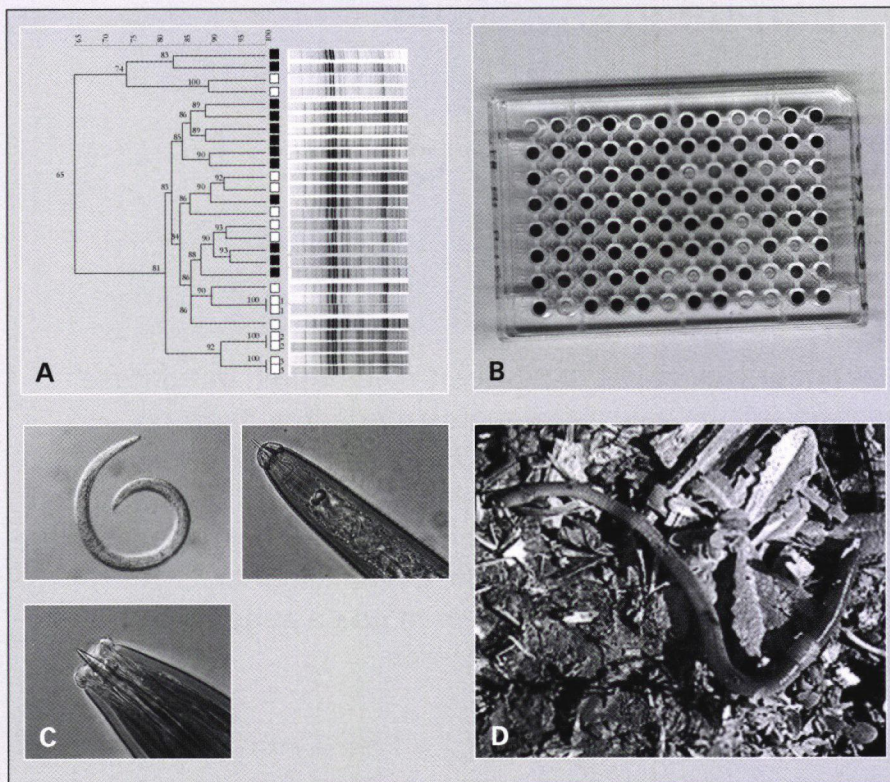
REFERENTIELOCATIE

Het grootste probleem bij veldonderzoek naar effecten van verontreiniging betreft het ontbreken van een zogenaamde ideale referentielocatie. Omdat elk ecosysteem uniek is, bestaat de ideale referentielocatie niet. Dat is namelijk een locatie die in elk opzicht identiek is aan de verontreinigde locatie, behalve voor wat betreft de aanwezigheid van de verontreiniging. Alleen dan is het mogelijk om de verschillen tussen de ecosystemen betrouwbaar aan de verontreiniging te koppelen. In de praktijk zijn er altijd andere factoren die de verschillen tussen locaties mede bepalen, zoals verschillen in bodemeigenschappen, habitat, en menselijke invloeden.

Een veel gebruikte methode om hier mee om te gaan betreft het zogenaamde gradient onderzoek. Hierbij selecteert men sublocaties met verschillende concentraties van de verontreinigende stoffen. Als de waargenomen verschillen in het ecosy-

1. Diversiteit bij bacteriën in de ronde venen

Marie-Elène Boivin en Gerdit Greve onderzochten bij het RIVM de effecten van de zware metalen in toemaakdek op bacteriën. Ze toonden aan dat metalen in toemaakdek effect hebben op de genetische en de fysiologische structuur van de bacteriegemeenschappen. Deze veranderingen zijn een indicatie voor effecten op het functioneren en de afbraakcapaciteit in het bodemvoedselweb. Verhoogde metaaltolerantie konden ze niet aantonen. Promotie 8 juli 2005 Vrije Universiteit Amsterdam 'Diversity of microbial communities in metal-polluted environments'.



FIGUUR 1: ONDERZOEKSPARAMETERS VOOR ONDERZOEK AAN HET TOEMAAKDEK IN DE RONDE VENEN.

A. MET DNA FINGERPRINTING WORDEN BACTERIËLE GEMEENSCHAPPEN GEKARAKTERISEERD (TEKSTBOX 1). HET DENDROGRAM LAAT ZIEN DAT DE VERVUILDE MONSTERS (DICHTE SYMBOLEN) EEN ANDERE BACTERIEGEMEENSCHAP BEVATTEN DAN DE MINDER VERVUILDE MONSTERS (OPEN SYMBOLEN).

B. MET MULTIWELL PLATEN WORDEN DE METABOLE KARAKTERISTIEKEN VAN DE BACTERIEGEMEENSCHAP VASTGELEGD.

C. NEMATODEN (AALTJES, MAX 1 MM LANG) KUNNEN MET EEN MICROSCOOP WORDEN HERKEND AAN DE MONDSTRUCTUREN, WAARMEE HUN POSITIE IN HET BODEMVOEDSELWEB BEPAALD KAN WORDEN (TEKSTBOX 3).

D. REGENWORMEN SPELEN EEN CRUCIALE ROL IN DE VORMING VAN EEN GOEDE BODEMSTRUCTUUR EN IN DE VERBINDING TUSSEN HET BODEMECOSYSTEEM EN DE WEIDEVOGELPOPULATIES. ACCUMULATIE VAN METALEN IN REGENWORMEN EN POPULATIE-EFFECTEN WERDEN IN HET SSEO ONDERZocht (TEKSTBOX 2 EN 4).

steem correleren met de gradiënt, en er zijn geen andere omgevingsparameters die correleren met de gradiënt, dan neemt men aan dat de verschillen het gevolg zijn van de verontreiniging.

Voor het onderzoek in het SSEO is ook gebruik gemaakt van gradiënten. Zowel in de Afferdensche en Deestsche Waarden als in de Biesbosch zijn diverse sublocaties bemonsterd om het inzicht te vergroten in de gradiënten. Voor het onderzoek naar de effecten van zware metalen in Toemaakdek was nog een extra stap noodzakelijk vanwege de enorme heterogeniteit van de bodem; de concentraties zware metalen varieerden binnen enkele meters net zo sterk als voor het hele toemaakdekgebied (>100 km²). De beste gradiënt voor het onderzoek aan bacteriën en nematoden werd verkregen via selectie van een beperkt aantal monsters uit een zeer grote steekproef uit de nabije omgeving, teneinde een maximale gradiënt te verkrijgen (tekstbox 1 en 3). De beste gradiënt voor het onderzoek aan regenwormen en weidevogels kon alleen

verkregen worden door een locatie op grote afstand van het onderzoeksgebied te kiezen, namelijk een relatief onbelaste veenpolder bij Amsterdam (Zeevang; tekstbox 4).

PARAMETERS EN EINDPUNTEN

Het ondergrondse en bovengrondse bodemecosysteem bevat een rijke schakering van organismen en processen, die in een netwerk met elkaar verbonden zijn. Het veldecologische onderzoek in het SSEO omvatte verschillende niveaus die voor een deel in de bijdrage van Van Gestel zijn gepresenteerd. Voor deze bijdrage zijn de regenwormen en andere bodemorganismen gesplitst in twee schaalniveaus, namelijk op het schaalni-

veau van bacteriën en nematoden, en op het niveau van regenwormen. Bacteriën zijn relatief klein ten opzichte van een regenworm (1 : 5 x10⁵) en worden daarvoor heel anders blootgesteld aan verontreiniging dan regenwormen. Daarnaast is er aandacht besteed aan de functionele parameters, zoals vorming van een goede bodemstructuur door potwormen en de weerstand tegen stress en het herstelvermogen van het bodemecosysteem.

De verschillende niveaus vereisen elk een unieke onderzoeks aanpak en achtergrondkennis (figuur 1). Dat kon slechts gerealiseerd worden in het grote verband van het SSEO (figuur 2). De betekenis van de resultaten van de op zichzelf staande projecten was misschien beperkt, maar de combinatie van de resultaten versterkte het eindresultaat beduidend. De aanpak met verschillende onderzoekers op één locatie maakte dat mogelijk. De meeste wetenschappelijke publicaties uit het SSEO bevatten inderdaad auteurs van meerdere onderzoeksinstellingen. De integratie van de verschillende onderzoeken op ecotoxicologisch en ecologisch niveau is het onderwerp van een nog lopend SSEO project.

SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN

De Biesbosch en de Afferdensche en Deestsche Waarden zijn overstromingsgebieden en vertonen een sterke dynamiek. Belangrijk bij het onderzoek in die gebieden was de aandacht voor het effect van regelmatige overstromingen op het (water)bodemecosysteem. De bijdrage van Klok laat zien dat de effecten van de verontreiniging gedeeltelijk door die dynamiek versluierd worden. Hiermee wordt bedoeld dat de dynamiek zelf een veel grotere impact op het ecosysteem heeft dan de effecten van de verontreiniging.

Het onderzoek in de Ronde Venen richtte zich op bacteriën, nematoden, regenwormen, grutto's, functionele parameters en de geochemie van het veen (zie de diverse tekstboxen). Zeven onderzoekers (aio's postdocs, en analisten) hebben bijdragen geleverd en bouwden aan een omvangrijk beeld van de toestand van het bodemecosysteem in de Ronde Venen en de effecten van de bodemverontreiniging. Er werden

2. Structuur en functioneren bij hoge metaalbelasting

Stefan Kools gebruikte grote bodemkolommen uit de Ronde Venen om organismen en ecologische processen in het laboratorium te bestuderen. De metaalvervuiling bleek het aantal potwormen te verminderen. Potwormen zijn belangrijk voor een goede bodemstructuur en de fragmentatie van plantenresten. Metaalvervuiling heeft dus een effect op ecologische functies. Promotie 22 maart 2006 Vrije Universiteit Amsterdam 'Soil Ecosystem Toxicology – metal effect on structure and function'.

3. Stressbestendigheid in het toemaakdek

Stabiliteit betekent dat een ecosysteem niet verandert na verstoring (resistentie) of dat het ecosysteem na aanvankelijke verandering weer terugkeert naar zijn oorspronkelijke toestand (veerkracht). André van der Wurff ontdekte als postdoc aan de Wageningen Universiteit dat het bodemecosysteem in de Ronde Venen immuun is voor verstoring door metalen, maar extra gevoelig is voor verstoring door warmte. De soorten- diversiteit van zo'n vervuild gebied kan dan drastisch verminderen. Dit staat in schril contrast met de soortendiversiteit in niet-vervulde gebieden: deze ondervindt namelijk geen nadelige gevolgen van extra stressfactoren.

4. Effecten van metalen op de grutto

Maja Roodbergen onderzoekt de invloed van zware metalen op de voedselketen regenworm-grutto in de Ronde Venen en een referentiegebied in Noord-Holland. Regenwormen bleken hogere gehalten aan zware metalen te bevatten in het SSEO gebied. Of het eten van deze regenwormen bij grutto's tot een afname in het broedsucces en de overleving leidt is nog onduidelijk. Wel blijken in eieren en veren van grutto's uit het SSEO gebied zware metalen verhoogd te zijn ten opzichte van de referentie. Roodbergen hoopt binnenkort dit onderzoek met een promotie af te ronden.

sterke aanwijzingen gevonden voor effecten van zware metalen op de bacteriegemeenschap⁶, op de nematodengemeenschap⁷ en op enkele functionele eigenschappen van de bodem, zoals de weerstand tegen extra stress en de decompositie van organisch materiaal door wormen.^{7,8} Door de resultaten van verschillende onderzoeken te combineren (zie ook de bijdrage van Klok) werd aannemelijk gemaakt dat ook regenwormen beïnvloed worden door de aanwezigheid van zware metalen, waardoor de grutto een omgeving treft met een inferieure regenwormengemeenschap met een verstoorde leeftijdsopbouw van de populatie.⁹

CONCLUSIES

Het SSEO heeft zeer aannemelijk gemaakt dat de diffuse verontreiniging in de drie onderzoeksgebieden beduidende effecten heeft op het ecosysteem. De hamvraag over de exacte ecologische betekenis van de effecten is moeilijk te beantwoorden, omdat daarbij subjectieve elementen een rol spelen. Hoe waarderen wij als maatschappij een gezond (niet door mensen aangetast) ecosysteem? Hoe kan de ongezondheid van een ecosysteem gekwantificeerd worden? Het zinkvioletje is een

voorbeeld van een beschermde soort die relatief goed gedijt op een zinkverontreinigde bodem. Vanuit natuurbeschermingsoogpunt wordt dat zeer gewaardeerd. Het staat nu vast dat sommige diffuse verontreinigingen in de grauwsluier effecten op de structuur en het functioneren van bodemecosystemen hebben. Dit is een onbedoeld bijverschijnsel van bodembeheer in het verre en recente verleden. Voorbeelden hiervan zijn de landbouwkundige praktijk vanaf de Middeleeuwen (het Toemaken) tot heden (het gebruik van kunstmeststoffen en dierlijke mest), de aanvoer van verontreinigd sediment door de rivieren, en herinrichting van grote gebieden voor natuur en ruimte voor de rivier. Ook het toekomstige bodembeheer zal de risico's en de effecten van bodemverontreiniging beïnvloeden.

NOTEN

- 1 Schouten, A.J., Dirven -Van Breemen, E.M., Bogte, J.J., and Rutgers, M. (2003) Locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling – praktijkonderzoek met de TRIADE-benadering deel 3. Rapport 711701036, RIVM, Bilthoven
- 2 Faber, J.H., Van der Pol, J.J.C., Van den Brink, N.W. (2004) Verificatieonderzoek ecologie Krimpenerwaard. Rapport 1016, Alterra, Wageningen.
- 3 Van der Waarde, J.J., Derksen, J.G.M., Peekel, A.F., Keidel, H., Bloem, J., Siepel, H. (2001). Risicobeoordeling van bodemverontreiniging met behulp van een TRIADE benadering met chemische analyses, bioassays en biologische veldinventarisaties. Rapport 98-1-28, Nederlands Onderzoeksprogramma Biotechnologische In-Situ Sanering (NOBIS), Gouda.
- 4 Bosveld, A.T.C., Klok, T.C., Bodt, J.M., Rutgers, M. (2000) Ecologische risico's van bodemverontreiniging in toemaakdek in de gemeente de Ronde Venen. Rapport 151, Alterra, Wageningen.
- 5 Rutgers, M., Mesman, M., Otte, P. (2005) 1170- TRIADE: Instrumentarium voor geïntegreerde ecotoxicologische beoordeling van bodemverontreiniging. LeidraadBodembescherming, afl. 26, SDU Uitgevers, Den Haag, pp. 1170/1 – 1170/26.
- 6 Boivin, M-E.Y., Greve, G.D., Kools, S.A.E., Van der Wurff, A.W.G., Leeflang, P., Smit, E., Breure, A.M., Rutgers, M., and Van Straalen, N.M. (2006) Applied Soil Ecology, in the press. Discriminating between effects of metals and natural variables in terrestrial bacterial communities
- 7 Van der Wurff, A.W.G., Kools, S.A.E., Boivin, M-E.Y., Van den Brink, P.J., Van Megen H.H.M., Riksen, J., Doroszuk, A., and Kammenga J.E. (2006) Type of disturbance and ecological history determine structural stability, Ecological Applications (accepted).
- 8 Kools, S.A.E. (2006) Soil ecosystem toxicology, metal effects on structure and function. PhD. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam.
- 9 Klok, C, van der Hout, A. and Bodt, J. (2006) Population growth and development of *Lumbricus rubellus* in a polluted field soil, consequences for the Godwit (*Limosa limosa*). Environmental Toxicology and Chemistry 25:213-219.



FIGUUR 2: ONDERZOKERS VAN DRIE PROJECTEN AAN HET WERK OP EN IN HET TOEMAAKDEK VAN DE RONDE VENEN.