

EU Richtlijn Bodemmonitoring

Bodemgezondheid in vernieuwd perspectief

De begrippen ‘gezonde bodem’ en ‘duurzaam landgebruik’ hebben recent een snelle ontwikkeling doorgemaakt en deze vernieuwde opvattingen liggen ten grondslag aan het pas gepubliceerde voorstel voor een Europese richtlijn voor bodemmonitoring. We beschrijven achtergrond en invulling van het voorstel en benoemen kansen en knelpunten voor nationaal bodembeleid.

Door: Jack Faber, Fenny van Egmond en Jan Peter Lesschen

Over de auteurs:

De auteurs zijn werkzaam bij Wageningen Environmental Research. Dr. JH Faber (jack.faber@wur.nl) is senior onderzoeker bodemecologie en ecosysteemdiensten, ir. F.M. van Egmond is specialist Bodem Sensing, en Dr.ir. JP Lesschen is senior onderzoeker Bodem en Klimaat.

Inleiding

60-70% van de Europese bodems wordt als ‘niet gezond’ beoordeeld¹. In de onderkenning dat gezonde bodems essentieel zijn voor het bereiken van Green Deal doelstellingen heeft de Europese Commissie met een vernieuwde Bodemstrategie het vizier gezet op herstel van bodemgezondheid en duurzaam gebruik². Afgelopen zomer publiceerde de Commissie een ‘Richtlijn inzake bodemmonitoring en -veerkracht’ die moet verwezenlijken dat uiterlijk in 2050 alle bodems in Europa in een gezonde toestand verkeren³. Deze Richtlijn introduceert een alomvattend en samenhangend monitoringskader en geeft richtlijnen voor duurzaam bodembeheer en sanering van verontreinigde locaties, alles vanuit een vernieuwd begrip van bodemgezondheid. Lidstaten kunnen het voorstel nog amenderen, na acceptatie door de lidstaten via het Europese Parlement zal duurzaam bodembeheer de norm worden in de EU.

Bodem is internationaal een achtergebleven thema in de rapportages over de gezondheid van de leefomgeving, zowel als milieucompartiment op zichzelf⁴ als in de beoordeling van ecosysteemdiensten^{5, 6}. Lidstaten die in navolging van de EU Biodiversiteitstrategie een National ecosystem assessment hebben uitgevoerd rapporteerden dat theoretisch rekening wordt gehouden met de bodem door ‘bodemfuncties’ te karakteriseren. Echter, de gebruikte gegevens over bodemkwaliteit worden nauwelijks gespecificeerd en evaluaties volgen onduidelijk gedocumenteerde ‘pedotransferfuncties’ (rekenregels om door te vertalen) of ‘deskundigenoordeel’⁷. Bodemdata werden hierbij maar weinig gebruikt omdat structurele monitoring en geharmoniseerde data vaak ontbreken.

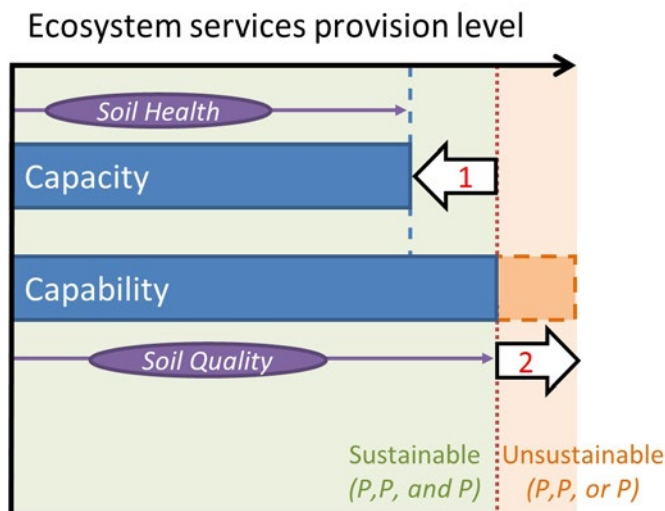
Bodemgezondheid: nieuwe zienswijze

Daar waar voorheen bodemkwaliteit werd benoemd in termen



Het Nederlandse bodemglas is halfvol

van bodemvruchtbaarheid en afwezigheid van verontreiniging is het nieuwe begrip veelomvattender geworden: ‘soil health’ is the physical, chemical and biological condition of the soil determining its capacity to function as a vital living system and to provide ecosystem services³. Waar voorheen vooral naar bodemeigenschappen werd gekeken en het ging om bescherming tegen milieudrukfactoren, is de vernieuwde kijk meer functiegericht: een gezonde bodem kan continu bijdragen aan de levering van een breed scala aan ecosysteemdiensten. De aloude compartimenten-benadering van chemische, fysische en biologische aspecten (structuren en processen) van de bodem blijft bestaan, maar is nu ondergeschikt aan functiegerichte beoordeling. Indicatoren worden vertaald naar ecosysteemdiensten. Bodemgezondheid is dan de actuele conditie van de bodem (gemeten) en het aantal en de hoeveelheid ecosysteemdiensten die duurzaam wordt geleverd (berekend uit bodemdata als potentieel aanbod-, of achteraf gemeten als actueel gebruik) (Fig. 1, Fig. 3). In geval van bodemdegradatie of suboptimaal beheer kan dat minder zijn dan de potentie van die bodem. De voedselproductie kan bijvoorbeeld



Figuur 1. Conceptuele weergave van bodemgezondheid en (potentiële) levering van aantal en hoeveelheid ecosystemendiensten ('capacity') in relatie tot de grenzen van duurzaam landgebruik ('capability')^{7, 8}. Pijl 1, suboptimaal beheer of bodemdegradatie; pijl 2, overexploitatie bij niet-duurzaam landgebruik. De drie P's staan voor people, planet, profit (prosperity), de principes van maatschappelijk verantwoord en duurzaam ondernemen.

met kunstmest, intensieve bodembewerking en andere ingrepen worden opgekrikt tot voorbij een duurzaam niveau, maar dat past niet in de Green Deal wanneer dat toenemend ten koste gaat van andere diensten. De Richtlijn benoemt dan ook een aantal *sustainable management practices* – zonder deze dwingend voor te schrijven – en vraagt Lidstaten om context-specifieke duurzame praktijken te stimuleren.

Een veranderde zienswijze is ook dat geen verdere toename mag optreden in de *trade-off* tussen diensten. Het scala aan ecosystemendiensten waar de bodem aan kan bijdragen hangt samen met het landgebruik, immers niet alle bodemfuncties kunnen in gelijke mate overal worden gerealiseerd: waterinfiltratie en chemische industrie gaan niet samen, wonen en waterberging ook niet, en intensieve veehouderij en zelfregulerende natuur al eveneens niet. Ook binnen zulke functies zijn er *trade-offs* mogelijk, waarbij de balans door het gevoerde beheer wordt beïnvloed: bijvoorbeeld het onderploegen van gewasresten voor opbouw van organische stof en structuurverbetering van akkerland kan leiden tot emissie van lachgas en minder mycorrhizaschimmels en daardoor tot minder efficiënte fosfaatopname door het volggewas. *Trade-offs* horen erbij. De geest van de Richtlijn is dat deze niet verder toenemen. Bij evaluatie van de duurzaamheid van het landgebruik zijn daarom (additionele) indicatoren nodig om *trade-offs* te beoordelen, niet alleen tussen bundels van ecosystemendiensten die van belang zijn voor het primaire landgebruik, maar vooral ook met betrekking tot afwenteling naar elders en later. Een zijdelingse observatie is dat de Richtlijn Bodemmonitoring het duurzaam gebruik van de bodem vooral nog beziet in een context van 'planet', daar waar duurzaamheid in beginsel ook 'people' en 'profit' betreft. De ambities van de Green Deal gaan op sociaal-economisch gebied veel verder, vooral in termen van afwenteling en mondiale rechtvaardigheid en inclusiviteit bij een economisch sterk Europa. Wel is de Richtlijn een opmaat naar maatschappelijke waardering van ecosystemendiensten als een sturend principe voor bodem- en landschapsbeheer. De richtlijn benadert duurzaam landgebruik ook meer vanuit de wetenschap dan vanuit maatschappelijke haalbaarheid. Daarvoor is meer (wetenschappelijke) kennis nodig, zowel wat betreft het (kwantitatief) relateren van indicatoren aan diensten, als ook de sociaal-economische waardering en 'willingness to pay'. Wat dit laatste

punt betreft zijn de principes van de EU-Taxonomie al leidend voor duurzame financiering van transitie-gerichte activiteiten⁹. Terugkomend op ecosystemerapportages: nationale bodemmonitoring en ecosystemebeoordelingen door de Lidstaten werden voorheen gericht op een beperkt aantal ecosystemendiensten⁷, hetgeen beoordeling van *trade-offs* buiten die scope belemmert. De Richtlijn noopt tot verbreding van bestaande monitoringprogramma's, ook in Nederland.

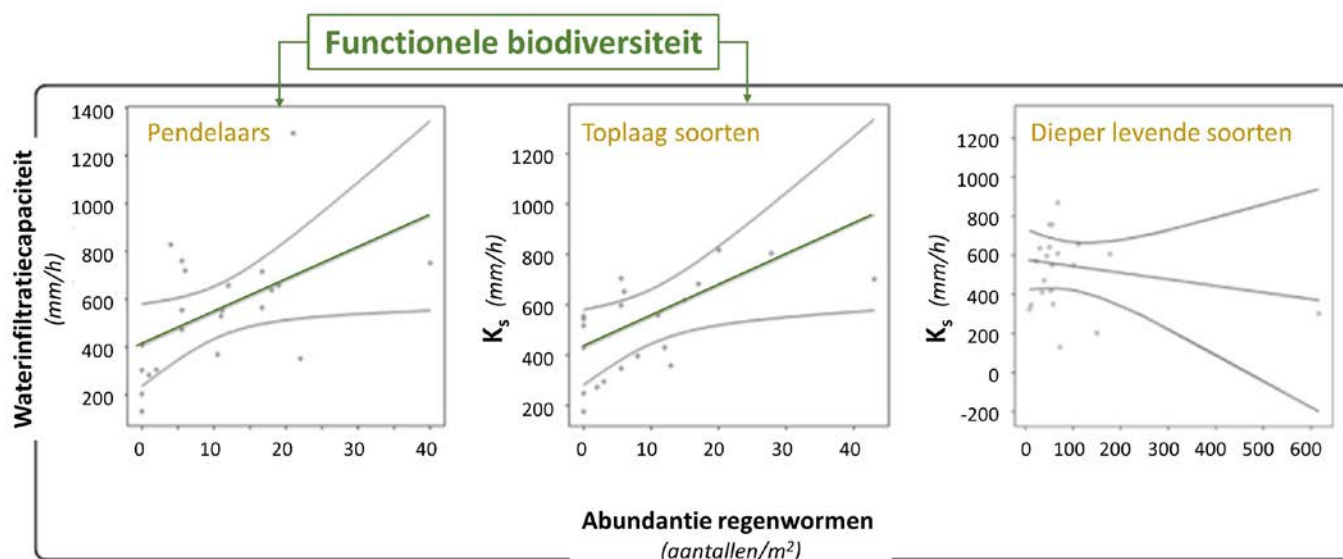
Bodemgezondheid en ecosystemendiensten

Implementatie van bodemmonitoring door Lidstaten is belemmerd geweest door een gebrek aan (een algemeen geaccepteerde kijk op) relevante indicatoren en evaluatiecriteria. Daar komt nu nog een aspect bij, namelijk de nog weinig gekwantificeerde relaties van indicatoren met ecosystemendiensten. Hier zijn echter wel voorbeelden voor. Figuur 2 geeft een verband tussen regenwormen en waterinfiltratiecapaciteit van de bodem. Dergelijke 'ecologische productiefuncties' kunnen worden toegepast om de potentiële levering van ecosystemendiensten te berekenen uit bodemdata, in dit geval in modellen om risico's van piekbuien door te rekenen om vervolgens daarmee de financiële waarde van deze dienst te bepalen voor bijvoorbeeld verzekeraars en waterbeheerders. Het uit bodemdata kunnen voorspellen van de omvang van ecosystemendiensten kan zo een basis vormen voor additionele verdienmodellen voor bodembeheerders zoals boeren en natuurbeheerders.

Nieuwe kijk op bodemgezondheid en duurzaam bodemgebruik: ecosystemendiensten en trade-offs

Ook de beoordeling van bodemgegevens vraagt meer wetenschappelijke kennis. Beoordeling vereist criteria die zijn gebaseerd op kennis van natuurlijke variatie in achtergrondwaarden van indicatoren en het potentieel aan diensten van een bodem, naast beleidsmatige keuze in het vaststellen van de hoogte van streefwaarden. De ontwikkeling van criteria vraagt dialoog met stakeholders waarbij het gewenste niveau van levering van ecosystemendiensten wordt vastgesteld. Levering van diensten is immers een zaak van vraag en aanbod, niet alleen in de zin van marktwerking, maar ook in termen van beheer en bestuur. Uiteindelijk gaat het niet alleen om de productie van diensten op een duurzame manier te optimaliseren (minder *trade-offs*), maar ook om het gebruik van aangeboden diensten te maximaliseren (meer *win-wins*) binnen de beheerseenheid waarop analyse en besluitvorming betrekking hebben. Waardering en medefinanciering door stakeholders en subsidies van overheden kunnen daarbij positief sturen, en daarmee krijgt bodembeheer een breder maatschappelijk perspectief (Fig. 3).

Of het nu gaat om referentiewaarden, streefwaarden of drempelwaarden, enz., de Europese lidstaten hebben nog nauwelijks beoordelingscriteria geïmplementeerd bij de indicatoren die zij inzetten in nationale monitoringsprogramma's, behalve voor nutriënten en verontreinigende stoffen⁷ waar al veel eerder bodembeleid voor werd ontwikkeld. Hoewel binnen de 'Bodemindicatoren voor landbouwgronden in Nederland' (BLN) al aanzetten zijn gedaan¹¹, is er een duidelijk gebrek aan



Figuur 2. Relatie tussen een biologische indicator (regenwormen) en een bodemfunctie (waterinfiltratiecapaciteit, K_s)¹⁰.

beoordelingscriteria op het vlak van bodemleven, waterregulatie en emergente contaminanten, al helemaal voor niet-agrarisch landgebruik. Hierbij komt dat bestaande criteria niet zijn gebaseerd op ecosystemendiensten, vaak niet functiegericht zijn gedifferentieerd naar context van grondsoort en landgebruik, vaak niet zijn afgestemd met de compartimenten water, lucht en landschap (geen 'integrale normstelling') en meestal ook geen rekening houden met de gevoeligheid van het specifieke ecosysteem voor de betreffende milieudrukfactor.

EU Richtlijn Bodemmonitoring kritische succesfactor voor bereiken van Green Deal doelstellingen

Monitoring en evaluatie volgens EU Richtlijn

De Richtlijn stelt een minimum set aan indicatoren voor bodemgezondheid voor, die in heel Europa zal worden toegepast. Daarbij zal de EU met de LUCAS monitoring en Copernicus *remote sensing* tot 20% van de bodembemonstering voor haar rekening nemen, de overige kosten dragen de lidstaten zelf. Deze minimum set is een startpunt voor geharmoniseerde bodemmonitoring in Europa voor een eerste screening van de bodemgezondheid, zowel voor de bedreigingen als voor het benuttingspotentieel van de set overkoepelende ecosystemendiensten. Lidstaten wordt aangeraden om aanvullende indicatoren toe te voegen die relevant zijn in nationale context (specifieke bodemtypen, landgebruik, klimaat, etc.). Dit biedt ruimte om de monitoring uit te breiden en aan te laten sluiten bij nationale prioritering van additionele ecosystemendiensten voor specifieke omstandigheden, en in die context handvatten te bieden voor duurzaam bodembeheer.

Tabel 1 maakt een vergelijking tussen de in de Richtlijn gespecificeerde indicatoren en die welke in Nederland worden toegepast in het monitoringsprogramma voor landbouwgrond 'BLN' en 'Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland' (CC-NL)¹² en de Europese bodemmonitoring *Land Use/Land Cover Area Frame*

Survey (LUCAS). Het overgrote deel van de voor Europa te harmoniseren indicatoren blijkt in Nederland al te worden toegepast.

De indicatoren van BLN en de datasets van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden en CC-NL en ook LUCAS kunnen daarom eerste bouwstenen zijn voor een Nederlands monitoring-systeem om aan de voorgestelde EU Richtlijn te voldoen. Deze kunnen worden aangevuld met biologische indicatoren van het 'Landelijk Meetnet Bodem' en het project 'Bodembiologische Indicator'¹³, en data over bodemverontreinigingen. Naast landbouw worden zo ook andere landgebruiksvormen opgenomen. Bij het rapporteren van data zou de infrastructuur van Basisregistratie Ondergrond kunnen worden gebruikt.

Tabel 1

EU Richtlijn	BLN 1.1 (CC-NL)	LUCAS
Bodemerosie	In delen van NL van betekenis	-
Organisch koolstof	Organisch koolstof	Organisch koolstof
Bulkdichtheid ondergrond	Bulkdichtheid ondergrond	-
Bulkdichtheid toplaag	Bulkdichtheid toplaag	-
Waterhoudend vermogen	Kan worden berekend	-
Extraheerbaar fosfaat (P-Olsen)	Extraheerbaar fosfaat P-CaCl ₂ , P-Al, P-ox)	P (fosfor)
Stikstof	N (stikstof, N_totaal)	N (stikstof)
pH	pH (CaCl ₂)	pH (CaCl ₂ /H ₂ O)
Elektrische geleidbaarheid	-	EC
Bodemverontreiniging (zware metalen)	Data lokaal beschikbaar	-
Bodemademhaling en andere	Microbiële biomassa (schimmels, bacteriën) Regenwormen (soorten, aantallen) Nematoden (soorten, aantallen)	-

Voor biologische indicatoren geeft de Richtlijn weinig concrete invulling, terwijl de inzet van biologische indicatoren aangemoedigd wordt door te eisen dat de gezondheid van de bodem gebaseerd dient te worden op informatie afkomstig van chemische, fysieke en biologische indicatoren. Als enige indicator wordt 'bodemademhaling' voorgesteld, wellicht omdat dit met zeven Lidstaten de meest geïmplementeerde indicator is in nationale bodemmonitoring⁷. Er is echter brede wetenschappelijke kritiek op juist deze keuze en ook op de inzet van een enkele biologische indicator¹⁴. De Richtlijn nodigt Lidstaten uit zelf met aanvullingen te komen. Nederland heeft hierin voor landbouwgrond via BLN al keuzes gemaakt die zijn gericht op functioneel belangrijke groepen bodemleven (Tabel 1¹¹). Daarnaast zouden ook structurele aspecten van bodembiodiversiteit beter moeten worden gemonitord die weliswaar niet bijdragen aan te beoordelen bodemfuncties, maar wel toevoegen aan soortenrijkdom en stabiliteit van levensgemeenschappen en het voedselweb (monitoring zoals bedoeld onder de EU Biodiversiteitsstrategie, waar de Richtlijn Bodemmonitoring uiteindelijk onder valt).

Impact voor Nederland

De meeste bodemdata in Nederland hebben betrekking op landbouwgrond. Voor een groot deel daarvan voldoen twee indicatoren momenteel waarschijnlijk niet aan de voorgestelde criteria. Voor P-Olsen fosfaatgehalten is 30-50 mg/kg de voorgestelde limiet. Omgerekende data van LUCAS en CC-NL¹² suggereren dat 90% van de gronden in de akkerbouw en een groot deel van de graslanden niet aan de grenswaarde 50 mg/kg voldoet. Evenwichtsbemesting is nu het uitgangspunt, maar om te voldoen aan het criterium is uitmijnen of een andere maatregel nodig. Gezien de fosfaatlast in onze landbouwbodems is het in veel gevallen waarschijnlijk niet haalbaar om op de gestelde termijn aan dit criterium te voldoen.

Voor organische koolstof wordt een organische koolstof/klei ratio voorgesteld die groter moet zijn dan 1/13. Uitgaande van data van LUCAS en CC-NL schatten wij dat een groot deel van de akkerbouw op kleigrond deze grenswaarde niet zal halen. Toename van organische stof in de bodem is hier moeilijk te realiseren met gangbare maatregelen, aanvullende maatregelen zullen wellicht nodig zijn. Lidstaten mogen echter een alternatief voor deze indicator voorstellen, of het criterium onderbouwd

aanpassen voor een bodemtype met aparte status. Welke alternatieve indicator passender zou zijn voor NL is nog niet direct duidelijk. Een positieve of neutrale bodemkoolstofbalans kan voor landbouwbodems een alternatief zijn, al vraagt dat om registratie van gewas- en bodembeheer.

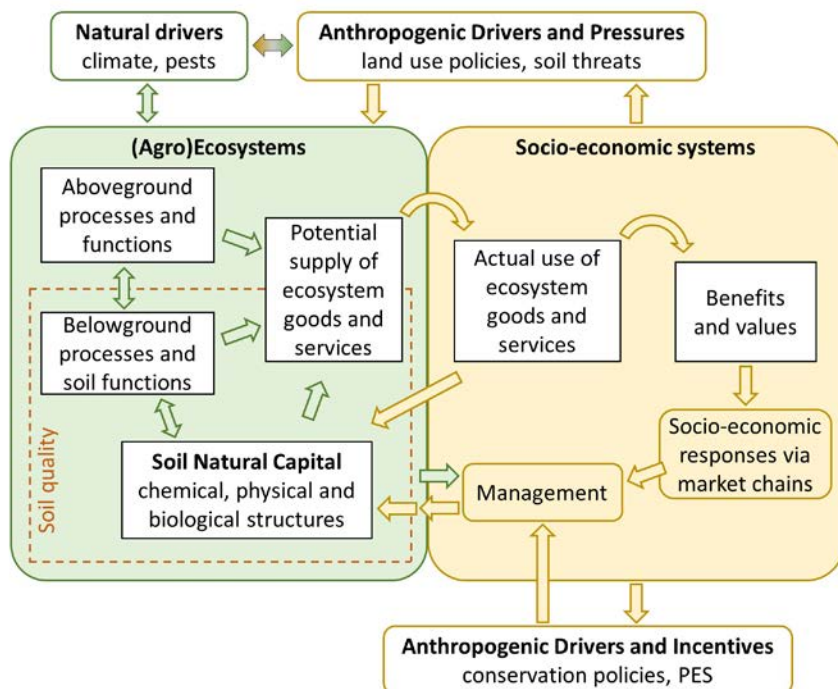
Verdichting van de ondergrond is een probleem in grote delen van Nederland. Dat zal nauwelijks tot uitdrukking komen met de thans voorgestelde criteria. Een andere indeling van textuurklassen en berekeningswijze van gewenste bulkdichtheid zou voor ons land realistischer criteria opleveren (meded. Dr. G. Bakema). Überhaupt ontbreken data om een precieze omvang en lokalisatie van knelpunten te identificeren.

Voor de andere indicatoren is de verwachting dat de meeste bodems in 2050 wel aan de gestelde grenswaarden kunnen voldoen. Al met al is het beeld dat een groot deel van de Nederlandse (landbouw)gronden op basis van de voorgestelde indicatoren nu niet als 'gezonder' zou worden geclassificeerd, maar dat verbetering mogelijk is. De Richtlijn schrijft voor dat landen maatregelen moeten nemen voor duurzaam bodembeheer. Hiervoor is een aantal principes opgenomen en het is aan de lidstaten om deze te vertalen naar maatregelen. Dit lijkt veel ruimte te geven, maar kan in de praktijk lastig blijken wanneer maatregelen *trade-offs* hebben tussen ecosysteemdiensten.

Kansen en verbeterlagen

In vergelijking tot andere Lidstaten heeft Nederland een goede uitgangspositie. Er is een redelijke beschikbaarheid van achtergronddata en mogelijkheid voor trendanalyse op basis van oudere databases van BoBI en LMB¹³ en nieuwe data-acquisitie via BLN en CC-NL (Tabel 1), met een juridische basis voor uitwisseling van bodemdata. Voor bodemverontreiniging wordt al geruime tijd een risico-gebaseerde beoordelingssystematiek gehanteerd. Verder is de nu nog projectmatige aanzet tot bodemmonitoring relatief eenvoudig tot een structurele programmatische inzet op te schalen. Er zijn echter nog essentiële stappen te zetten richting brede structurele monitoring en coördinatie van beleid, onderzoek en praktijk:

- integrale benadering (doelen afgestemd voor bodem, water, lucht en landschap); evaluatie van draagkracht van een milieucompartment versus wettelijke normen (nationaal



Figuur 3. Schematische weergave van de relatie bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten in de maatschappelijke context van markt, beheer en bestuur, gebaseerd op een synthese van bestaande modellen voor ecosysteemdiensten en bodemkwaliteit⁷. PES, payments for ecosystem services.

- en EU) op basis van de meest kritische relevante dienst;
- multifunctioneel (gemeenschappelijke indicatoren voor landbouw, stad, natuur, e.a. landgebruik; specifieke doelen en criteria) en interdepartementaal;
- aansluiten van monitoring bij Europese en nationale kennisbehoeften: gesynchroniseerd en geïntegreerd met biodiversiteit- en ecosysteem assessment;
- systeemgericht (schaalbaar tot grotere units van beheer en bestuur, zoals waterschappen en Landschappen, regio of provincie);
- Ecosysteemdiensten-gericht (kwantitatief te waarderen) t.b.v. stakeholder participatie in management en cofinanciering in nieuwe waardeketens; specificatie van aanvullende indicatoren voor geprioriteerde ecosysteemdiensten en landgebruiksvormen;
- Duurzaamheid-gericht: ook trade-offs evalueren (idealiter in tijd en ruimte, tussen bundels van diensten, en tussen maatschappelijke partijen)
- In de communicatie over bodemgezondheid moeten de bodemdata ook de eigenaren/beheerders zelf helpen en meerwaarde krijgen, bijvoorbeeld door ontwikkeling van *dashboards*.

Aanbevelingen bij enkele kritische punten

Het is een zwaar politiek besluit om de voorgestelde Richtlijn te accepteren. Het relateren van bodemkwaliteitsindicatoren aan ecosysteemdiensten is nog een forse wetenschappelijke en beleidsmatige uitdaging, al is er laaghangend fruit om alvast te implementeren. Tegelijkertijd spelen er bezwaren met betrekking tot handhaafbaarheid, subsidiariteitsbeginsel, uitvoering en landbouwbelangen. Sinds de afwijzing van de Kaderrichtlijn Bodem 15 jaar geleden is veel milieu- en natuurkwaliteit verloren gegaan, en nemen kosten van mitigatie en herstel toe^{15, 16}. De nieuwe Richtlijn biedt althans in wetenschappelijk opzicht meer flexibiliteit om de indicatoren en criteria af te stemmen op lokale omstandigheden. De voorgenomen 5-jaarlijkse evaluatie van de Richtlijn maakt implementatie van voortschrijdend inzicht mogelijk en in Nederland zijn we inmiddels verder in kennis en data dan 15 jaar terug.

One out, all out lijkt een bezwaarlijke manier van interpreteren van meetgegevens, o.a. vanwege een negatieve prikkel tot beperkter inzetten van indicatoren en het negeren van verschillen in betrouwbaarheid van indicatoren. Aan de andere kant moeten indicatoren en hun beoordelingscriteria ook wel zo robuust zijn dat uitvallen op z'n minst een signaalwaarde heeft. Een tegemoetkoming kan zijn om in stappen te beoordelen, volgens een *tiered approach*, waarbij na "screenende" monitoring een negatieve score aanleiding geeft tot verder onderzoek (meer waarnemingen of andere indicatoren) ter beoordeling wat er precies aan de hand is en hoe de situatie te verbeteren. Het gaat minder om die ene indicator met negatieve score, maar primair om het functioneren van het systeem. Zo'n stappenbenadering wordt al toegepast bij risicobeoordeling van bodemverontreiniging, waar diverse indicatoren (metalen, pesticiden, etc.) elk een drempelwaarde hebben die bij overschrijding aanleiding geven tot locatie-specifiek 'nader onderzoek'. De status 'niet gezond' heeft communicatieve betekenis, maar zou aanvullend onderzoek moeten instigeren ter onderbouwing van een eventuele aanpassing van het beheer of landgebruik. Bij herhaalde waarnemingen kan hier een trendrichting worden benoemd voor een nadere classificering 'verbeterend' of 'verslechterend', waarbij intermediaire doelen kunnen worden gesteld. De EU Bodemstrategie stelt immers dat 75% van alle bodems per 2030 'gezond' moet zijn of althans in verbeterende toestand dient te verkeren².

De nieuwe Nederlandse Omgevingswet heeft bescherming én benutting van de fysieke leefomgeving als uitgangspunt, en de

voorgestelde EU Richtlijn Bodemmonitoring kenmerkt eenzelfde twee-sporen beleid. De ambitie is hoog, het tijdspad kort. Monitoring programmeren is vers 1, passende indicatoren met ambitieuze (maar haalbare) criteria en integratie van bodeminformatie tot beoordeling op het niveau van ecosysteemdiensten is vers 2, en transitie naar passende maatregelen om de bodem gezond te krijgen is vers 3. In de erkenning dat gezonde bodems essentieel zijn voor het bereiken van Green Deal doelstellingen ultimo 2050, en dat ecosysteemdiensten de nieuwe maat voor bodemgezondheid zijn, lijkt ons de Richtlijn Bodemmonitoring een kritische succesfactor.

Referenties

1. EUSO Soil Health Dashboard. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/> (18-10-2023)
2. Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's "EU-bodemstrategie voor 2030 — Profiteren van de voordelen van een gezonde bodem voor mens, voedsel, natuur en klimaat", COM(2021) 699 final.
3. Europese Commissie (2023). Proposal for a Directive on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). SEC(2023) 416 final. https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience_en
4. European Environment Agency (2019). The European environment — state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. doi:10.2800/96749
5. Maes et al. (2020) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment. EUR 30161 EN, Publications Office of the European Union, Ispra, 2020, ISBN 978-92-76-17833-0, doi:10.2760/757183, JRC120383.
6. Schröter et al. (2016) National Ecosystem Assessments in Europe: A review. *BioScience* 66: 813–828.
7. Faber et al. (2022). Stocktaking for Agricultural Soil Quality and Ecosystem Services Indicators and their Reference Values. EJP SOIL Internal Project SIREN Deliverable 2. Report, 153 pp. https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/1st_call_projects/SIREN/SIREN_D2_final_report.pdf
8. EJP SOIL 2nd EU Policy Forum summary report. https://ejpsoil.eu/fileadmin/ingen_mappe_valgt/2nd_EU_Policy_Forum_Summary_Report.docx.pdf
9. Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088 (OJ L 198, 22.6.2020, pp. 13–43).
10. Spurgeon et al. (2013). Land-use and land-management change: relationships with earthworm and fungi communities and soil structural properties. *BMC ecology* 13(1): 46.
11. de Haan et al. (2021). Evaluatie van de BLN, versie 1.0; Voorstel voor BLN, versie 1.1 en schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0. Wageningen Research, Rapport WPR-883
12. van den Elsen et al. (2020) De staat van de Nederlandse landbouwbodems in 2018; Op basis van beschikbare landsdekkende dataset (CC-NL) en bodem-indicatorenlijst (BLN). WENR Rapport 3048.
13. Rutgers et al. (2007) Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604008/2007
14. The Soil Monitoring and Resilience Directive: Scientific Response Document brief. www.wur.nl/en/show/scientific-response-to-the-soil-directive.htm
15. IPBES (2018) The assessment report on land degradation and restoration.
16. Nkonya et al. (2016) Economics of Land Degradation and Improvement — A Global Assessment for Sustainable Development. Springer Nature.

Interessante links

- <https://ejpsoil.eu/soil-research/siren>
- [Communication on Sustainable Use of Natural Resources](#)
- [Questions and Answers on a Directive on Soil Monitoring and Resilience](#)
- [Factsheet - Soil Monitoring Tools to help soil resilience](#)