

10 jaar meten aan biologische bodemkwaliteit

Biodiversiteit van de bodem in beeld

Hoeveel regenwormen en andere organismen moet ik in de grond hebben, als ik optimaal gebruik wil maken van de diensten die een gezonde bodem biedt? Deze vraag van boeren en andere bodemgebruikers kunnen we nu beantwoorden met de onlangs door RIVM en Wageningen-UR gepresenteerde tien Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB). Deze referenties zijn gebaseerd op tien jaar uitgebreide metingen op 350 locaties in Nederland en staan model voor een gezonde bodem en duurzaam bodemgebruik.

Michiel Rutgers, Christian Mulder, Jaap Bloem, Ton Schouten, Lijbert Brussaard



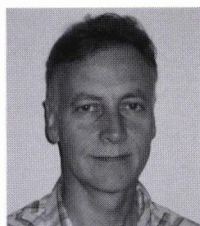
Dr. M. Rutgers
Rijksinstituut voor
Volksgezondheid en
Milieu
Michiel.rutgers@rivm.nl



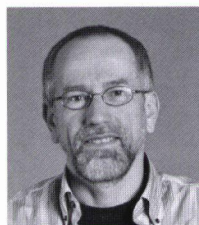
Dr. C. Mulder
Rijksinstituut voor
Volksgezondheid en
Milieu



Dr. J. Bloem
Alterra, Wageningen UR



Drs. A.J. Schouten
Rijksinstituut voor
Volksgezondheid en
Milieu



Prof. dr. L. Brussaard
Sectie Bodemkwaliteit
Wageningen Universiteit

EEN VERANDERING KONDIGT ZICH AAN

Er is een omslag gaande in ons denken over de bodem. We hebben de bodem ontgonnen en naar onze hand gezet. We profiteren er nu van met een hoog-productieve landbouw en als basis voor wonen, werken en recreatie. In de laatste helft van de vorige eeuw werden we ons bewust van de bedreigingen die het intensieve bodemgebruik met zich meebracht. De bescherming van de bodem en onze leefomgeving werd verbeterd met bijvoorbeeld de Wet bodembescherming (Wbb) en de mineralenboekhouding (MINAS) voor landbouwbedrijven.

We worden ons nu meer bewust van de betekenis van het bodemecosysteem in de werk- en leefomgeving. De bodem levert ecosysteemdiensten aan de bodemgebruiker en de maatschappij, die bijdragen aan een duurzame benutting van onze leefomgeving. Deze omslag is verwoord in de Beleidsbrief Bodem (VROM 2003) en de Nota Biodiversiteit in de landbouw (LNV 2004). Naast het preventieve spoor gericht op de bescherming en het herstel van de bodemkwaliteit, dient het bodemgebruik duurzaam te zijn. Dit is mogelijk als de bodem voortaan als systeem wordt beschouwd via een integrale benadering met chemische, fysische en biologische kenmerken.

BODEMBIODIVERSITEIT IN BEELD MET DE BODEMBIOLOGISCHE INDICATOR

De kennis over de bodem als systeem en onderdeel van de leefomgeving is nog

beperkt. Voorbeelden van bedreigingen door bodemverontreiniging of te veel bemesting zijn goed bekend. Voorbeelden van bijdragen van ecosysteemdiensten aan de kwaliteit van onze leefomgeving en de mogelijkheden voor het bodemgebruik zijn nog schaars. Tien jaar geleden werd een begin gemaakt met het verzamelen van gegevens van de bodem als levend systeem als aanvulling op de bestaande, vooral chemisch georiënteerde kennis van de bodem. Hiervoor werd de Bodembioologische Indicator (BoBI) ontwikkeld met een scala aan biologische parameters, namelijk dichtheden en soortensamenstellingen van bacteriën, schimmels, nematoden, potwormen, regenwormen, mijten en springstaarten. Deze groepen vormen samen het bodemvoedselweb waardoor essentiële bodemprocessen verlopen (Bloem et al. 2007). BoBI bevat ook enkele metingen aan bodemprocessen, zoals stikstof- en koolstofmineralisatie. Het meetprogramma geeft een redelijk, maar geen uitputtend beeld van alles wat er in de bodem leeft. Tevens wordt een indicatie verkregen van de 'gezondheid van de bodem' als de metingen langs een maatlat kunnen worden gelegd (Schouten et al. 1997).

Het BoBI-programma werd ingepast in een bestaand meetnet, namelijk het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). In ruim tien jaar zijn ongeveer 350 locaties bemonsterd, die zijn onderverdeeld in een tiental verschillende categorieën van bodemgebruik en grondsoort. Figuur 1 geeft een overzicht van de ligging

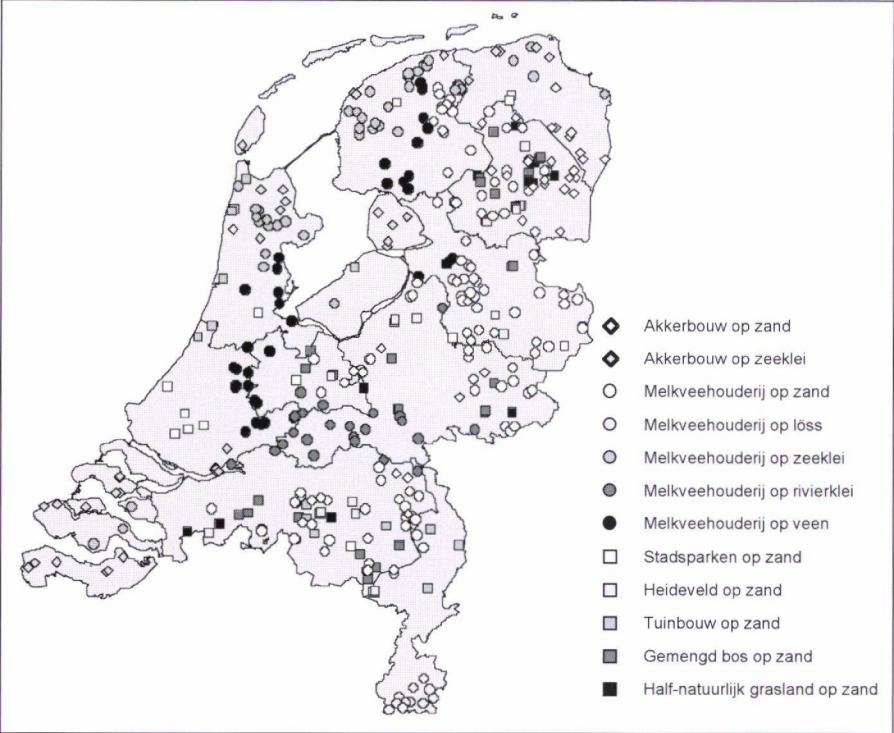
Melkveehouderij op klei	Referentie gemiddelde (n=8)	Nederland		
		gemiddelde (n=42)	percentielen	
			5	95
1. Bacteriële biomassa (µg C/g droge grond)	634	322	38	844
2. Bacteriële activiteit (thy-inbouw; pmol/g.h)	436	362	115	718
3. Bacteriële diversiteit (aantal DNA-banden)	62	61	56	67
4. Potentiële C-mineralisatie (mg C/kg.wk)	142	80	25	154
5. Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)	7.9	4.2	1.3	8.9
6. Functionele diversiteit (helling awcd-curve)	0.35	0.45	0.30	0.62
7. Functionele activiteit (µg grond/50%omz)	117	8592	1.6	3150
8. Schimmel biomassa (µg C/g droge grond)		(ng)		
9. Nematoden dichtheid (n/100g verse grond)	6137	3595	2170	7260
10. Nematoden diversiteit (aantal taxa)	29	29	21	36
11. Potwormen dichtheid (n/m2)	78500	65140	8724	139860
12. Potwormen diversiteit (aantal taxa)	6.4	6.2	4.0	9.0
13. Regenwormen dichtheid (n/m2)	743	474	126	804
14. Regenwormen diversiteit (aantal taxa)	8.3	7.2	5.0	9.0
15. Micro-arthropoden dichtheid (n/m2)	22330	20640	6910	37760
16. Micro-arthropoden diversiteit (aantal taxa)	31	26	16	38
17. Stabiliteit (allometrische M,N-regressie)		(ng)		
18. Biodiversiteit (integraal, aantal taxa)	74	68	47	83
19. Aandeel grasland (%)		(nvt)		
20. Veebezetting (GVE/ha)		(nvt)		
21. Zuurgraad (pH-KCl)	6.5	6.5	5.2	7.4
22. Organische stof (% droge stof)	9.1	7.6	3.4	13.5
23. Wateroplosbaar P (Pw, mgP2O5/l)	50	43	17	80
24. Extraheerbaar P (PAL, mg P2O5/100g)	40	37	19	57
25. Lutum (% droge stof)	32	31	11	47

TABEL 1. REFERENTIE VOOR BIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT, VOOR HET BODEMGEBUIKSTYPER MELKVEEHOUDERIJ OP KLEIGRONDEN. DE REFERENTIE IS GEBASEERD OP EEN SELECTIE VAN 8 LOCATIES. DAARNAAST IS DE GEMIDDELDE WAARDE GEGEVEN VAN INDICATOREN DIE IN 42 OVERIGE LOCATIES BINNEN DEZE CATEGORIE ZIJN GEANALYSEERD.

van de locaties in de verschillende bodem(gebruiks)categorieën. Dit heeft in totaal een kleine miljoen unieke gegevens opgeleverd (Rutgers et al. 2007a). Het bodembologische meetprogramma heeft een eerste overzicht gemaakt van de omvang en diversiteit aan bodemorganismen en processen in de Nederlandse bodem. De dataset biedt mogelijkheden voor vele toepassingen, zoals habitat-respons relaties voor bodemorganismen, onderzoek naar de opbouw van voedselwebben (Mulder 2006), en het opstellen van ‘bodem-(natuur)doeltypen’. Figuur 2 geeft een overzicht van de dichtheden aan organismen die zijn aangetroffen in de Nederlandse bodem, ingedeeld naar een groot aantal verschillende grondgebruiksvormen.

Voor tien categorieën grondgebruik zijn zogenaamde referenties voor biologische bodemkwaliteit (RBB) opgesteld (Rutgers et al. 2007a). Dit zijn achtereenvolgens: 1) akkerbouw op klei, 2) melkveehouderij op klei, 3) melkveehouderij op löss, 4) melkveehouderij op veen, 5) akkerbouw op zand, 6) melkveehouderij op zand, 7) halfnatuurlijk grasland op zand, 8) heide op zand, 9) gemengd bos op zand, 10) stadsparken op zand.

Deze referenties beschrijven welke kenmerken verwacht mogen worden in een relatief gezonde bodem van dat type.



FIGUUR 1. LOCATIES VAN BODEMBIOLOGISCHE METINGEN IN BOBI EN HET LMB, INGEDEELD NAAR CATEGORIE VAN BODEMGEBUIK. IN RBB ZIJN RIVIERKLEI- EN ZEEKLEIGRONDEN GECOMBINEERD

De selectie werd gemaakt door een multidisciplinair panel van landbouwkundigen en bodemonderzoekers. De referentie is gebaseerd op een selectie van de meest duurzaam geachte bodems uit het gegevensbestand. Vervolgens zijn de gemiddelde abiotische en biologische kenmerken van de geselecteerde referentielocaties per categorie samengevat. Tevens is het landelijke gemiddelde voor de betreffende gebruikscategorie uit het meetprogramma berekend. Tabel 1 geeft een voorbeeld van het referentiebeeld dat is afgeleid voor de categorie ‘melkveehouderij op kleigrond’. Dit is een van de categorieën waarvoor de meeste waarnemingen (locaties) aanwezig zijn. Het voert te ver om hier nader in te gaan op de 25 gebruikte indicatoren. Voor meer informatie kan worden verwezen naar Rutgers et al., 2007a. De steekproef uit de categorie ‘melkveehouderij op kleigrond’ laat zien dat het landelijk beeld een aanzienlijke range van mogelijke indicatorwaarden vertoont (tabel 1). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door ruimtelijke (geografische) variaties, methoden van grondbewerking, en de mate van verstoring in dit type grondgebruik. De indicatorwaarden in het landelijke gemiddelde zijn vergeleken met de referentie, waarbij de referentie op 100% is geschaald. De relatieve afwijkingen zijn uitgezet in een Amoebe-diagram. Figuur 3 laat de Amoebe zien van melkveehouderij op klei. In deze Amoebe-figuur zijn alle verschillen met de referentie via een geometrisch gemiddelde berekend en abso-

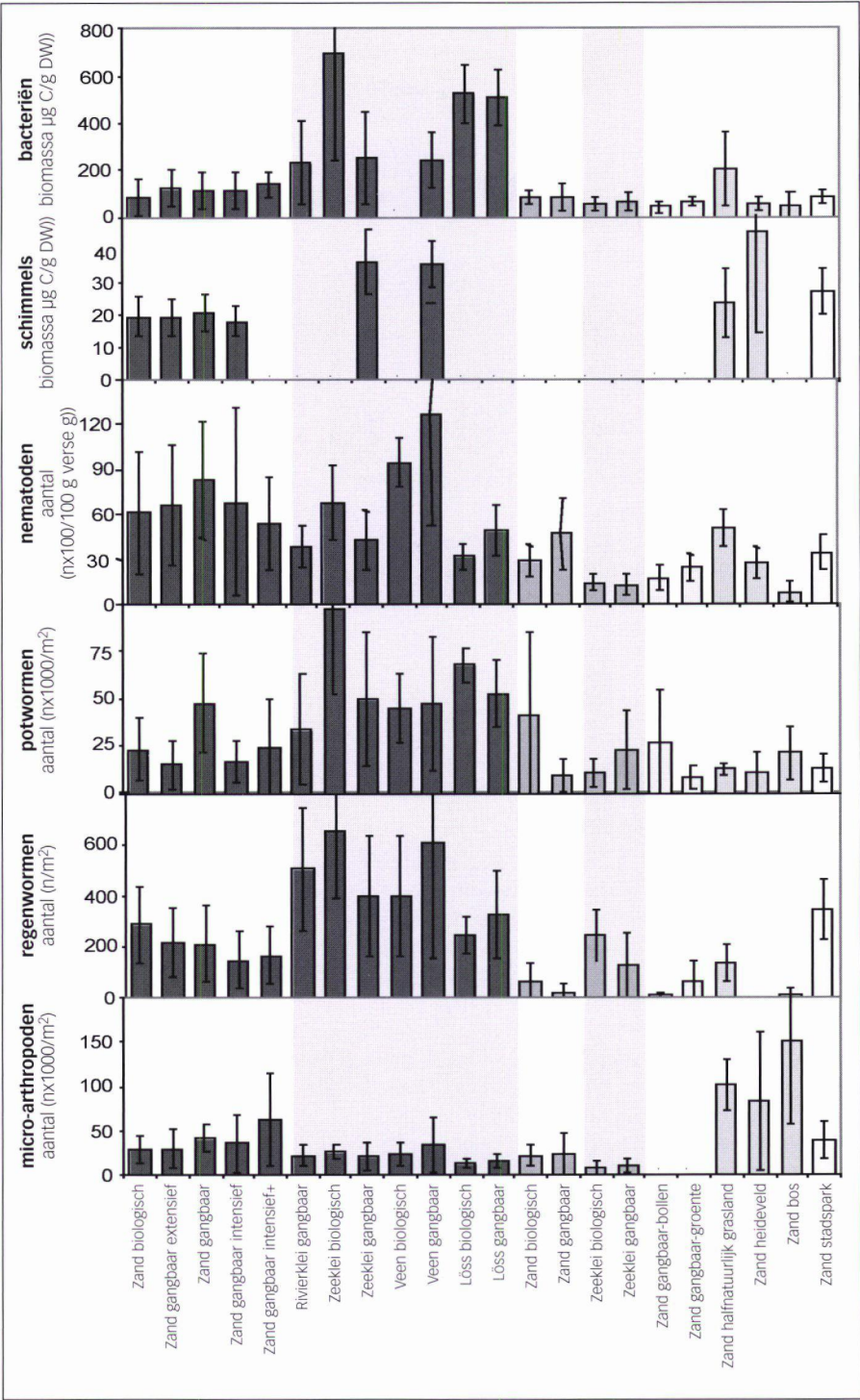
luut uitgezet. Dat wil zeggen dat er geen onderscheid is gemaakt in afwijkingen boven en onder de 100%, om te voorkomen dat er een associatie wordt gemaakt met 'beter of slechter'. Voorlopig willen we alleen onderzoeken hoe groot de afwijking van de gekozen referentie is. Dergelijke vergelijkingen kunnen ook worden gemaakt voor specifieke locaties of andere groepen van waarnemingen. Dankzij RBB is er nu voor verschillende typen bodemgebruik een set met richtwaarden, waarmee boeren de kenmerken van hun grond kunnen vergelijken. Voor natuurbeheerders is er tevens een uitdaging, omdat die veel meer gericht zijn op de bovengrondse biodiversiteit. Maar ook zij beseffen steeds meer dat natuurdoelen makkelijker te halen zijn als de bodem meewerkt. Veel, vooral intensief beheerde, bodems wijken af van de (voorlopige) waarden voor een optimaal functioneren. Sommige biologische en gangbare bedrijven met een zorgvuldig bodembeheer lijken het goed te doen, en ook in stadsparken blijkt de biodiversiteit in de bodem verrassend hoog te zijn.

Alterra werkt momenteel aan een evaluatie van maatregelen waarmee de bodemkwaliteit kan worden verbeterd (in de richting van de referentie). Op zulke maatregelen zitten vooruitstrevende grondgebruikers te wachten, omdat ze als geen ander weten dat ze afhankelijk zijn van een gezonde bodem en graag instrumenten in handen willen hebben om de biologische kwaliteit van de bodem in een goede richting te sturen.

ECOSYSTEEDIENSTEN ALS CENTRAAL BEGRIIP VOOR DUURZAAM BODEMGEBRUIK

Het begrip bodemkwaliteit heeft vele gezichten. Bodemkwaliteit heeft voor de één een andere lading dan voor de ander. Van een boer mag verwacht worden dat hij de productie van de grond op de eerste plaats zet. Een drinkwaterbedrijf heeft het meeste belang bij de reiniging van het infiltrerende grondwater door de bodem. Met het begrip 'ecosysteemdiensten' kunnen deze verschillende aspecten concreet worden gemaakt (Van Wensem en Faber 2007).

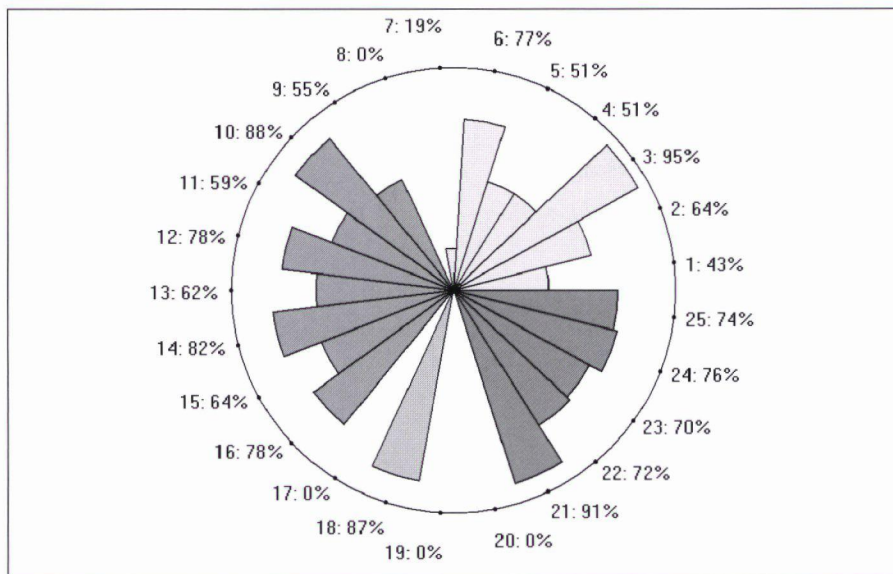
Ecosysteemdiensten zijn door bodemgebruikers en maatschappij gewaardeerde functies van de bodem, die een duurzaam bodemgebruik ondersteunen. Er zijn functies die direct van belang zijn voor de productie in de landbouw, maar ook voor natuurdoelen, zoals een geschikte leefomgeving voor planten en dieren. En er zijn functies die te maken hebben met de bodem als onderdeel van de leefomgeving en ons milieu, zoals het zelfreinigende vermogen en functies die voor een goed



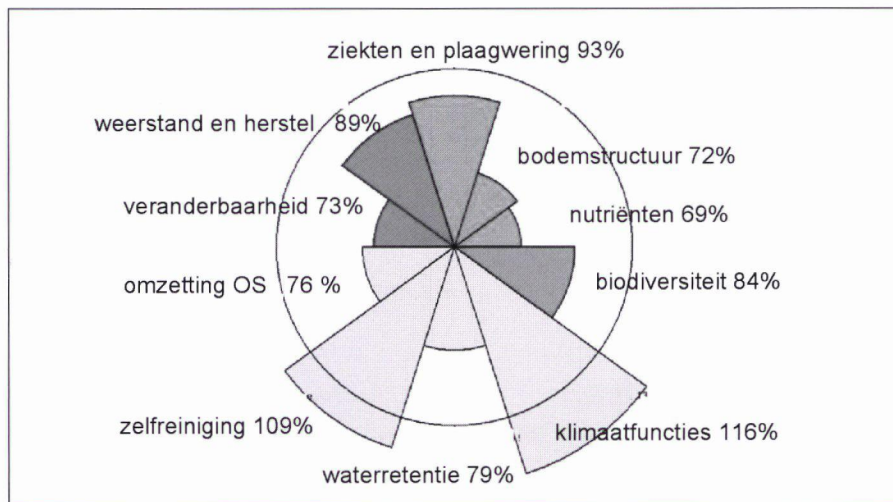
FIGUUR 2. AANTALLEN OF BIOMASSA VAN BODEMORGANISMEN BIJ COMBINATIES VAN BODEMGEBRUIK EN BODEM-TYPE. GEGEVENS ZIJN AFKOMSTIG VAN TIEN JAAR MONITORING. DE KLEUR VAN DE STAVEN GEEFT HET BODEMGE-BRUIK AAN: DONKERGROEN (MELK)VEEHOUDERIJ; LICHTGROEN AKKERBOUW, LICHTBLAUW TUINBOUW EN BOLLEN-TEELT, ORANJE NATUUR EN GEEL STEDELIJK GROEN (PARKEN). EEN WITTE ACHTERGROND BETREFT HET BODEMTYPE ZAND, EEN LICHTGRIJZE ACHTERGROND BETREFT HET BODEMTYPE KLEI, LÖSS OF VEEN. FOUTENBALKEN ZIJN STAN-DAARDEDEVATIES.

klimaat zorgen. De bodem is daarnaast een robuust systeem waar men automa-tisch op moet kunnen vertrouwen, ook als de omstandigheden even wat minder gunstig zijn. Ecosysteemdiensten zijn geaggregeerde en geïntegreerde eigenschappen, ze zijn echter meestal niet direct meetbaar. Hiervoor werd een oplossing gevonden door de RBB en het concept van de ecosysteem-

diensten met elkaar te verbinden. Met behulp van verschillende deskundigen werd vast gelegd welke biologische eigen-schappen of processen van belang zijn voor een ecosysteemdienst. Op deze wijze kon via meetbare indicatoren een beoor-deling worden gemaakt van de potentie van een bodem om ecosysteemdiensten te vervullen. De methodiek is in de praktijk getest in



FIGUUR 3. AMOEBE-GRAFIK VAN 25 INDICATOREN (VERKLARING NUMMERS IN TABEL 1) GESCHAALD TEN OPZICHTE VAN DE REFERENTIE VOOR DE BODEMCATEGORIE: MELKVEEHOUDERIJ OP KLEI. IN DEZE AMOEBE ZIJN ALLE AFWIJ- KINGEN ABSOLUUT GENOMEN ZODAT ZE ALLEMAAL BINNEN DE 100% CIRKEL VALLEN.



FIGUUR 4. AMOEBE-GRAFIK HOEKSCHESCH WAARD
AMOEBE-GRAFIK MET GEMIDDELTE PRESTATIES VAN DE TIEN ECOSYSTEEMDIENSTEN BIJ VIER BEDRIJVEN IN DE HOEKSCHESCH WAARD TEN OPZICHTE VAN DE LANDELIJKE REFERENTIE VOOR AKKERBOUW OP KLEI (100% CIRKEL).

drie pilot-projecten. De eerste werd uitge- voerd bij vier akkerbouwbedrijven in de Hoeksche Waard (Zuid Holland; Rutgers et al. 2007b). De prestaties van de ecosy- steemdiensten van de bodem onder de bedrijven werden gemeten en in verband gebracht met het landelijke streefbeeld en de plaatselijke bedrijfsvoering. Parallel aan de werkwijze voor de referentiebeel- den kunnen de scores voor ecosysteem- diensten worden geschaald en uitgedrukt in een afwijkingsmaat. Figuur 4 toont een Amoeba voor de gemiddelde afwijking van de ecosysteemdiensten in het Hoeksche Waard onderzoek. De prestaties van twee ecosysteemdiensten lagen hoger dan de RBB, namelijk het zelfreinigende vermo- gen en de klimaatfuncties van de bodem. De andere ecosysteemdiensten presteer- den minder: o.a. bodemstructuur en nutriëntenhuishouding. Verschillen in prestaties van ecosysteemdiensten tussen

de vier bedrijven waren te herleiden tot de specifieke bedrijfsvoering: kleinschalig, grootschalig, gangbaar of biologisch.

De toepassing van kennis over het functi- oneren van de bodem door bodemgebru- kers staat nog in de kinderschoenen. De vingeroefeningen in de Hoeksche Waard, het Banisveld (Huismans et al. 2008) en de provincie Drenthe (Smeding et al. 2008) laten zien dat er goede mogelijkhe- den zijn voor het bepalen van de bodem- kwaliteit en het toepassen van de verkre- gen kennis. Op die manier komt duurzamer bodemgebruik een stapje dich- terbij. De grote stap voorwaarts is dat we een nieuwe methode hebben gevonden om de 'biologische kwaliteit' van het bodemecosysteem en de daaruit voortko- mende ecosysteemdiensten uit te drukken in meetbare waarden.

REFERENTIES

- (1) Bloem, J. Faber, J., Smeding, F., Van Eekeren, N., Rutgers, M., Schouten, T. (2007) Bodemleven en mineralisatie. Nieuwe Oogst, 23 juni 2007. Katern Agrobiodiversiteit, p. 9.
- (2) Huismans et al. Zie bij drage in dit nummer van Bodem
- (3) LNV (2004) Nota: biodiversiteit in de landbouw. Kenmerk DL.2004/3446, Ministerie voor Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- (4) Mulder, C. (2006) Driving forces from soil invertebrates to ecosystem functioning: the allometric perspective. Naturwissenschaften vol 93, 467-479
- (5) Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A.J., Bloem, J., Bogte, J.J., Breure, A.M., Brussaard, L., De Goede, R.G.M., Faber, J.H., Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M., Keidel, H., Korthals, G., Smeding, F.W., Ter Berg, C., Van Eekeren, N. (2007a) Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. Rapport 607604008, RIVM, Bilthoven.
- (6) Rutgers, M., Kuiten, A.M.P., Brussaard, L. (2007b) Prestaties van de bodem in de Hoeksche Waard: nulmeting en toepassing van een referentie voor biologische bodemkwaliteit (RBB). Rapport 607020001, RIVM, Bilthoven.
- (7) Schouten, A.J., Brussaard, L., De Ruiter, P.C., Siepel, H., Van Straalen, N.M. (1997) Een indica- torsysteem voor life support functies van de bodem in relatie tot biodiversiteit. Rapport 712910005, RIVM, Bilthoven.
- (8) Smeding, F., M. Zanen, T. Schouten (2008) Bodemkwaliteit Drenthe, 1-jarige pilot Referenties Biologische Bodemkwaliteit. Rapport Louis Bolk Instituut, Driebergen (in druk).
- (9) Van Wensem, J., Faber J.H. (2007). Ecosysteembenadering als innoverend concept voor bevordering van duurzame bodemkwaliteit. Bodem 2007-4, 153-156.
- (10) VROM (2003) Beleidsbrief Bodem. Kenmerk BWL/2003 096250, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.