

Bioindicatoren voor Boer, Beleid en Burger

Bodembiodiversiteit in beeld

Bodembiodiversiteit is een overkoepelend begrip en dient op verschillende manieren onderzocht en geïntegreerd te worden. In deze bijdrage geven we voorbeelden van de ontwikkelingen op dit moment en tonen we hoe de kennis over (bio)indicatoren gebruikt kan worden om de bodemkwaliteit in beeld te brengen en te verbeteren.

Door: Gerard Korthals en Michiel Rutgers

Over de auteurs:

Dr. G. Korthals is onderzoekcoördinator voor het centrum voor bodemecologie (CSE), een samenwerking tussen het NIOO-KNAW en de WUR, ✉ Gerard.korthals@wur.nl

Dr. M. Rutgers is projectcoördinator duurzaamheid en onderzoeker bodemsystemen bij het RIVM

DE VELE GEZICHTEN VAN BODEMBIODIVERSITEIT

Wereldwijd neemt de biodiversiteit snel af en de mens is er voor een groot deel voor verantwoordelijk. Biodiversiteit is onmisbaar voor een gezonde leefomgeving voor mens én ecosysteem. Om beleid te kunnen ontwikkelen is in 1992 de Convention on Biological Diversity (CBD) opgericht. Volgens de CBD betekent biodiversiteit: “the variability among living organisms from all sources including, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems.”

Bodem-Biodiversiteit is onmisbaar voor mens én ecosysteem

De bodembiodiversiteit is een geval apart! Ze herbergt een bijna schier oneindige hoeveelheid verschillende soorten, $10^5 - 10^6$ soorten per gram grond in hoge aantallen. Soortenrijkdom is slechts een van de uitingsvormen van de biodiversiteit. De betekenis van bodembiodiversiteit wordt ook door andere factoren bepaald, zoals de bodem-activiteit en weerstand en herstelvermogen (dynamiek) na bijvoorbeeld een zeer droge zomer (zie figuur 1).

Bioindicatoren kunnen gebruikt worden om de drie verschillende dimensies in beeld te brengen. Daarbij moet opgemerkt worden dat talloze bioindicatoren voor bodem-biodiversiteit en -activiteit beschikbaar zijn en al worden toegepast^{2,3}, maar dat dit voor de bodem-dynamiek nog in ontwikkeling is. Naast de bodembiodiversiteit, wordt steeds vaker een set overkoepelende ecosysteemfuncties onderzocht. Een veel gebruikte set van vijf functies is ^{2,3}:

- Productiefactor voor gezonde en voldoende voedselgewassen, voer en vezels



FIGUUR 1. DE VERSCHILLENDE DIMENSIES BINNEN BODEMBIODIVERSITEIT.¹

- Voldoende en schoon grondwater
- Regulatie van het klimaat inclusief koolstofvastlegging
- Katalysator voor stof- en nutriëntenkringlopen
- Leefomgeving voor bodembiodiversiteit en bijdrage aan bovengrondse biodiversiteit

Bij deze benadering dragen verschillende bioindicatoren bij aan ecosysteemfuncties en heeft elke indicator specifieke betekenis. Dit wordt bepaald met behulp van een verschillende criteria waardoor het beter mogelijk wordt om de multifunctionaliteit van de bodem te beoordelen.^{1,2}

LANDSDEKKENDE BODEMBIOLOGISCHE MEETNETTEN

Van 1997 tot 2015 heeft een breed consortium onderzoekers uit Wageningen (WUR, WEnR en NIOO), Bilthoven (RIVM), Bunnik (LBI) en Zeewolde (LIOS) een unieke bodembioologische monitoring van Nederland uitgevoerd.^{2,3} Binnen dit Bodembioologische indicatormeeetnet (BOBI) werden veel verschillende bioindicatoren gemeten. Deze data werden aangevuld met essentiële chemische en fysische bodemparameters. Deze unieke BOBI-data worden in veel nationale en internationale projecten gebruikt als een referentiebasis voor de bodembiodiversiteit. Aanvullend op BOBI heeft het project Minimale Dataset (MDS)⁴ bijgedragen aan de verdergaande zoektocht naar bodemindicatoren. Vanaf 2016 hebben onderzoekers van Wageningen Environmental Research, het Centre for Soil Ecology en de provincie Gelderland samengewerkt aan een Soil Health Index (SHI) voor de Nederlandse context. Op basis van internationale studies en een beschrijving van de hedendaagse bodembedreigingen in Nederland, is hier ook een set van indicatoren afgeleid die de bodemkwaliteit voor landbouwproductie be-

schrijft.⁵ In 2019 is de minister van LNV gestart met het Nationaal programma landbouwbodems (NPL; Ministerie van LNV, 2019). Het doel van dit programma is om publieke en private partijen te committeren aan het streefdoel dat in 2030 alle Nederlandse landbouwbodems duurzaam beheerd zijn. Een onderdeel daarvan is een geharmoniseerd instrumentarium om bodemkwaliteit te bepalen. De selectie van een praktische meetset is gebaseerd op bestaande kennis (BOBI, MDS en SHI) en heeft geleid tot een eerste versie van de 'Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN)'.⁶ Het voornemen is om de BLN en de referentiewaarden door te ontwikkelen in de Publiek Private Samenwerking Beter Bodembeheer.

WELKE BIOINDICATOREN ZIJN NU GESELECTEERD?

De BLN bestaat uit 17 verschillende indicatoren. Om aan te sluiten bij dit themanummer over biodiversiteit, bespreken we hier uitsluitend de belangrijkste biologische indicatoren.

Bacterie- en schimmelbiomassa. Bacteriën en schimmels zijn de meest talrijke en soortenrijke micro-organismen in de bodem, hebben de grootste totale biomassa, en zijn de belangrijkste afbrekers van organische stof. Ze vormen hierdoor de basis van elk bodemvoedselweb. Schimmels zijn ten opzichte van de bacteriën gevoeliger voor grondbewerkingen en een hoog bemestingsniveau. Daarom is het voedselweb van de meeste akkerbouwlocaties bacterie-gedomineerd. De bacterie- en schimmelbiomassabepalingen worden nu voornamelijk uitgevoerd door verschillende vetzuren (Phospholipid Fatty Acids) te meten met de PLFA/NLFA techniek. Hierbij worden een 30-tal PLFAs gebruikt als bioindicatoren voor de samenstelling van de microbiële gemeenschap. Naast vetzuuranalyses worden micro-organismen steeds vaker ook moleculair onderzocht, maar dit is nog niet routinematig en vooralsnog voornamelijk kwalitatief (welke soorten) en niet kwantitatief (hoeveelheid).

Aaltjesdiversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes).

Nematoden- of aaltjes zijn kleine (0,2-1 mm) meercellige wormpjes die in elk biotoop voorkomen. Aaltjes zijn belangrijke grazers van bacteriën, schimmels en plantenwortels en dragen bij aan de mineralisatie. Daarnaast zijn er ook predatoren (roofaaltjes) die protozoën en andere nematoden belagen. In elke bodem zitten al gauw 40-100 verschillende soorten, met naast de beruchte plantparasitaire aaltjes (PP) ook heel veel niet-plantparasitaire aaltjes (NPP). Omdat aaltjesgemeenschappen zo talrijk, divers en belangrijk zijn, en omdat er in de landbouwpraktijk veel gegevens verzameld zijn over schadelijke aaltjes, worden ze al intensief gebruikt als indicator voor bodemkwaliteit. Er bestaan verschillende ecologische indexen die bijvoorbeeld een indicatie geven over de bodemvruchtbaarheid of de mate van bodemverstoring. Van veel plantparasitaire aaltjes is bekend op welke gewassen zij kunnen vermeerderen en bij welke populatieomvang economisch schade verwacht kan worden. Om de interpretatie van ruwe biodiversiteitsdata te vergemakkelijken zijn steeds meer ecologische indexen ontwikkeld, zoals de Maturity Index en andere afgeleide indices.⁷

Regenwormen aantallen en diversiteit. Regenwormen (Lumbricidae) hebben geen poten, ogen en oren. Er zijn wereldwijd wel zo'n 670 soorten regenwormen bekend. In Nederland komen ongeveer 23 soorten voor. De regenworm eet vooral plantenresten. Maar het is een weinig kieskeurige eter: ook schimmels, zaden, bacteriën en resten van allerlei dieren worden gegeten. Er zijn drie typen regenwormen, met elk een andere functie. Zo zijn er de zogenaamde strooiseleTERS ('epigene' wormen), die bovenop de bodem in de strooisellaag wonen. Zij blijven klein en graven geen diepe gangen, maar mengen vooral bladafval oppervlakkig in de bodem. Om ze tegen zonlicht te beschermen is hun hele lichaam gekleurd. De wormen die echt in de bodem leven

heten de bodemeters ('endogene' wormen). Sommigen leven net onder het bodemoppervlak; anderen leven veel dieper. Omdat ze in de bodem leven, zijn ze vaak bleek. De derde groep zijn de pendelaars ('anecische' wormen). Zij graven diepe, verticale tunnels, waarin ze blaadjes naar beneden trekken. Deze wormen worden in Nederland het grootst. Omdat alleen hun kop boven de grond komt, is die gekleurd en de rest niet.

INTEGRALE INTERPRETATIE VAN VERSCHILLENDE BODEMINDICATOREN EN WAARDERING

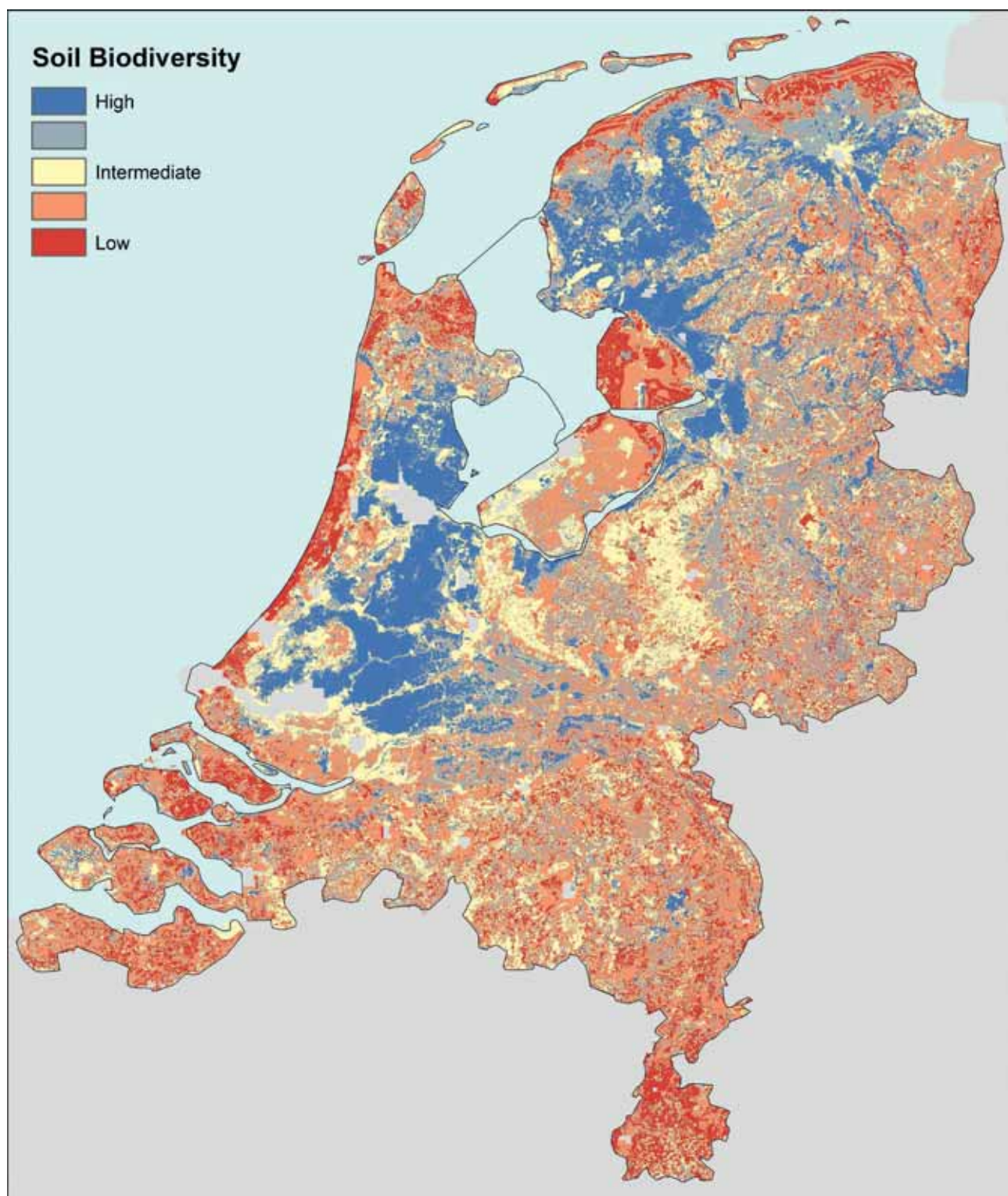
Met gegevens van BOBI, BLN en andere datasets kunnen per grondsoort en grondgebruik (bijvoorbeeld akkerbouw, bos, grasland) referentiewaarden (wat heb ik?) en streefwaarden (wat wil ik) worden berekend. Voor de BOBI-gegevens is dit al gedaan.⁸ Hiermee kunnen grondeigenaren vaststellen hoe het met hun bodemkwaliteit staat en zelf bepalen welke veranderingen in het management eventueel nuttig zijn. Ter illustratie is een kaart van de bodembiodiversiteit gemaakt (Figuur 2).

Nederland heeft met verschillende bodembioologische meetnetten een unieke internationale positie

Daarnaast zijn nieuwe data en indicatorsets nodig voor de transitie naar duurzaam bodembeheer (zie ook het artikel van Claassen et al. in dit themanummer). Landeigenaren zijn te zien als beheerders van het natuurlijke kapitaal van de bodem dat vele functies vervult; de multifunctionele bodem. Beloningssystemen bevatten idealiter zowel indicatoren voor de beheersinspanning (bijv. KPI systematiek⁹ en Bodemlabel¹⁰ als indicatoren voor het resultaat (prestatie-indicatoren zoals BLN en BOBI). Voor elke bodemfunctie worden specifieke data en weging van data gebruikt.² Een hybride systeem met inspannings- en prestatie-indicatoren geeft de meeste opties om een eerlijk en voorspelbaar speelveld aan te leggen voor alle bodembeheerders zonder perverse prikkels. Als voorbeeld van een perverse prikkel kan een hoge input aan organische stof van slechte kwaliteit genoemd worden. Deze inspanning levert misschien een toename van de bodemorganische stof, maar niet van andere aspecten van de bodemkwaliteit, zoals ophoping van zware metalen of uitspoeling van nitraat. Hoe een dergelijk constructie met inspannings- en resultaatgerichte indicatoren het beste samen te stellen, is nog onderwerp van onderzoek en discussie. Onder andere vanwege het effect van onbeheersbare invloeden, zoals extreem weer, op sommige (bio)indicatoren wordt in het Nationale Postcode Loterij project 'Onder het Maaiveld' een ijk-centrum bodem ontwikkeld. Hier worden data verzameld van enkele referentie-gronden aangevuld met landelijke metingen. Als sommige bodemindicatoren na een extreem droge periode 'slechter' scoren, dan kan hier rekening mee worden gehouden door de interpretatie te (her)ijken. Inpassing in het voorgenomen punten-systeem in het nieuwe Gemeenschappelijke Landbouw Beleid in de EU (GLB) is ook een vereiste.

NOTEN

- Rutgers, M., et al. (2019) Mapping soil biodiversity in Europe and the Netherlands. *Soil Systems* 3(2): art. No. 39, 1-17. DOI: 10.3390/soilsystems3020039.
- Rutgers, M., et al. (2014) Een indicatorsysteem voor ecosysteemdiensten van de bodem: life support functions revisited. Rapport 2014-0145, RIVM, Bilthoven.
- Zwetsloot, M.J., et al. (2020) Soil multifunctionality: Synergies and trade-offs across European climatic zones and land uses. *European Journal of Soil Science*, DOI: 10.1111/ejss.13051.



FIGUUR 2. VOORSPELDE BODEMBIODIVERSITEIT IN NEDERLAND OP BASIS VAN MEETGEGEVENS (ZIE WWW.ATLASNATUURLIJKKAPITAAL.NL). DE VEENGEBIEDEN HEBBEN EEN RELATIEF HOGE BODEMBIODIVERSITEIT. IN DE ZANDREGIO HEBBEN DE GRASLANDEN EEN GEMIDDELTE EN DE AKKERS EEN LAGE BODEMBIODIVERSITEIT. OOK DE AKKERS IN DE ZEEKLEIGEBIEDEN HEBBEN VAAK EEN LAGE BODEMBIODIVERSITEIT. DEZE KAART IS GEVALIDEERD VOOR DE PROVINCIE NOORD-BRABANT EN GEEFT WAARSCHIJNLIJK VOOR NEDERLAND DE GESOMMEERDE BODEMBIODIVERSITEIT CORRECT WEER.¹

4. De Haan, J.J. S., et al. (2019). Meten is Weten, Wageningen University & Research – Rapport WPR-821.
5. Van den Elsen, H.G.M., et al. (2019). Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems; De meest relevante fysische, chemische en biologische indicatoren voor het meten van de bodemgezondheid. Rapport 2944, Wageningen Environmental Research. <http://edepot.wur.nl/475874>.
6. Hanegraaf, M.C., et al. (2019) Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795.
7. Ferris, H. & Bongers, T. (2009) Indices for analysis of nematode assemblages, in: M. Wilson, T. Kakouli-Duarte (Eds.), Nematodes as Environmental Bioindicators, CABI, Wallingford.
8. Rutgers, M., et al. (2007) Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. Rapport 607604008, RIVM, Bilthoven.
9. Erisman, J.W., et al. (2020) Vergroen landbouw door te sturen op indicatoren. Tijdschrift Milieu sept 2020: 26-29.
10. Van der Wal, A., et al. (2016) Ontwerp Label Duurzaam bodembeheer. Publicatienummer 910, CLM, Culemborg.