



Een gezonde bodem
onder een duurzame
samenleving

Managed well, soil circulates
chemical elements, water and
energy for great human benefit.

Managed poorly,
it is impossible to imagine
an optimistic future.

Richter and Markewitz (2001)

Een gezonde bodem
onder een duurzame
samenleving

Inhoud

Voorwoord	5
Inleiding	7
Interview Jos Elderink	8
De wonderse wereld van de bodem	10
Ecosysteemdiensten: steunpilaar voor het bodembeheer	13
Interview Do van Dijk	16
Bodembeheer en bodembeleid	18
Duurzame bodem onder landbouw, natuur en stad	20
Interview 'De Drentse aanpak'	24
Aan de slag met ecosysteemdiensten	28
Scholieren meten de levende bodem	34
Meten van bodemgezondheid & ecosysteemdiensten	36
Interview Aad Klompe	40
Tien Nederlandse bodems op een rij	42
Maatschappelijke stage bij de boer	64
Het bodemleven van Nederland	66
Bodemleven in beeld	72
Bronnen	79
Colofon	80



Voorwoord

Het beheer van de bodem is steeds in beweging. Vóór het tijdperk van de kunstmest was het voor iedereen duidelijk dat je afhankelijk was van de conditie van de bodem om te overleven. De aandacht ging uit naar goede bemesting om die conditie in stand te houden en zo de voedselvoorziening veilig te stellen. De introductie van kunstmest en chemische gewasbescherming leidde er echter toe dat de bodem als substraat werd gezien en niet als een dynamisch systeem. De conditie van de bodem deed er niet meer toe. Meer en meer werd de bodem ook een plek waar je allerlei zaken weg kunt stoppen: de bodem als afvalputje van de maatschappij. Eind jaren zeventig van de vorige eeuw bleek dat de bodem niet alles slikt en kenterde het bodembeheer: de bodembescherming en bodemsanering kwamen op gang. De kennis over het functioneren van de bodem neemt sindsdien gestaag toe.

Bodems bevatten een onvoorstelbare hoeveelheid levende organismen met een enorme biodiversiteit. De wijze van bodembeheer heeft een grote invloed op het bodemleven en het functioneren van de bodem. Daarom is kennis over biologische aspecten, naast chemische en fysische, van cruciaal belang om bodems door middel van duurzaam bodembeheer beter te laten functioneren. Een goed functionerende bodem levert vele ecosystemendiensten, ofwel voordelen die wij hebben van de bodem. Die diensten zo goed mogelijk benutten en zo maximaal voordeel behalen voor de maatschappij als geheel, nu en in de toekomst, is dus de grote uitdaging.

Om dat te kunnen, beheert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) samen met meerdere partners een meetnet om het functioneren van bodems integraal te meten. De meetresultaten laten zien hoe een duurzaam beheerde bodem voor een bepaald gebruik er uit ziet. Dit inzicht is vertaald in handzame referenties voor tien combinaties van bodemgebruik en grondsoort (duurzame ijkpunten). Bij de duurzame referentiekwaliteit is de bodem in staat om vele functies tegelijk te vervullen, zodat de belangen van de bodemgebruikers en van de maatschappij tegelijkertijd optimaal gediend worden. Met het inzicht dat bodembeheer er toe doet en met de instrumenten om te bepalen hoe goed een bodem functioneert, komt duurzaam bodembeheer binnen handbereik. Deze publicatie laat zien hoe dat werkt en daagt u uit om duurzaam bodembeheer actief op te pakken.

Koen de Snoo,
Directeur Directie Duurzaamheid, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Het bodemleven is de groene motor van het milieu

Inleiding

In 1992 heeft Nederland het Biodiversiteitsverdrag van Rio de Janeiro ondertekend, samen met 186 andere landen inclusief de EU. De aanleiding hiervoor was de steeds verder verslechterende toestand van onze ecosystemen. De politieke aandacht voor het onderwerp ecosysteemdiensten neemt de laatste twee jaar snel toe, onder impuls van de nieuwe Europese Biodiversiteitsstrategie, de strategie Europa 2020 en de herziening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid 2014-2020. Diverse VN-rapporten zoals 'The Economics of Ecosystems and Biodiversity' en rapporten van het Planbureau voor de Leef-omgeving geven zonder uitzondering aan dat de inspanningen sinds de jaren '90 om het biodiversiteitsverlies een halt toe te roepen door bescherming van soorten en gebieden, onvoldoende zijn. De groeiende wereldbevolking maakt de uitdagingen alleen maar nog groter. Dit heeft allerlei negatieve gevolgen voor voedselproductie, armoedebestrijding en klimaatregulering. Naast bescherming is duurzaam gebruik van biodiversiteit een belangrijke nieuwe uitdaging om de gewenste doelen te halen en schade te voorkomen. De bodem speelt hierbij een belangrijke rol. In de Beleidsbrief Bodem van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is een transitie naar duurzaam bodembeheer afgekondigd, inclusief de ontwikkeling van instrumenten om dat te ondersteunen.

Deze publicatie is bedoeld als hulpmiddel voor mensen die vanuit de praktijk en het beleid enthousiast zijn over de bodem als vitaal onderdeel van onze leefomgeving. Ze zien de risico's van de gebruikelijke benadering waarbij bodem als een betrouwbare 'black box' gezien wordt waarop onze maatschappij zich uittoelt. Deze enthousiastelingen beschouwen we als de ambassadeurs van de levende bodem. Deze ambassadeurs hebben vanuit een veelheid van invalshoeken in hun dagelijks werk met de bodem van doen, zoals het begeleiden van gebiedsprocessen, ruimtelijke ordening, boerenpraktijk, terreinbeheer, branchevertegenwoordiging, advisering, natuurontwikkeling en milieubeleid en -inspectie. Ze vinden in deze publicatie handvatten over wat een levende bodem allemaal voor ons doet, hoe het bewust gebruik van ecosysteemdiensten duurzaam bodembeheer stimuleert en wat dat allemaal oplevert. Ook wordt een instrumentarium gepresenteerd waarmee duurzaam bodembeheer in de praktijk vorm kan krijgen. Enkele praktijkvoorbeelden en interviews met reeds actieve ambassadeurs komen in de intermezzo's aan bod. In het laatste deel worden de voor Nederland tien meest kenmerkende bodems behandeld, inclusief passende maatregelen voor een duurzamer beheer. De tien losse kaarten zijn gebaseerd op meetgegevens van het bodemleven. Bij het beschikbaar komen van nieuwe gegevens kunnen deze kaarten eenvoudig aangevuld of vervangen worden. De getallen tussen haakjes in de tekst verwijzen naar enkele bronvermeldingen achterin deze publicatie.

Zoals het gedreven ambassadeurs betaamt, dragen zij de boodschap van (de voordelen van) duurzaam bodembeheer verder uit. Laat deze publicatie een hulpmiddel zijn dat hen met praktische achtergrondinformatie ondersteunt.



Interview met melkveehouder Jos Elderink

Potstalmest en geen chemische middelen

De zorg voor een gezonde en levende bodem zit naar de mening van melkveehouder Jos Elderink uit De Lutte al ingebakken in zijn bedrijfsvoering. 'We zijn al biologisch, en dat heeft een belangrijk voordeel voor het leven in de grond. We gebruiken geen kunstmest en geen chemische bestrijdingsmiddelen. Bovendien hebben we schone mest. Dat wil zeggen dat er bij ons geen restanten van chemische ontsmettingsmiddelen, bijvoorbeeld van voetbaden voor de koeien, in de mest komen.'

De biologische bedrijfsvoering garandeert niet alleen dat er 'schone' mest op het land komt, het betekent ook dat er meer potstalmest wordt gebruikt, vooral op bouwland. Hierdoor zit er gemiddeld meer organische stof in de grond. Om voldoende vaste mest te hebben is in 2004 de stal uitgebreid met plaatsen voor zestig koeien. Ook deze dieren staan in een potstal. De meeste vaste mest gaat naar de lichtere gronden.

Voor het grasland hanteert Elderink nog enkele andere maatregelen. De percelen op grotere afstand van het bedrijf worden het minst beweide. Ze worden vooral gemaaid. Om de bodem toch goed te houden, wordt het gras eens in de zoveel jaren afgewisseld met graan en klaver. De veehouder voert relatief weinig veevoer van buiten het bedrijf aan. 'Soms koop ik wat beheersgras en luzerne erbij. Daarnaast een beetje krachtvoer en wat graan', zegt hij. Het graan plet hij zelf. Daarna wordt het gevoerd aan het vee. Elderink: 'Ik voer niet al te eiwitrijk. Daardoor krijg ik ook betere mest. Je kunt dat zien aan de hoeveelheid aërobe activiteit. Dergelijke mest is gunstig voor de bodem.'

Om structuurbederf te voorkomen, let hij goed op de bandenspanning van zijn machines. Soms is de apparatuur wel zwaar, maar hij hoopt dit nadeel te compenseren met de keuze voor een zo groot mogelijke werkbreedte. Dan blijft het aantal rijsporen op het land relatief beperkt. De dichtheid van de grond wil hij in de gaten houden met een speciale meetpen (penetrologger). Geeft die aan dat de grond te veel is verdicht, dan weet hij dat het tijd is voor actie.

Elderink is ook actief in een netwerkgroep voor bodemvruchtbaarheid, maar het aantal en de rijkdom aan bodemdierpjes tellen doet hij niet. 'Of er een paar wormen meer of minder in de bodem zitten, boeit me niet.' Wel hecht hij er belang aan of de bodem goed ruikt. Voor hem is dat een belangrijke indicator of de grond gezond is.

De wonderre wereld van de bodem

In de bovenste lagen van de bodem bevindt zich een onvoorstelbaar grote hoeveelheid leven. Dat bodemleven zorgt ervoor dat de bodem zijn vele functies - zoals de productie van (voedsel)gewassen, het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid, het natuurlijke vermogen om ziekten en plagen te onderdrukken, het zuiveren van water, of de afbraak van verontreinigingen - kan blijven uitoefenen.

Het bodemleven noemen we daarom wel de 'groene motor' van het milieu. Het bodemleven is ook enorm divers. Net als in een tropisch regenwoud leven de organismen in een subtiel evenwicht met elkaar en zijn ze onderling sterk verweven (Figuur 1). Is er te veel of te weinig van een bepaald organisme, dan raakt dat andere soorten. De bodem is dan niet in evenwicht; de groene motor begint te sputteren en in het ergste geval loopt 'ie vast. Dit leidt tot extra kosten voor bijvoorbeeld waterzuivering, kunstmestgebruik, gewasbeschermingsmiddelen enzovoort die bij duurzaam beheer van de bodem kunnen worden vermeden.

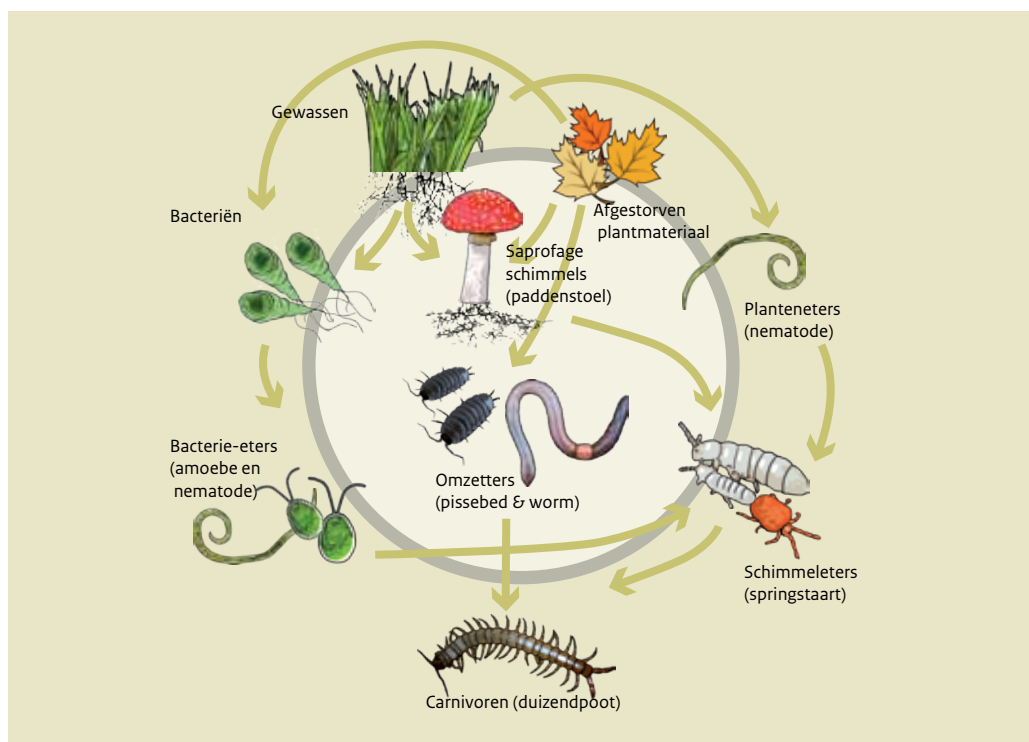
In een gezonde bodem is per hectare een hoeveelheid levende organismen aanwezig van wormen, aaltjes, bacteriën en andere organismen (Figuur 1), die evenveel weegt als zestig schapen of vijf koeien. Onder grasland is die hoeveelheid vaak nog groter. Een bodembeheerder is feitelijk de hoeder van een enorm ondergronds leven. In een enkele schep grond leven miljarden organismen, van duizenden verschillende soorten. Er zijn verschillende categorieën: de rovers die andere dieren opeten, de planteneters, de schimmeleeters en de bacterie-eters. Al deze levende organismen zorgen samen met dood organisch materiaal afkomstig van planten voor structuur in de bodem. Water, mineralen, lucht en temperatuur hebben op hun beurt invloed op dit bodemleven.

Kortom, onze bodem is meer dan een simpele drager van gewassen, mensen, machines, wegen en bebouwing. Ze is ook meer dan substraat waarin planten groeien na toediening van voedingsstoffen en water. De bodem is een functioneel en dynamisch systeem; robuust en kwetsbaar tegelijk. Met al haar organismen is de bodem de basis onder ons bestaan. De mensheid profiteert van de bodem via zuurstof in de lucht, stofkringlopen, voedselproductie voor een fors toenemende wereldbevolking, houtproductie, afbraak van verontreinigingen, klimaatregulatie, schoon grondwater, landschap en ga zo maar door. Een gevarieerd bodemleven (biodiversiteit) maakt de bodem stressbestendig. Een stabiele bodem zorgt voor een gezond gewas. Het zelfreinigende vermogen van de bodem - dat wil zeggen verontreinigingen worden geneutraliseerd, meststoffen worden afgebroken en mineralen worden gebonden - houdt het grondwater en het oppervlaktewater schoon. Reden genoeg om de bodem en de organismen onder de loep te nemen en uit te zoeken hoe ze optimaal benut en beheerd kunnen worden.

Mensen doen van alles op en in de bodem, wat we samenvatten met de term bodembeheer. Het bodembeheer heeft een grote invloed op het vóórkomen van bodemorganismen. Dat kan vaak beter. Met bewust en duurzaam bodembeheer wordt het bodemleven gestuurd zodat we optimaal van de bodem profiteren, nu en in de toekomst.

Aan de andere kant draagt onduurzaam bodembeheer bij aan vernietiging van de bodem. De 'dust storms' op de Amerikaanse vlaktes tijdens de depressie van de jaren 30 van de vorige eeuw zijn een bekend voorbeeld. Intensief ploegen en het braak laten liggen van grond leidde daar tot catastrofale erosie; de bodem waaide letterlijk weg en werd onvruchtbaar. Dit ontlokte in 1937 bij president Franklin D. Roosevelt de beroemde uitlating: 'A nation that destroys its soils, destroys itself.' Dust storms komen tot op de dag van vandaag voor, bijvoorbeeld in China, en - weliswaar minder heftig - ook dichtbij huis (zie foto pag. 12). Een stofstorm in Duitsland leidde onlangs tot een ernstig verkeersongeluk met tien dodelijke slachtoffers. Slecht bodembeheer werd als oorzaak genoemd. Eenmaal vernietigde bodem is alleen met zeer veel inspanning en geduld weer te herstellen. Voorkomen is dus het devies.

Bij duurzaam bodembeheer gaat het om de balans: richt het bodembeheer zo in dat de bodemgebruikers en de mens optimaal profiteren, nu en in de toekomst, zonder de bodem te verzwakken. Er ontstaat dan een betrouwbare relatie tussen het bodembeheer en de profijten van de bodem.



Figuur 1. Voorstelling van enkele groepen organismen met hun rol in het voedselweb van de bodem. Koolstof en energie als brand- en bouwstof voor het bodemvoedselweb komt het systeem binnen via afgestorven plantmaterialen (blad, tak, wortels).



Een paar voorbeelden:

- Een goede kwaliteit en toepassing van mest in de landbouw levert gezonde gewassen, flinke oogsten en schoon grondwater.
- Een optimale inrichting van stadsparken maakt intensief parkbeheer overbodig, voorkomt wateroverlast door absorptie van regenwater en stimuleert de reiniging van de bodem. Het lokale stadsklimaat verbetert (stoffiltering, temperatuurdemping en vochtregulatie) door ruimte voor groen.
- Als bij natuurontwikkeling rekening wordt gehouden met de bodem, zal met minder beheer de natuurdoelstelling sneller gehaald worden. Zo is het bijvoorbeeld onverstandig om voedselarme natuur te plannen op voormalige landbouwbodems, omdat dan intensief beheer nodig is om de voedselarme situatie te bereiken.
- Een gevarieerd agrarisch landschap biedt overlevingsplekken voor vijanden van plaagorganismen en is dus goed voor natuurlijke ziekte- en plaagwering. Het biedt ook een gevarieerd en interessant landschap om te recreëren.
- Het bewerken van een landbouwbodem is soms nodig, maar elke behandeling die met lichter materieel of met minder woelen wordt uitgevoerd, spaart dure fossiele brandstof, spaart het bodemleven en organische stof en voorkomt structuurverlies. Op de lange termijn vormt zich een robuust bodemsysteem met goede productiekwaliteiten.

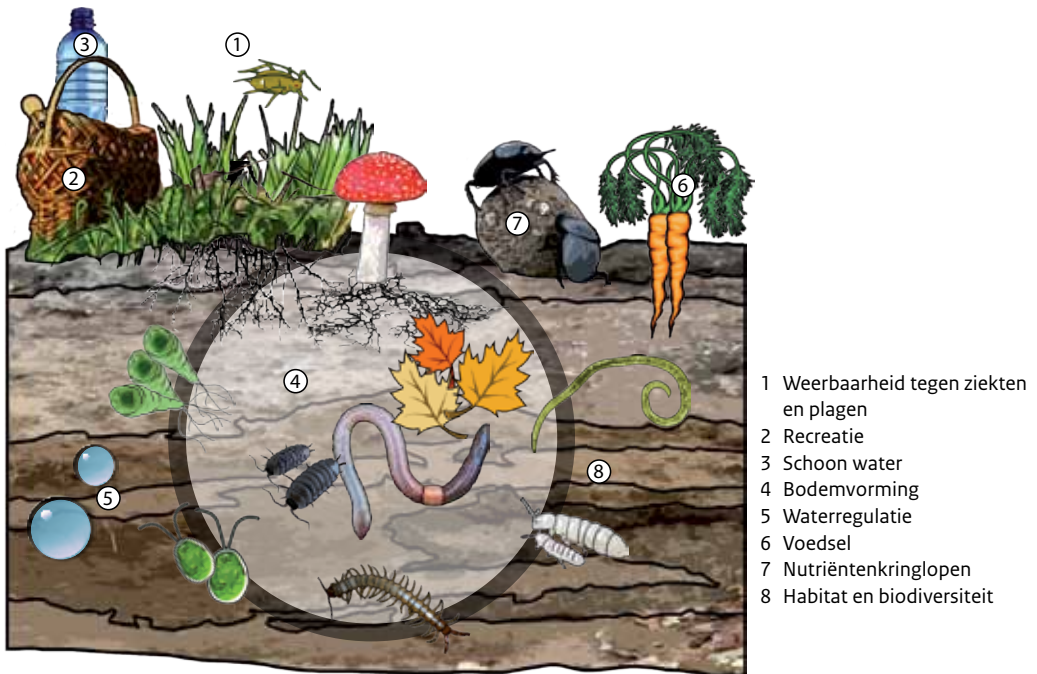
Elke kans die men pakt om via het bodembeheer winst te boeken op de bodemkwaliteit is daarom een stap in de goede richting.

Ecosysteemdiensten

Steunpilaar voor het bodembeheer

De voordelen die bodemgebruikers hebben van de natuurlijke eigenschappen van een duurzaam beheerde bodem worden ecosysteemdiensten genoemd. Zeg maar: functies van het ecosysteem die nuttig zijn voor de mens. We beginnen steeds meer te begrijpen hoe de bodem en het bodemleven bijdragen aan de ecosysteemdiensten en welke bodemgebruikers hiervan profijt hebben.

Bodemgebruikers heb je in allerlei soorten en maten. De boer natuurlijk, maar ook het waterschap, de recreant, de natuurbeheerder en de overheid die de belangen van alle burgers behartigt - ook al lopen die belangen niet altijd parallel. Het is in principe mogelijk om het bodembeheer nauwkeurig af te stemmen op zowel de kwaliteiten die de bodem van zichzelf heeft als op de wensen die de bodemgebruikers hebben. Ecosysteemdiensten zijn hierbij de steunpilaar voor het bodembeheer. Om dit werkend te krijgen zullen de ecosysteemdiensten van de bodem wel zichtbaar en concreet gemaakt moeten worden. Dat illustreren we hieronder.



Figuur 2. Een aantal ecosysteemdiensten is afgebeeld. Centraal staan diverse bodemorganismen die ervoor zorgen dat de mens zoveel voordelen heeft van het natuurlijke systeem.

In figuur 2 is een aantal ecosysteemdiensten schematisch aangegeven. Ecosysteemdiensten zorgen er bijvoorbeeld voor dat gewassen groeien, dat water wordt opgenomen en dat giftige stoffen worden afgebroken tot onschadelijke verbindingen. De ruimte- en tijdschaal zijn van belang; op landbouwpercelen moeten gewassen goed groeien; op gebiedsniveau dienen het grondwater, sloten en meren schoon te blijven en op wereldschaal spelen allerlei mondiale klimaatprocessen. Bodemleven levert op alle schalen bijdragen aan ecosysteemdiensten en zorgt er voor dat de mens zo veel voordelen heeft van het natuurlijke systeem.

Bij duurzaam bodembeheer wordt gestreefd naar optimalisatie van ecosysteemdiensten (figuur 3), waarbij rekening wordt gehouden met de belangen van alle bodemgebruikers. Daarbij wordt natuurlijk gekeken voor welk doel de bodem in gebruik is. Een boer moet kunnen boeren: productiegrasland wordt dus niet langs de maatlat gelegd van een natuurlijk grasland. Tegelijkertijd moet de boer zich wel realiseren dat de bodem meer doet dan alleen gras produceren en ook die functies, zoals de groene motor, moet blijven vervullen. Aanleg van parken en natuurontwikkeling wordt afgestemd op de bodem, zodat robuuste en onderhoudsvriendelijke systemen ontstaan. Een focus op optimale inzet van ecosysteemdiensten is behalve voor de bodemgebruikers dus ook voor de maatschappij van belang: iedereen profiteert, nu en in de toekomst, omdat er geen 'verwijtbare afwenteling' meer is. Met andere woorden de kwaliteit van ons huidige en toekomstige leven verbetert.

Duurzaam bodembeheer = het zodanig optimaliseren van ecosysteemdiensten dat alle bodemgebruikers heel lang profijt hebben van de gezonde bodem

In figuur 3 is de samenhang tussen verschillende ecosysteemdiensten schematisch aangegeven. In de praktijk wordt die samenhang wel eens over het hoofd gezien. Het agrarische bodembeheer is gericht op de voedselproductie, maar heeft ook effect op bijvoorbeeld het zelfreinigende vermogen van de bodem. Hoe ecosysteemdiensten voor de lokale bodemgebruiker geoptimaliseerd kunnen worden is vaak bekend. Met welk bodembeheer meerdere ecosysteemdiensten tegelijk benut kunnen worden, zoals het zelfreinigende vermogen, de waterberging en de habitatfunctie, is in grote lijnen bekend. Ook andere ruimte en tijdschalen spelen een rol bij duurzaam bodembeheer, zodat bijvoorbeeld oppervlaktewater en grondwater schoon blijven en de effecten van klimaatverandering verzacht worden. Een perspectief om alle ecosysteemdiensten van de bodem te combineren in één systeem is aantrekkelijk omdat daarmee een mogelijkheid geschapen wordt om optimaal profijt te bieden aan zowel de lokale bodemgebruikers als aan de bodemgebruikers 'op afstand'. Dit werkt alleen maar goed als er sprake is van gestructureerd overleg. Daarvoor worden elders in deze publicatie handvatten aangereikt.

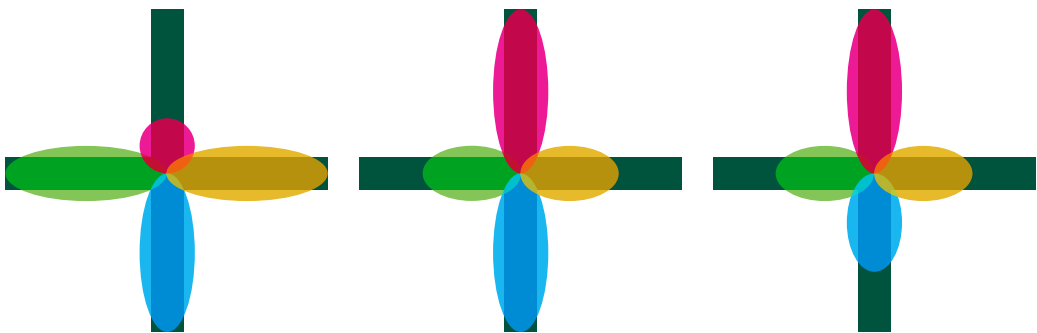
natuurlijk grasland



biologische melkveehouderij



gangbare melkveehouderij



- Voedselproductie
- Habitat
- Zelfreinigend vermogen
- Bodenvorming

Figuur 3. De prestaties van vier ecosysteemdiensten zijn in drie figuren schematisch aangegeven: van links naar rechts natuurlijk grasland, biologische melkveehouderij en gangbare melkveehouderij. De balken geven de maximale prestatie van de ecosysteemdiensten aan. De gekleurde ellipsen geven een actuele schatting van de ecosysteemdiensten aan. Zoeken naar de optimale combinatie van ecosysteemdiensten (1).

Interview met terreinbeheerder Do van Dijck van Landschap Noord-Holland

Bodem is leidend voor beheerplannen natuur

Bodem is, samen met water, bijna altijd leidend voor de beheerplannen die terreinbeheerder Do van Dijck van Landschap Noord-Holland maakt. Met die plannen is ook het feitelijke beheer van de natuurgebieden afgestemd op de bodem. Dat is de bodem zoals die deels al is, maar ook de bodem zoals Landschap Noord-Holland hem graag ziet. Een optimaal functionerende bodem voor een bepaald natuurdoel vraagt soms enige fijnafstelling.

‘Landschap Noord-Holland heeft heel veel soorten terreinen’ vertelt Van Dijck. ‘Alleen al in het noorden, waar ik zit, kennen we heel veel systemen met een apart beheer.’ Hij wil maar zeggen dat het ene natuurterrein het andere niet is. ‘We kunnen het beheer niet overal laten functioneren zoals we het graag zouden willen. In veel kleinere natuurterreinen hebben we vooral het waterpeilbeheer niet zelf in de hand.’ In de gebieden waar het peilbeheer is afgestemd op de wensen van de landbouw is ‘s zomers het waterpeil vaak hoog en ‘s winters laag. ‘Dat heeft natuurlijk groot effect op de bodem’ stelt Van Dijck. ‘Meestal willen wij het peilbeheer andersom, en in sommige gevallen permanent hoog.’

Bij Landschap Noord-Holland hangt de wijze van beheer van de terreinen en hun bodems sterk af van het natuurdoel. Van Dijck: ‘In de duinen doe je natuurlijk het liefst niets met bemesting of andere zaken die verstorend werken. In de droge duinen pas je eigenlijk alleen begrazingsbeheer toe. In de weidevogelgebieden moet je juist wel iets met mest doen om regenwormen te fokken voor de vogels. Maar die bemesting is een heel apart spel. Je wilt wormpjes hebben in de bodem, maar het gras mag ook weer niet te snel lang worden, want dat is niet goed voor de weidevogelkuikens. We streven daarom naar een structuurrijke vegetatie. Op andere plaatsen zijn we soms bezig met gewasafvoer om verschraling van de bodem te krijgen. Het beheer is dan wel afgestemd op de bodem, maar we proberen nog een beetje bij te sturen, zodat de bodem functioneert zoals we graag willen voor het betreffende natuurdoel.’

Initiatieven naar duurzame bodems





Bodembeheer & bodembeleid

Aan de juiste zorg voor de bodem schort het helaas nogal eens. Veel bodems zijn daardoor uit balans. Niet alleen bevatten ze te veel of juist te weinig van verschillende soorten mineralen, ook is het bodemleven niet meer in evenwicht. Er zijn soms te weinig nuttige bacteriën en schimmels of in andere gevallen te veel schadelijke aaltjes aanwezig. Jonge bosaanplant gaat dan dood en gewassen presteren niet goed omdat ze aangetast worden door ziekten en plagen.

(Steeds) meer meststoffen, chemische middelen en intensievere bewerking waren tot voor kort de standaard ingrepen om de bodem in het gewenste gareel te houden of te brengen. Men geloofde in de volledige ‘maakbaarheid’ van de bodem en had niet langer oog voor de baten van een optimaal functionerende bodem. Ook omdat de negatieve effecten van deze wijze van benaderen door het grote aanpassingsvermogen van de bodem en de traagheid van reageren lange tijd letterlijk uit het zicht bleven.

Het bodembeleid sloot in eerste instantie hierbij aan en richtte zich op die situaties waar de bodem ‘ernstig verontreinigd’ was met milieugevaarlijke en milieuvreemde stoffen: de bodem als het afvalputje van de samenleving. Dit is de aanleiding voor het bodemsaneringsbeleid, zoals dat in het begin van de jaren 80 van de vorige eeuw tot ontwikkeling kwam, kort daarop gevolgd door het beleid gericht op de bescherming van de bodem. De regelgeving richt zich bijvoorbeeld op bodemverontreiniging, inperking van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en mesttoediening. Hierbij geldt dat nadelige effecten van het bodembeheer voorkomen dienen te worden. Onder de paraplu van de overheid zijn hiervoor strikte normenstelsels ontworpen. Bodembeheerders moeten zich bijvoorbeeld houden aan voorschriften voor de stikstof- en fosfaatbelasting. Vele gewasbeschermingsmiddelen mogen niet gebruikt worden. Voor bodemverontreiniging gelden de door de overheid opgestelde normen.

Met de tijd groeide het inzicht dat de bodem meer is dan een statisch medium dat beschermt dient te worden tegen verontreiniging en aantasting. Een belangrijke impuls daarvoor is in eerste instantie gekomen door de ontwikkeling van zogenaamde ‘in situ biologische bodemsaneringstechnieken’, waarbij vooral vanuit kostenbesparingsmotieven voor het eerst bewust gebruik werd gemaakt van de bodem als dynamisch ecosysteem (‘de bodem als reactorvat’). Ook om andere redenen groeide het besef dat de grenzen van het hiervóór geschetste beleid, gericht op verontreiniging, waren bereikt en nieuw beleid nodig was.

Bodembeleid is in transitie van bescherming naar een bewuste benutting en duurzaam beheer



De verbeterde inzichten in het functioneren van gezonde bodems, zoals die in deze publicatie worden beschreven, hebben ook voor het overheidsbeleid gevolgen. Bodembeleid richt zich inmiddels op een bewuster gebruik en meer duurzaam beheer van de bodem. De (gebruiks)waarde van de bodem moet behouden blijven. De beheerder van de bodem heeft het recht de bodem te benutten maar ook de plicht zorgvuldig met de bodem en met belangen van derden om te gaan. Maatschappelijke partijen krijgen in hun rol als medegebruiker van de bodem meer eigen verantwoordelijkheid. Decentrale overheden moeten bij ruimtelijke ordening, inrichting en beheer bewuster met de toestand van de bodem omgaan en beslissingen over het gebruik van bovengrondse en ondergrondse ruimte baseren op een beoordeling van de effecten van bodembeheer. Duurzaam bodembeheer wordt bevorderd bij ruimtelijke ordening en -inrichting, in de landbouw, het natuurbeheer en het waterbeheer. Daarbij wordt onderkend dat de (gebruiks)waarde van de bodem een economische, sociale en een ecologische dimensie heeft. Het functioneren van de bodem wordt beoordeeld op basis van chemische, fysische en biologische bodemkenmerken.

Het komt er kortom op neer dat we de bodem niet langer beschouwen als een statisch compartiment, maar als een dynamisch ecosysteem. Het vermogen van de bodem om nu en in de toekomst maatschappelijke diensten te leveren is het vertrekpunt, zodat de maatschappij optimaal van de bodem profiteert. De ultieme gedachte is dat het zichtbaar maken van profijten en dit meenemen in besluitvormingsprocessen en de dagelijkse bodempraktijk leidt tot duurzamer bodembeheer. Sturing op bodemkwaliteit is daarmee vooral een zaak van bodembeheerders én bodemgebruikers. Problemen als gevolg van structuurbederf, verdichting, uitputting, afdekking en andere nadelige effecten zullen worden opgelost en dan zijn de strikte gebruiksnormen in principe overbodig. Internationaal komt deze trend tot uiting in bijvoorbeeld het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) de Millenium Ecosystem Assessment (2) en The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (3).

Het overheidsbeleid is primair gericht op het stimuleren van duurzaam bodembeheer door middel van kennisontwikkeling, communicatie en instrumentontwikkeling. Dit past in het streven van de overheid om te decentraliseren. Wat centraal geregeld moet worden komt uit Den Haag en wat decentraal geregeld kan worden zal door betrokken personen en instanties zelf worden opgepakt, bijvoorbeeld via gebiedsprocessen.

Duurzame bodem onder landbouw, natuur en stad

De nieuwe kaders voor duurzaam bodembeheer bieden kansen voor bodembeheerders en bodemgebruikers. Door het bodembeheer af te stemmen op de kwaliteiten van de bodem en de wensen van de bodemgebruikers is het mogelijk om met minder beheer meer uit de bodem te halen. Dit vergt een nieuwe manier van denken, maar de kennis over het functioneren van de bodem en de ecosysteemdiensten is er voor een flink deel. De sleutel tot duurzaamheid is de toepassing van deze kennis.

In dit hoofdstuk is eerst een serie eenvoudige maatregelen beschreven om bodembeheer te verduurzamen. Dit zijn over het algemeen bekende zaken, maar in de praktijk worden ook deze vaak nog over het hoofd gezien. Boeren, waterschappen, natuurbeheerders en bodemonderzoekers weten vaak wat een gezonde bodem is en hoe een slechte bodem via het beheer in een betere conditie kan worden gebracht (4,5,6,7). Een uit balans geraakte bodem gaat bij een evenwichtige behandeling na verloop van tijd beter functioneren. Dit zal soms lang duren. Hieronder volgen de bekende maatregelen om de bodem beter te laten functioneren voor drie typen bodembeheer, namelijk landbouw, natuur en groen in de stad.



Duurzame landbouw

Een goede bodemkwaliteit voor de landbouw wordt bepaald door de aanwezigheid van voldoende stabiele organische stof, een goede ontwatering, vochtleverend vermogen, draagkracht, levering van voedingsstoffen en een lage onkruiddruk. Hierop zijn bemesting, bodembewerking, vruchtwisseling, bestrijding van ziektes en peilbeheer van invloed. Naast de belangen voor de landbouwsector heeft een gezonde bodem ook een positieve invloed op het milieu, zoals organische stofdynamiek, zelfreinigende vermogen, waterregulatie en de klimaatfuncties van de bodem.

Duurzaam bodembeheer is volgens boeren en agrarische adviseurs in de bedrijfsvoering inpasbaar met de volgende algemene maatregelen:

- Bodemverdichting voorkomen door gebruik van lichte machines, lage wioldruk en dito banden-spanning en door natte bodems minder te berijden.
- Vaste organische mest gebruiken en eventueel drijfmest bovengronds toedienen. Hiermee wordt de levering van voedingsstoffen op peil gehouden en blijft de hoeveelheid organische stof in balans. Goed gerijpte compost is een goede bodemverbeteraar, bemester en ziekteverder.
- Bodembewerking beperken om het bodemleven en de stabiele organische stof te sparen. Niet-kerende en ondiepe bodembewerking zijn een goed alternatief voor gangbare bodembewerking. Het scheuren van grasland dient geminimaliseerd te worden. Hiermee wordt ook erosie voorkomen.
- Een ruime vruchtwisseling toepassen, liefst met veel granen. Groenbemesters inpassen in de vruchtwisseling, inclusief gras-klaermengsels.
- Kiezen voor veel semi-permanent grasland.
- Zo weinig mogelijk gewasbeschermingsmiddelen gebruiken.
- Ongewenste verplaatsing van gewasbeschermingsmiddelen voorkomen.

Natuurdoelen worden makkelijker haalbaar door de inrichting af te stemmen op de bodemkwaliteit

Over het algemeen wordt redelijk op deze zaken gelet. Toch blijkt het lastig om te voorkomen dat te zware machines worden gebruikt. Vanuit het perspectief van de boer is het vaak onvermijdelijk. Ook geldt dat bij intensieve bedrijfsvoering en krappe vruchtwisseling de duurzaamheid in het gedrang komt. De mate waarin bovengenoemde maatregelen effectief zijn en toegepast kunnen worden binnen de bedrijfsvoering hangt af van de grondsoort en het soort bedrijf. Alle maatregelen zijn gunstig voor bodemkenmerken die voor de agrarische sector van belang zijn, zoals de nutriëntenhuishouding, bodemstructuur en het vermogen van de bodem om weerstand te bieden tegen ziekten en plagen. Hoe gunstig het beheer uitpakt is afhankelijk van de bedrijfsvoering en het bodemtype. Dit wordt elders in deze publicatie verder uitgewerkt.



Robuuste en duurzame natuur

Bij natuurbeheer is het van belang om bij de planning van natuurdoelen rekening te houden met de grondsoort, bodemkwaliteit, hydrologische condities en kwaliteit van het kwel- en oppervlaktewater (8). Soms wordt met veel inzet en hoge kosten slechts een deel van de natuurdoelen gerealiseerd. Het grondwaterbeheer kan duurzame natuurontwikkeling in de weg staan en verdroging tot gevolg hebben, zodat natuurdoelen niet gehaald worden. Verschraling van voormalige landbouwgronden is een middel om de natuurdoelen wel te halen. Daar dient ruim de tijd voor te worden genomen. Een geringe beweiding en afvoer van maaisel en mest zijn haalbare opties. Afplaggen en het verwijderen van de voedselrijke bouwvoor zijn niet goed voor de bodem, omdat veel kostbaar bodemleven verdwijnt en de habitat voor dier- en plantensoorten wordt aangetast. Als een bestaand heideterrein toch af en toe moet worden afgeplagd, dan dient dat niet over een groot aaneengesloten oppervlak te gebeuren, maar bloksgewijs, zodat de aangetaste delen sneller geherkoloniseerd worden. Aandacht voor de bodem bij natuurontwikkeling is goed voor de bodembiodiversiteit (habitatfunctie). De genenpool in de bodem is gigantisch groot, en het allergrootst bij een gevarieerde natuur.

Duurzaam bodembeheer bij natuurontwikkeling is gebaat bij de volgende richtlijnen:

- Houd bij de planning van natuur en natuurdoelen rekening met de bodem en het grondwater. Hierdoor worden natuurdoelen haalbaar in minder tijd en tegen lagere beheerskosten.
- Wanneer verschraling toch nodig is, neem daar dan ruim de tijd voor en gebruik bij voorkeur bodemsparende en passieve technieken via de afvoer van maaisel en mest. Een trage en robuuste ontwikkeling in de gewenste richting is het resultaat.
- Als afplaggen van bestaande heideterreinen nodig is, doe het dan niet over een groot aaneengesloten oppervlak, maar bloksgewijs.

Bodem in de stad voor een hoogwaardig leefmilieu

Een onafgedekte en begroeide bodem in de stad is een schaars goed. Onderhoudsvriendelijke afdekking van tuinen en pleinen versterkt de verstedelijking en resulteert in het verlies van organische stof en het watervasthoudende vermogen van de bodem. Dit geeft bijvoorbeeld een verhoogde kans op wateroverlast en een hogere temperatuur in de binnenstad.

Een open bodem daarentegen is in staat om wateroverlast te beperken en voorkomt het zogenoemde 'hitte-eiland-effect'; een verhoging van de lokale temperatuur van soms 5 graden in de zomer (9).

In groene tuinen, groenstroken en stadsparken functioneert de bodem nog redelijk normaal tot goed. Afdekking moet daarom vermeden worden, want een open bodem zorgt voor een aangenaam stedelijk leefmilieu (10).

Verdichting van de bodem in de parken is een aandachtspunt, met bomensterfte als gevolg. Het ziet er wel netjes uit om de bladeren met bladblazers te verwijderen, maar daarmee ontnemt men het bodemleven een broodnodige bron van verse organische stof en verslechtert de bodemstructuur. Onderhoudsarm groen is daarom een beter alternatief. Groene daken, daktuinen en groene gevels helpen verder om het tekort aan open en begroeide bodem te compenseren. Groene daken leveren net als de open bodem ook voor de stad belangrijke ecosysteemdiensten in de vorm van waterregulatie, reinigend vermogen en een verbetering van het stedelijke klimaat. Ze zien er ook nog mooi uit.

De volgende algemene richtlijnen ondersteunen een hoogwaardig leefmilieu in de stad:

- Voorkom onnodige bodemafdekking op pleinen en in tuinen en gebruik waterdoorlatende bestrating.
- Voorkom bodemverdichting door verkeer op open bodem te beperken.
- Zorg voor een natuurlijk systeem met een vitaal bodemleven door te letten op de beschikbaarheid van gewasresten en robuuste, onderhoudsvriendelijke vegetatie (onderhoudsarm groen).
- Compenseer afgedekte bodem met groene daken, daktuinen en groene gevels.
- Verbind de groene en blauwe elementen tot een groene infrastructuur voor een bewustere groenbeleving bij de gebruikers van de stad.
- Stimuleer stadslandbouw.

Een gezonde bodem moet gekoesterd worden en de juiste aandacht krijgen. Goede bodemkwaliteit komt te voet en vertrekt te paard. Anders gezegd, aantasting van de bodem gaat snel en is alleen met veel geduld en zorg weer ongedaan te maken. Bovenstaande voorbeelden geven een beeld van algemeen geldende maatregelen voor een duurzame landbouw, natuurontwikkeling en bodembeheer in de stad. De bodem levert in ruil hiervoor optimaal functionerende ecosysteemdiensten. Dit betreft functies van de bodem die nuttig zijn voor de bodemgebruikers, zoals goede mogelijkheden voor de groei van gewassen en schoon water. In het volgende hoofdstuk wordt dit uitgelegd. Door rekening te houden met de specifieke bodemkenmerken en gewenste ecosysteemdiensten wordt het bodembeheer duurzamer. Minder inspanning leidt dan tot meer baten van de bodem.

Geef de stad een beter leefklimaat: voorkom bodembedekking en maak een groene infrastructuur



Interview met Geertje Enting, André Smits en Arnout Venekamp

‘De Drentse Aanpak’

‘Een duurzame bodem functioneert uitstekend, heeft een goed herstelvermogen en is bijzonder robuust.’ Zo beginnen André Smits, Arnout Venekamp (beiden beleidsmedewerkers van de provincie Drenthe) en Geertje Enting (Waterleiding-maatschappij Drenthe, WMD) het gesprek op een mistige novemberochtend. ‘Functie volgt bodem’, is één van de leidende principes die een bodem duurzaam maakt. Een optimale gebiedsinrichting is het resultaat. En in Drenthe zijn we aardig op weg om dat principe in de praktijk toe te passen.

Hoe je het wendt of keert, via de EU komen naast mogelijke verplichtingen ook duurzame initiatieven deze kant op. Drenthe pakt pro-actief de kansen op, samen met kennispacten en samen met boeren en burgers. Drenthe heeft de juiste sfeer en de lijntjes zijn kort, waardoor het effectief wordt. Partijen kunnen elkaar makkelijk vinden, de provincie is vaak een graag geziene gast, en we zijn gedreven.

Dat is niet in de laatste plaats de grote verdienste van André Smits. Zijn aanpak en inhoudelijke betrokkenheid is zeer enthousiasmerend gebleken voor de weg naar een duurzaam omgevingsbeheer, met de duurzame bodem als basis. Een voorbeeld is het project ‘Bezem door de Middelencast’. Dit was een collectieve inzameling van restpartijen oude bestrijdingsmiddelen bij agrarische bedrijven. Een initiatief van provincie Drenthe en WMD lukte heel goed. Alle waterschappen en gemeenten werkten mee aan het project van Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland Noord (LTO). Leveranciers van gewasbeschermingsmiddelen brachten hun kennis in en de Algemene Inspectie Dienst (AID) en de VROM-inspectie keken toentertijd goedkeurend toe. Zo’n actie lukt veel minder goed in de grotere provincies. In Drenthe hebben we mooie projecten die onze aanpak illustreren, zoals ‘Duurzaam Boer blijven, Bedreven Bedrijven’, ‘Beter boeren met biodiversiteit’, ‘Koeien en Kansen’ en ‘Telen met toekomst / Praktijkbedrijven akkerbouw van PPO/DLV’. Boeren doen nu beter met



Initiatieven naar duurzame bodems



de verduurzaming mee dan pak 'm beet 10-12 jaar geleden. Het besef groeit dat bodem en water kostbare productiemiddelen zijn. Meer deelnemers haken aan en ze doen langer mee. Dat is ook duurzaam, omdat maatregelen dan beter beklijven. Het blijkt mogelijk om een 5% betere melkproductie te halen door de kringlopen te sluiten en de gewasresten te herbenutten. Ook heel mooi is de Drentse versie van het succesvolle akkerbouwproject Veldleeuwrik: integrale verduurzaming van de akkerbouwketen door jaar op jaar te verduurzamen op bedrijfsniveau. Deze projecten openen de mogelijkheden voor aansluiting op het nieuwe Europese Gemeenschappelijke Landbouw Beleid (GLB).

We hebben in Drenthe duidelijke ideeën over hoe je systemen kan optuigen waarmee het mogelijk wordt om het beheer van maatschappelijke diensten van het natuurlijke systeem te belonen. Het instrument de 'bedrijfsmilieuscore' is in ontwikkeling en heeft tot doel om goede landbouwpraktijk te belonen. Op termijn is het mogelijk om hiermee een betaalsysteem voor groen-blauwe diensten in te richten. Overigens delen en ontwikkelen wij deze kennis met andere vergelijkbare initiatieven in het land.

Ook op watergebied is Drenthe vernieuwend bezig. De bodem als bewaarder van het blauwe goud, zoals het ultraschone grondwater van Drenthe vaak wordt genoemd. Voorkomen is beter dan genezen, dat geldt zeker ook voor bedreigingen van de grondwaterkwaliteit. Er lopen diverse projecten duurzaam bodembeheer waarvan WMD op de lange termijn profijt verwacht te krijgen. De WMD en provincie zijn projectpartners in project WaterSense. Dit project heeft als doelstelling om met behulp van sensortechnologie te komen tot beslissingsondersteuning in waterbeheer en landbouw, zodat ook in de toekomst voldoende water van een goede kwaliteit beschikbaar is. Verder zit nog een project in de pijplijn om de effecten van bodemverdichting op de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater inzichtelijk te maken en te vertalen naar teeltmaatregelen. Er loopt een demonstratieproject rond de Drentsche Aa in verband met oppervlaktewaterwinning van het





Initiatieven naar duurzame bodems

Waterbedrijf Groningen; de maatregelen die de afgelopen jaren zijn genomen zoals spuitvrije zones bij de beek en vulplaatsen voor spuitmachines werken goed, maar het moet nog beter. Momenteel wordt tijdsproportionele meetapparatuur ingezet om een nog beter beeld te krijgen van de problemen; pieken in hoge concentraties bestrijdingsmiddelen. Vervolgens voeren het Waterbedrijf Groningen, het Waterschap Hunze en Aa's en de provincie gezamenlijk een beleid.

Credits for Carbon Care is een project van de Stichting Kennisontwikkeling Bodem (SKB) dat Drenthe samen met Friesland, Utrecht en Gelderland uitvoert. En de WMD doet ook mee in de pilot voor CO₂ vastlegging in de bouwvoor op landbouwpercelen.

Een ander initiatief is duurzaam terreinbeheer. Stichting Milieukeur heeft de Barometer Duurzaam Terreinbeheer (BDT) opgezet. Eén van de speerpunten is vermindering van het bestrijdingsmiddelen- en kunstmestgebruik door terreinbeheerders. De WMD, maakt geen gebruik van bestrijdingsmiddelen en koopt haar materialen duurzaam in. Hiermee is het hoogste niveau van BDT binnengehaald: goud. Ook hiervoor geldt weer dat WMD een voorbeeld is voor andere partijen. En dat heeft resultaat. De provincie heeft de zilveren status in de pocket. Al deze op de bodem gerichte initiatieven moeten grondgebruikers, dus boeren, burgers en terreinbeheerders, bewustmaken van de bodem en directe relatie met onze leefomgeving en natuurlijk het grondwater. De veranderprocessen komen tot stand door te praten, de bewustwording te stimuleren, en door het in de

praktijk te laten zien en te luisteren naar de ervaringen in de praktijk. Een profielkuil werkt bijvoorbeeld heel erg goed om de bodemwaarde te illustreren. Een duurzame bodem ruikt goed en bevat een gezond bodemleven. We ontwikkelen hulpmiddelen zoals een digitale bodematlas met kaarten voor onder andere de organische stof, bodembiodiversiteit, veendikte en gevoeligheid voor verdichting. Die is speciaal ontworpen om kennis over de bodem op een eenvoudige en overzichtelijke wijze te ontsluiten. Daarnaast heeft de provincie haar eigen meetnetten voor bodem- en grondwaterkwaliteit. Met het toepassen van de Referenties voor Biologische Bodemkwaliteit (RBB; zie deze publicatie), liep Drenthe ook met de eersten mee, en initieerde vervolgprojecten, zoals Beter Boeren met biodiversiteit en ecosysteemdiensten. Dit alles vindt zijn plek in de Bodemvisie, waarin staat wat Drenthe met de bodem wil bereiken in 2020. Een duurzaamheids bodemmeetlat wordt één van de uitvoeringsinstrumenten. Ook een vergezicht naar een duurzame omgeving in 2050 is in het document verwoord. De Bodemvisie is een nadere uitwerking van de Provinciale Omgevingsvisie. André, Arnout en Geertje kijken al weer reikhalzend uit naar het voorjaar 2012, als de provincie een Noord-Nederlandse Workshop organiseert over ecosysteemdiensten. Daar zal weer een stap naar duurzaam bodembeheer worden gezet.





Aan de slag met ecosysteemdiensten

Door in een specifiek gebied de ecosysteemdiensten zichtbaar te maken is het mogelijk om het bodembeheer nauwkeurig op de bodemkwaliteiten en de wensen van de bodemgebruikers af te stemmen. Om dit werkend te krijgen zijn er technische hulpmiddelen ontwikkeld. Hier zijn de eerste werkende versies van deze hulpmiddelen te vinden.

In de voorgaande hoofdstukken werd het bodembeheer in het kader van duurzaamheid geplaatst en geïllustreerd aan de hand van enkele voorbeelden. Om in een gebied, op een terrein of bij een bedrijf aan de slag te gaan met duurzaam bodembeheer dienen een aantal praktische stappen gezet te worden. Ecosysteemdiensten vormen de sleutel tot dit proces. Het betreft een inventarisatie van de gebruiksmogelijkheden met behulp van systeemkennis en afstemming met bodemgebruikers. Vervolgens worden de opties voor optimaal beheer voorgelegd aan beheerders en gebruikers. Hoe meer gebruikers participeren, hoe haalbaarder de diverse opties voor het beheer zijn.



Welke ecosysteemdiensten?

Alle ecosysteemdiensten samen bepalen de bodemkwaliteit of bodemgezondheid. De ecosysteemdiensten dienen in onderlinge samenhang beschouwd te worden, om het totale beoogde profijt voor de bodemgebruikers vast te stellen. Voor elk perceel, bedrijf, terrein of gebied heb je diverse bodemgebruikers in soorten en maten: de boer natuurlijk, maar ook het waterschap, natuurbeheerder, een bedrijf, de gemeente en de nationale overheid als vertegenwoordiger van de burgers.

Er bestaan diverse algemene lijsten met ecosysteemdiensten (2,3,11). Deze vormen een praktisch vertrekpunt (12):

- Diensten die aan 'productie' zijn gerelateerd. Deze zijn van groot belang voor de landbouw in verband met de betekenis van bodemvruchtbaarheid voor agrarische productie. Ook kan je natuur en recreatie beschouwen als zaken die 'geproduceerd' dienen te worden; de 'productiedoelen' zijn dan bijvoorbeeld doelsoorten en recreatief groen.
- Weerstand en flexibiliteit. Weerstand betreft het vermogen van de bodem om onder invloed van stress en na calamiteiten (nat, droog, brand) te blijven functioneren. Flexibiliteit betreft het vermogen van de bodem om zich aan nieuwe situaties aan te passen, bijvoorbeeld bij verandering van bodembeheer. Een ander aspect van deze set ecosysteemdiensten betreft het vermogen van de bodem om te herstellen na aantasting, bijvoorbeeld bodemverontreiniging, bodembewerking, bodemverdichting en afdekking.
- Diensten van de bodem die van belang zijn voor de instandhouding van een kwalitatief goed milieu, ook wel de regulatie-, buffer-, of reactorfunctie genoemd. De bodem zorgt onder meer voor de afbraak en mineralisatie van organische stoffen, het zelfreinigende vermogen, waterberging, afgifte en transport van water, en voor regulatie van het lokale en mondiale klimaat. Deze diensten vormen de al eerder genoemde 'groene motor'.
- Culturele diensten en het vermogen om de aanwezige biodiversiteit te behouden, ook wel de habitatfunctie genoemd. Dit is van belang voor de educatieve, aardkundige, archeologische, esthetische en spirituele waarden van de bodem. De bodem is de grootste genenpool van moeder aarde. Deze ecosysteemdiensten zijn ook van belang omdat we nooit 100% zekerheid hebben over de duurzaamheid van het bodembeheer als we ons alleen richten op de voorgaande drie aspecten. Hiermee wordt dus ook gevolg gegeven aan intrinsieke waarden en het voorzorgsprincipe, ofwel enige bescherming van onze leefomgeving is nodig zolang we over de negatieve effecten van het beheer geen volledige zekerheid hebben (13).

Bij een duurzaam beheerde bodem zijn de prestaties van de ecosysteemdiensten optimaal, maar niet per se maximaal. Bodembeheerders kiezen er voor om bepaalde ecosysteemdiensten via het beheer te stimuleren, maar dit zal andere ecosysteemdiensten beïnvloeden. Dit kan zowel positief als negatief uitpakken (figuur 3, pag. 15). Door de ecosysteemdiensten stuk voor stuk onder de loep te nemen is het mogelijk om verstandige keuzen te maken waarbij behalve de beheerder (bijvoorbeeld de boer als beheerder én gebruiker) ook andere bodemgebruikers profiteren, zoals recreanten en waterschappen. Veel ecosysteemdiensten overlappen en hebben een bredere betekenis zodat meerdere bodemgebruikers tegelijk profiteren van een duurzaam beheerde bodem. Het onderkennen van het feit dat meerdere gebruikers tegelijkertijd profiteren van duurzaam bodembeheer en het concreet in beeld brengen van kosten en baten van het bodembeheer en van de bijbehorende kostendragers en baathebbenden, biedt nieuwe kansen om het bodembeheer organisatorisch en financieel vorm te geven, waarbij gestreefd wordt naar win-winsituaties (zie ook bij 'kosten en baten', pag. 32).

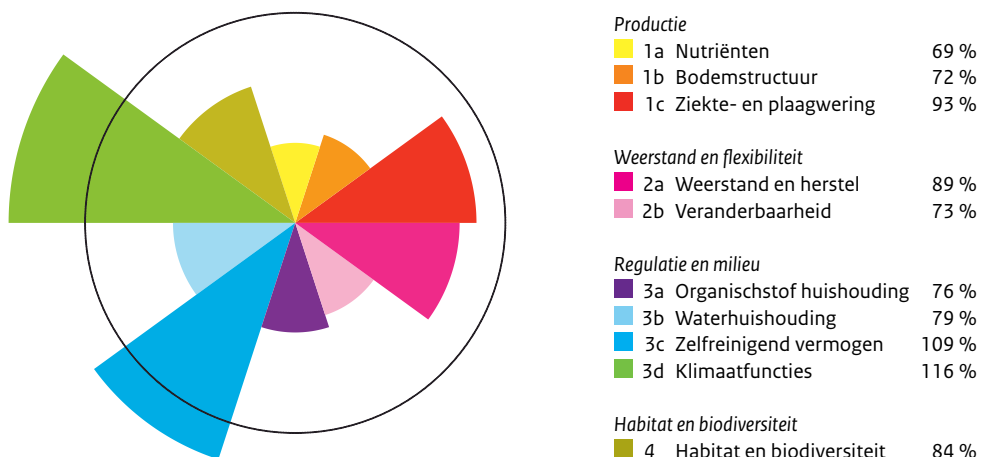
Naam:	Geert-Jan van T. Veld		28 feb
Locatie:	Mhaanwaal		
☒ schaal 1*: boer, natuurbeheerder, tuin ☐ schaal 2: gebied, gemeente, provincie ☐ schaal 3: landelijk, continentaal	Bodembeheer:	akkerbouw	
* (aankruisen wat van toepassing is)	Grondsoort:	zandklei	
Ecosysteemdienst	belang 0-5		
1. Productie	1a. nutriënten	4	
	1b. bodemstructuur	5	
	1c. ziekten en plaagwering	4	
2. Weerstand en flexibiliteit	2a. weerstand en herstel	3	
	2b. multifunctionele bodem; gebruiksverandering	1	
3. Regulatie en milieu	3a. afbraak en opslag organische stof	2	
	3b. opslag en afgifte van water	2	
	3c. natuurlijke reiniging	2	
	3d. klimaatfuncties	0	
4. Habitat	4. biodiversiteit, genenpool, educatie, bewustzijn	3	
5. Specifieke ecosysteemdienst	5. omschrijving (evt. verder aanvullen 6 t/m x)	/	

Figuur 4. Enquêteformulier voor het inventariseren en rangordenen van ecosysteemdiensten voor een gebied of locatie. Bodemgebruikers vullen dit enquêteformulier in, na uitleg over de gebruikte begrippen en termen. Indien gewenst kunnen ecosysteemdiensten toegevoegd, of anders omschreven worden. Het belang per ecosysteemdienst wordt aangegeven op een schaal van 0 tot 5.

Bij het beheer van de bodem en inrichting van een gebied kan steeds meer rekening gehouden worden met meerdere ecosysteemdiensten. Voorbeelden zijn:

- een goede reiniging zodat het grondwater schoon blijft,
- wateropslag om neerslagpieken op te vangen,
- koolstofopslag om de klimaatverandering het hoofd te bieden,
- een gevarieerd landschap, en een robuust systeem zodat de generaties na ons ook nog van een gezonde bodem kunnen profiteren.

Alle voordelen van een duurzaam beheerde bodem in een specifieke situatie dienen geïnventariseerd te worden in overleg met alle bodemgebruikers van een locatie of gebied (bijvoorbeeld waterschap, boer, natuurbeheerder, provincie en overheid). Als handreiking is hiervoor een enquêteformulier ontwikkeld (figuur 4). Speciale, niet-standaard ecosysteemdiensten kunnen ter plaatse worden toegevoegd in overleg met bodemgebruikers. Van belang is om een complete doch handzame lijst ecosysteemdiensten op te stellen. Meer dan bijvoorbeeld 25 ecosysteemdiensten is niet praktisch en minder dan vijf ecosysteemdiensten doet weinig recht aan de complexiteit van de bodem en de diversiteit in bodemgebruikers op een locatie. De enquête is met succes uitgevoerd bij drie demonstratieprojecten in het landelijke gebied (12,14,15). Bij elke demonstratie hebben representatieve groepen bodemgebruikers de relevante ecosysteemdiensten vastgesteld en het enquêteformulier ingevuld. Het betrof natuurterreinen (heide), akkerbouw- en melkveehouderijbedrijven, namelijk in de Hoeksche Waard, op verschillende plaatsen in Drenthe en bij de heideterreinen van het Banisveld in Noord-Brabant.



Figuur 5. Gemiddelde gemeten niveau van tien ecosysteemdiensten bij vier akkerbouwbedrijven in de Hoeksche Waard. De cirkel geeft de duurzame referentie aan (100%). Twee ecosysteemdiensten presteren beter dan de duurzame referentie, namelijk de klimaatfuncties en het zelfreinigende vermogen van de bodem. Figuur is overgenomen uit bron (12).

Met ecosysteemdiensten profiteren meerdere bodemgebruikers tegelijk, zodat er win-win-situaties ontstaan

Metten van ecosysteemdiensten

Ecosysteemdiensten van de bodem worden gemeten aan de hand van indicatoren voor de chemische, fysische en biologische kenmerken van de bodem (12). Bij de drie genoemde demonstratieprojecten zijn de ecosysteemdiensten in veldmonsters gemeten. De ecosysteemdiensten bij de akkerbouwbedrijven in de Hoeksche Waard bleken verschillend te presteren. Zo scoorde een biologisch bedrijf relatief goed op diensten die verband hielden met de hoeveelheid organische stof in de bodem (12). De bodem bij de gangbare bedrijven hielden de voedingsstoffen beter vast en waren beter bestand tegen bodemziekten en plagen dan de grotere bedrijven. Bij een grootschalig akkerbouwbedrijf bleken de bodemfuncties over de hele linie zwakker dan gemiddeld. Gemiddeld genomen was de nutriëntenlevering in de bodem van de akkerbouwbedrijven in de Hoeksche Waard te laag (figuur 5). Het zelfreinigende vermogen was daarentegen dik in orde en lag zelfs hoger dan de duurzame referentie.

De mix aan ecosysteemdiensten die de verschillende bedrijven leveren is dus verschillend. In een volgende stap, kunnen de betrokkenen overwegen om het bodembeheer aan te passen zodat de mix van ecosysteemdiensten in de gewenste richting gestuurd wordt, zoals bedoeld in figuur 3.



Kosten en baten

Aan de ene kant zijn er het beheer en de inrichting die een inspanning van de bodembeheerder(s) vragen. Bij een agrarisch beheerde bodem is het bijvoorbeeld de boer die een grote inspanning levert, maar ook het waterschap beïnvloedt via het peilbeheer de bodem. Aan de andere kant staan daar de baten van een goed beheerde bodem tegenover.

Ten opzichte van de gangbare agrarische praktijk zijn maatregelen bekend die juist minder kosten met zich meebrengen, terwijl de baten van productie niet sterk achteruit gaan. Ecosysteemdiensten leveren dan extra baten op in de vorm van een besparing in harde euro's. In het vorige hoofdstuk zijn al een paar voorbeelden de revue gepasseerd. Het zijn maatregelen in de trant van minder en slimmere bodembewerking (niet-kerende bewerking bespaart enorm op brandstofkosten), uitgekiende rotaties (minder gewasbeschermingsmiddelen), minder gebruik van dure meststoffen. Minder of ander beheer leidt lang niet altijd tot een navenant verlies: de focus in de agrarische sector op maximalisatie van de productie lijkt soms belangrijker dan een betere balans in kosten en baten.

Door gebruik te maken van de kwaliteiten van de bodem ontstaan nieuwe verdienmogelijkheden. De kosten van natuurontwikkeling kunnen omlaag gebracht worden door meer rekening te houden met de bodemkwaliteit. In de stad zijn er allerlei verdienmogelijkheden met een groene infrastructuur: een hoogwaardig leefmilieu betaalt zich uit in een hogere waardering van het onroerend goed en lagere ziektekosten als gevolg van een toegenomen gezondheid bij de inwoners. In de stad is het zelfs mogelijk om via primaire productie te verdienen aan voedsel (stadslandbouw) en hout (bio-energie). Dat met natuur en een groene infrastructuur in de stad inkomsten in de recreatieve sector worden gegenereerd is ook niet nieuw.

Duurzaam bodembeheer is echter nog lang geen gemeengoed. Eén van de oorzaken is dat er kosten gemaakt worden voor het bodembeheer, terwijl niet alle baten terugvloeien naar de bodembeheerder. De bodembeheerders zijn uiteraard bereid om te investeren in die aspecten die directe baten voor hen opleveren. Echter, de baten van duurzaam bodembeheer vallen aan partijen toe die momenteel niet investeren in duurzaam beheer en ze beslaan vaak een veel langere periode dan waarvoor de investeringen zijn bedoeld.

In de Hoeksche Waard is dit geïllustreerd aan de hand van een maatschappelijke kosten-batenanalyse van groene en blauwe dooradering (16). Deze niet-productieve landschapselementen zoals akkerranden, grasranden, houtwallen, singels en sloten met natuurvriendelijke oevers zorgen voor een herstel van de natuurlijke ziekten- en plaagwering, voor een verbetering van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en voor een verbetering van de landschapskwaliteit. De baten van de groene en blauwe dooradering blijken veel hoger te zijn dan de kosten; over 100 jaar loopt dat in de tientallen miljoenen euro's. Echter de verdeling van kosten en baten is scheef. De baten zijn vooral maatschappelijk van aard, bijvoorbeeld door waardestijging van onroerend goed, terwijl de kosten vooral bij de boeren en het waterschap liggen.

Een andere ontwikkeling betreft subsidieregelingen voor sommige bodemgerelateerde 'groenblauwe diensten' van bouwland en grasland. Agrariërs worden gecompenseerd voor het verlies aan productie door het hanteren van spuitvrije zones, aanleg van bloemrijke akker- en grasranden en singels, en andere niet-productieve landschapselementen. Deze subsidies geven invulling aan het feit dat deze landschapselementen een voordeel hebben voor de recreant, het waterschap en de gemeente.

Met ecosysteemdiensten ontstaan nieuwe verdienmogelijkheden voor omgevingsbeheer: de winst is uit te drukken in euro's

Een evaluatie van de rol van ecosysteemdiensten bij de verduurzaming van het bodembeheer vormt de opmaat tot een 'eerlijke' verdeling van kosten en baten. Wanneer duidelijk is hoe de door verschillende gebruikers gewenste mix van ecosysteemdiensten er uit moet zien, kan op basis daarvan de kosten voor het gewenste beheer worden verdeeld onder de gebruikers. Zo kan bijvoorbeeld het drinkwaterbedrijf de kostenreductie die het heeft als gevolg van een verbeterde kwaliteit van het grondwater voor een deel aanwenden om het productieverlies van de boer als gevolg van verminderd gebruik van kunstmest te compenseren. De recreatieondernemer kan bijdragen aan de beheerskosten van boer en waterschap als ze leiden tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater en bijdragen aan de aantrekkelijkheid van het landschap. Door in het urbane gebied hemelwater af te koppelen van het riool via groene daken en bodeminfiltratie bespaart het waterschap op voorzieningen voor droge en natte periodes. De uitgespaarde kosten kunnen dan terugvloeien via een (individuele) verlaging van de waterschapsbelasting.

Vele studiegroepen onder de verzamelnaam TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) zijn betaal- en afrekensystemen voor ecosysteemdiensten aan het ontwerpen (3). Het streven is om alle bodemgebruikers op verschillende ruimte- en tijdschalen samen het totale positieve resultaat van duurzaam bodembeheer te laten delen via een slimme verevening van kosten en baten. Onlangs is de Triple-O-benadering gepubliceerd waarmee bodemgebruikers de kosten en baten kunnen bepalen (17).

GLOBE: Scholieren meten de levende bodem

Al Gore gaf het startsein in 1995. Nu loopt het lesprogramma GLOBE al in meer dan honderd landen en er komen nog steeds scholen bij. In Nederland doen 175 scholen mee. Door onderzoek te doen, leren scholieren over de samenhang tussen de bodem en de kwaliteit van hun leefomgeving. Via het verzamelen van milieudata helpen zij ook nog de wetenschap: een win-win situatie.

In Nederland is al behoorlijk veel bekend over de bodem, maar het bodemleven was tot nu toe altijd buiten beeld. Omdat de basisgegevens nog vaak ontbreken is de rol van het bodemleven nog onderbelicht.

Bodemwetenschappers zelf hebben niet de mogelijkheid om in het hele land metingen uit te voeren en data te verzamelen. GLOBE leerlingen helpen hen daar bij!

In de GLOBE lesmodule Bodem gaan leerlingen het veld in om metingen te doen. De schooltuin, stadspark, weiland, de akker of het natuurgebied zijn prima plekken om de bodem te onderzoeken. Aan de hand van gestandaardiseerde protocollen meten zij onder andere de zuurgraad, het bodemprofiel, de hoeveelheid bodemdieren en de CO₂ productie van het bodemleven. Daarna geven de leerlingen de resultaten door aan de onderzoekers van onder andere de Wageningen Universiteit en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). De gegevens vormen een welkome aanvulling op de schaarse gegevens die tot nu toe beschikbaar zijn. Met de gegevens kunnen bijvoorbeeld kaarten gemaakt worden van het bodemleven. Uiteraard hebben de leerlingen zelf toegang tot de data van alle scholen om te gebruiken voor opdrachten, presentaties en (profiel)werkstukken.

Naast de docenten zijn ook de leerlingen enthousiast over GLOBE. Op de fiets naar de locatie van het veldwerk zegt een van hen: 'Bij GLOBE doen we lekker veel in de praktijk. Bij biologie blijft het bij theorie en leren uit een boek. Nu mogen we het allemaal zelf een keer echt doen'.

Het is erg inspirerend voor leerlingen om onderzoek te doen waarvan de gegevens ook echt door wetenschappers gebruikt worden. Voor meer informatie kijk op: www.globenederland.nl





Meten van bodemgezondheid & ecosysteemdiensten

Het meten van ecosysteemdiensten is nodig om daadwerkelijk vast te stellen hoe gezond een bodem is. Wanneer een eventuele afwijking van de gezonde situatie ongewenst is, dan is handelingsperspectief nodig om met effectieve maatregelen het bodembeheer te verduurzamen. Het resultaat van de maatregelen moet vastgesteld worden via een vergelijkbaar meetsysteem als waarmee de bodemgezondheid werd gemeten. Het goede nieuws is dat met relatief eenvoudige indicatoren ecosysteemdiensten van de bodem gemeten kunnen worden.

Onderzoekers hebben de afgelopen jaren gewerkt aan de vraag hoe bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten gemeten moeten worden (11). Men is uitgekomen op metingen in de systeembenadering, namelijk het samenspel van bodemorganismen, in samenhang met hun abiotische (niet levende) omgeving. Dat was ook te verwachten, want het hele complex draagt bij aan het functioneren van het systeem. Met andere woorden, met behulp van metingen aan het bodemleven en de abiotische aspecten van het bodemsysteem (indicatoren) is het mogelijk om ecosysteemdiensten te kwantificeren. Duurzaam beheer van de bodem is gericht op het gezond houden van een divers en actief bodemleven, om er voor te zorgen dat de bodem op de lange termijn goed blijft functioneren.

Met de gezondheid van de bodem is het net als met de gezondheid van de mens. We meten van alles aan ons lichaam, maar dat geeft geen volledige zekerheid dat we gezond zijn. De metingen zijn vaak simpel en goedkoop, neem bijvoorbeeld de koortsthermometer. Dit geldt ook voor de bodem, het is een complex systeem, maar veel indicatoren zijn helemaal niet duur. Een analyse van bijvoorbeeld de aaltjesgemeenschap is ongeveer even duur als een bepaling van de nutriëntenstatus of een set bodemverontreinigende metalen, namelijk in de orde grootte van 50 euro. We verkrijgen daarmee een goed inzicht in de gezondheid van de bodem, maar geen zekerheid. Kijken we bijvoorbeeld ook nog naar de regenwormen (na enige oefening kan iedereen dat ook zelf), dan neemt de betrouwbaarheid van de bepaling van de bodemgezondheid verder toe.

De Referenties Biologische Bodemkwaliteit (RBB) zijn nu de beste (duurzaamste) bodems van Nederland



De bodem gemeten

In 1993 is het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) gestart om de bodemkwaliteit en bodemgezondheid te meten. Op steeds meer plaatsen wordt regelmatig gemeten (nu 360). Daarbij worden zaken als bodemdichtheid, organische stofgehalte en vochtgehalte bepaald en wordt met de Bodembioologische indicator (Bobi) een reeks bodembioologische eigenschappen vastgesteld. Bobi bevat de meest voorkomende bodemorganismen zoals bodembacteriën, schimmels, aaltjes, potwormen, mijten, springstaarten en regenwormen, en enkele bodemprocessen zoals koolstof- en stikstofmineralisatie.

Het bodemgebruik en de wijze van beheer blijken van doorslaggevende betekenis te zijn voor het vóórkomen van bodemorganismen. Zo is vastgesteld dat regenwormen en potwormen vooral veel voorkomen bij melkveebedrijven op klei, löss en veen. In natuurterreinen en halfnatuurlijke graslanden komen regenwormen veel minder voor. Nog een conclusie is dat de soortenrijkdom aan aaltjes daalt naarmate de hoeveelheid vee per hectare stijgt. Vooral het aantal schimmeletende aaltjes neemt dan sterk af. Hun aan- of afwezigheid heeft gevolgen voor het functioneren van de bodem.

De bodems die het beste scoren op het gebied van de bodembiodiversiteit en de meest optimale mix van ecosysteemdiensten in zich hebben zijn geselecteerd als streefbodems voor duurzaam bodembeheer (duurzame referenties). Tien verschillende categorieën bodembeheer en grondsoorten zijn onderscheiden als eerste grove indeling van veel voorkomende bodems. Deze tien categorieën staan voor ruim driekwart van het onbedekte oppervlak van Nederland.

Bodemgezondheid en ecosystemendiensten zijn meetbaar met simpele indicatoren

Voor de selectie van de referenties is ervaringskennis uit de landbouw, de milieubeweging en de wetenschap (bodemecologie en bodemkunde) bij elkaar gebracht. Ondanks de verschillende brillen van betrokken personen, waren de partijen het vaak met elkaar eens over de locaties met de meest duurzame bodems.

Het laatste deel van deze publicatie beschrijft stuk voor stuk de tien categorieën van grondsoort en bodemgebruik. Tevens worden de belangrijkste eigenschappen van de referentiebodems genoemd op basis van de Bobi- en de abiotische gegevens, en kenmerken van het bodembeheer. Op de losse kaarten zijn de kenmerken ook in getal uitgedrukt. Als er meer gegevens beschikbaar komen dan zullen de losse kaarten worden vervangen door nieuwe versies. De referenties zijn 'niet in beton gegoten'; ze representeren de huidige stand van de kennis van de levende Nederlandse bodem op basis van de meest recente gegevens.



Vervolgens is gekeken naar de vraag wat nodig is om de kwaliteit van bodems die lager scoorden op het peil van de streefbodem te brengen. De selectie van maatregelen is gebaseerd op de best beschikbare kennis en gegevens (6). Door praktijktoepassing neemt de ervaring toe zodat de gezondheid van de bodem en de effectiviteit van maatregelen steeds scherper in beeld komen.

Een praktisch meetsysteem

De Bodembioologische indicator (Bobi) is een praktisch, maar wel relatief uitgebreid meetsysteem voor toepassing in een meetnet. Een team van RIVM, Alterra, Wageningen Universiteit, Louis Bolk Instituut en BLGG AgroXpertus gebruiken Bobi om de bodembiodiversiteit in Nederland te inventariseren. Om de gezondheid van de bodem op locatie X te meten is het meestal niet nodig om alle indicatoren van Bobi te gebruiken. Een analyse van bijvoorbeeld de aaltjesgemeenschap bevat al veel bruikbare informatie. Daarnaast is kennis van omgevingsfactoren van belang: de chemische en fysische toestand van de bodem zoals grondsoort, lutumgehalte, organische stof, pH, stikstof, fosfaat, dichtheid, kruimelstructuur en vocht. De prestaties van de ecosysteemdiensten worden berekend op basis van de informatie uit de biologische en abiotische indicatoren (11). Landbouwkundige adviesbureaus en kennisinstellingen denken ook verder na over verbetering van indicatoren voor ecosysteemdiensten, bijvoorbeeld door het gebruik van DNA-technieken en 'remote sensing' (meten op afstand).

Wanneer de ecosysteemdiensten gemeten zijn, worden ze vergeleken met het niveau van de ecosysteemdiensten bij de streefbodems (duurzame referenties) zodat men de afwijking kan bepalen ten opzichte van een gezonde bodem. Hiermee hebben boeren en andere bodembeheerders een instrument in handen om maatregelen naar duurzaam bodembeheer op een inzichtelijke manier te onderbouwen en de baten te monitoren.

Velen zijn zich er van bewust dat deze manier van denken en omgaan met de bodem nieuw is. Niet alles is tot in de details uitgewerkt en beproefd. De belofte is groot: een duurzame en robuuste bodem die vele baten oplevert. Ga aan de gang met bodemgezondheid en vergelijk je eigen bodem met de referentie-bodem. RIVM en haar partners in het Bobi-consortium zijn bereid om mee te denken en ondersteuning te bieden bij het benoemen van belangrijke ecosysteemdiensten, het meten van de bodemgezondheid, toepassing van de duurzame referenties en de inschatting van de effectiviteit van maatregelen.

Met de Bodembioologische indicator (Bobi) zijn ecosysteemdiensten op 360 plaatsen in Nederland gemeten



Interview met akkerbouwer Aad Klompe

Technische oplossingen onontbeerlijk voor beter bodemleven

Akkerbouwer Aad Klompe uit Oud-Beijerland is op het 170 hectare grote bedrijf van hem en zijn broers al heel lang en intensief bezig met bodemgezondheid. 'In de afgelopen decennia hebben we op grote schaal rooibouw gepleegd op onze bodems', constateert hij. 'Veel gronden verkeren in slechte conditie en zijn uitgeput. Dat komt doordat we er met steeds grotere en zwaardere machines op gaan. Daar doen we wel bredere banden onder, of rupsen, maar we maken ze ook weer groter. Als je steeds met veertig ton de akker op gaat, houdt dat een keer op. Verdichting slaat toe, de structuur bederft en je kunt steeds minder met de bodem beginnen.'

Ook het beleid maakt het moeilijk de bodem in conditie te houden, meent hij. 'Het mestbeleid, dat eigenlijk bedoeld is voor de zandgronden, is vrij klakkeloos gekopieerd naar klei. Daardoor moeten wij suboptimaal bemesten en kunnen we te weinig organische stof en groenbemesters gebruiken. Dat moet evengoed anders.'

Een keer ten goede begint echter met technische oplossingen, meent Klompe. Niet omwille van de techniek, maar het is een noodzakelijk middel, vindt hij. Klompe heeft voor zichzelf al aardig in beeld hoe het moet. 'Door middel van automatisering en robotisering moeten we toe naar lichtere machines, die de bodem ontzien. Met rtk-GPS (een tot op de centimeter nauwkeurige GPS-variant) moeten we vervolgens het land bewerken. Daarvoor is eerst nodig dat we alle bodems opnieuw invoeren in digitale kaartsystemen, die de realiteit op de akker weerspiegelen. We moeten dan ook invoeren wat de lokale grondsoort is en wat de structuur, textuur, hoogteligging en het nutriëntengehalte is. Pas als we dat allemaal in beeld hebben, kunnen we een start maken met de verbetering van de bodem.'

De eerste bewerking is die van schadeherstel. De bodem moet mechanisch weer losgemaakt worden. Daarna is bewerking nodig met lichte machines over vaste rijpaden. Voor de bemesting is een gift op maat nodig, toegesneden op de behoeften van delen van een perceel. Klompe benadrukt dat het zonder meer nodig is de bodem eerst op te knappen met bemesting en organische stof. Dan pas kan herstel van het bodemleven volgen. 'Als het herstel eenmaal op gang komt, krijg je een positief sneeuwbaaleffect en pluk je daar als boer de vruchten van', meent hij.

De akkerbouwer is het dan ook niet helemaal eens met mensen die zeggen dat bodem geen hernieuwbare hulpbron is. 'Een bodem kan zich behoorlijk herstellen van geleden schade, maar dan moet je hem wel eerst met technische hulpmiddelen weer op gang helpen.'

Initiatieven naar duurzame bodems

Tien Nederlandse bodems op een rij



In dit deel en op de los bijgevoegde kaarten vindt u beschrijvingen van tien Nederlands bodems. Samen vertegenwoordigen deze categorieën bodemgebruik en grondsoort ruim driekwart van Nederland. Er is aandacht voor het gemiddelde niveau van bodemeigenschappen en bodemorganismen. Vervolgens worden de belangrijkste kenmerken van een duurzame referentiebodem beschreven, hoe succesvol bodembeheer hier op aansluit en wat dit vervolgens oplevert.

Bij elke bodem is een kleurige amoëbe-figuur weergegeven waarin tien aspecten van de levende bodem zijn afgebeeld. In de figuur ziet u hoe het bodemleven er voor staat ten opzichte van het gemiddelde bodemleven in Nederland. Alle tien amoëbe figuren zijn op dezelfde wijze samengesteld. De cirkel geeft het gemiddelde niveau in Nederland aan voor elk bodembologisch aspect (100%).

De gekleurde taartpunten stellen elk een biologisch bodemkenmerk voor. Als een taartpunt dus buiten de cirkel uitsteekt, heeft het betreffende bodembologische kenmerk een hogere waarde dan de gemiddelde bodem in Nederland, en omgekeerd. Bij een aantal amoëbe-figuren ontbreekt de blauwe taartpunt met informatie over de biomassa van de schimmels, omdat er geen gegevens waren.

Legenda bij de amoëbe-figuren

-  totale diversiteit van het bodemleven
-  dichtheid micro-arthropoden (mijten, springstaarten)
-  dichtheid nematoden (aaltjes)
-  dichtheid potwormen
-  dichtheid regenwormen
-  functionele diversiteit van bacteriën
-  potentiële N-mineralisatie
-  potentiële C-mineralisatie
-  biomassa schimmel
-  biomassa bacteriën

Akkerbouw op klei



Akkerbouw op klei

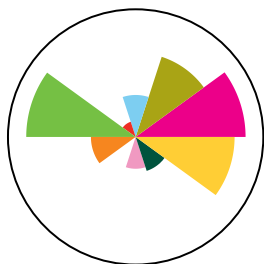
De Nederlandse zeekleigebieden zijn te vinden in het zuidwesten, in Noord-Nederland, in de droogmakerijen van het veengebied en in de IJsselmeerpolders. Daarnaast liggen er langs de rivieren gebieden met rivierklei. De zeekleigebieden kennen grote onderlinge verschillen. Er zijn gebieden met oude klei en met jonge klei en er zijn verschillen naar geografische ligging.

De zuurgraad is gemiddeld vrij hoog (pH 7,5). Dit komt door de nog aanwezige kalkafzettingen in de zeeklei. Door deze hoge zuurgraad wordt organische stof snel omgezet. Dit maakt de bodems hoogproductief, maar zorgt er ook voor dat het gehalte aan organische stof in de bodem laag is (gemiddeld 2,5%). In de kleibodems onder akkerbouw komen weinig micro-organismen en nematoden voor. Het zeekleigebied heeft een goed te regelen waterbeheer en een zeer vruchtbare en draagkrachtige bodem. De zeekleigebieden zijn de beste landbouwgebieden van Nederland. Akkerbouw is nog steeds de meest voorkomende wijze van gebruik.

De zeekleibodem heeft de neiging zich te verdichten. Dit hindert de doorworteling. Bij overvloedige regen staan percelen snel blank. Probleem is dat de capaciteit van de grond om water op te nemen te klein is. Diepploegen werkt averechts. Door de

vele bodembewerkingen zijn gewasrotaties essentieel. Akkerbouwers telen relatief veel (poot) aardappelen, bieten en groenten op de klei, hoewel deze teelten niet goed zijn voor de bodemstructuur. Granen zijn beter, maar leverden tot voor kort vaak te weinig op. Mede door de beperkte gewaskeuze moeten relatief veel gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt. Soms zijn ook andere rigoureuze ingrepen nodig om ziekteverwekkers en bodemparasieten te lijf te gaan, zoals het onder water zetten van percelen.

De bedrijven in de referentiecategorie (het streefdoel) scoren onder meer goed op gehalte aan organische stof (minimaal 2,0%) en een redelijk ruim bouwplan. Rotaties met klaver of gras en gebruik van organische mest en/of groenbemesters belangrijk om organische koolstof en stikstof vast te houden. Dit heeft een positief effect op de productie én de klimaatregulatie. Het bouwplan en de teeltwisselingen zijn met zorg gekozen en voldoende ruim. De plaagbestrijding wordt afgestemd op het vóórkomen, niet het voorkómen van plaagorganismen. Het bodemleven moet wel voldoende divers en rijk aan soorten zijn. Ook moeten bodemprocessen, zoals de stikstofcyclus, goed in orde zijn. Dit beheer levert een robuuste en duurzame akkerbouw op, met een redelijke productie, en besparingen op bodembewerking en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.



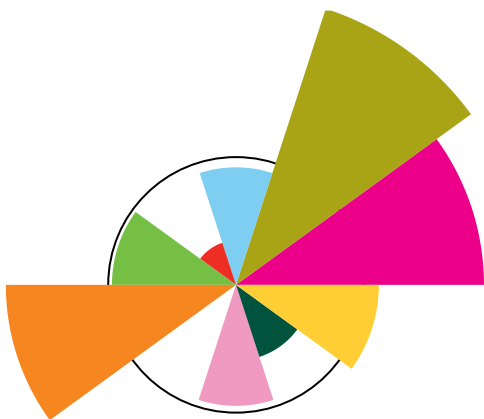
Figuur 6. De dichtheid en biomassa van de meeste bodemorganismen en de C-mineralisatie (gebaseerd op CO₂-productie) en de N-mineralisatie (gebaseerd op NH₄ en NO₃-productie) is in akkerbouw op klei laag vergeleken met de gemiddelde Nederlandse bodem. De dichtheid micro-arthropoden is extreem laag (12%).

Melkveehouderij op klei

Melkveebedrijven op klei zijn te vinden in de Nederlandse kustgebieden, steeds vaker in de IJsselmeerpolders en in de rivierdalen van met name Maas, Rijn en IJssel. Ook hier is de pH van de bodems relatief hoog, zij het in rivierklei een fractie lager dan in zeeklei. Het gehalte aan organische stof in rivierklei is echter bijna 2% hoger (8,0% tegen 6,3%). De biologische bedrijven op zeeklei scoren gemiddeld 4,3% hoger (10,8%). Op deze bedrijven wordt het grasland minder vaak gescheurd en is er meer oog voor de balans van organische stof.

Lokaal zijn er soms wat problemen met verdichting van de zee- en rivierkleibodem, maar desondanks zijn dit de beste landbouwgebieden. Ze hebben een goede tot optimale waterhuishouding, zijn erg vruchtbaar en zijn geschikt voor nagenoeg alle vormen van landbouw. Het is van belang om verdichting te voorkomen door minder wieldruk, lagere bandenspanning en minder bewerkingen. Een goede porositeit biedt fysieke ruimte voor het bodemleven en wortelontwikkeling en een betere waterregulatie.

De bedrijven in de referentiecategorie scoren het best op productiviteit van het bodemecosysteem. De gronden hebben een rijk bodemleven. Het gehalte aan organische stof is meestal vrij laag door de sterke stikstofmineralisatie. Succesvol beheer is gebaseerd op beperking van het kunstmestgebruik ten gunste van organische mestsoorten. Het grasland wordt niet vaker dan eens per vijf jaar gescheurd en de biodiversiteit in de bodem is, afgemeten aan de soorten bodemleven en bodemprocessen, groot. Dit levert robuuste systemen op met een hoge productie per hectare en een relatief beperkte aanvoer van voer, mest en brandstof van buiten het bedrijf. Met andere woorden het aantal externe hectares (de ecologische voetafdruk van een bedrijf) is gering of zelfs negatief. In het laatste geval is een bedrijf dus zeer duurzaam.



Figuur 7. Het aantal regenwormen en potwormen en de bacteriële biomassa bij melkveehouderij op klei is ongeveer twee keer zo hoog als in de gemiddelde Nederlandse bodem.

Melkveehouderij op klei





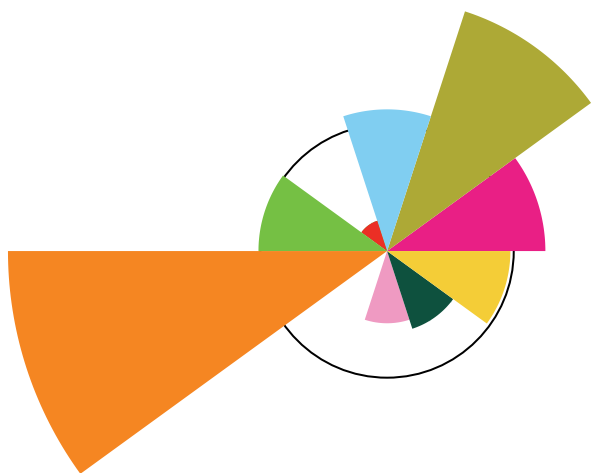
Melkveehouderij op löss

Melkveehouderij op löss

De voor de melkveehouderij geschikte gronden liggen meest op de hoger gelegen plateaus. De beekdalen en hellingen hebben doorgaans een natuur- of recreatiebestemming en zijn in handen van de terreinbeherende organisaties.

Het gehalte aan deeltjes kleiner dan twee micrometer (lutum) in de lössbodem is 15%. De gemiddelde zuurgraad van de graslanden bedraagt 6,4, het gehalte aan organische stof is gemiddeld 4,3%. Op de hellingen van het lössplateau in Zuid-Limburg is erosie een belangrijke bedreiging voor de bodemkwaliteit. Het voorkomen hiervan door minder grond braak te laten liggen en minder bodem bewerking levert meer voordelen op: minder verlies van organische stof, een beter bodemleven en een betere bodemstructuur.

De referentiebedrijven scoorden met name goed op een hoge potentiële stikstofmineralisatie, een grote diversiteit aan bacteriegemeenschappen en een hoge dichtheid en diversiteit van regenwormen. Succesvol beheer is net als bij kleibodems gebaseerd op beperking van het kunstmestgebruik ten gunste van organische mestsoorten. Het grasland wordt niet vaker dan eens per vijf jaar gescheurd en de biodiversiteit in de bodem is, afgemeten aan de soorten bodemleven en bodemprocessen, groot.



Figuur 8. Melkveehouderij op löss heeft een groot aantal potwormen en een hoge bacteriële biomassa, maar een gemiddelde regenwormendichtheid. Het valt op dat de C-mineralisatiesnelheid bij löss lager is dan bij melkveehouderij op klei.

Melkveehouderij op veen

Laagveengebieden in Nederland zijn te vinden in Noord- en Zuid-Holland, Utrecht, Friesland en in de kop van Overijssel. Hierop vindt vrijwel uitsluitend (melk)veehouderij plaats. Dit gaat met enige beperkingen, want de waterhuishouding en de verkaveling zijn niet altijd optimaal. Daarbij is het laagveenlandschap rijk aan geschiedenis. Veel Nederlanders willen dat behouden. Veelal zijn het halfnatuurlijke landschappen.

De gemiddelde zuurgraad van de laagveenbodems is 4,7. Het gehalte aan organische stof ligt tussen de 30% en 40% en het gehalte aan deeltjes van twee micrometer of kleiner (lutum) bedraagt 27%.

Het kiezen van een referentie was lastig, omdat bijna alle laagveenbodems door het lange gebruik, door mineralisatie en inklinking vrij sterk zijn aangetast. Uiteindelijk zijn vier bedrijven met een relatief gezonde bodem geselecteerd. Daar bleek

een goede mijten- en springstaartenpopulatie aanwezig, de nematodengemeenschap was hier matig. Een deel van de veenbodems is in vroegere tijden opgehoogd en verstevigd met onder meer stadsafval. Hierdoor ligt er een zogenoemd toemaakdek van vijftien tot vijftig centimeter dik op deze bodems. Dit dek is veelal vervuild met zware metalen. Het is niet te verwonderen dat de bodems met een dik toemaakdek slecht worden beoordeeld.

Algemeen probleem van de laagveengronden is dat ze door de eeuwenlange ontwatering sterk zijn ingeklonken. Nog steeds daalt in de sterkst ontwaterde gebieden de bodem met enkele centimeters per jaar. Oxidatie van veen en bodemdaling hebben er voor gezorgd dat nu alle laagveengebieden onder de zeespiegel liggen. Dit geeft op langere termijn allerlei problemen voor de landbouw en voor de beveiliging van Nederland tegen wateroverlast.

Om verdere aantasting van de veenbodems te voorkomen, moet het grondwaterpeil worden verhoogd en de drainage, vooral tijdens de zomermaanden, worden verbeterd. Bodembewerking geeft versnelde afbraak van organische stof en extra CO₂ uitstoot (klimaatfunctie) en moet dus voorkomen worden. Het gehalte aan organische stof mag niet verder dalen en verdichting van de bodem dient te worden tegengegaan. Succesvol beheer is daarom: geen zware machines, niet op het land bij te natte omstandigheden en een extensieve beweiding. Ook kan de bodem beter niet worden gescheurd, voor behoud van organische stof en koolstof en stikstof vastlegging. Het beste is permanent gras. Het levert een duurzamer veenweidenbeheer op, waar vele generaties nog van zullen profiteren.



Figuur 9. Melkveehouderij op veen heeft een gemiddelde totale biodiversiteit, maar hele hoge waarden voor de C- en N-mineralisatiesnelheid. Dit duidt in het algemeen op afbraak (oxidatie) van veen, waardoor nutriënten vrij worden gemaakt. Het veen bevat relatief hoge dichtheden bodemorganismen.

Melkveehouderij op veen



Akkerbouw op zand



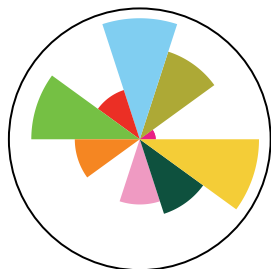
Akkerbouw op zand

Zandgronden zijn te vinden in Noordoost-, Oost- en Zuid-Nederland. Het zijn van oorsprong niet de meest geschikte akkerbouwgronden, maar door eeuwenlange ophoging met plaggen en dierlijke mest is een dikke, humushoudende bovenlaag gecreëerd. Die is voldoende geschikt voor de akkerbouw.

Op akkerbouwgronden op zand is de aanspraak op de bodemdiensten weerstand, veerkracht en flexibiliteit groot onder andere als gevolg van lagere hoeveelheden organische stof en bodemleven. Op akkerbouwgronden vindt relatief zware bodembewerking en veranderingen in gebruik en vruchtwisseling plaats. Deze gronden hebben een gemiddelde zuurgraad van 5,1 en een dito gehalte aan organische stof van 7,6 %.

De bodem op de streefbedrijven heeft een iets hogere zuurgraad dan het gemiddelde in Nederland. Het gehalte organische stof is gemiddeld 6,9%. Het aantal en de soortenrijkdom van potwormen, regenwormen en nematoden is op de streefbedrijven opvallend hoger dan gemiddeld. Dit wordt als positief beoordeeld. Bedacht moet worden dat de meest nematoden onschadelijk zijn voor akkerbouwgewassen.

Succesvol beheer bestaat uit maatregelen om akkerbouw op zandbodems te verduurzamen door aandacht voor organische stof en bodembiodiversiteit, zoals: gebruik van voldoende organische mest, inzet van groenbemesters, vruchtwisseling, beperkte bodembewerking en gebruik van lichte machines. De grond ploegen is soms een goede maatregel om verdichting van de bodem op te heffen, maar het pakt vaak ook heel verkeerd uit. Reden is dat hierdoor de structuur van verticale gangen, die door regenwormen is gevormd in de bodem in één keer wordt vernietigd. Aandacht voor de organische stofhuishouding levert robuuste systemen op die weerstand bieden en flexibiliteit bevorderen. Een goede kwaliteit organische stof in de bodem biedt ook weerstand tegen ziekten en plagen, zodat minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn.



Figuur 10. Akkerbouw op zand heeft een lage biodiversiteit en biomassa van bodemorganismen in vergelijking met de gemiddelde Nederlandse bodem. Met name de regenwormendichtheid en de bacteriebiomassa zijn relatief laag (12% en 49%).

Melkveehouderij op zand

De melkveebedrijven op zand liggen voornamelijk in het midden, oosten en zuiden van het land.

De gronden onder deze bedrijven zijn voor het grootste deel zanderig, met een klein percentage leem, klei, organische stof en voedingsstoffen.

De zuurgraad is van nature laag, maar wordt door bekalking op peil gehouden. Het grondwater ligt vaak ongeveer een meter onder het maaiveld. Het grasland wordt regelmatig vernieuwd en is ingezaaid met vooral raaigras en soms ook klaver. Het laatste om de stikstofvoorziening op peil te houden. Ook wordt bijna een kwart van het bedrijfsareaal gebruikt voor de maisteelt.

De continueelt van mais is geen duurzame manier van bodembeheer. Het bodemleven verschaalt ernstig. Het aantal wormen is bij continueelt van mais bijzonder laag, terwijl ook de ademhaling van de bodem (ofwel de koolzuurproductie) laag is. Een lage ademhaling wijst op weinig activiteit van ook de kleinere bodemorganismen. De enige manier om bodemademhaling en bodemleven te stimuleren lijkt vruchtwisseling met gras.

Dit leidt echter weer tot een ander dilemma. Op een bedrijf met bij voorbeeld zeventig procent gras en dertig procent mais gaat de gewasrotatie van mais met gras ten koste van blijvend grasland. Onder grasland heeft het bodemleven minimaal vijf jaar tijd nodig om zich te herstellen van een

grondbewerking, zoals ploegen. Dat lukt niet met zeventig procent gras en dertig procent mais. Een tussenweg lijkt om de maisteelt af te wisselen met een of twee jaar gras en het overige grasland zo lang mogelijk met rust te laten. Dan zal in het maisland toch een lichte opbouw van organische stof plaatsvinden en krijgt het bodemleven de gelegenheid zich licht te herstellen. Belangrijk voordeel van het uitstellen van de graslandvernieuwing is niet alleen een beter bodemleven, maar ook een gunstiger stikstofmineralisatie. Naast gras gebruiken veehouders in toenemende mate witte klaver. Dit is minder goed voor de bodemstructuur dan gras, maar levert een grotere hoeveelheid wormen op. Daarom wordt voorgesteld om een combinatie van gras en klaver in te zaaien. Dit combineert het beste van beide.

Succesvol beheer bestaat uit maatregelen om de bodem het meeste werk zelf te laten doen: gebruik van organische mest, beperkte bodembewerking, aandacht voor de zuurgraad en gebruik van lichte machines. Het grasland wordt niet vaak gescheurd (een keer per vijf tot zeven jaar) en de biodiversiteit in de bodem is, afgemeten aan de soorten bodemleven en bodemprocessen, groot. Dit levert robuuste systemen op met een redelijke productie per hectare en een relatief beperkte aanvoer van voer, mest en brandstof van buiten het bedrijf. Met andere woorden het aantal externe hectares (de ecologische voetafdruk van een bedrijf) is relatief gering.



Figuur 11. Melkveehouderij op zand heeft een hoge nematoden dichtheid en N-mineralisatie in vergelijking met het gemiddelde van alle Nederlandse gronden.

A scenic landscape photograph of a Dutch dairy farm. In the foreground, a pond is filled with tall, green reeds. In the middle ground, a lush green field is populated by several black and white cows grazing. The background is a dense line of tall, leafy trees under a clear sky. The text 'Melkveehouderij op zand' is overlaid on the right side of the image.

Melkveehouderij op zand



Natuurlijk grasland op zand

Natuurlijk grasland op zand

Natuurlijke, of eigenlijk halfnatuurlijke, graslanden zijn er in Nederland in een grote verscheidenheid. Bij de natuurlijke graslanden op zand zijn er onder meer verschillen tussen nat en droog, varieert de voedselrijkdom en de zuurgraad, speelt het eerdere bodemgebruik mee en is het reliëf belangrijk. Factoren als begroeiing, landschap en beheer (maaïen of beweiden) spelen eveneens mee.

De meeste natuurlijke graslanden zijn relatief kort geleden uit productie genomen en verkeren nog in een overgangsfase. Het bodemleven verandert door dat er geen bemesting en waterpeilbeheer meer plaats vindt.

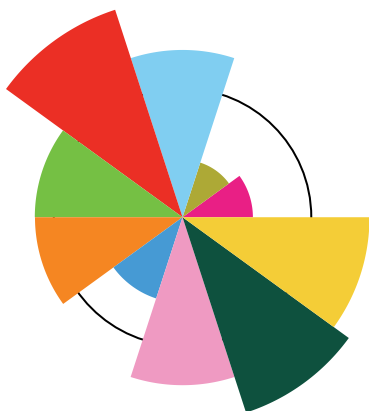
Het opstellen van een goede referentie voor de natuurlijke graslanden op zand was lastig, omdat relatief weinig locaties zijn geanalyseerd. Daarnaast mag verwacht worden dat de variatie in de natuurlijke graslanden van Nederland groter is dan van grasland bij de melkveehouderij, want variatie is bij uitstek een kenmerk van natuurlijke systemen.

Alle onderzochte landschappen zijn in beheer bij de Provinciale Landschappen of Staatsbosbeheer. De onderzochte gronden varieerden in begrazing en maaibeheer. Ondanks al deze verschillen was het toch verant-

woord om een referentie op te stellen. De referentiewaarden lijken vooral van de gemiddelde waarden te verschillen bij de microbiologische activiteit en de bodemchemische aspecten. Anders dan bij productieland is in natuurlijk grasland nog een vrij grote variatie aan grassen en kruiden aanwezig. Op veel plaatsen is echter nog raaigras uit de productielandbouw aanwezig en gaat de herkolonisering door natuurlijker gras- en kruidensoorten langzaam.

Voor een overgang van productiegrasland naar natuurlijk grasland zijn percelen met een relatief voedselarme bodem het meest geschikt. Een verleden als soortenrijk grasland helpt mee om een vlotte overgang naar een meer natuurlijke status te bereiken, want in de bodem zit nog een zaadbank van de vroegere soorten. Op zandgrond gaat vershraling sneller dan op veen of klei.

Succesvol beheer is gebaseerd op maatregelen die vershraling bevorderen: niet bemesten, eventueel eenmalig mais telen (versnelt de vershraling), desnoods de toplaag afplaggen (maar dat is niet aan te bevelen), het maaïsel de eerste keren afvoeren, 'vershraling van diersoorten' voorkomen, geen bagger opbrengen, eventueel extensief beweiden (maximaal 0,5 grootvee-eenheden per hectare) en het op peil houden van de grondwaterstand. Vernatting van natuurlijk grasland heeft effecten op de klimaatfuncties door CO₂ vastlegging en methaanvorming.



Figuur 12. De biodiversiteit van bodemorganismen in natuurlijk grasland is hoog, maar de dichtheid is gemiddeld. Het aantal regenwormen en potwormen is lager, en die van de micro-arthropodengemeenschap hoger, dan die van de gemiddelde Nederlandse bodem.

Heide op zand

Heide is in wezen een cultuurlandschap. Het is droge podzolgrond waar eerder (loof)bos op stond, maar dat ooit door branden, kap en begrazing is verdwenen. Door intensieve begrazing en afplaggen bleef de heide in stand. Op droge heide komen naast enkele heidesoorten nog een beperkt aantal grassen voor, evenals de jeneverbes, grove den en eik. Op vochtiger plekken is ook dopheide te vinden en een aantal andere soorten, zoals ronde zonnedauw en pijpestrootje.

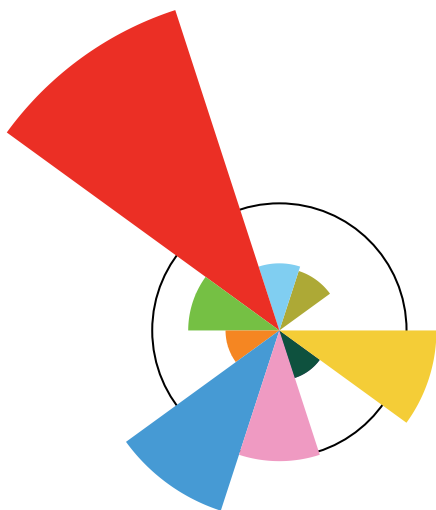
De heide die we nog kennen in Nederland komt steeds meer in het gedrang, door ruimtedruk, maar ook door vergrassing. Soorten als bochtige smeie en pijpestrootje verdringen de heideplanten. Tevens verdwijnen kruidensoorten en mossen. Hierdoor verschaalt ook de boven- en ondergrondse fauna. Voor instandhouding of herstel van heide is nu weer een intensief beheer nodig.

De zandbodem onder droge heide is schraal en heeft een lage zuurgraad. Hierdoor bevat de bodem relatief veel organische stof. Het fosfaatgehalte is laag, de grondwaterstand is dat ook en regenwormen zijn nagenoeg afwezig, net als in bossen. De bodem is wel rijk aan schimmels en micro-arthropoden.

Heide is ontstaan als gevolg van beweiding met schapen en afvoer van de mest. Om heide in stand te houden is plaggen een goede beheermethode. Omdat het een dure methode is, wordt die nogal eens nagelaten. Voor de bodemstructuur is plaggen niet goed, maar het geeft nieuwe kansen voor het kiemen van heideplanten. Plaggen moet bij voorkeur wel kleinschalig gebeuren voor het laten ontwikkelen van een dikke laag oud verteerd organisch materiaal. Nu worden grote oppervlakten vaak machinaal geplagd. Dit trekt een zware wissel op de aanwezige reptielenpopulaties, de zaadbank en ook het bodemleven herstellen slecht.

Een nog ingrijpender methode dan het plaggen is het omvormen van voormalige landbouwgronden tot heide. Dit gebeurt onder meer in de Brabantse Kampina. Hierbij wordt de voedselrijke toplaag tot veertig centimeter diep volledig verwijderd. Dit betekent een zware aantasting van de bodemstructuur en het bodemleven. Aanvankelijk lijkt de heide snel terug te komen, maar handhaving vergt dan vervolgens veel tijd en moeite.

Succesvol beheer van heide is gebaseerd op een minimale inspanning door beweiding in plaats van afplaggen en gericht op de opbouw van een humusrijke podzol door veroudering. Deze podzol heeft een belangrijke klimaatfunctie, omdat daarin veel koolstof ligt opgeslagen.



Figuur 13. Het bodemleven bij heide is beperkt, maar de micro-arthropoden en de schimmels gedijen relatief goed. Regenwormen zijn afwezig en potwormen nemen de functies over. De functionele diversiteit van bacteriën is hoog.



Heide op zand



Gemengd bos op zand

Gemengd bos op zand

Natuurlijk bos is er niet meer in Nederland. Er is wel bos dat sinds een jaar of veertig weer met rust wordt gelaten. Daarbij breidt het bosareaal zich weer sinds 250 jaar voortdurend uit. Anno 2002 was er 360.000 hectare bos, ofwel 11% van het totale landoppervlak.

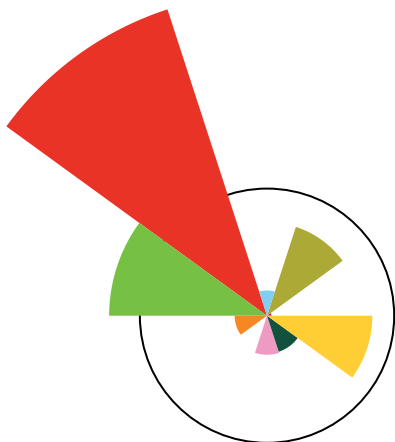
In Nederland worden vier categorieën bos onderscheiden: productiebossen, schermbossen, landgoedbossen en spontane bossen. Meer dan de helft van het bosareaal bestaat uit productiebos. Daar staan vooral uitheemse naaldbomen. Door de verschuivende aandacht naar recreatie wordt het bosbestand langzaam echter gevarieerder en natuurlijker. De oudste bossen waren gemengde loofbossen. Die treft men nu vooral aan op landgoederen, hoewel ook elders het areaal loofbos sterk groeit.

De bodems onder de bossen hebben meestal een gelaagde opbouw, met een organische en een minerale laag. Bovenop ligt een dikke laag naalden (of bladeren), die verder naar beneden steeds verder afgebroken wordt en eindigt in een dunne humuslaag. Deze ligt op de overgang naar de minerale bodem. De humus spoelt langzaam uit naar deze onderliggende laag of wordt er door

bodemdieren doorheen gemengd. In bodems met een lage zuurgraad ontstaat een podzol. Dit zijn bodems met een harde, donkere laag boven op het lichtgekleurde zand. Onder loofbossen ligt meestal een dunnere strooisellaag en is de grond beter gemengd, mede dankzij de regenwormen.

De bosbodems zijn tamelijk zuur, met een gemiddelde zuurgraad van 3,2. Het gehalte aan organische stof is 6,0%. Het fosfaatgehalte is laag, met een gemiddelde van 2,7 milligram per 100 gram grond. Vergeleken met landbouwgronden zijn de concentraties zware metalen laag. Verder komen weinig regenwormen en nematoden voor. Wel leven er veel schimmels en is zowel de diversiteit als het aantal springstaarten en mijten er het hoogst van alle bodemsoorten.

Net als voor de natuurlijke graslanden geldt ook voor bossen dat variatie meer regel is dan uitzondering. Dit bemoeilijkt het selecteren van een duurzame referentie. Toch is uit de verschillende voorkeurslijstjes één referentie gekozen op basis van vier locaties. Bij toepassing van deze referentie dient men zich ervan te vergewissen of het te beoordelen bos in voldoende mate overeenkomt met het gemengde bos op de referentielocaties. Als dit niet het geval is kan men overgaan tot het samenstellen van een eigen referentie, of tot de andere gegevens in het Bobi-databestand.



Figuur 14. Gemengd bos op zand heeft de hoogste micro-arthropodendichtheid en soortenrijkdom in Nederland en een hoge totale bodembiodiversiteit in vergelijking met de gemiddelde Nederlandse bodem.

Stadspark op zand

Groen in en om de stad is onmisbaar voor een goede kwaliteit van de woon- en leefomgeving. Buitenstedelijk groen is ook belangrijk, maar kan het binnenstedelijke groen niet vervangen. Andersom is dat ook zo.

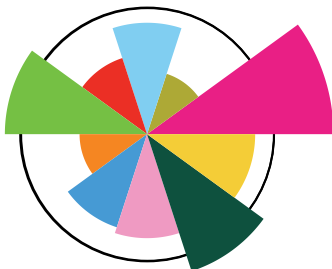
In de voorbije decennia is veel groen in en om de stad verdwenen. Dit komt vooral door het beleid van de compacte stad. Het groeiende besef dat stedelijk groen veel bijdraagt aan een leefbaar stadsmilieu en -klimaat leidt tot een andere economische waardering zodat een groenere stad dichterbij komt. De toegenomen aandacht voor bijvoorbeeld groene gevels en daken en stadslandbouw illustreert dit (9).

De bodems onder grasstroken in stadsparken en andere urbane groengebieden zijn nog niet uitputtend bemonsterd. Toch bleken uit de aanwezige monstergegevens enkele verrassende resultaten. Verschillende regenwormen waren elders nog niet eerder aangetroffen en konden zelfs niet worden gedetermineerd. Ook is de diversiteit van categorieën potwormen en nematoden hoog. De zuurgraad bedroeg gemiddeld 6,5, het gehalte aan organische stof 6,0% en het gehalte aan lutum deeltjes bedroeg 7,0%.

Vergeleken met landbouw en natuur waren de concentraties zware metalen tamelijk hoog, vooral van lood en zink.

De bodems onder de stadsparken verschillen onderling vaak behoorlijk. Het is ook niet de bedoeling het beheer van deze parken met een referentie op exact dezelfde manier te regelen. De referenties voor de biologische bodemkwaliteit kunnen echter wel een hulpmiddel zijn om efficiënt met de gebruiksmogelijkheden van de verschillende bodems om te gaan en ze duurzaam te benutten.

Succesvol bodembeheer in het urbane gebied is gebaseerd op de volgende algemene principes: wees zuinig op de niet afgedekte bodem, voorkom gesloten bedekking, vermijd kerende grondbewerking, stem inrichting van parken af op de bodemgesteldheid, voorkom bodemverdichting door lichte machines en regulatie van betreding en geef de organische stof aandacht door zo min mogelijk afvoer van maaisel. Het levert robuuste, onderhoudsvriendelijke systemen op, die een positieve bijdrage leveren aan het klimaat in de stad, een betere waterregulatie, betere grondwaterkwaliteit en een hoogwaardige inrichting van de leefomgeving (9).



Figuur 15. De biodiversiteit van bodemorganismen in stadsparken op zand is verrassend groot. De dichtheid van de regenwormgemeenschap is ook groot in vergelijking met de gemiddelde Nederlandse bodem.

Stadspark op zand







Maatschappelijke stage bij de boer

Met de maatschappelijke stage 'Meten voor een duurzame boerderij' helpen middelbare scholieren boeren en klimaatonderzoekers. Op de boerderij voeren ze metingen aan de bodem uit. De gegevens die ze zo verzamelen zijn voor de boer interessant met het oog op het verbeteren van zijn bedrijfsvoering. Daarnaast gebruiken wetenschappers van RIVM en Wageningen Universiteit de gegevens voor hun onderzoek. Welke invloed heeft bijvoorbeeld agrarisch natuurbeheer op de kwaliteit van de bodem? Naast het doen van de metingen helpen de leerlingen mee op de boerderij en komen meer te weten over het reilen en zeilen op de boerderij. Iedere school en elke boer kan nu aan de slag met de stage. Op de website www.globenederland.nl/mas is een overzicht beschikbaar van boeren en scholen die hebben aangegeven mee te willen werken aan de stage. In overleg tussen leerlingen, school, boer en eventueel stagemakelaar wordt de stage, het tijdstip en het aantal leerlingen ingevuld. Het initiatief van deze maatschappelijke stage komt van Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie.

www.globenederland.nl

Initiatieven naar duurzame bodems



Het bodemleven van Nederland

Het bodemleven onttrekt zich voor het grootste deel aan het blote oog. Regenwormen zijn soms wel goed te zien en worden daarom beschouwd als de ‘aaibare’ bodemorganismen.

In dit deel wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van veel voorkomende bodemorganismen in Nederland en de bijdrage die ze leveren aan de belangrijkste ecosysteemdiensten.



Het bodemleven van Nederland

In totaal worden zeven groepen bodemorganismen onderscheiden. Ruwweg van klein naar groot gerekend zijn dat: bacteriën, protozoën, schimmels, aaltjes, de groep van mijten en springstaarten, potwormen en regenwormen. Deze groepen hebben allemaal een unieke taak in het bodemvoedselweb. De afbraak van organische koolstof afkomstig van planten levert de energie en de koolstof voor het bodemleven. Hierbij worden biomassa, bodemorganische stof en ook veel CO₂ gevormd. De oxidatie van organische koolstof tot CO₂ wordt ook wel C-mineralisatie genoemd.

Bacteriën

Bacteriën zijn de kleinste en meest voorkomende bodemorganismen. Ze hebben een omvang van een paar micrometer en zijn overal. Alleen al een theelepel grond bevat miljarden bacteriën. We kunnen ze tellen en onderscheiden, en duidelijk is dat bacteriën bijna bij elk aspect van de levende bodem betrokken zijn. Zo kunnen ze heel efficiënt voedingsstoffen opnemen, hebben ze grote invloed op de levering van voedingsstoffen aan planten en vormen ze een voedingsbron voor bodemdierpjes. Ook zijn sommige soorten heel nuttig omdat ze verschillende stoffen afbreken. Dit varieert van gewone organische stoffen tot olie en bestrijdingsmiddelen. Zonder bacteriën stopt de bodem direct met alle functies.

In figuur 16 (pag. 75) is de bacteriële diversiteit voor 10 categorieën bodemgebruik en grondsoort in Nederland afgebeeld. DNA technieken laten geen grote verschillen zien. Onder grasland, melkveehouderij en natuurlijk grasland, treft men de grootste hoeveelheid bacteriën aan, uitgedrukt in de totale hoeveelheid bacteriële koolstof per kg grond. De bacteriegemeenschap bij de zandbodem onder hei en bos en bij akkerbouw op klei is klein (figuur 16, pag. 75). In deze figuur is de potentiële C-mineralisatie (mg/kg.wk) wat een maat is voor de activiteit van de bacteriën in de bodem uitgezet.

Bacteriën zijn cruciaal voor de meeste ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78), namelijk:



- nutriëntenhuishouding
- bodemstructuur
- weerstand en herstel
- afbraak en opslag organische stof
- opslag en afgifte van water
- natuurlijke reiniging
- klimaatfuncties
- habitat en biodiversiteit



Schimmels

Schimmels behoren ook tot de groep micro-organismen. Zij komen in grote hoeveelheden voor in natuurlijke en halfnatuurlijke bodems. Bij intensieve grondbewerking verdwijnen ze echter. Schimmels zijn het meest bekend van hun bovengrondse verschijningsvorm als paddenstoelen. Ondergronds bestaan ze vooral uit dunne, vaak meterslange draden. Daar doorheen transporteren ze voedsel en water. Hierdoor zijn ze beter bestand tegen droogte dan bacteriën. Sommige soorten vormen een ondergrondse levensgemeenschap met plantenwortels. Voor de schimmels levert dit suikers op uit de plant, de plant krijgt er water en voedingsstoffen voor terug. Schimmels dienen ook als voedsel voor tal van bodemdiertjes. Door hun draden spelen schimmels een belangrijke rol bij de vorming van bodemkorrels en daarmee zijn zij belangrijk voor de bodemstructuur. Schimmels zijn niet vanaf het begin met Bobi gemeten waardoor de gegevens nog incompleet zijn.

Schimmels zijn cruciaal voor de volgende ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78):

- nutriëntenhuishouding
- afbraak en opslag organische stof
- natuurlijke reiniging
- habitat en biodiversiteit

Protozoën

Protozoën zijn eencellige kleine diertjes die alleen onder de microscoop zijn te zien. Ze ‘begrazen’ bacteriën, zoals bodemecologen dat noemen. Ze spelen een belangrijke rol bij het vrijmaken van mineralen voor de plantengroei. Protozoën leven in een waterfilm tussen de gronddeeltjes en kunnen niet goed tegen droogte. Van de protozoën van Nederland weten we nog weinig af, omdat ze lastig te meten zijn. Ze zijn ook nog geen onderdeel van Bobi maar maken wel deel uit van het bodemecosysteem en eten bacteriën.

Protozoën zijn cruciaal voor de volgende ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78):

- nutriëntenhuishouding
- habitat en biodiversiteit

Mijten en springstaarten

Mijten en springstaarten (de micro-arthropoden) zijn verwant aan insecten. Deze groep is gevoelig voor verstoring, waardoor de aantallen en soortenrijkdom afnemen in een landbouwbodem. Sommige soorten mijten en springstaarten zijn rovers en doden bijvoorbeeld bodemaaltjes. Andere soorten leven weer van schimmels. Via hun poten en uitwerpselen verspreiden ze bacteriën en sporen van schimmels door de grond. In figuur 17 (pag. 75) is de dichtheid (kaart) en diversiteit (staafdiagram) van de micro-arthropoden in de Nederlandse bodem weergegeven.

Mijten en springstaarten zijn cruciaal voor de volgende ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78):

- ziekten en plaagwering
- weerstand en herstel
- habitat en biodiversiteit

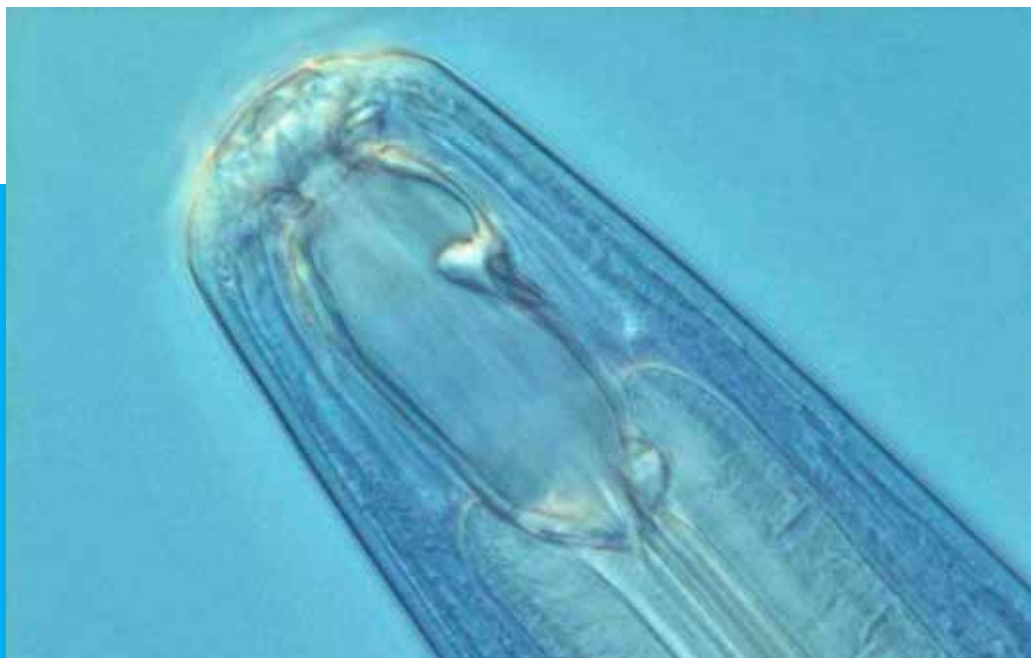


Aaltjes

Aaltjes, ook wel nematoden genoemd, zijn bij boeren vooral bekend als schadelijke dieren. Dat betreft echter slechts een klein deel van alle soorten. Aaltjes komen voor in alle bodems. Er zitten tot tienduizend stuks in 100 gram grond en ze komen voor in een diversiteit van twintig tot zestig soorten. Ze voeden zich met allerlei bodemorganismen. Aan de hand van hun voedselvoorkeur zijn zes groepen te onderscheiden: bacterie-etende, schimmeletende, vleesetende, algenetende, plantenetende en allesetende nematoden. Sommige soorten breiden zich heel snel uit in voedselrijke situaties en verdwijnen bijna net zo snel weer als het voedsel op is. Andere soorten kunnen langdurig overleven. In de landbouw ontstaan plagen door parasitaire aaltjes als het ecosysteem uit balans is, bijvoorbeeld doordat jarenlang dezelfde teelten zijn toegepast. Aardappelpycnostoma-aaltjes en wortelknobbelaaltjes zijn bekende boosdoeners. Verreweg de meeste soorten aaltjes hebben juist een erg nuttige functie in de bodem. In figuur 18 is de dichtheid en de soortenrijkdom van de nematoden in de Nederlandse bodem weergegeven.

Aaltjes zijn cruciaal voor de volgende ecosystemendiensten (tabel 1, pag. 78):

- nutriëntenhuishouding
- ziekten en plaagwering
- weerstand en herstel
- habitat en biodiversiteit





Potwormen

Potwormen zijn kleine witte, doorzichtige wormen van 1 à 2 millimeter dik en tot 2 centimeter lang. Met het blote oog zijn ze slecht te zien. In Nederland komen ruim vijftig soorten voor. Ze zijn te vinden in bijna alle bodems. Wel hebben de diverse soorten hun eigen bodemvoorkeuren. Ze vervullen een belangrijke rol bij het door de bodem heen mengen van organische resten. Dit komt omdat ze net als regenwormen gangetjes graven in de grond. Met hun uitwerpselen verbeteren ze ook de bodemstructuur. In figuur 19 is het gemiddelde aantal potwormen (zie kaart) en de potwormendiversiteit (zie staafdiagram) voor tien categorieën bodemgebruik en grondsoort in Nederland afgebeeld. Bij melkveehouderij op klei, veen en löss treft men de grootste hoeveelheden potwormen aan. In akkers en in de zanderige bodem in natuurgebieden komen relatief weinig potwormen voor. Opvallend is dat juist in de stadsparken en de halfnatuurlijke graslanden de diversiteit van de potwormen hoog is.

Potwormen zijn cruciaal voor de volgende ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78):

- nutriëntenhuishouding
- bodemstructuur
- afbraak en opslag organische stof
- opslag en afgifte van water
- habitat en biodiversiteit



Regenwormen

Regenwormen behoren tot de reuzen van het bodemleven, de zogenoemde macrofauna. In Nederland zijn ongeveer 25 soorten bekend, maar de meeste daarvan worden zelden waargenomen. Enkele soorten komen juist heel veel voor. Regenwormen worden ingedeeld in drie groepen, op grond van hun voedselkeuze, gedrag en voorkomen. Zo zijn er de pendelaars, die diepe verticale gangen maken en plantenresten tot ver in de bodem brengen. Zij vergroten het gehalte aan organische stof, verbeteren de bodemvruchtbaarheid en versterken het vochtregulerende vermogen. Daarnaast zijn er de regenwormen die vlak onder de oppervlakte leven en de soorten die juist dieper in de bodem zitten. De eerste groep composteert plantaardig materiaal en maakt veel stikstof, fosfaat en kalium vrij. De laatste groep bevordert de beluchting en stimuleert de microbiële activiteit in de bodem. Regenwormen zijn gevoelig voor verontreiniging en grondbewerking, zoals ploegen en mestinjectie. In figuur 20 (kaart) is de dichtheid van het aantal regenwormen in de Nederlandse bodem weergegeven. Regenwormen spelen door hun gedrag en eigenschappen een belangrijke rol bij de structuurvorming van de bodem. De meeste soorten regenwormen worden aangetroffen bij de melkveehouderij op de kleigronden (figuur 20, staafdiagram).

Regenwormen zijn cruciaal voor de volgende ecosysteemdiensten (tabel 1, pag. 78):

- nutriëntenhuishouding
- bodemstructuur
- afbraak en opslag organische stof
- opslag en afgifte van water
- habitat en biodiversiteit

Bodemleven in beeld

Overzicht veel voorkomende bodemorganismen in kaart gebracht

Dichtheden, biodiversiteit en activiteit van vijf groepen bodemorganismen in Nederland:

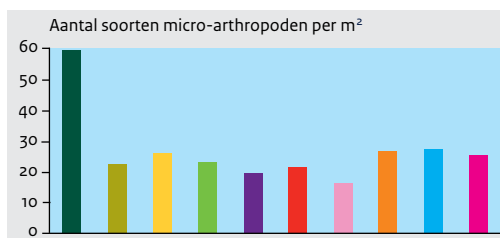
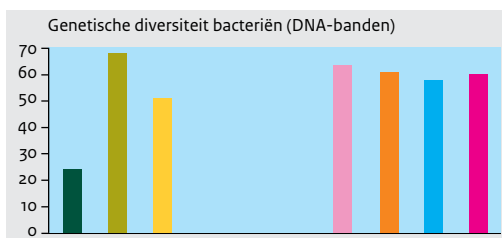
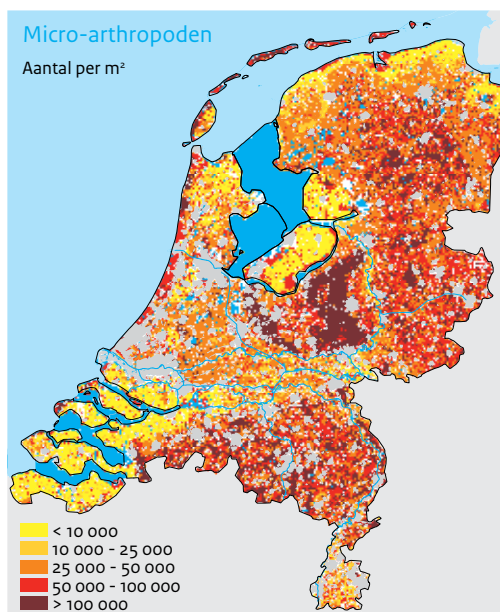
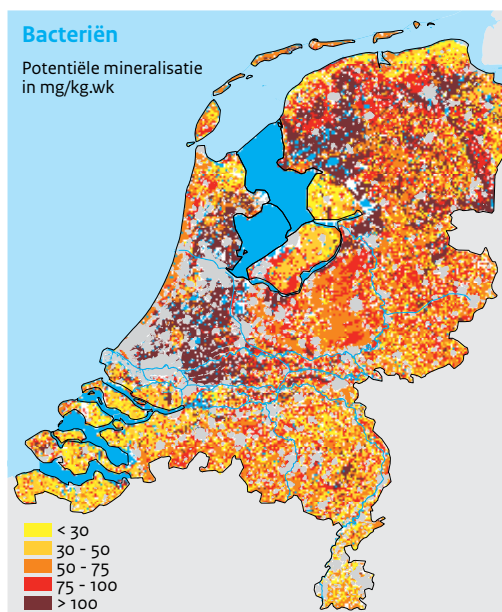
- bacteriën
- micro-arthropoden (mijten en springstaarten)
- nematoden (aaltjes)
- potwormen
- regenwormen

De **kaarten** geven de dichtheden en activiteit van vijf groepen bodemorganismen aan. Ze zijn samengesteld met behulp van niet-lineaire regressiemodellen van het bodemleven in relatie tot het bodemgebruik en bodemeigenschappen (pH, lutum, organische stof, nutriënten en vochtigheid). De methode is beschreven in bron (18).

De **staafdiagrammen** geven de biodiversiteit weer (aantal soorten, taxa of DNA-banden) voor de tien verschillende categorieën van bodemgebruik en grondsoort.

Legenda

-  Gemengd bos op zand
-  Akkerbouw op zand
-  Melkveehouderij op zand
-  Natuurlijk grasland op zand
-  Heide op zand
-  Stadspark op zand
-  Akkerbouw op zeeklei
-  Melkveehouderij op klei
-  Melkveehouderij op Löss
-  Melkveehouderij op veen

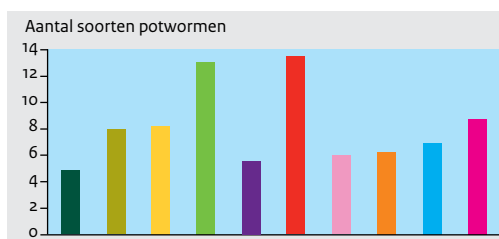
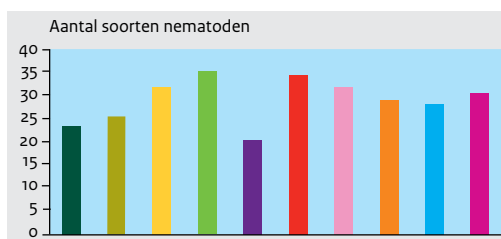
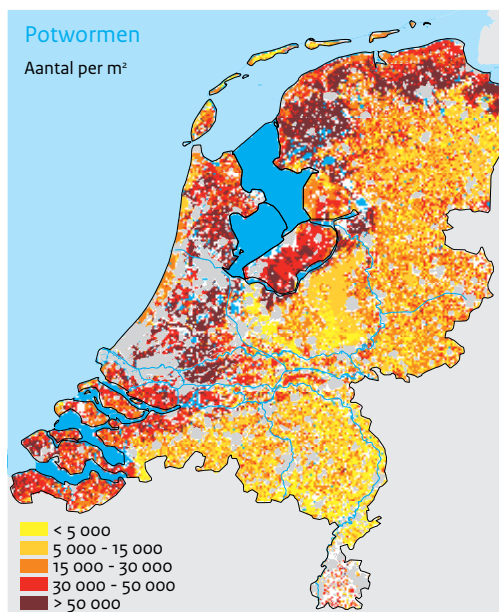
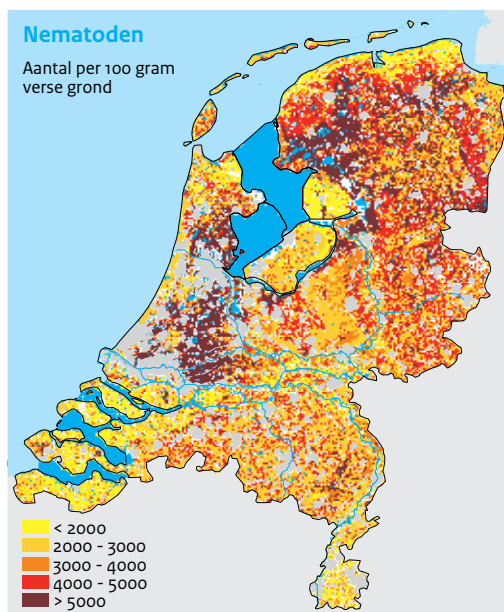


Figuur 16. De potentiële C-mineralisatie is een maat voor de activiteit van de bacteriën in de bodem. In grasland op veen is deze het hoogst. In de akkerbouw op klei is de bacterieactiviteit het laagst. De diversiteit bij de bacteriën is met DNA technieken bepaald. De verschillen tussen de categorieën lijken niet groot te zijn. Gemengd bos heeft een lage bacteriediversiteit.

Figuur 17. De meeste micro-arthropoden in Nederland zijn te vinden in de natuurgebieden. In de bossen komen de meeste soorten voor. De micro-arthropodendichtheid in klei en löss is juist laag. Bij akkers is de dichtheid en de soortenrijkdom het laagst. Gemengd bos heeft een hoge micro-arthropodendiversiteit.

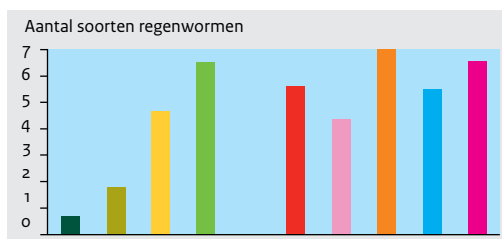
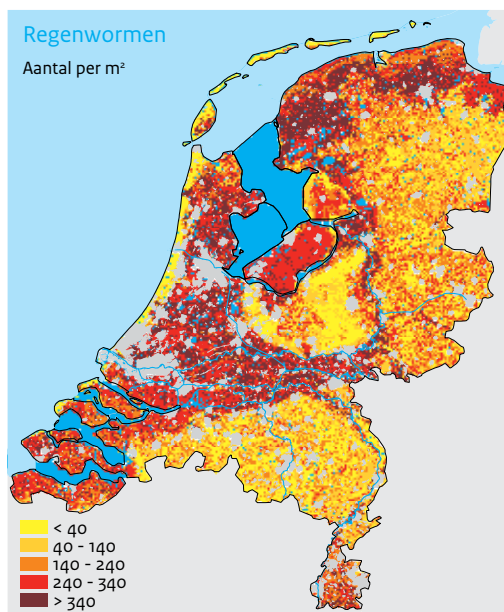
Bodemleven in beeld

Overzicht veel voorkomende bodemorganismen in kaart gebracht



Figuur 18. De nematodendichtheid is vooral in de weidegebieden op veen (melkveehouderij) hoog. Omdat veen een laag soortelijk gewicht heeft in vergelijking met minerale bodems (zand, klei en löss) is het aantal per vierkante meter relatief wat lager. De meeste nematodensoorten worden aangetroffen in natuurlijk grasland. Bij heide komen juist weinig soorten voor.

Figuur 19. De potwormendichtheid is in de zandgronden lager dan in klei, veen en löss en volgt ongeveer het patroon van de regenwormen. In de zure zandgrond (bijvoorbeeld op de Veluwe) onder natuurgebieden komen nog wel potwormen voor, maar zijn regenwormen vrijwel afwezig. De soortenrijkdom van potwormen is het hoogst in de natuurlijke graslanden en in de stadsparken.



Figuur 20. De regenwormendichtheid in de klei- en veenbodems is hoog. In de zandbodems worden weinig regenwormen aangetroffen. In de grond onder heide worden zelfs helemaal geen regenwormen gevonden.

De meeste soorten regenwormen worden aangetroffen bij de melkveehouderij op rivier- en zeeklei.

Legenda

- Gemengd bos op zand
- Akkerbouw op zand
- Melkveehouderij op zand
- Natuurlijk grasland op zand
- Heide op zand
- Stadspark op zand
- Akkerbouw op zeeklei
- Melkveehouderij op klei
- Melkveehouderij op Löss
- Melkveehouderij op veen

Bodemleven in beeld

Bijdragen van het bodemleven aan ecosysteemdiensten

In figuur 2 op blz 13 is de relatie tussen het bodemleven de ecosysteemdiensten slechts schematisch aangegeven. De wetenschap heeft de relaties gedetailleerder in kaart gebracht (tabel 1). Vanwege het grote maatschappelijke belang is onlangs een heuse hausse ontstaan bij het wetenschappelijke onderzoek om die relaties nog nauwkeuriger in beeld te krijgen.

Tabel 1: Bijdragen van het bodemleven aan ecosysteemdiensten

Ecosysteemdienst	Belangrijke aspecten van het bodemleven
Productie	
1a Nutriëntenhuishouding	Bacteriën (verschillende indicatoren), schimmels, protozoën, potwormen, regenwormen, nematoden
1b Bodemstructuur	Potwormen, regenwormen, biomassa bacteriën
1c Ziekten en plaagwering	Vóórkomen plaagorganismen (o.a. nematoden), bodembiodiversiteit (alle soorten)
Weerstand en flexibiliteit	
2a Weerstand en herstel	Bodembiodiversiteit, biomassa bacteriën, voedselwebstabiliteit
2b Multifunctionele bodem; gebruiksverandering	Bodembiodiversiteit, voedselwebstabiliteit
Regulatie en milieu	
3a Afbraak en opslag organische stof	Potwormen, regenwormen, biomassa bacteriën en schimmels
3b Opslag en afgifte van water	Potwormen, regenwormen, biomassa bacteriën
3c Natuurlijke reiniging	Diversiteit bacteriën en schimmels, biomassa bacteriën
3d Klimaatfuncties	Bacteriën
Habitat	
4 Biodiversiteit, genenpool, educatie, bewustzijn	Bodembiodiversiteit regenwormen, potwormen, nematoden, micro-arthropoden, protozoën, bacteriën en schimmels

Bronnen

1. Foley JA, et al. (2005) Global consequences of land use. *Science* 309: 570-573.
2. Millennium Ecosystem Assessment (2005) www.maeb.org.
3. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010) www.teebweb.org.
4. Bokhorst J (2006) *Bodem onder het landschap*. ISBN 9075280947. Roodbont uitgeverij, Zutphen.
5. Swormink BK, Van Eekeren N, Philipsen B (2007) *Grasland signalen, praktijkgids voor optimaal graslandgebruik*. ISBN 9789087400071. Roodbont uitgeverij, Zutphen.
6. Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Bloem J, Lahr J, Diemont WH, Braat LC (2009) *Ecosysteemdiensten en transitie in bodemgebruik; Maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit*. Rapport 1813, Alterra WUR, Wageningen.
7. Stimuleringsprogramma agro-biodiversiteit en duurzaam bodembeheer. www.spade.nl.
8. Roos R (2000) *Het milieu van de natuur*. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.
9. Dirven-van Breemen EM, Hollander A, Claessens JW (2011) *Klimaatverandering en het stedelijk gebied*. Groen en waterberging in relatie tot de bodem. Rapport 607050008, RIVM, Bilthoven.
10. Van der Wel N (2010) *Ontdek de stadsbodem*. NatuurMedia, Amsterdam.
11. Rutgers M, Mulder C, Schouten AJ, Bloem J, Bogte JJ, Breure AM, Brussaard L, De Goede RGM, Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals G, Smeding FW, Ter Berg C, Van Eekeren N (2007) *Typeringen van bodemecosysteem in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit*. Rapport 607604008, RIVM, Bilthoven.
12. Rutgers M, Van Wijnen HJ, Schouten AJ, Mulder C, Kuiten AMP, Brussaard L, Breure AM (2011) A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. *Science of the Total Environment* 415: 38-48.
13. Convention on Biological Diversity 1992. Preamble L9: the precautionary principle. www.cbd.int.
14. Huijsmans KGA, De Wit J (2008) *Prestaties van de bodem in natuur-ontwikkelingsgebied Banisveld*. Ontwikkeling bodembioologische referenties voor 'heide op voormalige landbouwkundige zandgrond'. Rapport 13/99088990/KH, Grontmij, Houten, Nederland.
15. Smeding F, Zanen M, Schouten T (2008) *Bodemkwaliteit Drenthe, 1-jaarige pilot Referenties Biologische Bodemkwaliteit*. Rapport LB21, Louis Bolk Instituut, Driebergen.
16. Van Delft A, Schot M, Slingenberg A, Van Veen M, Verkennis A, Buter E, Ruijgrok E (2007) *Kosten-Baten Analyse groenblauwe dooradering Hoeksche Waard*. Eindrapport, Ecorys Nederland bv, Rotterdam.
17. Starink J, Nuiver H, Keuning S, eds. (2012) *Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer en gebiedsontwikkeling: De Triple-O aanpak*. Consortium Ecosysteemdiensten in de praktijk. Bodem+, Agentschap NL, Den Haag.
18. Van Wijnen HJ, Rutgers M, Schouten AJ, Mulder C, De Zwart D, Breure AM (2012) How to calculate the spatial distribution of ecosystem services - Natural attenuation as example from The Netherlands. *Science of the Total Environment* 415: 49-55.

Citaat binnenzijde omslag uit:

Richter DD, Markewitz D (2001) *Understanding soil change*. Cambridge University Press: Cambridge Citation used by McKenzie N, Henderson B, McDonald W. 2002. *Monitoring Soil Change Principles and practices for Australian conditions*. Technical Report 18/02, MCSIRO Land and Water, Australia.

Colofon

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

RIVM rapport 607406001

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM), Directie Duurzaamheid, in het kader van RIVM project M/607406, Bodemdiversiteit en ecosysteemdiensten, met ondersteuning van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) en in samenwerking met Alterra, Wageningen Universiteit, BLGG AgroXpertus en het Louis Bolk Instituut.

Redactie

Michiel Rutgers (RIVM)

Liesbet Dirven-Van Breemen (RIVM)

Advies en tekst

Ton Breure (RIVM)

Annemieke Smit (Alterra)

Klaas van der Horst (journalist)

Vormgeving

Uitgeverij RIVM

Fotografie

Portretten en landschappen: Liesbet Dirven - van Breemen, RIVM

Nematoden: Hanny van Megen, Wageningen Universiteit

Potworm en wormen: Ron de Goede, Wageningen Universiteit

Springstaarten: Steve Hopkin (†), University of Reading

Maatschappelijke stage: Arno de Bruin

RIVM Beeldbank

Nationale Beeldbank

Hollandse Hoogte

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

.....

Michiel Rutgers (RIVM)
Liesbet Dirven - van Breemen (RIVM)

.....

Duurzaam beheer van de bodem biedt mens en maatschappij vele voordelen, van de mogelijkheid er voedsel op te produceren en water te zuiveren, tot het hebben van een aangenaam leefklimaat en een mooi en gevarieerd landschap (ecosysteemdiensten). Het RIVM heeft onderzocht hoe het bodemleven, ook wel de 'de groene motor van het milieu' genoemd, het beste kan worden beheerd en benut. Hiervoor zijn de kenmerken in kaart gebracht van tien veel voorkomende bodems, combinaties van bodemgebruik en grondsoort, in Nederland.

Maatregelen voor duurzaam beheer

Voor tien duurzame bodems zijn de waarden bepaald van de biologische, fysische en chemische kenmerken, de zogenoemde referenties voor biologische bodemkwaliteit (RBB). Daarna zijn praktische maatregelen voorgesteld om een gezonde bodem via duurzaam bodembeheer te bereiken. Bodemgebruikers kunnen zelf eenvoudig de maatregelen die voor hun bodemgebruik en grondsoort van belang zijn bepalen, aan de hand van indicatoren voor ecosysteemdiensten.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

maart 2012

