

A network diagram consisting of various sized light blue circles connected by thin white lines, set against a solid blue background. The circles are of different diameters and are scattered across the page, with some larger circles and some smaller ones. The lines connect these circles in a non-uniform, web-like pattern.

Bedrijfstakonderzoek
BTO 2021.026 | Mei 2021

Gezonde bodem, gezond watersysteem

Bedrijfstakonderzoek

KWR

Bridging Science to Practice

Rapport

Gezonde bodem, gezond watersysteem

BTO 2021.026 | Mei 2021

Dit onderzoek is onderdeel van het collectieve Bedrijfstakonderzoek van KWR, de waterbedrijven en Vewin.

Opdrachtnummer

402045.162

Projectmanager

ir. Martin van der Schans

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Bronnen en omgeving

Auteurs

dr. Jeroen Geurts, dr. ir. Arnaut van Loon (KWR), dr. ir. Gerard Ros (NMI)

Kwaliteitsborger

dr. ir. Gijsbert Cirkel

Projectbegeleiding

Jip Welkers (Vitens), Birgitta Putters (WML), Eric van de Lockant en Martin de Haan (Brabant Water)

Verzonden naar

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar.

Keywords

Bodemkwaliteit, kwetsbaarheid, landbouwbodem, grondwateronttrekkingen

Jaar van publicatie
2021

Meer informatie
dr. Jeroen Geurts
T +31 (0)6 54293522
E jeroen.geurts@kwrwater.nl

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

KWR

Mei 2021 ©

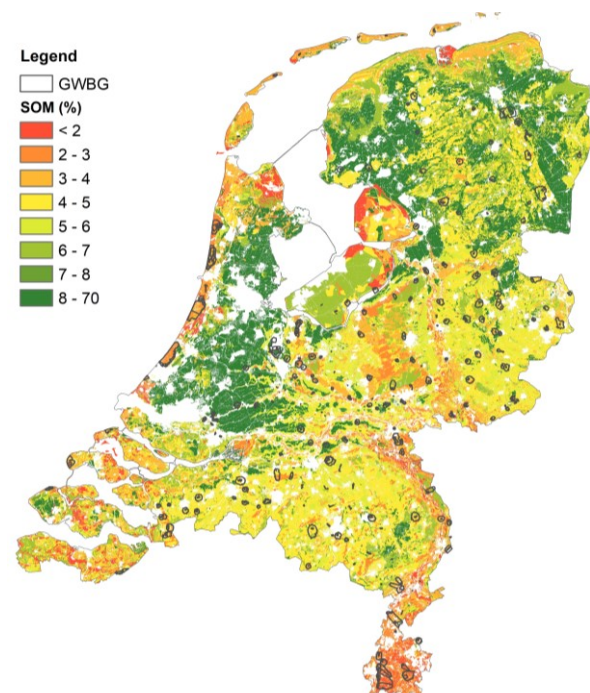
Alle rechten voorbehouden aan KWR. Niets uit deze uitgave mag - zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KWR - worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier.

Managementsamenvatting

Hoe een gezonde bodem zorgt voor een gezond watersysteem - gedeeld belang voor drinkwaterbedrijven en agrariërs

Auteurs dr. Jeroen Geurts dr. ir. Arnaut van Loon en dr. ir. Gerard Ros (NMI)

Intensief gebruik heeft belangrijke ecosysteemdiensten van de bodem aangetast. Dit is nadelig voor de beschikbaarheid en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Een gezonde bodem is dan ook in het belang van zowel agrariërs als drinkwaterbedrijven. De optimale bodem blijkt echter sterk doel- en situatieafhankelijk en is moeilijk maakbaar. De waterdiensten die de bodem levert kunnen vooral worden verbeterd door optimalisatie van het beheer. Dit vereist maatwerk en deskundigheid van de agrariër. Om agrariërs hierbij te ondersteunen, zijn bodemindicatoren in ontwikkeling. In dit ontwikkelproces staat duurzame landbouwproductie centraal, maar is de drinkwaterfunctie nog niet in de volle breedte in beeld. Hierdoor worden synergiën tussen landbouw en drinkwater niet goed zichtbaar. Hiervoor is het nodig om een aantal ontbrekende grondwater-gerelateerde indicatoren en functies in te bouwen in bestaande instrumenten, zoals de Open Bodemindex. Bodemwaarderingsinstrumenten worden daardoor concreter en bruikbaar voor de drinkwaterbedrijven en kunnen helpen om voor elk perceel een goede bodemkwaliteit te bereiken voor meerdere functies. In een vervolgtraject wordt dit lerend toegepast in verschillende pilots.



Een hoog organische-stofgehalte is gunstig voor de kwaliteit van zand- en lössgronden. Bodems met een laag organische-stofgehalte zijn oververtegenwoordigd in grondwaterbeschermingsgebieden. Binnen deze gebieden is de bodemkwaliteit niet altijd optimaal voor landbouw en drinkwaterfunctie.

Belang: intensief bodemgebruik tast bodemkwaliteit en grondwaterfunctie aan

Bodemeigenschappen zijn in sterke mate bepalend voor de droogte- en uitspoelingsgevoeligheid van (landbouw)bodems. Bodems leveren op deze manier

een belangrijke ecosysteemdienst aan drinkwaterbedrijven en waterschappen. Intensief land- en bodemgebruik heeft deze diensten echter aangetast, wat nadelig is voor de beschikbaarheid en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater.

Aanpak: GIS-analyses, interviews en evaluatie van bodemindicatoren en -functies

Met een GIS-analyse is de bodemkwaliteit binnen grondwaterbeschermingsgebieden in vijf regio's vergeleken met hun omgeving. Door interviews met bodemdeskundigen zijn visies op een goede bodemkwaliteit opgehaald. Bestaande bodemindicatoren zijn vervolgens gekwalificeerd op relevantie voor de functie drinkwater en geëvalueerd op volledigheid. Er zijn aanbevelingen geformuleerd hoe deze indicatoren te meten en in te passen in bestaande instrumenten en monitoring. Tot slot zijn in een ateliersessie visies uitgewisseld over hoe bodembeheer ten behoeve van de grondwaterfunctie in de praktijk kan worden vormgegeven.

Resultaten: bodemfuncties voor grondwater in bestaande bodemwaarderingsinstrumenten

Bodems met relatief ongunstige eigenschappen voor de drinkwaterfunctie zijn oververtegenwoordigd in grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van hun omgeving. Dit maakt bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden niet per definitie kwetsbaarder. Uit de interviews kwam naar voren dat het definiëren van referentiebodems onvoldoende recht doet aan de grote variatie in bodemeigenschappen en -gebruik. De optimale bodem is sterk doel- en situatieafhankelijk en moeilijk maakbaar, waardoor bodemeigenschappen vooral verbeterd kunnen worden door optimalisatie van het beheer, zoals gewaskeuze, ruimtelijke en temporele diversiteit en vakmanschap van agrariërs.

Voor het noodzakelijke maatwerk kunnen bestaande instrumenten worden ingezet, zoals de Open Bodemindex (OBI), die bodemindicatoren gebruikt om bodemfuncties te kwantificeren, interpreteren en beoordelen. In het ontwikkelproces van de OBI staat duurzame landbouwproductie centraal, maar is de drinkwaterfunctie nog niet volledig in beeld. Hierdoor worden synergiën tussen landbouw en drinkwater niet goed zichtbaar. Om dit soort instrumenten concreter en bruikbaar te maken voor de drinkwaterbedrijven, wordt voorgesteld om de volgende ontbrekende indicatoren en functies in te bouwen:

- Grondwateraanvulling;
- Waterberging in de bouwvoor;
- Stikstofefficiëntie van het perceel;
- Buffering- en afbraakpotentie voor pesticiden.

Toepassing: zoek naar synergiën en duidelijke doelvoorschriften

Ontwikkelaars van een landelijke of provinciale bodemstrategie moeten rekening houden met de heterogeniteit van bodemeigenschappen op een fijnmazigere schaal dan grondwaterbeschermingsgebieden. Bestaande instrumenten kunnen helpen om voor elk perceel een goede bodemkwaliteit te bereiken voor meerdere functies, door expliciet rekening te houden met de grondwaterfunctie. Hiervoor moeten de instrumenten nog wel uitgebreid en lerend worden toegepast, bijvoorbeeld in een gepland vervolgtraject.

Eenduidige doelvoorschriften en duidelijke ondergrenzen zijn nodig om op de lange termijn effectief te zijn, bijvoorbeeld een teeltverbod voor uitspoelingsgevoelige gewassen op hiervoor kwetsbare gronden. Het is zinvol hiermee in verschillende gebieden te experimenteren.

Gebiedsprocessen kunnen beter worden benut door op zoek te gaan naar de overlap in belangen van drinkwaterbedrijven en agrariërs (win-winsituatie) en naar gedeeld inzicht in de conflicten en dilemma's. Het bereiken van een betere bodemkwaliteit door transitie naar een duurzamere bedrijfsvoering in de landbouw wordt eenvoudiger als er ruimte is voor financiële en/of inhoudelijke waardering voor de levering van ecosysteemdiensten. Op grotere schaal gaat het bij voorkeur om een systeemaanpak met duurzame beheersvormen en landbouwsystemen, of zelfs om functiescheiding.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Gezonde bodem, gezond watersysteem* (BTO-2021.026).



Inhoud

| | |
|--|-----------|
| Managementsamenvatting | 1 |
| Inhoud | 4 |
| 1 Inleiding | 7 |
| 1.1 Aanleiding | 7 |
| 1.2 Bodemkwaliteit en bodemmaatregelen | 7 |
| 1.3 Doelstelling | 8 |
| 2 Bodemkwaliteit binnen grondwaterbeschermingsgebieden | 9 |
| 2.1 Inleiding en aanpak | 9 |
| 2.2 Fysische eigenschappen | 10 |
| 2.2.1 Vochtvasthoudend vermogen | 10 |
| 2.2.2 Capillaire nalevering | 12 |
| 2.3 Zelfreinigend vermogen | 14 |
| 2.4 Conclusies | 16 |
| 3 Referentiebodems met een goede bodemkwaliteit | 18 |
| 3.1 Bestaande referentiebodems | 18 |
| 3.2 Bruikbaarheid van referentiebodems als eindbeeld om naartoe te werken | 19 |
| 3.3 Definitie van een goede bodemkwaliteit en welke kenmerken daarbij horen | 20 |
| 3.4 Goede bodemkwaliteit voor zowel drinkwaterproductie, landbouwproductie als een goede toestand van oppervlaktewater | 21 |
| 3.5 Instrumenten voor het bepalen van de bodemkwaliteit | 22 |
| 3.5.1 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) | 22 |
| 3.5.2 Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) en de Open Bodem Index (OBI) | 22 |
| 3.5.3 Bodem Conditie Score (BCS) | 23 |
| 3.5.4 BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP) | 24 |
| 3.5.5 Label Duurzaam Bodembeheer | 24 |
| 3.6 Realisatie optimale bodemkwaliteit | 24 |
| 3.7 Conclusies en vervolgstappen | 25 |
| 4 Bodemwaardering voor grondwater: mogelijke inzet van de Open Bodemindex | 27 |
| 4.1 Bodemwaardering in relatie tot ecosysteemdiensten | 27 |
| 4.2 De Open Bodemindex (versie 1.0) | 30 |
| 4.3 De rol van grondwater in de Open Bodemindex | 31 |
| 4.4 Synergiën en trade-offs | 33 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.5 | Meetbaar maken van impact | 35 |
| 4.6 | Governance vraagstuk | 35 |
| 4.7 | Vragen rond toepassingsbereik en toekomstige ontwikkeling | 36 |
| 5 | Synthese: naar een optimale bodemkwaliteit voor landbouw en drinkwater | 38 |
| 5.1 | Werken aan bodemkwaliteit is maatwerk | 38 |
| 5.2 | Leveren van maatwerk vereist uitbreiding bodemwaarderingsinstrumentaria | 38 |
| 5.3 | De bodemstrategie verbonden met het omgevingsbeleid | 39 |
| 5.4 | Aanbevelingen voor implementatie | 40 |
| 6 | Referenties | 42 |
| I | Interviews | 46 |
| II | Waardering van afbraak van gewasbeschermingsmiddelen in de OBI | 47 |
| III | Verslag ateliersessie (1 maart 2021) | 50 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Nederlandse drinkwaterbedrijven produceren jaarlijks ongeveer 1200 miljoen kubieke meter drinkwater. Ongeveer 25% van dit volume wordt geproduceerd uit freatisch grondwater. Deze grondwaterwinningen, ongeveer 100 stuks, worden niet of beperkt afgeschermd door een kleilaag boven de winputten, zodat activiteiten aan het maaiveld sterk door kunnen werken op de kwaliteit van het opgepompte grondwater. Wat agrarische activiteiten betreft gaat het hierbij vooral om stikstofbemesting (Van Loon & Fraters, 2016; Claessens et al., 2016) en de toepassing van synthetische gewasbeschermingsmiddelen (Swartjes et al., 2016; Van Loon et al., 2017). Hoewel de laatste decennia op beide dossiers flinke vooruitgang is geboekt, geven diverse onderzoeken aanwijzingen dat een duurzame veiligstelling van de kwaliteit van grondwaterbronnen in agrarisch gedomineerde gebieden niet vanzelfsprekend is (Van Driezum et al., 2020; Kools et al., 2019).

Andersom kan het gebruik van grondwater door drinkwaterbedrijven, industrie en agrariërs ook negatieve effecten op omliggende functies hebben. Voorbeelden daarvan zijn droogteschade aan gewassen en verdroging van natuur. Droogteschade kan ontstaan of worden verergerd doordat het gebruik van grondwater leidt tot het dalen van de grondwaterstand. Bij verdroging van natuur zijn tevens verschuivingen in de waterbalans en grondwaterkwaliteit relevant, bijvoorbeeld door een verminderde voeding van natuurgebieden met grondwater of versnelde droogval van beken. Deze knelpunten spelen vooral bij freatische onttrekkingen, doordat verlagingseffecten hier relatief sterk naar boven toe door werken. Hierdoor is de vergunde capaciteit niet overal volledig beschikbaar (Van Driezum et al., 2020) en wordt, mede onder invloed van klimaatverandering, een toenemende concurrentie op het beschikbare grondwater verwacht.

1.2 Bodemkwaliteit en bodemmaatregelen

Bodemeigenschappen zijn in sterke mate bepalend voor de droogtegevoeligheid en uitspoelingsgevoeligheid van (landbouw)bodems. In een goede toestand leveren bodems daarom een belangrijke ecosysteemdienst aan drinkwaterbedrijven en waterschappen. Intensief land- en bodemgebruik heeft deze diensten echter aangetast. Zo heeft bodembewerking met zware machines op grote schaal geleid tot bodemverdichting en heeft intensieve bemesting, uniformering van teelten en het gebruik van bestrijdingsmiddelen en diergeneesmiddelen (o.a. antibiotica) gezorgd voor een verminderde diversiteit aan bodemleven. De nadelige effecten van klimaatverandering en emissies kunnen hierdoor op lange termijn sterker doorwerken op de beschikbaarheid en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater.

In de landbouwvisie van minister Carola Schouten wordt ingezet op een transitie van het huidige landbouwsysteem naar kringlooplandbouw, zodat niet alleen productieverhoging, maar ook de waarde van producten en milieukwaliteit centraal komen te staan. Bewust bodembeheer is een van de instrumenten die kan worden ingezet om de afhankelijkheid van externe hulpbronnen af te laten nemen, met als doel het verminderen van de aanvoer van kunstmest en krachtvoer. Met het Interbestuurlijk Programma Vitaal Platteland wordt via een bottom-up benadering invulling gegeven aan de transitie naar kringlooplandbouw. Het is gewenst om hier als drinkwatersector proactief aan mee te kunnen denken en doen, en daarmee richting te geven aan de landbouwtransitie.

Uit eerder onderzoek en ervaringen met samenwerking met agrariërs blijkt dat de effectiviteit van maatregelen om de bodem- en waterkwaliteit te verbeteren sterk contextafhankelijk is en dat individuele maatregelen niet op zichzelf moeten staan, maar onderdeel moeten zijn van een strategie die erop gericht is om de waterkwaliteit en

waterbeschikbaarheid te verbeteren (o.a. Van Loon, 2018). Daarnaast is gebleken dat verplichtstelling er toe leidt dat maatregelen degraderen tot een administratieve taak, zonder dat wordt gestuurd op het beoogde effect van de maatregel. Maatregelen beklijven in de huidige praktijk alleen als ze tevens van waarde zijn voor de agrarische bedrijfsvoering. Een andere uitdaging is dat bodems binnen intrekgebieden, door de keuze van deze gebieden, mogelijk van nature gevoeliger zijn voor droogte en uitspoeling en de bodemkwaliteit minder gemakkelijk te verbeteren is. Hierdoor is mogelijk een andere aanpak vereist dan elders in Nederland, of is het wensbeeld van een goede bodemkwaliteit die past bij de belangen van de drinkwaterbedrijven wellicht niet, of pas op de lange termijn haalbaar.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit rapport is om bij te dragen aan de ontwikkeling van een bodemstrategie voor drinkwaterbedrijven gericht op het verhogen van de veerkracht van bodem- en grondwatersystemen. Ingezet wordt op het verbeteren van de functiecombinatie landbouw en grondwaterwinning voor drinkwaterproductie. Meer specifiek zijn de doelen van dit rapport:

- Toetsen of bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden kwetsbaarder zijn voor droogte en uitspoeling ten opzichte van de zand- en lössregio's als geheel. Indien daar sprake van is, legitimeert dat een grotere investering in bodemkwaliteit.
- Bijdragen aan een meer uniforme definitie van streefbeelden voor een goede bodemkwaliteit voor de grondwaterfunctie. Drinkwaterbedrijven participeren in diverse samenwerkingsprojecten met agrariërs en dragen daarin bij aan goed bodembeheer. Het ontbreekt echter aan een uniforme en duidelijke definitie van streefbeelden, zodat doelen voor de lange termijn zich nog niet scherp hebben afgetekend.
- Het ontwikkelen van een praktisch toepasbare methodiek om bodembeheer gericht en actiever in te zetten ten behoeve van de grondwaterfunctie. Op dit moment zijn er instrumenten beschikbaar om de kwaliteit van bodems te waarderen en monitoren, vooral ten behoeve van de landbouwfunctie. Door de grondwaterfunctie hierin mee te wegen kunnen synergiën en trade-offs beter in beeld worden gebracht en ontstaat handelingsperspectief om samen met agrariërs te werken aan het verbeteren van de bodemkwaliteit.

De doelgroep van dit rapport zijn de medewerkers van drinkwaterbedrijven die werken aan het harmoniëren van gestapelde functies met grondwateronttrekking, zoals op het gebied van grondwaterbescherming of droogtemitigatie. De opbrengsten dragen bij aan de oriëntatie op de bodemstrategie, het delen van inzichten in de potentiële verbetering van de bodemkwaliteit en het verkrijgen van inzicht in gemeenschappelijke belangen en mogelijkheden voor samenwerking. Bij het onderzoek naar het perspectief op realisatie van het ideaalbeeld zijn stakeholders uit andere sectoren betrokken, zodat in een vroeg stadium is gewerkt aan draagvlak voor de richting die de sector wenst.

2 Bodemkwaliteit binnen grondwaterbeschermingsgebieden

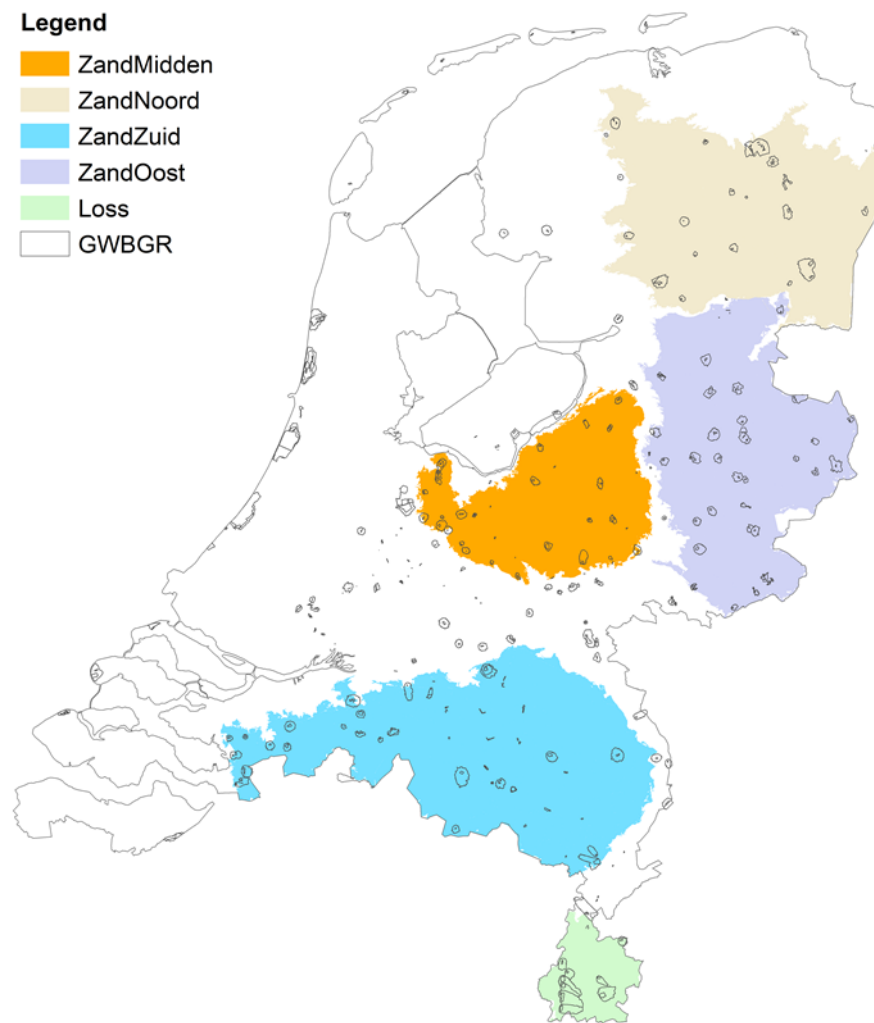
2.1 Inleiding en aanpak

Vanuit het perspectief van drinkwaterbedrijven, wordt een goede bodemkwaliteit bepaald door een hoog zelfreinigend vermogen (maximale afbraak van ongewenste stoffen), een hoge infiltratiecapaciteit (minimale afstroming van regenwater naar het oppervlaktewater) en een goed vochtvasthoudend en vochtleverend vermogen (minimale afhankelijkheid van irrigatie uit grond- en oppervlaktewater en maximale robuustheid tegen droogte). Deze eigenschappen worden mede bepaald door het samenspel van fysische, chemische en biologische processen die gedurende de bodemvorming tot nu toe zijn opgetreden. Vermoed wordt dat puttenvelden in het verleden op agro-economisch minder rendabele gebieden terecht zijn gekomen, en daardoor gedomineerd worden met bodems met relatief ongunstige eigenschappen. Omdat de grondwaterbeschermingsgebieden later op basis van reistijden rond de puttenvelden zijn gedefinieerd, kunnen de grondwaterbeschermingsgebieden ook op de meest kwetsbare delen van de zand- en lössregio's gesitueerd zijn. Dit zou betekenen dat het verbeteren van de bodemkwaliteit ten behoeve van de drinkwaterfunctie alleen al vanwege de ligging van de winningen een hogere inspanning vereist dan voor bodems in het algemeen.

Deze stelling is geverifieerd door middel van een geo-statistische analyse van een reeks bodemkwaliteitsindicatoren waarvoor landelijk kaartmateriaal beschikbaar was. Deze indicatoren zijn:

- De hoeveelheid opneembaar vocht in de wortelzone en de kritieke grondwaterstand voor het leveren van voldoende capillaire nalevering volgens de Bodem Fysische Eenheden Kaart (BOFEK; Wösten et al., 2012). Deze parameters zijn indicatief verondersteld voor de fysische bodemkwaliteit.
- De score voor het Zelfreinigend vermogen van de toplaag van de bodem volgens de Atlas Natuurlijk Kapitaal (Van Wijnen et al., 2012). Deze score is opgebouwd uit een aantal chemische en biologische parameters die zijn afgeleid van een database van het Biologisch Bodemmeetnet. Met geostatistiek is door middel van ruimtelijk interpolatie een vlakdekkend beeld uit een beperkt aantal meetpunten verkregen.

Voor elke indicator is de verdeling binnen grondwaterbeschermingsgebieden vergeleken met de omliggende regio. Met een niet-geparametriseerde toets (eenzijdige Wilcox-toets) is nagegaan of de indicatoren binnen grondwaterbeschermingsgebieden significant lager zijn dan daarbuiten. Deze analyse is gestratificeerd uitgevoerd door onderscheid te maken tussen vier zandregio's (Noord, Midden, Oost en Zuid) en de löss-regio (zie Figuur 2-1).



Figuur 2-1: Grondwaterbeschermingsgebieden en regio's in Nederland.

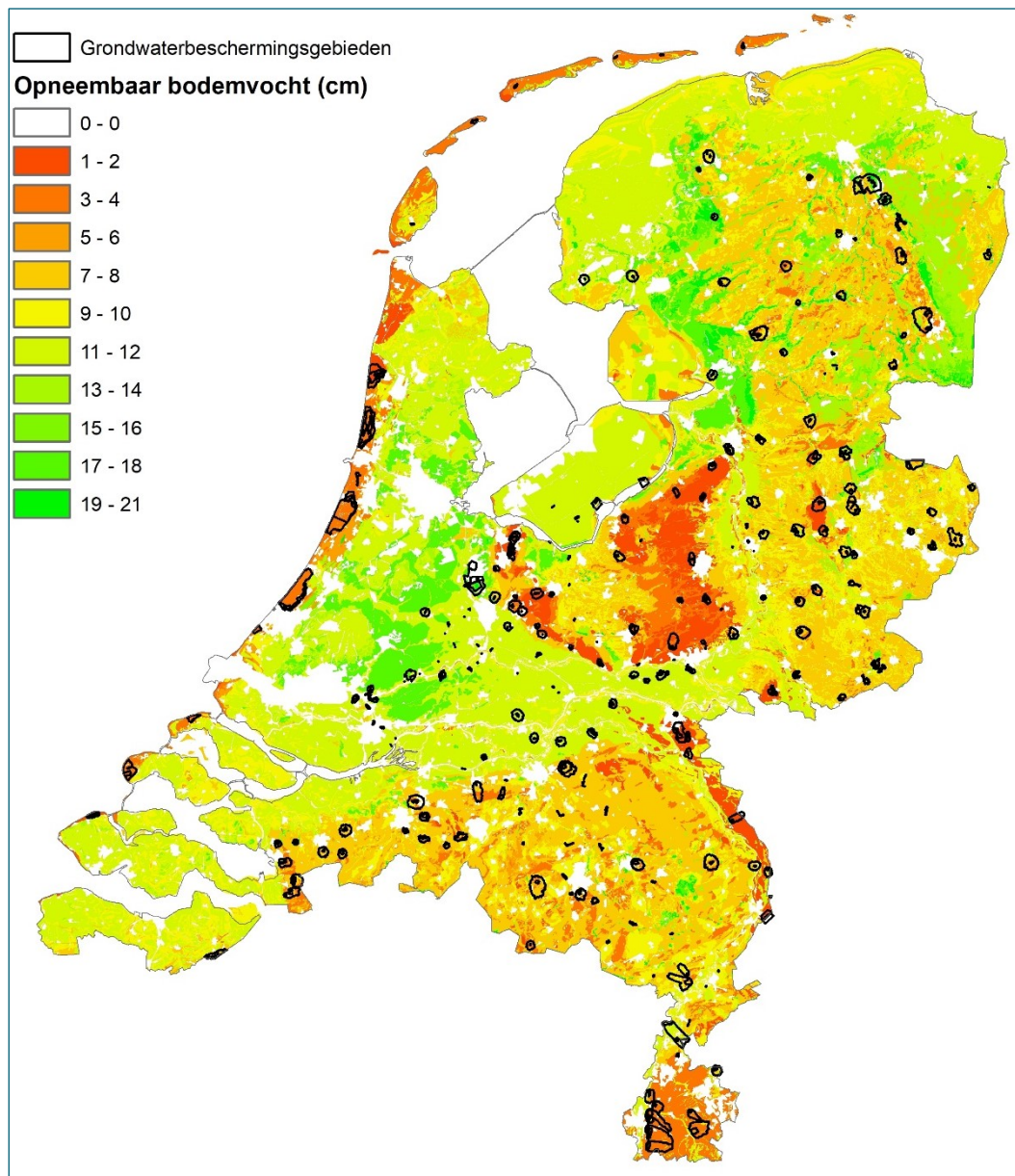
2.2 Fysische eigenschappen

2.2.1 Vochtvasthoudend vermogen

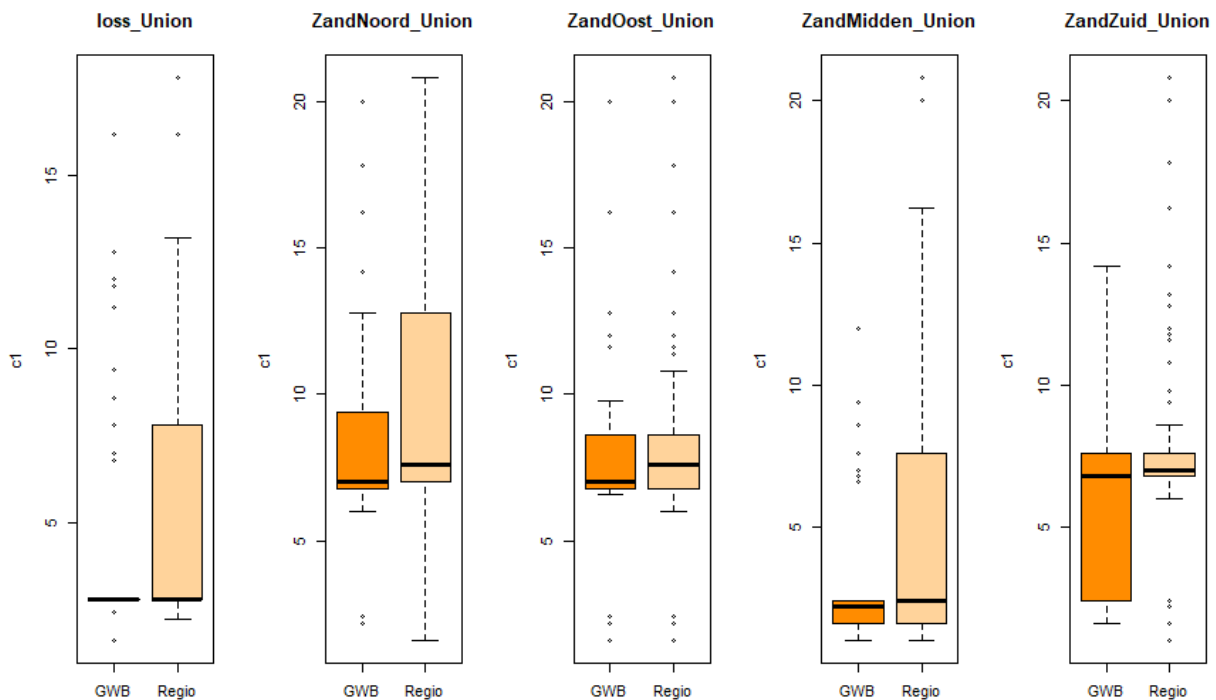
Het vochtvasthoudend vermogen van de zand- en lössregio's is gekarakteriseerd door de hoeveelheid opneembaar vocht in de wortelzone als indicator te gebruiken. Deze is gedefinieerd als de hoeveelheid hangwater dat in de wortelzone beschikbaar is voor gewasopname. De beschikbaarheid van bodemvocht is gelimiteerd door de maximale zuigspanning die de plantenwortels kunnen leveren: het verwelkingspunt. De hoeveelheid opneembaar vocht is berekend op basis van BOFEK, namelijk door de kaarten voor gemakkelijk en moeilijk opneembaar vocht bij elkaar op te tellen. BOFEK gaat uit van een worteldiepte van 30 cm (Wösten et al., 2012).

In Figuur 2-2 staat de hoeveelheid opneembaar bodemvocht voor Nederland weergegeven. In het oog springt de grote hoeveelheid (meer dan 10 cm) opneembaar bodemvocht dat de klei-, veen- en leemgronden in laag-Nederland kunnen leveren. De zand en lössgronden in hoog-Nederland en de westelijke kustduinen leveren niet meer dan 8 cm. Tussen deze regio's bestaan echter ook grote verschillen. De bodems in de regio's Zand Midden en Löss houden gemiddeld genomen nog niet de helft van het vocht vast ten opzichte van de bodems in de regio's Zand Noord, Zand Oost en Zand Zuid (Figuur 2-23).

Volgens de BOFEK houden de bodems in de grondwaterbeschermingsgebieden significant ($p < 0,05$) minder vocht vast ten opzichte van de omliggende regio's als geheel (Tabel 2-1). Dit betekent dat grondwaterbeschermingsgebieden op dit punt inderdaad relatief droogtegevoelig zijn. De spreiding binnen de onderscheiden gebieden zijn echter groot, waardoor er grote overlap is tussen de grondwaterbeschermingsgebieden en de gebieden daarbuiten.



Figuur 2-2: Hoeveelheid opneembaar vocht in de wortelzone volgens BOFEK (Wösten et al., 2012)



Figuur 2-3: Boxplots van de hoeveelheid opneembaar vocht (c_1 , mm) van bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden (GWB) en daarbuiten (Regio), opgesplitst voor de onderscheiden löss- en zandregio's volgens BOFEK (Wösten et al., 2012)

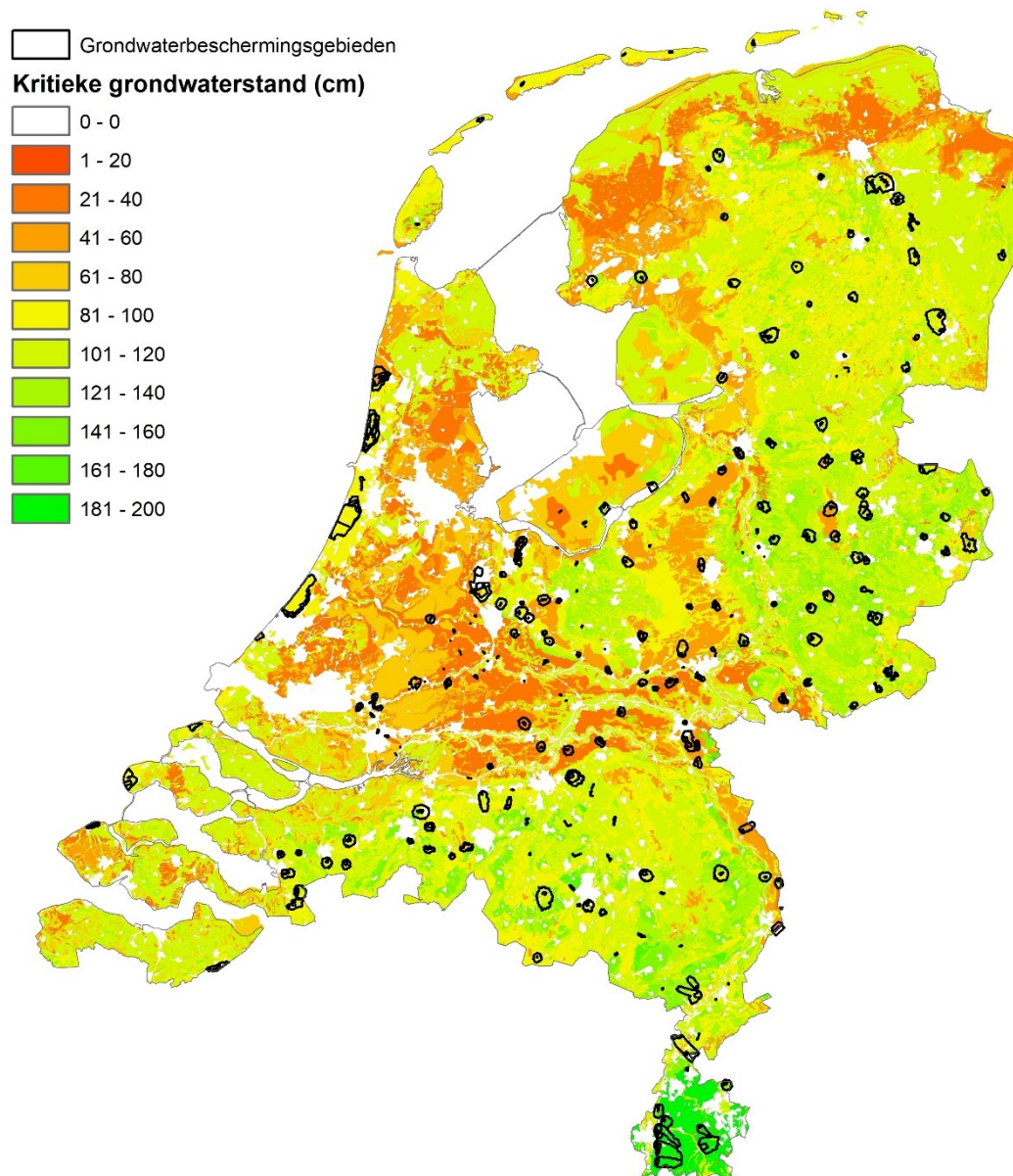
2.2.2 Capillaire nalevering

De capillaire nalevering van de zand- en lössregio's is gekarakteriseerd door kritieke z-afstand volgens BOFEK als indicator te gebruiken. De kritieke z-afstand is gedefinieerd als de diepte van de grondwaterstand waarbij de capillaire nalevering 2 mm/d bedraagt, indien de vochtspanning gelijk is aan het verwelkingspunt (Wösten et al., 2012). Naarmate de kritieke z-afstand hoger is, levert de bodem onder de wortelzone meer vocht na. BOFEK gaat uit van een worteldiepte van 30 cm.

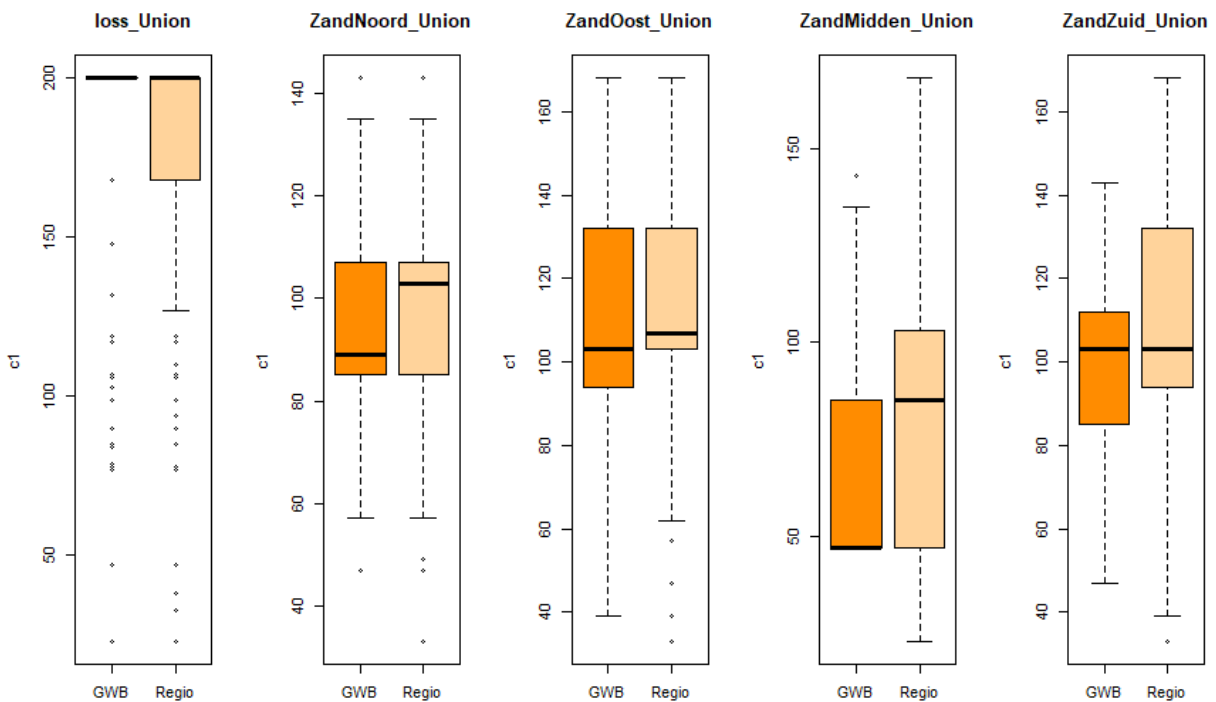
Figuur 2-44 geeft een landelijke weergave van de kritieke grondwaterstand. Te zien is dat veen- en kleibodems snel hun capillaire nalevering verliezen bij een wegzakkende grondwaterstand. De zandgronden en vooral de lössgronden zijn wat dat betreft veel robuuster voor droogte: pas bij grondwaterstanden vanaf 1 tot 2 m onder de wortelzone is de capillaire nalevering lager dan 2 mm/d (Figuur 2-5). Vooral de lössgronden staan bekend om hun goede vochtleverend vermogen als gevolg van een hoge capillaire nalevering. De bodems in Zand Midden worden juist gekenmerkt door een beperkte capillaire nalevering. Dit wordt bevestigd door de BOFEK informatie.

Binnen de zandregio's hebben de bodems in grondwaterbeschermingsgebieden, los van de grondwaterstand, gemiddeld genomen een significant lagere capillaire nalevering dan de omliggende regio's als geheel (Tabel 2-1). Dit betekent dat de bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden in de zandregio's inderdaad relatief droogtegevoelig zijn. De spreiding binnen de onderscheiden gebieden is echter groot, waardoor ook binnen grondwaterbeschermingsgebieden bodems voorkomen met een relatief goede capillaire eigenschappen.

Binnen de löss-regio zijn de capillaire eigenschappen van bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden niet significant slechter dan in de omliggende regio, en zou het zelfs kunnen zijn dat ze gemiddeld betere capillaire eigenschappen hebben.



Figuur 2-4: Kritieke grondwaterstand voor een capillaire nalevering van 2 mm/d bij verwelkingspunt (Wösten et al., 2012).



Figuur 2-5: Boxplots van de kritische grondwaterstand ($c1$, cm-mv) voor een capillaire nalevering van 2 mm/d van bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden (GWB) en daarbuiten (Regio), opgesplitst voor de onderscheiden löss- en zandregio's volgens BOFEK (Wösten et al., 2012).

Tabel 2-1: Resultaten van een eenzijdige toetsing (Wilcoxon, $p < 0,05$) van het vochtvasthoudend vermogen en capillaire nalevering als indicatie voor oververtegenwoordiging van relatief kwetsbare bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van de omliggende regio's. Bij regio's met een * is vochtvasthoudend vermogen en capillaire nalevering significant lager in grondwaterbeschermingsgebieden.

| Parameter | Zand Noord | Zand Oost | Zand Midden | Zand Zuid | Löss |
|--|------------|-----------|-------------|-----------|------|
| Vochtvasthoudend vermogen ¹ | * | * | * | * | * |
| Capillaire nalevering ¹ | * | * | * | * | |

¹Volgens BOFEK2012 (Wösten et al., 2012).

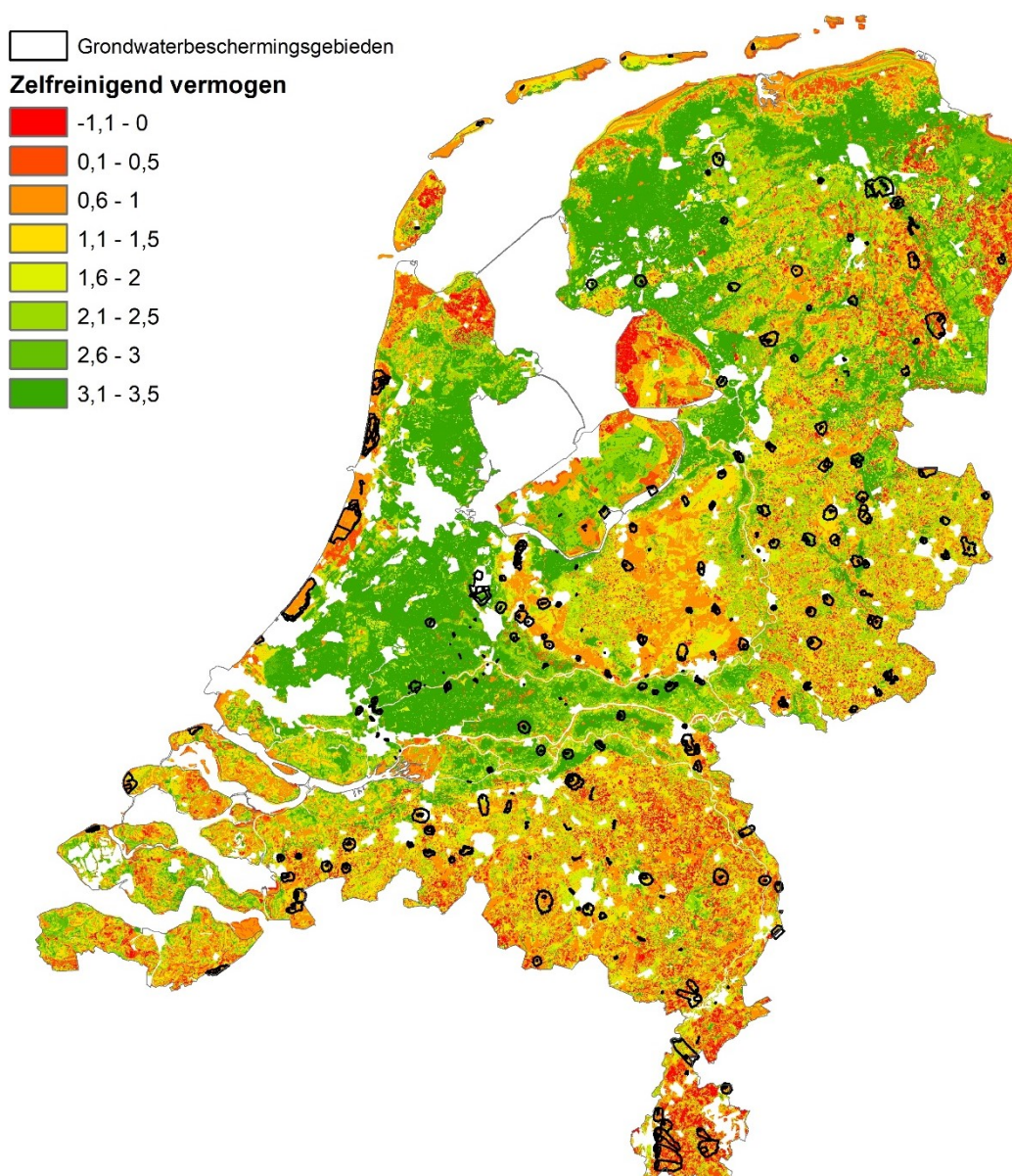
2.3 Zelfreinigend vermogen

Ruimtelijke patronen in de chemische bodemkwaliteit zijn geanalyseerd op basis van kaarten van het zelfreinigend vermogen van de toplaag volgens de Atlas Natuurlijk Kapitaal (Figuur 2-6). Deze kaart beschrijft de afbraak en retentie van stoffen door bodems. Het zelfreinigend vermogen is geclassificeerd door combineren van expert-oordelen over de bijdrage van verschillende bodemparameters, namelijk SOM, pH, totaal N, totaal P, bacteriebiomassa, bacterie activiteit, potentiële N-mineralisatie en de potentiële C-mineralisatie. Het gewogen oordeel is ruimtelijk geprojecteerd op basis van resultaten uit het landelijk meetnet bodemkwaliteit (Van Wijnen et al., 2012).

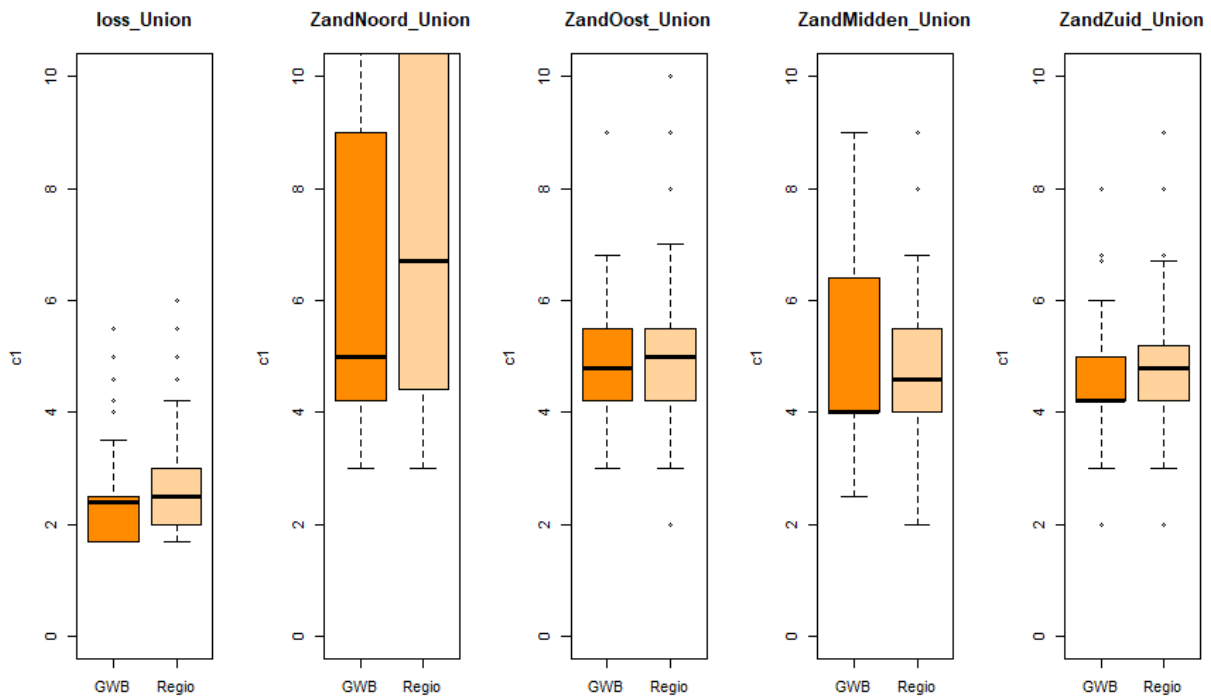
De bodems met een relatief laag zelfreinigend vermogen liggen voornamelijk in de zand- en lössregio's en de westelijke kustduinen. Vooral de lössgronden hebben een beperkt zelfreinigend vermogen doordat ze van nature minder organische stof bevatten. Binnen de regio's bestaan echter grote verschillen. Bodems in grondwaterbeschermingsgebieden hebben in alle regio's, met uitzondering van Regio Noord, een significant lager zelfreinigend vermogen dan de omliggende regio als geheel. Vanwege de grote spreiding binnen de onderscheiden

gebieden betekent dit dat bodems met een relatief laag zelfreinigend vermogen oververtegenwoordigd zijn in grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van de omliggende regio's

Nadere analyse van de relevante bodemparameters geeft aanwijzingen dat dit samenhangt met het relatief lage organische stofgehalte van bodems in grondwaterbeschermingsgebieden; in alle regio's is het organische stofgehalte van bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden significant lager dan daarbuiten ($p < 0.05$, zie Figuur 2-7 voor boxplots). Mogelijk houdt dit verband met de oververtegenwoordiging van bodems met van nature diepere grondwaterstanden en minder goede vochtkenmerken en daarmee lagere landbouwkundige potentie rond de locaties waar in het verleden de grondwaterwinningen zijn gestart. Naast het organische stofgehalte, zijn ook de andere parameters die het zelfreinigend vermogen bepalen, zoals potentiële mineralisatie, bacteriële biomassa en pH, vaak minder gunstig voor bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden (Tabel 2-2; uitgezonderd de noordelijke zandregio). Dit is echter voor de meeste parameters het gevolg van correlatie met het organische stofgehalte.



Figuur 2-6: Zelfreinigend vermogen van de bodem volgens de Atlas Natuurlijk Kapitaal (Van Wijnen et al., 2012).



Figuur 2-7: Boxplots van het organische stofgehalte (c1, %) van bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden (GWB) en daarbuiten (regio), opgesplitst voor de onderscheiden löss- en zandregio's volgens de atlas natuurlijk kapitaal (Van Wijnen et al., 2012).

Tabel 2-2: Resultaten van eenzijdige toetsing (Wilcox, $p < 0,05$) voor het zelfreinigend vermogen, en bodemparameters die daarvoor bepalend zijn, als indicatie voor oververtegenwoordiging van relatief kwetsbare bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van de omliggende regio's. Bij regio's met een * is het zelfreinigende vermogen significant lager in grondwaterbeschermingsgebieden.

| Parameter ¹ | Zand Noord | Zand Oost | Zand Midden | Zand Zuid | Löss |
|------------------------------|------------|-----------|-------------|-----------|------|
| Zelfreinigend vermogen | | * | * | * | * |
| Bodem organische-stofgehalte | * | * | * | * | * |
| Potentiële N-mineralisatie | | * | * | | * |
| Potentiële C-mineralisatie | | * | * | | * |
| Bacteriële biomassa | * | * | * | * | |
| Bacteriële activiteit | | | | | * |
| Regenwormen (abundantie) | | * | * | * | |
| Regenwormen (taxa) | | * | * | * | |
| N-totaal | * | * | * | * | * |
| P-totaal | | * | * | * | * |
| pH | | * | * | * | |

¹Volgens Atlas Natuurlijk Kapitaal (Van Wijnen et al., 2012)

2.4 Conclusies

Volgens BOFEK2012 en de Atlas Natuurlijk Kapitaal zijn bodems met relatief ongunstige bodemeigenschappen (met betrekking tot grondwaterbescherming) oververtegenwoordigd in grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van hun omgeving. Dit geeft aanwijzingen dat grondwaterbeschermingsgebieden van nature gevoeliger zijn voor

droogte en kwetsbaarder voor uitspoeling van ongewenste stoffen. Mogelijk houdt dit patroon verband met de oververtegenwoordiging van bodems met een relatief laag organische stofgehalte doordat puttenvelden in het verleden juist op de schralere bodems terecht zijn gekomen om goede landbouwgrond te ontzien. De beschouwde bodemeigenschappen vertonen echter een grote spreiding binnen de onderscheiden gebieden, waardoor bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden niet altijd per definitie kwetsbaarder zijn en er kansen liggen om via goed bodembeheer de kwaliteit van deze bodems te verbeteren. Dit betekent dat bij de ontwikkeling van een landelijke of provinciale bodemstrategie rekening gehouden moet worden met de heterogeniteit van bodemeigenschappen op een fijnmazigere schaal dan grondwaterbeschermingsgebieden.

3 Referentiebodems met een goede bodemkwaliteit

In dit hoofdstuk wordt getracht om een kenschets te maken van referentiebodems die een goede bodemkwaliteit hebben voor zowel landbouwdoeleinden als drinkwaterproductie. Naast het definiëren van gunstige bodemeigenschappen wordt geïnventariseerd welke factoren (in het bijzonder beheer) tijdens de vorming van deze bodems bepalend zijn geweest voor de ontwikkeling van positieve eigenschappen m.b.t. droogterobuustheid en waterkwaliteit. Ook wordt ingegaan op de vraag hoeveel effect het huidige gebruik heeft op de bodemkwaliteit, wat de bruikbaarheid is van bestaande meetinstrumenten en hoe er toegewerkt kan worden naar het referentiebeeld.

Er is gebruik gemaakt van bestaande literatuur en interviews met deskundigen uit de drinkwatersector, toegepaste wetenschap en natuurbeheer die bezig zijn met duurzaam bodembeheer. De volgende deskundigen zijn hiervoor geïnterviewd (Bijlage I):

- Nick van Eekeren (LBI): Programmacoördinator Duurzame veehouderij & Agrobiodiversiteit
- Michiel Rutgers (RIVM): Bodemecoloog
- Janjo de Haan (WUR): Projectleider & onderzoeker Bodem, Water, Bemesting
- Gerard Ros (NMI, AGV, WUR): Bodemkundige / landbouwdeskundige
- Gerard Korthals (NIOO, CSE): Onderzoekscoördinator Centrum voor Bodemecologie
- Frans Vaessen (WML): Adviseur Duurzaam Schoon Grondwater
- Gera van Os (AERES): Lector Duurzaam Bodembeheer
- Theo Bakker / Frans Smeding (SBB): Adviseur Natuurinclusieve Landbouw / Ecoloog

3.1 Bestaande referentiebodems

Rutgers et al. (2007) hebben een uitgebreide studie gedaan (325 gemonsterde locaties) naar referentiebodems die een goede kwaliteit hebben naar biologische, chemische en fysische maatstaven. Deze referenties biologische bodemkwaliteit (RBB) zijn bepaald voor 10 combinaties van bodemtype en bodemgebruik. De analyse is gebaseerd op het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) en de expertise van bodemecologen. De studie laat zien wat er wordt verstaan onder een gezonde bodem binnen de geldende randvoorwaarden van bodemgebruik en bodemtype. De volgende 6 categorieën zijn relevant met betrekking tot het rapport *Gezonde bodem, gezond watersysteem*:

- (melk)veehouderij op zand;
- akkerbouw op zand;
- gemengd bos op zand;
- (melk)veehouderij op löss;
- heide op zand;
- half-natuurlijk grasland op zand.

De laatste 3 categorieën waren ondervetegenwoordigd in de dataset, wat de keuze voor een referentie met goede bodemkwaliteit bemoeilijkte. Omdat er ook bodems zijn die niet in het LMB liggen, kunnen er theoretisch nog betere referenties aanwezig zijn. Verder ontbreken duinbodems helemaal als categorie binnen het LMB. Daarnaast kunnen afzonderlijke ecosysteemdiensten beter zijn in andere bodems, maar de integrale bodemkwaliteit wordt

optimaal verondersteld in deze referentiebodems. Doel van deze referentiebodems is om tot een duurzamer bodemgebruik te komen, bodems in een goede ecologische toestand te krijgen en de eigenschappen van de referentiebodems te vergelijken met die van veel voorkomende bodems. Duurzamer bodemgebruik is alleen mogelijk als er ook mogelijkheden zijn om de kwaliteit van de bodem te verbeteren (knoppen om aan te draaien; handelingsperspectief). Het is daarom belangrijk om de relatie tussen bodemgebruik, duurzame maatregelen en de effecten hiervan op de ecosysteemdiensten van een bodem helder te hebben (Vermooten & Lijzen, 2015). Ecosysteemdiensten van de bodem kunnen volgens Rutgers et al. (2005) onderverdeeld worden in:

- Productiefunctie: bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, ziekteverend vermogen;
- Functie weerstand en flexibiliteit (in de tijd);
- Kringloopfunctie: milieudiensten zoals mineralisatie, zelfreinigend vermogen (Van Wijnen et al., 2012) en waterbergend vermogen;
- Habitatfunctie: biodiversiteit.

Gebruik en beheer van de bodem bepalen uiteindelijk de kwaliteit van deze ecosysteemdiensten (Rutgers et al., 2012). Vooral verdichting, vermesting, en gebruik van bestrijdingsmiddelen en diergeneesmiddelen hebben hier een negatieve invloed op. Duurzaam beheerde gronden zijn duidelijk te onderscheiden in de dataset, omdat de genoemde ecosysteemdiensten een hogere kwaliteit hebben.

De uiteindelijk door Rutgers et al. (2007) gekozen referentiebodems voor de verschillende combinaties van bodemgebruik en bodemtype worden niet toegeschreven aan bepaalde bodemtypen, maar vooral aan de bodemeigenschappen die positieve effecten hebben op de ecosysteemdiensten. De referentiebodems voor (melk)veehouderij op löss scoorden vooral goed op potentiële N-mineralisatie, functionele diversiteit en de regenwormengemeenschap. De nitraatuitspoeling blijkt ook lager te zijn op lössgrond dan op de (Limburgse) zandgronden (DSG Nieuwsbrief, 2018), mede doordat er vaker een afwisseling is van ondiep wortelende en dieper wortelende gewassen dan op zandgronden. De referentiebodems voor akkerbouw op zand scoorden goed op de groepen regenwormen, potwormen en nematoden. Bij het kiezen van referentiebodems voor (melk)veehouderij op zand werden de volgende criteria als positief beoordeeld: een stabiel en uitgebalanceerd bodemvoedselweb, een productief bodemecosysteem, bodembeheer gericht op vermindering van hulpstoffen (mest en bestrijdingsmiddelen), lage frequentie van scheuren (< eens in de 5 jaar) en een laag percentage bouwland. Daarnaast heeft oud grasland meer bodemleven en een hogere stikstofmineralisatie dan jong grasland (Van Eekeren et al., 2008). Ook de referentiebodems voor halfnatuurlijk grasland op zand zijn gekozen op basis van de stabiliteit van het bodemvoedselweb, maar ook op basis van aanwezige halfnatuurlijke vegetatie. De referentiebodems voor de droge heideterreinen kenmerken zich door schraalheid, een lage zuurgraad, een hoog organische stofgehalte, een hoge schimmelbiomassa en een hoog aantal nematoden, mijten en springstaarten. Ook de bosbodems zijn zuur, voedselarm en rijk aan schimmels, mijten en springstaarten. Opvallend zijn verder de lage zware metalenconcentraties.

Ook internationaal zijn er systematieken ontwikkeld voor het bepalen van bodemkwaliteit, waarbij locatie-specifieke referenties voor bodemfauna zijn afgeleid voor bossen, graslanden en akkers (Ruf et al., 2003).

3.2 Bruikbaarheid van referentiebodems als eindbeeld om naartoe te werken

Eén van de bodems die in aanmerking komt als referentiebodem voor de gedeelde belangen van landbouw én drinkwaterproductie is de enkeerdgrond, omdat deze grond een hoog organische stof- en fosfaatgehalte heeft wat gunstig is voor de beworteling en het vochtleverend vermogen (Sonneveld & Jongmans, 2010). Deze bodems zijn ontstaan vanuit het potstalsysteem, waarbij plaggen uit heidegebieden, beekdalen of bossen werden gebruikt als

strooisel in de stal (Rutgers et al., 2007). Dit strooisel van zandhoudende mest werd vervolgens op de akkers verspreid als bodemverbeteraar. Zo ontstond na honderden jaren een humushoudende bodemlaag van 50 tot 100 centimeter (Sonneveld & Jongmans, 2010). De goede beworteling zorgt voor een betere stikstofopname door het gewas.

In vergelijking met de enkeerdgronden zijn podzolgronden veel gevoeliger voor uitspoeling van voedingstoffen en vochtgebrek. Ze bevatten minder organische stof die ook van minder goede kwaliteit is, wat een negatief effect heeft op de bodemstructuur. Binnen de podzolgronden functioneren veldpodzolgronden beter dan de droge podzolgronden, omdat veldpodzolgronden minder verdicht zijn, al is de doorwortelbaarheid nog steeds slechter dan bij enkeerdgronden.

Uit de interviews komt naar voren dat het lastig is om naar een referentiebodem toe te werken, omdat de context verschilt: elke bodem is anders vanwege zijn oorsprong, ligging en historisch/huidig gebruik. Maatwerk is dus geboden en ook het vakmanschap van de boer, de gewaskeuze, het denken op korte of lange termijn en het bedrijfsperspectief speelt een grote rol. Daarnaast is het bodemsysteem niet erg maakbaar op de korte termijn (< 10 jaar). De referentiebodems zoals hierboven beschreven zijn dus te grofschalig (op bedrijfsniveau) en vooral bruikbaar om kennis te ontwikkelen, maar wel het ultieme doel om ooit te bereiken.

Binnen het meetnet voor Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN; zie paragraaf 3.5.2) wordt o.a. de proefboerderij Vredepeel, waar veel gemeten wordt in het veld en in bioassays, gezien als referentiebodem. Dit is dus een ander soort referentie dan in het rapport van Rutgers et al. (2007): deze referentiegrond wordt gebruikt om te bepalen wat handelingsperspectieven zijn om bij streefwaarden uit te komen.

3.3 Definitie van een goede bodemkwaliteit en welke kenmerken daarbij horen

In het rapport *Caring for soil is caring for life* (Veerman et al., 2020) staan 6 kenmerken van een gezonde bodem genoemd: het reguleren en bergen van water, het opslaan van koolstof, het vasthouden van nutriënten, het beschermen van biodiversiteit, de kwaliteit van het landschap ondersteunen en het produceren van voedsaam en veilig voedsel.

Meer specifiek wordt de kwaliteit van de bodem bepaald door zowel biologische, chemische en fysische eigenschappen, waaronder de kwaliteit van het bodemvoedselweb, de bodemvruchtbaarheid en de mate van verdichting. Een belangrijke factor is het organische stofgehalte van de bodem. Van der Wal et al. (2019) suggereren een negatief verband met de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater op melkveebedrijven op zandgrond. Vooral onder permanent grasland met hogere organische stofgehalten worden lagere nitraatconcentraties gemeten. Ook is er meer gemakkelijk afbreekbaar organische stof onder permanent grasland, wat leidt tot een hogere denitrificatie en stikverliezen naar de atmosfeer. De meeste studies geven echter aan dat het effect van organische stof op nitraatuitspoeling niet eenduidig is, omdat een hoger organische stofgehalte zowel de bodemkwaliteit, de denitrificatiecapaciteit als de stikstofopname door het gewas verbetert, maar ook de N-mineralisatie doet toenemen (CDM, 2017). Dit laatste zorgt voor een hoger risico op nitraatuitspoeling, waardoor mitigerende maatregelen nodig zijn om de grondwaterkwaliteit te beschermen.

Een hoger organische stofgehalte houdt ook verband met een hogere microbiologische activiteit en daarmee in theorie een hoger zelfreinigend vermogen. Dit vermogen wordt bepaald aan de hand van de functionele microbiële activiteit, de potentiële mineralisatiesnelheid van koolstof en organisch stikstof, organische stofgehalte, pH en P-gehalte (Van Wijnen et al., 2012), maar het is ook afhankelijk van de kwaliteit van het bodemvoedselweb en daarmee ook van een bodemvriendelijke bedrijfsvoering (Van Loon, 2018). Een hogere complexiteit van het bodemvoedselweb zal naar alle waarschijnlijkheid zorgen voor een meer diverse afbraak, een lagere gevoeligheid

voor plagen en andere stressfactoren en dus voor een verminderd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (De Vries, 2020). Ook kan een bodemvoedselweb met meer schimmels beter tegen droogte dan een voedselweb met veel bacteriën. Schimmels komen meer voor als bodems minder verstoord worden en meer organische stof bevatten. Ze kunnen beter water vasthouden dan bacteriën en verliezen minder voedingsstoffen en CO₂ na een droogteperiode.

Dit alles sluit aan bij de criteria en positieve eigenschappen die Rutgers et al. (2007) gebruikt hebben om de referentiebodems te kiezen: een rijk bodemleven, duurzaam bodembeheer (minder mest- en hulpstoffen, minder grondbewerking), een hoge stikstofmineralisatie en een hoog organische stofgehalte.

3.4 Goede bodemkwaliteit voor zowel drinkwaterproductie, landbouwproductie als een goede toestand van oppervlaktewater

Voor grondwaterwinning en landbouw zijn voor een deel dezelfde bodemeigenschappen belangrijk voor een goede bodemkwaliteit, maar naast deze synergiën zijn er ook trade-offs. De landbouw zal altijd een hoge bodemvruchtbaarheid willen bereiken, terwijl dat bij een slecht functionerende bodem de uitspoeling van meststoffen (met name stikstof) in de hand zal werken. Daarom is (toewerken naar) een goed functionerende bodem essentieel om deze functiecombinatie te kunnen voortzetten zonder elkaars belangen te schaden.

De vraag is nu hoe een goede bodemkwaliteit bereikt kan worden voor landbouwdoeleinden én drinkwaterproductie. Voor boeren zijn dit de belangrijkste eigenschappen van een kwalitatief goede bodem: het organische stofgehalte, levering van nutriënten, ontwatering, vochtleverend vermogen, draagkracht, en een lage onkruiddruk (Rutgers et al., 2007). Voor een goede (grond)waterkwaliteit en- drinkwaterproductie gaat het vooral om eigenschappen die vochtleverend vermogen, infiltratie, doorwortelbaarheid, reactiviteit en zelfreinigend vermogen vergroten en verdichting en nitraatuitspoeling verkleinen (Van Loon, 2018). De effectiviteit van bodemaatregelen om deze eigenschappen te verbeteren zijn echter erg locatie-specifiek, wat betekent dat er vaak maatwerk nodig is en deskundige advisering. Daarom zijn projecten gestart om hier meer inzicht in te krijgen, zoals *Goede grond voor een duurzaam watersysteem* (Groenendijk, 2015), Lumbricus, KLIMAP en de Kennisimpuls Waterkwaliteit, onderdeel Maatregel op de Kaart (Van Gerven et al., 2019; Groenendijk et al., 2020). Hierin worden instrumenten ontwikkeld om de effecten van bodem-, water- en gewasmaatregelen op het watersysteem te kunnen kwantificeren.

In het advies van de Raad voor de Leefomgeving en Infrastructuur (RLI, 2020) wordt geadviseerd om meervoudig gebruik van de bodem te bevorderen en vast te leggen in de Nationale Omgevingsvisie (NOVI). De uitvoering is in handen van de provincies en loopt via gebiedsgerichte processen (GGA). De bodem is leidend voor welke functies er mogelijk zijn en dit opent dus ook de weg voor ruimtelijke allocatie van landgebruik (De Ruyter, 2018). Veel initiatieven zijn gericht op vitaal en duurzaam bodembeheer, maar niet altijd wordt daarbij ingezet op functiecombinaties. Vitale bodems absorberen water en houden water vast. Bodems die verdicht zijn en weinig organische stof bevatten, zijn gevoeliger voor af- en uitspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen. De Nitraatrichtlijn en Meststoffenwet reguleren hoeveel stikstof en fosfaat er op grasland en bouwland gebruikt mag worden, maar desondanks worden de KRW-normen voor oppervlaktewater en de normen in de Grondwaterrichtlijn niet altijd gehaald, zeker niet in zandgebieden (RLI, 2020). Hierdoor zijn bij 89 drinkwaterwinningen in het zandgebied normoverschrijdingen vastgesteld (PBL, 2017). Bovendien is het effect van maatregelen en/of een aangepast bodembeheer niet direct zichtbaar, omdat grondwater dat opgepompt wordt uit een mengsel van uitlopende ouderdom bestaat van enkele jaren tot eeuwen oud.

Daarnaast zijn in sommige natuurbodems op voormalige bouwlanden (blijvende graslanden, >20 jaar oud) nog altijd residuen van pesticiden aanwezig, waardoor er een minder rijk bodemleven is en dus ook minder afbraak van

pesticiden en meststoffen (Van Eekeren et al., 2008). Natuurgebieden worden nu vaak alleen maar verschaald (maaien/afvoeren), maar zeker op de verpachte gronden hoeft dit niet altijd gedaan te worden, om genoeg voeding en buffering over te houden voor het bodemleven, zodat de genoemde residuen afgebroken kunnen worden. Bovendien zit er geen monitoring van de ondergrond en het bodemleven in het Subsiestelsel Natuur en Landschap (SNL) nu. Het is dus duidelijk dat natuurbeheer nog niet voldoende onder het maaiveld kijkt qua bodemleven.

De vraag is ook in hoeverre de effecten van een gunstige bodemkwaliteit te scheiden zijn van het bodemgebruik. In het algemeen heeft permanent grasland een betere bodemkwaliteit dan bouwland of tijdelijk grasland op zandgronden (Rutgers et al., 2007; Van Ekeren et al., 2018; Van der Wal et al., 2019). Door intensievere en efficiëntere landbouwpraktijken, ruilverkaveling en vergaande mechanisatie en stuurbaarheid zijn landbouwbodems sinds de jaren 1960/1970 steeds minder afhankelijk geworden van natuurlijke processen (Zeijs & Westhoek, 2013). Op die manier is de bodem vooral nog een substraat dat gevoed wordt door de kunstmatige aanvoer van mest, water en bestrijdingsmiddelen en niet meer een levend ecosysteem met bijbehorende ecosysteemdiensten. Bij duurzame landbouw, en dus een duurzaam bodembeheer, zou het uitgangspunt echter moeten zijn wat de bodem zelf al levert aan nutriënten, organische stof en bodemleven. Vervolgens kan gericht en efficiënt extra aanvoer plaatsvinden, waarbij het 4J-principe in acht wordt genomen: juiste plaats, juiste tijdstip, juiste hoeveelheid en juiste toedieningsmethode (Roberts, 2007). Met de diverse initiatieven rond kringlooplandbouw en natuur-inclusieve landbouw is er in de landbouw steeds meer aandacht voor duurzaam bodembeheer, vooral in grondwaterbeschermingsgebieden.

3.5 Instrumenten voor het bepalen van de bodemkwaliteit

3.5.1 Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB)

In het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) is van 1993-2010 de chemische bodemkwaliteit gemonitord. Het LMB is in 2013 geïntegreerd met het biologische bodemmeetnet (BoBi; Van den Elsen et al., 2019) en valt sinds 2013 onder het onderzoeksprogramma "Bodem Ecosysteemdiensten Onderzoek" (BEO). Om te onderzoeken of het Nederlandse mestbeleid goed werkt, is in 1992 het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) opgericht. Hierin wordt gemeten wat de gevolgen zijn van het gebruik van meststoffen op de natuur en waterkwaliteit, maar ook wat de effectiviteit van maatregelen is.

3.5.2 Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) en de Open Bodem Index (OBI)

Daarnaast zijn in 2019 de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) vastgesteld (Tabel 3-1). Ze vormen de leidraad voor het programma Duurzame Landbouwbodem 2030 en ze worden gebruikt voor verfijning op perceelsniveau in de vorm van referentie- en streefwaarden (Hanegraaf et al., 2019). De BLN werkt met een parameterset van 17 chemische, fysische en biologische indicatoren die nodig zijn om de bodemkwaliteit in beeld te brengen. Deze sluiten qua methodiek aan bij de Bobi (Bodembiologische indicator; Schouten et al., 1997) en sluiten inhoudelijk aan bij de beoordelingsystematiek zoals deze is opgesteld binnen de context van de Open Bodem Index (OBI). Veel van deze parameters worden standaard door boeren en in de meeste lange termijn projecten gemeten. Op zandgronden wordt vaak ook nitraatuitspoeling gemeten. De wetenschappelijke basis voor het BLN is de Soil Health Index (Van den Elsen et al., 2019). De BLN indicatoren zijn getest binnen het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen van PPS Beter Bodembeheer, en lopen mee binnen de context van het Europese LANDMARK project en het klimaatprogramma Slim Landgebruik.

De Open Bodem Index (OBI) is een open en wetenschappelijk framework (en rekenhart) om bodemanalyses en perceelskenmerken te interpreteren voor beoordeling/waardering van bodemfuncties, waaronder grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (af- en uitspoelingsgevoeligheid van gronden), in relatie tot een doelvariabele (zie

hoofdstuk 2). Alle functies zijn met factsheets beschreven (zie volgende hoofdstuk en <https://openbodemindex.nl/documentatie>). De OBI maakt gebruik van de 35 parameters die beschikbaar zijn, of een boer al laat meten in het kader van zijn bemestingsplan, waaronder ook de BLN indicatoren. Dit zijn chemische, fysische en een beperkt aantal biologische metingen (microbiële activiteit en verhouding bacteriën/schimmels). Deze parameters zijn gericht op aspecten die geïnterpreteerd en bijgestuurd kunnen worden. Daarnaast wordt data gebruikt uit langjarige veldproeven binnen het bodemkundig en agronomisch onderzoek, en in mindere mate uit het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. De relaties tussen indicatoren, maatregelen en effecten die hieruit worden gedestilleerd staan voor wat betreft bodemchemische functies beschreven in de Handboeken Bodem en Bemesting.

Tabel 3-1: De geselecteerde Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN)

| | Nr | Indicator | Eenheid | Klassieke meetmethode | Snelle, goedkopere meetmethode ² |
|------------|----|---|--|---|---|
| Org. stof | 1 | Organische stofgehalte en koolstofgehalte | % | Gloeiverlies en Dumas | NIRS |
| | 2 | Stabiele fractie organische stof | % | Oxidatie in permanganaat (POXC) | n.b. |
| | 3 | Heet water extraheerbare koolstof (HWC) | mg kg ⁻¹ , g ha ⁻¹ | Extractie in heet water | n.b. |
| Fysisch | 4 | Watervasthoudend vermogen | %, mm | Zandbak/drukpan | o.b.v. textuur + OS |
| | 5 | Aggregaatstabiliteit | - | Natte zeefmethode | n.b. |
| | 6 | Textuur | % | Pipetmethode | NIRS |
| | 7 | Indringingsweerstand | MPa | Penetrometer | |
| | 8 | Droge bulkdichtheid | kg m ⁻³ | Massa na drogen 105° C | Berekend uit OS% |
| Chemisch | 9 | Zuurgraad (pH) | - | Extractie in CaCl ₂ | |
| | 10 | N-totaal | g kg ⁻¹ , kg ha ⁻¹ | Kjeldahl | NIRS |
| | 11 | Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) | mg kg ⁻¹ , g ha ⁻¹ | Anaerobe incubatie | NIRS |
| | 12 | Fosfaatstatus ³ | mg 100 g ⁻¹ , g kg ⁻¹ , kg ha ⁻¹ | Extractie in ammoniumlactaat-azijnzuur, CaCl ₂ resp. water | |
| | 13 | Kalstatus ³ | mg 100 g ⁻¹ , mmol ⁺ /kg, g kg ⁻¹ , kg ha ⁻¹ | Extractie in HCl en oxaalzuur | NIRS + Extractie in CaCl ₂ |
| Biologisch | 14 | Aaltjes diversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes) | Aantal taxa # 100 ml ⁻¹ grond | Microscopie | PCR |
| | 15 | Bacterie- en schimmelbiomassa | µg kg ⁻¹ | PLFA | NIRS |
| | 16 | Regenwormen aantallen en diversiteit | # m ⁻² , kg m ⁻² | Visueel | n.b. |
| Alg | 17 | Visuele beoordeling (fysisch-chemisch-biologisch) | Divers | Visueel | n.b. |

¹ De set is opgesteld vanuit bodemvruchtbaarheid / bemestingsoogpunt.

² n.b. niet bekend, maar wel wenselijk. Wanneer de cel in de laatste kolom leeg is, is de klassieke methode 'snel & goedkoop' en is er geen noodzaak voor een alternatieve meetmethode.

³ De aard van de indicator kan per sector verschillen, bijvoorbeeld voor P: in de melkveehouderij P-voorraad & P-beschikbaar, en voor de akkerbouw Pw; voor de akkerbouw zou 'Nmin in het najaar' als indicator kunnen worden opgenomen.

De beoordeling van alle bodemfuncties samen geeft een indicatie van de kwaliteit van de bodem in de vorm van een getal, waarbij het belangrijk is dat de informatie die achter dit getal zit, niet verloren gaat. Uiteindelijk zal de OBI-systematiek uitgebreid worden met afzonderlijke deelscores voor landbouw, waterkwaliteit, klimaat en biodiversiteit. Het is dan gewenst om elke deelscore/ecosysteemdienst evenredig mee te laten wegen bij de berekening van de integrale score. Per perceel wordt in beeld gebracht of de bodemkwaliteit nog verder verbeterd kan worden gegeven de eigenschappen van het perceel, het bouwplan en de perceelskenmerken (o.a. bodemsoort en positie in het landschap). Via deze methodiek is het mogelijk om te definiëren wat een optimale bodem is en hoe per indicator de gewenste situatie bereikt kan worden. Dit hangt altijd samen met het doel waarvoor je de bodem wilt gebruiken. In de OBI zijn vooralsnog 10 maatregelen gedefinieerd die de bodemkwaliteit en -functies kunnen verbeteren, op basis van langjarig Europees en nationaal onderzoek.

3.5.3 Bodem Conditie Score (BCS)

De Bodem Conditie Score (BCS) is een meetinstrument dat is ontwikkeld om boeren op een eenvoudige en goedkope manier de kwaliteit van de bodem te laten beoordelen en deze verder te verbeteren (Sonneveld et al.,

2014). De BCS is gebaseerd op visuele bodembeoordeling aan de hand van 8 kenmerken en stemt goed overeen met chemische analyses. Het is een optionele indicator binnen de OBI en gaat in op de volgende kenmerken:

- Gewasbedekking;
- Beworteling;
- Verdichting ondergrond;
- Regenwormen;
- Bodemstructuur;
- Zuurgraad (pH);
- Organische stof (kleur);
- Aantal gekleurde vlekken.

3.5.4 BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP)

Het BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP) is een adviserende applicatie waarmee boeren gericht inzicht krijgen in de effectiviteit van maatregelen die bijdragen aan schoon en voldoende grond- en oppervlaktewater (Ros et al., 2020). Met een BBWP is het mogelijk om bedrijfsspecifiek een plan te maken voor het verbeteren van de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit, het watervasthoudend vermogen van de bodem en de benutting van nutriënten. Het BBWP integreert een aantal losse tools, waaronder resultaten van Maatregel-Op-De-Kaart, de Bodemscan, het BedrijfWaterPlan (van ZLTO, ingezet voor voldoende water) en delen van de OBI. Het BBWP is ontstaan uit een samenwerking van het NMI, ZLTO, het Louis Bolk Instituut, provincie Brabant en de Brabantse waterschappen en is eind 2020 getoetst bij 50 Brabantse boeren, maar ook toepasbaar in andere provincies. In 2020 wordt dit opgeschaald naar een paar honderd boeren, evenals een landelijke uitrol binnen het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer.

3.5.5 Label Duurzaam Bodembeheer

Het Label Duurzaam Bodembeheer (Van der Wal et al., 2016) richt zich op het identificeren van beheersmaatregelen die positief kunnen bijdragen aan de bodemkwaliteit. Het doel is om agrariërs te stimuleren om hun bodem duurzaam te beheren. Deze aanpak blijft per definitie vrij grofschalig en semi-kwantitatief, omdat in werkelijkheid het effect en de noodzaak van een type maatregel afhangt van de kwaliteit van een perceel. De systematiek is opgezet op basis van beschikbare en te borgen informatie over het beheer, waaraan vele onderzoeks- en kennisinstellingen hebben bijgedragen. In 2019 is de onderliggende rekensystematiek geïntegreerd met die van de OBI.

3.6 Realisatie optimale bodemkwaliteit

Deze studie gaat niet in op de effectiviteit van maatregelen, maar er kan wel een wensbeeld worden geschetst qua beheer, bedrijfsvoering of landbouwsysteem. Zoals eerder aangegeven is het lastig om naar een referentiebodem toe te werken, waardoor het beter is om de transitie naar een duurzaam landbouwsysteem te onderbouwen. Bodemaatregelen kunnen deze transitie faciliteren (Van Loon, 2018). In sommige gevallen kan een enkele maatregel al een groot verschil maken, maar meestal gaat het om een combinatie van maatregelen en doelen (systeemaanpak) en dus om een aanpassing van de bedrijfsvoering. Hierin staat duurzaam bodemgebruik voorop, zoals verhogen van organische stof, gebruik van vaste organische mest, minder bodemverdichting en grondbewerking, beperkt gebruik van bestrijdingsmiddelen, ruime vruchtwisseling (gewasdiversiteit in tijd en ruimte) en andere gewassen (Rutgers et al., 2007; cf. project Bodem-UP), waardoor duurzame functiecombinaties mogelijk worden. Dit betekent wel dat het korte termijn denken losgelaten moet worden, omdat dit niet altijd strookt met het verbeteren van de bodemkwaliteit op lange termijn. Draagvlak voor deze maatregelen ontstaat als duidelijk is dat ze ook van waarde zijn voor de agrariër en zijn verdienmodel (Van Eekeren et al., 2018). Daarnaast

bestaat de mogelijkheid dat de levering van ecosysteemdiensten (financieel) gewaardeerd gaat worden (Rougoor et al., 2019). In dit kader kan ervoor gekozen worden om te belonen op (aantoonbare) inspanning in plaats van op resultaat, om te voorkomen dat een agrariër die altijd zijn best heeft gedaan en al een goede bodemkwaliteit heeft, niet wordt beloond. Hierbij moet wel voorkomen worden dat een agrariër wordt beloond voor een maatregel die niet werkt.

Duurzame(re) vormen van landbouwsystemen en beheersvormen waar aan gedacht kan worden zijn kringlooplandbouw, natuur-inclusieve landbouw en duurzame pacht. Dit laatste houdt in dat de pachtprijs voor boeren omlaag gaat of dat het pachtcontract langer wordt als ze maatregelen nemen om het organische stof, het watervasthoudend vermogen en de biodiversiteit te verhogen. In het gebied De Margriet bij Haaren (NB) gaat het dan o.a. om vruchtwisseling van gras-klaver en kruiden met snijmais (Van Eekeren, 2016) en bloemrijke randen als bufferzone tussen bos en akker. Gras-klaver herstelt hierbij de bodembioïologie en zorgt voor een lagere C/N ratio, door toename aan bodembewonende wormen en doordat klaver stikstof bindt (Van Eekeren et al., 2009; De Haas et al., 2019). Het Louis Bolk Instituut blijft dit proces monitoren en boeren ondersteunen. Andere voorbeelden van agrarische bedrijven die de stap naar een duurzame bedrijfsvoering reeds gemaakt hebben:

- Regeneratieve boerderij Bodemzicht in Nijmegen (<https://www.bodemzicht.nl>)
- Boerderij van de Toekomst in Lelystad (<https://farmofthefuture.nl>)
- Herenboeren, diverse locaties (<https://www.herenboeren.nl>)
- Mengteelt, bijv. <https://www.platformkringlooplandbouw.nl/initiatieven-en-inspiratie/denis-mulder>
- Zelf verrijkend landgoed Roggebotstaete in Flevoland (<https://www.roggebotstaete.nl>)
- Natuurboerderij Eytemaheert (<https://eytemaheert.nl>)

3.7 Conclusies en vervolgstappen

Uit deze literatuurstudie en interviewronde zijn visies op een goede bodemkwaliteit opgehaald. Hieruit volgde dat het definiëren van referentiebodems onvoldoende recht doet aan de grote (ruimtelijke) variatie in bodemeigenschappen en gebruik. De optimale bodem is sterk doel- en situatieafhankelijk en moeilijk maakbaar. Het is daarom lastig om naar een referentiebodem toe te werken. Het is beter om de pijlen te richten op bodemeigenschappen en –functies die verbeterd kunnen worden en om op basis daarvan streefbeelden te definiëren. De gewaskeuze is in elk geval heel bepalend voor de bodemkwaliteit, net als de ruimtelijke en temporele diversiteit van gewassen, omdat dit zorgt voor een grotere diversiteit van organische stof en bodemleven. Nutriënten worden daardoor beter benut, met minder uitspoeling tot gevolg. Daarnaast speelt het vakmanschap van de boer een grote rol bij het bereiken van een goede bodemkwaliteit, waarbij stimuleren van het lange termijn denken cruciaal is. De transitie naar een duurzamere bedrijfsvoering wordt eenvoudiger als er ruimte is voor (financiële) waardering voor de levering van ecosysteemdiensten. De meningen zijn verdeeld of er een beloning moet komen voor de inspanning of het resultaat, waarbij in elk geval wel voorkomen moet worden dat een agrariër beloond wordt voor een maatregel die niet werkt. Op grotere schaal gaat het bij voorkeur om een systeemaanpak met duurzame beheersvormen en landbouwsystemen, of zelfs om ruimtelijke allocatie van landgebruik en maatschappelijke opgaves.

Om het noodzakelijke maatwerk te kunnen leveren, kan gebruik gemaakt worden van bestaande instrumenten. Zo zijn in 2019 de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) opgesteld. Deze set bestaat uit 17 uiteenlopende indicatoren voor bodemkwaliteit en ze zijn o.a. geselecteerd op de mogelijkheid om ze met beheer te beïnvloeden. Voor de indicatoren zijn referentiewaarden, gekoppeld aan typen landgebruik, voorgesteld. Deze set vormt ook de basis van de Open Bodem Index (OBI), waarin de indicatoren gebruikt worden om bodemfuncties te kwantificeren, interpreteren en evalueren in relatie tot de gewenste kwaliteit.

We willen daarom in het volgende hoofdstuk een verdiepingsslag slaan door de indicatoren en de bodemfuncties binnen de OBI/BLN te kwalificeren op relevantie voor de functie drinkwater en te evalueren op volledigheid. Daarmee wordt het resultaat ook concreter en bruikbaar voor de drinkwaterbedrijven. Het gaat er dan ook om te reflecteren op de wijze waarop streefwaarden zijn vastgesteld en in hoeverre de streefwaarden passen bij de drinkwaterfunctie. Er wordt uitgewerkt hoe indicatoren kunnen bijdragen aan de functie drinkwater en wat de eventuele risico's of voorwaarden zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van kentallen uit de literatuur, het inzetten van experts op het gebied van bodemindicatoren en betrokkenheid van de initiator achter de OBI (Gerard Ros). Het resultaat hiervan is een advies voor monitoring van de bodemkwaliteit in relatie tot drinkwaterfunctie, waarmee een meetplan kan worden opgesteld. Voor bodemindicatoren die vanuit de drinkwaterfunctie in de OBI/BLN mogelijk nog ontbreken, geven we aan hoe deze indicatoren gemeten kunnen worden.

4 Bodemwaardering voor grondwater: mogelijke inzet van de Open Bodemindex

Landbouwbodems vervullen in de praktijk meerdere functies en dragen bij aan meerdere ecosystemendiensten; bodems zorgen namelijk voor een goede landbouwproductie, bufferen water en nutriënten, leggen koolstof vast, zorgen voor een habitat voor bodemleven en faciliteren bovengrondse biodiversiteit. De laatste jaren is er daarom vanuit allerlei invalshoeken onderzoek gedaan naar de kansen die duurzaam bodembeheer biedt voor verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving.

Gezien de sterke verwevenheid van het project “Gezonde bodem, gezond watersysteem” met de aanpak en doelen van de Open Bodemindex (OBI), wordt in dit hoofdstuk een korte beschrijving gegeven hoe de OBI concreet vorm geeft aan de waardering van bodemkwaliteit en het handelingsperspectief om via bodembeheer bij te dragen aan een duurzame landbouw. Ook wordt exploratief onderzocht hoe de Open Bodemindex uitgebreid kan worden om meer inhoud te geven aan de bescherming van grondwaterkwantiteit en -kwaliteit. Door actieve sturing op bodemkwaliteit kan de harmonie tussen verschillende bodemfuncties versterkt worden.

4.1 Bodemwaardering in relatie tot ecosystemendiensten

De kwaliteit van de bodem wordt binnen de OBI gedefinieerd als *"de capaciteit van de bodem om te functioneren als een vitaal levend systeem, binnen de grenzen van het ecosysteem en het landgebruik, om de productiviteit van planten en dieren in stand te houden of te verbeteren, de water- en luchtkwaliteit te verbeteren, en het bevorderen van de gezondheid van planten en dieren"*. De primaire focus van de huidige OBI (versie 1.0) ligt daarbij op de landbouwkundige functies die een bodem vervult. Hierbij wordt verder onderscheid gemaakt tussen functies zoals het leveren en bufferen van nutriënten (de bodemchemie), het faciliteren van beworteling en het leveren en bufferen van water (de bodemfysica), en de functies die de rol van het bodemleven kwantificeren (de bodembioogie).

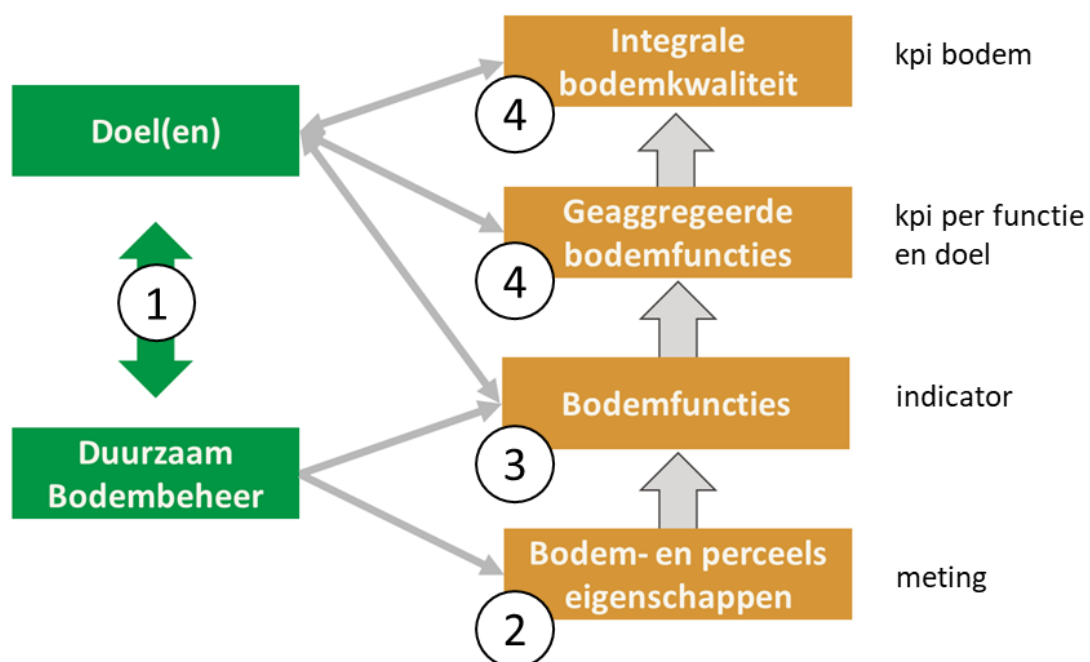
Naast deze functies wordt er ook expliciet rekening gehouden met het uitgevoerde bodembeheer door gebruik te maken van het Label Duurzaam Bodembeheer en wordt in kaart gebracht hoe een bodem bijdraagt aan het voorkomen van uit- en afspoeling van stikstof. Let wel, er zijn ook andere doelen te definiëren (zie verderop in deze paragraaf), waarbij de focus ligt op primaire productie, waterregulatie en zelfreinigend vermogen, koolstofvastlegging en -regulatie, leveren van functionele en intrinsieke biodiversiteit of nutriëntenkringloop en –levering. Het is echter een politieke keuze welke van deze doelen belangrijk gevonden worden in een bepaald gebied.

Elk bodemwaarderinginstrument, waaronder de OBI, volgt vier opeenvolgende stappen (Figuur 4-1; Rinot et al., 2019):

- 1 Vaststellen van één of meerdere doelen waar de bodem met zijn beheer aan moet bijdragen
- 2 Selectie, meting en (rekenkundige) voorbewerking van bodemkenmerken die van invloed zijn op deze doelen
- 3 Evaluatie of waardering van de individuele bodemkenmerken, gegeven deze doelen (elk perceel en elke functie heeft een eigen “distance to target”), en

- 4 Integratie van deze bodemkenmerken in een gewogen eindscore, waarbij de geëvalueerde bodemfunctie functioneert als een *kritische prestatie indicator* (KPI); het brengt namelijk de bodemkwaliteit in beeld in relatie tot een gewenste situatie.

Om de bodemkwaliteit te kunnen beoordelen is allereerst een keuze nodig voor welk doel de bodem moet (of kan) worden gebruikt. Het is namelijk onmogelijk om de intrinsieke kwaliteit van een bodem te beoordelen los van het landgebruik (stap 1 in Figuur 4-1). Een bodem die gebruikt wordt voor natuurontwikkeling of weidevogelbeheer heeft een andere kwaliteit nodig dan een bodem die gebruikt wordt voor ruwvoerproductie of gewassen voor menselijke consumptie. De OBI is ontwikkeld voor landbouwbodems, wat betekent dat de bodem in eerste instantie beoordeeld wordt voor een optimaal en duurzaam landbouwkundig gebruik.



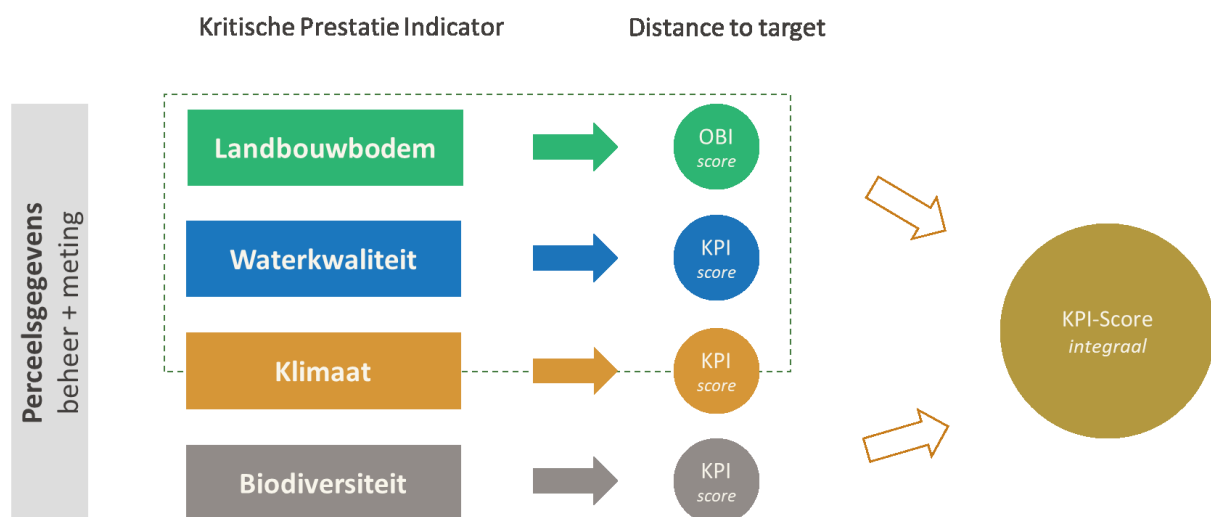
Figuur 4-1. Conceptuele aanpak van de Open Bodemindex.

Duurzaam bodembeheer op landbouwbodems houdt ook concreet in dat er aandacht is voor doelen buiten het primaire belang van landbouwkundige productie. Zowel het directe belang van de landeigenaar (boer of verhuurder) als het principe om afwenteling naar elders en later te voorkomen, maken dat duurzaam bodembeheer op meerdere schaalniveaus moet worden ingevuld. De opgaves en uitdagingen zijn per regio anders en er liggen ook opgaves die niet direct in lijn liggen met een duurzame landbouwbodem vanuit het huidige productieperspectief. Denk bijvoorbeeld aan de opgave om substantiële hoeveelheden koolstof op te slaan in de bodem (voor het klimaat), de opgave om nitraatuitspoeling naar het grondwater te voorkomen (voor kwaliteit grondwater), de teelt van biobrandstoffen (voor het klimaat) en het verlate maaien of inunderen van percelen om weidevogels in het voorjaar een plek te geven om te foerageren of te nestelen (voor natuurbeheer). In al deze opgaves speelt de bodem een rol, maar dit betekent niet dat de verbeterde bodemkwaliteit die hierdoor bereikt wordt ook altijd landbouwkundig gezien een verbetering is.

Van elk perceel in Nederland zijn bijna 50 perceelkenmerken (stap 2) bekend vanuit openbare databronnen en via metingen en analyses uit agrarische laboratoria. Deze metingen zeggen op zichzelf nog niet zo heel veel: metingen moeten gerelateerd worden aan een bodemfunctie om deze ook zinvol te kunnen interpreteren en te waarderen in relatie tot het gewenste doel. Een hoog organische stofgehalte is bijvoorbeeld positief vanuit de wens om koolstof

op te slaan in de bodem (klimaatmitigatie), maar is vanuit een landbouwkundig perspectief in Nederland vaak helemaal niet nodig (er is in meer dan 95% van de landbouwpercelen voldoende organische stof in de bodem aanwezig). Via monitoringsdatabases, veldproeven en modellen is het mogelijk om op basis van perceelskenmerken verschillende bodemfuncties te kwantificeren (stap 3). Informatie over deze functies is met name relevant voor de agrarische praktijk omdat het inzicht geeft in het functioneren van de bodem.

In de praktijk van bodemwaardering worden deze functies vaak geaggregeerd op basis van thema of type, zoals bijvoorbeeld nutriëntenlevering, waterbuffering en ziektevering. De functie nutriëntenlevering geeft daarbij bijvoorbeeld aan of de bodem voldoende stikstof, fosfaat, kalium, calcium, magnesium en sporenelementen levert om gewasgroei mogelijk te maken; de complexiteit van alle nutriënten wordt hiermee samengevat in één functie die aangeeft of er ergens een knelpunt aanwezig is die gewasgroei belemmert. Bij deze aggregatie kan een relatieve weging worden gebruikt omdat niet elke functie een even grote invloed heeft op het gewenste doel. Omdat een stabiele gewasproductie bijvoorbeeld afhangt van zowel nutriëntenlevering, waterbuffering en ziektevering, kunnen deze drie deelfuncties weer samengevat worden in één totaalscore voor de bodemkwaliteit. Deze aggregatie tot één score is mogelijk omdat elke functie hetzelfde betekent en een getal oplevert op een schaal tussen 0 en 1; het kwantificeert hoe ver de huidige bodemkwaliteit is verwijderd van de gewenste situatie. De gewenste situatie kan daarmee op elk perceel anders zijn. Dit maakt dus maatwerk mogelijk. Dezelfde stappen (van meting naar KPI, stap 1 naar stap 4) kunnen worden gemaakt voor andere doelen zoals grondwaterbescherming (waterkwantiteit en -kwaliteit), biodiversiteit en klimaat (Figuur 4-2).



Figuur 4-2. Integratie van de OBI-aanpak binnen een KPI-systeem van meerdere diensten die de bodem levert.

Via een integrale set aan indicatoren wordt via deze aanpak duidelijk dat de winst voor de ene opgave een mogelijk knelpunt op kan leveren voor een andere opgave. Dat betekent ook dat er altijd mitigerende maatregelen moeten worden voorgesteld om trade-offs (zie par. 2.4) te voorkomen. Zodra voor een bodem in beeld is gebracht aan welke doelen deze bij moet dragen (stap 1, Figuur 4-1), welke bodemfuncties relevant zijn om deze combinatie van doelen te realiseren (stap 3) en hoe deze meetbaar zijn te maken (stap 2), dan ontstaat de uitdaging om de diensten ten opzichte van elkaar te wegen (stap 4).

Deze integrale beoordeling van een bodem over de verschillende doelen (gewas, water, klimaat, etc.) vraagt om een relatieve weging van de gewenste doelen waarvoor de bodem gebruikt gaat worden. Dit is een politieke afweging en kan als zodanig niet worden gebaseerd op wetenschappelijke kennis of proeven. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat in grondwaterbeschermingsgebieden de bodemfunctie “beschermen kwaliteit grondwater” belangrijker kan zijn dan de landbouwkundige functie of functies als koolstofopbouw en biodiversiteit. Maatwerk is

mogelijk en simpelweg noodzakelijk om de specifieke doelen in een gebied te kunnen realiseren. Vanuit de wetenschap kan met o.a. expert judgement wel enige richting gegeven worden aan deze keuzes, maar nooit helemaal. Wel kan een definitie worden gegeven van de bodemkwaliteit en het bodembeheer waarin de verschillende doelen tegelijkertijd worden gemaximaliseerd. Via bodembeheer kan ook gericht gezocht worden naar maatregelen die negatieve effecten voor een specifiek doel kunnen compenseren. Vooral nog is het gewenst om elke ecosysteemdienst evenredig mee te laten wegen bij de berekening van een integrale KPI. Zoals aangegeven kan op lokaal en regionaal niveau wel gedifferentieerd worden tussen de verschillende ecosysteemdiensten in relatie tot “wat er mogelijk is”. Ook vergt het nog nadere uitwerking of het gewenst en noodzakelijk is om één integrale KPI te ontwikkelen; ook een set aan verschillende KPI's kan worden ingezet om gericht te sturen op verduurzaming van het landgebruik.

4.2 De Open Bodemindex (versie 1.0)

De Open Bodemindex (OBI) is in 2018 en 2019 door kennis- en onderzoeksinstituten (waaronder WU, LBI, CLM, NMI) in samenwerking met bodemexperts ontwikkeld om duurzaam bodembeheer meetbaar te maken en te stimuleren. Dit op initiatief van de drie partijen die gezamenlijk de Bodemcoalitie vormen, namelijk a.s.r., Rabobank en Vitens. In afstemming met lopend onderzoek vanuit PPS Beter Bodembeheer en internationaal onderzoek, is het hierboven beschreven bodemwaarderingconcept ontwikkeld. Binnen het concept van de OBI wordt op basis van bodemanalyses, vrij beschikbare data en empirisch agronomisch veldonderzoek een uitspraak gedaan over de functies die een bodem levert én kan leveren bij goed beheer. Dit gebeurt in de huidige versie voor 21 bodemfuncties, zoals weergegeven in Figuur 4-3. In de OBI – maar ook in vergelijkbare tools zoals de Soil Navigator – wordt de complexiteit van bodemkwaliteit vervolgens geaggregeerd op het niveau van de bodemfuncties voor chemie (nutriëntenlevering), fysica (structuur en waterbeschikbaarheid), biologie (ziektewerendheid en biodiversiteit) en het bodembeheer. Daarnaast wordt in de milieucomponent, die 20% meetelt in de integrale eindscore, de impact van bodemkwaliteit en bodembeheer op de (grond)waterkwaliteit (voor stikstof) in beeld gebracht. De waardering van de functies in de milieucomponent vindt wel plaats in relatie tot de optimale situatie voor een duurzame landbouwproductie. Voor meer informatie over de achtergronden en rekensystematiek verwijzen we u naar Ros (2019) of de [documentatie op de website](#).

| Chemie & nutriënten | Structuur & Water | Bodembiologie | Beheer | Milieu |
|---|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • N-levering • S-levering • K-beschikbaarheid • P-beschikbaarheid • Mg-beschikbaarheid • Cu-beschikbaarheid • Zn-beschikbaarheid • pH • kationbuffering | <ul style="list-style-type: none"> • verkrumelbaarheid • verslempingsgevoeligheid • stuifgevoeligheid • ondergrondverdichting • aggregaatstabiliteit • waterbeschikbaarheid • droogte- en natschade • bodem-conditie-score (7 visuele metingen voor structuur en beworteling) | <ul style="list-style-type: none"> • bodemweerbaarheid • microbiële activiteit • <i>wormen</i> • <i>nematoden</i> | <ul style="list-style-type: none"> • EOS balans • Inzet label Duurzaam Bodembeheer rond o.a. maatregelen als bouwplanintensiteit, leeftijd grasland, rust- en vanggewassen, drainage, preventie verdichting | <ul style="list-style-type: none"> • N-buffering voor grondwater • N-buffering voor oppervlaktewater • Organische stofbalans • <i>P-bufferindex</i> |

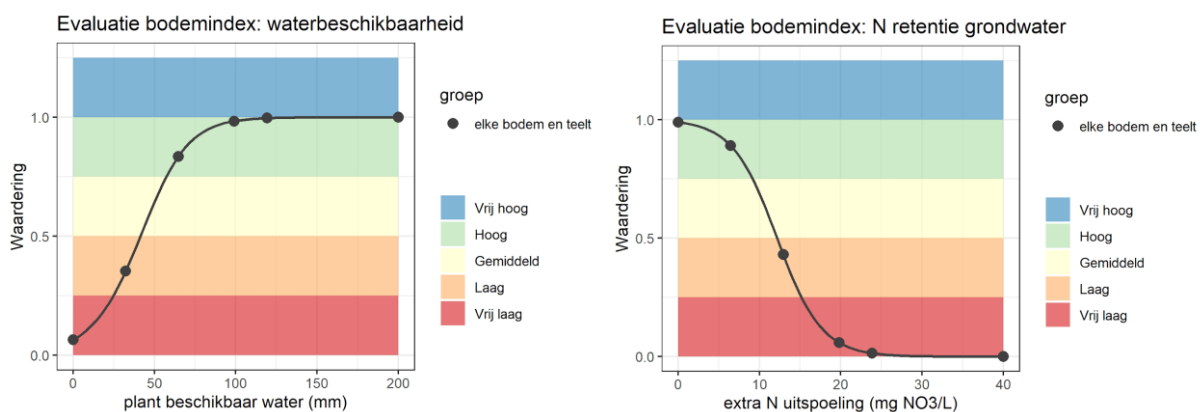
Figuur 4-3. Bodemfuncties en -indicatoren zoals deze ingebed zijn binnen de Open Bodemindex (versie 1.0).

Binnen de huidige OBI is het uitgangspunt dat de bodem zo wordt beheerd dat er sprake is van een duurzame landbouwproductie. Concreet betekent dit dat de bodem wordt geëvalueerd met betrekking tot de wens om het bouwplan van de afgelopen tien jaar te continueren. De bodem wordt in die zin duurzaam beheerd dat de bodemkwaliteit de gewasproductie maximaal faciliteert en ook voldoende is (en blijft) om de gewasproductie in de toekomst te blijven faciliteren. Duurzaam betekent ook dat het landbouwkundig gebruik van de bodem samengaat met minimale verliezen naar het grond- en oppervlaktewater. In de nabije toekomst kan de systematiek van de OBI ook gebruikt worden om (beter) inzicht te geven in de bijdrage van de bodem aan de maatschappelijke opgaves voor waterkwantiteit, waterkwaliteit, biodiversiteit en klimaat.

4.3 De rol van grondwater in de Open Bodemindex

In relatie tot de grondwateraanvulling en de kwaliteit van het grondwater gebruikt de OBI de volgende functies, waarbij voor elke functie de achtergronden en afleiding zijn beschreven in zogenoemde OBI factsheets. De relevante functies hebben te maken met:

- Het [watervasthoudend vermogen](#) (%): plantbeschikbaar water in de bovenste 30 cm van het bodemprofiel (Figuur 4-4 links);
- De [hoeveelheid droogte- en natschade](#) (% opbrengstreductie);
- Het [N-bufferend vermogen voor grondwater](#): het bufferend vermogen van de bodem om (extra) N-uitspoeling naar het grondwater door het N-leverend vermogen van de bodem te voorkomen (Figuur 4-4 rechts).



Figuur 4-4. Waardering van de bodemfuncties waterbeschikbaarheid (links) en N-bufferend vermogen voor grondwater (rechts) in relatie tot de optimale situatie voor een duurzame landbouwproductie.

Deze bodemfuncties, inclusief degenen die onderdeel uitmaken van de milieucategorie, worden op dit moment alleen gewaardeerd in relatie tot de optimale situatie voor een duurzame landbouwproductie (Figuur 4-4). Om dezelfde functies te waarderen in relatie tot de bescherming van het grondwater, zal een aparte KPI-score berekend moeten worden (Figuur 4-2). Daarnaast zijn nieuwe functies noodzakelijk binnen de OBI-systematiek die expliciet de bodem waarderen in relatie tot kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Uiteindelijk kan ook de weging zo worden aangepast dat de KPI-score voor “bescherming grondwater” van groter belang is dan de score voor “landbouwproductie”. Dit alles is nodig om maatwerk te kunnen leveren in grondwaterbeschermingsgebieden.

Om de bodem op deze manier te waarderen in relatie tot de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater, wordt aanbevolen om de volgende ontbrekende functies en indicatoren in te bouwen in de Open Bodemindex:

- De **grondwateraanvulling**: op basis van het bouwplan (i.c.m. gewasafhankelijke Makkink-factoren), regionale weersgegevens en informatie over berekening kan het potentieel netto neerslagoverschot voor elk perceel in kaart worden gebracht. Vooral voor niet-beregende percelen, en onder een droger wordend klimaat, geeft dit echter wel een onderschatting van het neerslagoverschot, omdat verdampingsreductie door vochttekort op kan treden. Daarmee zou de werkelijke functie grondwateraanvulling ondergewaardeerd worden. Bovendien geeft deze aanpak geen goede basis om de invloed van klimaatverandering op de lengte van het groeiseizoen en weerpatronen mee te kunnen wegen. Het is daarom aan te bevelen om de grondwateraanvulling te bereken met een bodemvochtmodel. Bodemvochtmodellen zijn geautomatiseerd op te stellen door gebruik te maken informatie over het bouwplan, weergegevens, de BodemFysische Eenhedenkaart en drainage-kenmerken. Voor

klimaatscenario's kan gebruik worden gemaakt van de KNMI-projecties voor temperatuur-, neerslag- en verdampingsreeksen.

De waardering van het neerslagoverschot in relatie tot een "gewenste" aanvulling kan afhankelijk worden gemaakt van het risico op droogte. Hierbij kan optioneel een correctie worden toegevoegd die de grondwateraanvulling corrigeert op basis van het voorkomen van verslemping en het risico op ondergrondverdichting: in die situatie is er namelijk een verhoogd risico op oppervlakkige afspoeling en minder grondwateraanvulling. Door te werken met bodemvochtmodellen kan deze correctie beter onderbouwd worden. Mogelijk kan hier een koppeling worden gelegd met het project *WaterWijzer Landbouw* en/of het project *KLIMAP*.

Benodigde gegevens zijn: regionale weersgegevens van het KNMI, bodemtype, bouwplan en informatie over kwel/infiltratie en bodemverdichting. Al deze gegevens zijn beschikbaar. Idealiter word een bodemvochtmodel geautomatiseerd opgesteld, waarvoor tevens de bodemfysische eenheid en de drainagekenmerken moeten worden gedefinieerd. Deze variabelen zijn uit openbaar beschikbare bronnen te ontleen, maar kunnen ook ingevoerd worden. Voor klimaatscenario's kan gebruik worden gemaakt van de projectietools van het KNMI.

- In de bouwvoor (de bewortelbare diepte) kan een **hoeveelheid bodemvocht geborgen worden**. Deze hoeveelheid kan worden gewaardeerd in relatie tot een verhoogd watervasthoudend vermogen van de bodem zodat afspoeling van water wordt voorkomen. De bodemfunctie als zodanig wordt al in de huidige OBI berekend, maar niet gewaardeerd in het licht van de bijdrage aan voldoende grondwateraanvulling. Een koppeling met de infiltratiesnelheid (af te leiden aan metingen in de bouwvoor) biedt mogelijkheden om rekening te houden met het voorkomen van oppervlakkige afspoeling en de bodemindex te evalueren in relatie tot de infiltratie van water naar het grondwater.

Benodigde gegevens zijn: bouwvoordiepte, mineralogie (klei-, zand- en siltgehalte) en het gehalte organische stof. Deze gegevens zijn al aanwezig.

- De **stikstofefficiëntie** van een perceel. Dit geeft aan welk deel van de gegeven effectieve N-bemesting ook daadwerkelijk opgenomen wordt door het gewas en welk deel potentieel uitspoelbaar is. Hoe efficiënter de gegeven bemesting wordt opgenomen, hoe minder nitraatuitspoeling kan optreden. Mogelijk kan hier een koppeling worden gelegd met het project *Maatregel op de Kaart* (KIWK Nutriënten).

Benodigde gegevens zijn: bouwplan, grondsoort, N-totaalgehalte en microbiële activiteit. Deze gegevens zijn al aanwezig.

- De buffering- en afbraakpotentie voor **pesticiden**. De uitspoeling van pesticiden uit landbouwbodems is afhankelijk van een groot aantal bodemfysische en bodemchemische eigenschappen, waaronder de doorlatendheid, vocht karakteristieken, het organische stofgehalte en pH (deze bepalen retentie en afbraak). PEARL is een veelgebruikte code om de verschillende chemische transportprocessen (stroming, retardatie, afbraak, opname) te simuleren, maar dit is te complex om toe te passen in de OBI-systematiek. Wel is een meta-model van Euro-PEARL voor de natte, gematigde delen van Europa beschikbaar (Tiktak et al., 2006). Dit meta-model geeft een sterk vereenvoudigde weergave van de gemiddelde concentraties van een middel als functie van de diepte. Het model bevat termen voor uitdamping van concentraties als gevolg van berging in de onverzadigde zone, retardatie door sorptie van middelen aan de bodemmatrix en afbraak. Op de schaal van Europa correleren de uitkomsten goed met het oorspronkelijke mechanistische model, maar het is niet bekend hoe goed de correlaties zijn voor de Nederlandse situatie (pers. comm. Aalderik Tiktak, d.d. 16-2-2021).

Het metamodel vereist de definitie van de halfwaardetijd bij standaard temperatuur (DT50) en de verdelingscoëfficiënt over organische stof en water (K_{OM}). Middelen die worden toegepast in de Nederlandse landbouw verschillen onderling sterk voor deze eigenschappen, terwijl gegevens over de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen op perceelniveau niet beschikbaar zijn. Dit betekent dat deze invoer moet worden gegenereerd voor toepassing binnen de OBI. Hiervoor zijn op hoofdlijnen twee oplossingen beschikbaar. De meest gedetailleerde optie is om op basis van informatie over bouwplannen (in OBI aanwezig) en gebruikte middelen per bouwplan (niet in OBI aanwezig), de meest kritische stoffen te selecteren en toekennen aan

percelen. De milieumaatlat kan hiervoor worden ingezet. De meest globale optie is om een beperkt aantal referentiestoffen te definiëren en deze generiek door te rekenen

Voor implementatie van het meta-model van Tiktak et al. (2006) ligt het voor de hand om de bodemwaardering afhankelijk te maken van de verwachte concentratie van een middel op 1 m diepte. Binnen de Grondwater Richtlijn wordt de grondwaterkwaliteit op deze diepte gezien als early warning voor het diepere grondwater. Dit betekent dat de bodemeigenschappen die in OBI zijn verwerkt opgeschaald moeten worden van de bouwvoor naar 1 m diepte. Een maximale score kan worden toegekend indien de concentratie op 1 m diepte geheel is gedempt. De criteria voor het toekennen van de minimale score zijn minder voor de hand liggend; gekozen kan worden voor situaties waarin geen demping (het netto effect van afbraak en retardatie) optreedt, of voor situaties waar dempende mechanismen onvoldoende zijn om overschrijding van normen of streefwaarden te voorkomen.

De afleiding van het bijbehorende metamodel van PEARL is in bijlage II opgenomen.

De benodigde invoergegevens zijn grotendeels in de huidige OBI al aanwezig; extra informatie is nodig voor meest voorkomende middelen per bouwplan (of gewas), de halfwaardetijd en gevoeligheid voor retentie (K_{OM}). De huidige OBI-functie rond ziekteverendheid geeft een maat voor de kwaliteit van de bodem, waarbij een bodem met een hoge ziekteverendheid minder pesticiden nodig heeft. Het is aan te bevelen om deze specifiek te maken voor de verschillende bouwplannen in Nederland, zodat dit de vermindering van pesticidegebruik stimuleert.

De waardering van het huidige bodembeheer binnen de OBI is gebaseerd op het eerder ontwikkelde Label [Duurzaam Bodembeheer](#). Hierbinnen wordt een extensief bouwplan gewaardeerd, evenals het groen houden van percelen (inclusief teelt van vanggewassen) en de teelt van bepaalde gewassen onder (te) natte omstandigheden. Maatregelen in relatie tot grondwaterkwaliteitsbescherming worden als zodanig niet separaat gewaardeerd of meegenomen. Hier ligt nog een verbetermogelijkheid qua interactie tussen extra grondwateraanvulling en verlaging van nitraat.

Meer informatie over de OBI is hier te vinden:

- www.openbodemindex.nl
- <https://agrocares.github.io/Open-Bodem-Index-Calculator/>
- <https://obi.nmi-agro.nl/>
- <https://tools.wenr.wur.nl/obi/>

4.4 Synergiën en trade-offs

Maatwerk en doelrealisatie komen meer en meer centraal te staan in de implementatie van beleid. Deze ontwikkeling is zichtbaar bij bijvoorbeeld het nieuwe GLB, het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, het (grond)water- en bodembeheer in provincie Noord-Brabant, het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer en het pachtbeleid. In sommige gevallen kunnen meerdere doelen tegelijk worden behaald (synergie), maar er liggen ook opgaves die niet per definitie in lijn liggen met een landbouwkundig optimale bodem (zie par. 2.1). In de praktijk betekenen deze opgaven namelijk dat er knelpunten ontstaan op het terrein van landbouwkundige productie. Veel maatregelen hebben namelijk een direct of indirect negatief effect op het landbouwkundig areaal of het opbrengend vermogen van de bodem. Daarnaast kunnen maatregelen zorgen voor een toename in uit- en afspoeling van nutriënten, zoals bij vernatting, of hoge toelaatbare P-giften. Integraliteit en maatwerk zijn twee cruciale begrippen die het mogelijk kunnen maken om op elke plek de juiste dingen te doen en trade-offs (compromissen) te voorkomen. Dit wordt

concreet uitgewerkt in concepten als de OBI en de KansenKaart (Verhoeven & Ros, 2018): laat elke ondernemer op basis van zijn eigen bedrijf kijken aan welke opgaven hij/zij kan bijdragen, maak deze bijdrage inzichtelijk en ontwikkel nieuwe verdienmodellen om deze bijdrage te belonen.

Wat betekent dit concreet voor de grondwaterfunctie en de landbouwfunctie van bodems? Op dit snijvlak bestaan zowel synergiën als trade-offs. Veel maatregelen die positief zijn voor de bescherming van grondwaterkwantiteit en -kwaliteit kunnen ook positief bijdragen aan de kwaliteit van de landbouwbodem. Denk bijvoorbeeld aan het voorkomen van afspoeling door beter bodembeheer (zorgt voor netto meer infiltratie en minder afspoeling), het verhogen van het organische stofgehalte (betere afbraak van pesticiden en minder uitspoeling), de teelt van vanggewassen of diepwortelende gewassen (vermindert grondwateraanvulling, maar verlaagt ook nitraatuitspoeling) en een uitgekiende bemesting waarmee gestuurd wordt op een bemesting op het juiste moment, met de juiste meststof, op de juiste plek en met de juiste gift (verhoogt de bodemkwaliteit en verlaagt nitraatuitspoeling). Op dit moment wordt de N-buffering van grondwater en oppervlaktewater als geaggregeerde functie voor milieu meegenomen in de berekening van de integrale bodemkwaliteit, samen met de geaggregeerde functies voor bodemchemie, -biologie, -fysica en beheer (Figuur 4-3). Een verdere uitbouw van de OBI richting grondwaterkwantiteit en -kwaliteit past binnen deze structuur. De verschillende bodemfuncties bepalen dan gezamenlijk de kwaliteit van de bodem om positief bij te dragen aan versterking van de grondwaterfuncties die een perceel heeft.

Het staat nog open voor discussie in welke mate deze geaggregeerde functies in de toekomst op zichzelf ook een eigen waarde hebben en als zodanig gebruikt kunnen worden binnen projecten / toepassingen gericht op de versterking van grondwaterkwaliteit alleen. Dit wordt vooral helder als de bodemdiensten “met elkaar botsen”, zoals dat bijvoorbeeld optreedt bij een verhoging van het organische stikstofgehalte van de bodem: hierdoor gaat de landbouwkundige bodemkwaliteit omhoog, maar daalt de kwaliteit vanuit het oogpunt van grondwaterbescherming door verliezen in de winter. Deze problematiek wordt urgenter wanneer meer en meer niet-landbouwkundige doelen worden toegevoegd aan de bodemkwaliteitswaardering. Dit vergt nadere uitwerking. Een eerste oplossing zou kunnen zijn om via de beoordeling van het bodembeheer meer rekening te houden met de impact van mitigerende maatregelen waarmee mogelijke trade-offs kunnen worden gecompenseerd.

Het 4 Returns-model van landschapsbeheer



Figuur 4-5. Het 4-Return-model van landschapsbeheer (bron: Ferwerda & Schoenmaker, 2020).

Op wat grotere schaal ligt er potentie in de connectie tussen het 4-Return model van landschapsbeheer (Figuur 4-5): een natuurlijke, gemengde en economische zone in relatie tot rendement van 1) financieel kapitaal, 2) natuurlijk kapitaal, 3) sociaal kapitaal en 4) inspiratie (Ferwerda & Schoenmaker, 2020; Bakker et al., 2020), maar ook het concept van de Kansenkaart (Verhoeven & Ros, 2018), waarbij op basis van perceelskenmerken en gebiedsopgaven

in kaart wordt gebracht hoe individuele bedrijven bij kunnen dragen aan de hierboven genoemde vormen van kapitaal. Gezamenlijk bepalen bodem en water (dan wel de kenmerken van een perceel) welke potentie er is en beïnvloeden ze de transitie richting kringlooplandbouw, een vorm van landbouw waarin “het bedrijfsrendement in de brede zin” (economisch en sociaal-maatschappelijk) wordt gestimuleerd door zoveel mogelijk gebruik te maken van eigen hulpbronnen, in evenwicht met en met respect voor de natuurlijke omgeving (bodem-, lucht-, water- en natuurkwaliteit, landschappelijke waarde, klimaat en dierenwelzijn). Het ultieme doel hierbij is dat waterkwaliteit en waterkwantiteit een even grote rol zal spelen als de andere hierboven genoemde doelen. In het kort: kringlooplandbouw is ook een waterkringlooplandbouw. We zien hierbij potentie voor een regeneratieve, op ecologische kennis en gebiedsaanpak gebaseerde landbouw, waarbij elk bedrijf gestimuleerd wordt om zelf – en met elkaar – de connectie te maken met de draagkracht en potentie van het gebied.

4.5 Meetbaar maken van impact

De landbouwkundige bodemkwaliteit is sterk gebaseerd op metingen aan de bodem. Voor de chemische, fysische en biologische functies is er vanuit gangbare monitoring (dat vierjaarlijks wordt uitgevoerd) directe feedback op de bodemkwaliteit. De vier voorgestelde functies in paragraaf 2.3 geven (indirect) inzicht in de impact van bodem en bodembeheer op grondwateraanvulling en waterkwaliteit. Het is aan te bevelen om ook na te denken over meetbare perceelseigenschappen die direct feedback geven over de impact van het actuele bodemgebruik op de grondwateraanvulling en grondwaterkwaliteit. Denk bijvoorbeeld aan de Nmin-metingen genomen na de teelt in de bouwvoor, het voorkomen van plassen op het land (detecteerbaar via radarmetingen) of metingen van de infiltratiesnelheid van water op een perceel.

4.6 Governance vraagstuk

In 2020 heeft een werkgroep nagedacht over de mogelijkheden van bodemwaarderingsinstrumenten ondersteunend aan het Nationaal Bodem Programma. Om prestaties van de ondernemer te kunnen belonen stellen zij voor dat er gewerkt kan worden met kritische prestatie-indicatoren (KPI's) die integraal sturen op duurzaam bodembeheer (zie par. 2.1; Erisman & Verhoeven, 2020). Deze systematiek is geschikt voor doelsturing, maar ook voor monitoring en als basis voor beloning. KPI's vormen een integrale set die gezamenlijk de prestaties op bodem en leefomgeving weergeven en voldoen aan de voorwaarde dat:

- ze gezamenlijk een duidelijke en aantoonbare relatie met bodem- en waterkwaliteit hebben en vergelijkbare informatie geven voor verschillende percelen en bedrijven.
- de set integraal is. Het gaat erom dat het ene niet ten koste gaat van het andere, maar dat door alle aspecten in samenhang te nemen de bodem- en waterkwaliteit versterkt wordt.
- aan de KPI's een streefwaarde verbonden is en op ieder bedrijf een nulmeting gedaan wordt en het handelingsperspectief helder is. De streefwaarde is daarbij gekoppeld aan één of meerdere doelen.
- KPI's beïnvloedbaar moeten zijn door het nemen van maatregelen en bij voorkeur ook snel, goedkoop en betrouwbaar beschikbaar te maken zijn met minimale administratieve lasten.

De eerder voorgestelde nieuwe OBI-functies kunnen gezien worden als een concretisering van deze KPI's. Het maakt namelijk voor elk perceel duidelijk hoe de huidige situatie is en wat er concreet nodig is om een gewenste situatie te bereiken voor de opgaves rondom grondwateraanvulling en -kwaliteit. Omdat ook landbouwkundige doelen van de bodem in beeld worden gebracht, geeft het framework van de OBI zo integraal inzicht in de huidige situatie, maar ook in de mate van doelrealisatie per perceel, bedrijf, stroomgebied en provincie.

Veranderingen in de bodem als gevolg van maatregelen door de boer laten zich vaak pas op lange termijn in resultaten zien. Veel maatregelen brengen kosten met zich mee die zich niet zomaar vanuit de markt laten vergoeden. Bij het uitvoeren van maatregelen is dus sprake van een financieel risico en soms is het een langetermijninvestering. Zolang de marktprijs voor de producten niet dekkend is voor de benodigde investeringen in duurzaam bodembeheer zijn er twee mogelijkheden om dit te stimuleren (Erisman et al., 2020): of de overheid doet aan marktprijsregulering of de boer krijgt vergoedingen voor de werkzaamheden of prestaties op het gebied van ecosysteemdiensten. Van marktprijsregulering zal voorlopig geen sprake zijn. Bij de tweede optie kan de KPI-systematiek en de implementatie ervan via een OBI (of vergelijkbaar systeem) behulpzaam zijn. Het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid kijkt namelijk naar een meer prestatiegerichte beloning en hierbij kan dit instrumentarium worden ingezet. Als alle partijen dezelfde systematiek gebruiken, kan ook gewerkt worden aan een gestapelde beloning. Een alternatief spoor is het belonen via het bieden van beleidsruimte in het kader van beregeningsbeleid, mestbeleid, toegang tot pachtgronden, of toegang tot investeringssubsidies.

4.7 Vragen rond toepassingsbereik en toekomstige ontwikkeling

Vanuit verschillende partijen is feedback gegeven op een conceptversie van dit hoofdstuk. Hieruit zijn de volgende suggesties ontstaan voor de verdere toepassing en ontwikkeling van indicatoren voor bodemkwaliteit in relatie tot de bescherming van kwantiteit en kwaliteit van het grondwater:

- Het is een optie om metingen van het ondiepe grondwater te gebruiken om de bijdrage van de bodem (en het bodembeheer) aan grondwateraanvulling meetbaar te maken. Mogelijk kan de verhouding tussen de hoeveelheid gevallen en vastgehouden neerslag (bijv. door meetstuwten in te zetten) een goede maat zijn om mee te nemen in de bodemwaardering.
- De invloed van drainage op de grondwateraanvulling is nu niet meegenomen, omdat dit geen onderdeel uitmaakt van de bodemkwaliteit. Deze invloed is ook niet eenduidig: natuurlijk leidt drainage tot een versnelde afvoer van grondwater, waardoor de voorraad grondwater kleiner is geworden en diepere watervoerende pakketten minder goed op druk worden gehouden, maar van de andere kant is de grondwateraanvulling toegenomen doordat oppervlakkige afvoer is afgenomen, net als de gewasverdamping in het geval er niet beregend wordt.
- Het kan waardevol zijn om bij de ontwikkeling van OBI-functies voor klimaat en biodiversiteit ook rekening te houden met de synergie tussen grondwaterkwaliteit en -aanvulling en de omliggende natuur.
- De huidige OBI neemt het bouwplan als uitgangspunt. Het is aan te bevelen om dit ook als optie mee te nemen in de adviezen, zodat het bouwplan beter aansluit op de kwaliteit van de leefomgeving (nu gebeurt dat indirect door een lage score).
- Het is raadzaam om kritisch na te denken over de gebruikte waarderingssystematiek in relatie tot de kwaliteit van het grondwater. De te ontwikkelen functies moeten streefwaarden krijgen die voorkomen dat de huidige problematiek van uitspoeling van bijvoorbeeld pesticiden niet grondig wordt herzien. Ze moeten ondernemers inzicht geven en duidelijke, concrete handvatten bieden om het management van de teelt zo te verbeteren dat de kwaliteit van de bodem en de leefomgeving daadwerkelijk vooruit gaat.

Het is waardevol om op basis van kwantitatieve informatie een discussie te voeren over de beloningssystematiek in relatie tot de verschillende doelen waar een bodem aan bij kan dragen. Om prestaties van ondernemers te monitoren is het belangrijk dat er gebruik kan worden gemaakt van gestandaardiseerde protocollen en KPI's in relatie tot zowel de agrarische productiefunctie als de kwaliteit van de leefomgeving (Erisman & Verhoeven, 2020). Dit sluit aan bij de wens tot meer doelsturing in het landbouwbeleid en stimuleert het ondernemerschap om via vakmanschap de gewenste prestaties te realiseren.

Mooie voorbeelden hiervan (naast de OBI) zijn de KringloopWijzer in de melkveehouderij (met focus op mineralenkringlopen), de Biodiversiteitsmonitor (met focus op biodiversiteit) en het BedrijfsBodemWaterPlan (BBWP; met focus op waterkwantiteit en -kwaliteit; Ros et al., 2020b). De daarin ontwikkelde KPI's zijn resultaatgericht en leggen een relatie tussen perceels- en bedrijfskenmerken en de aanwezige doelen in een regio. Het BBWP focust zich daarbij op de advisering en monitoring van maatregelen die bijdragen aan vasthouden en bufferen van water, het vasthouden van stikstof en fosfor en de mineralen-efficiëntie van de bemesting (Ros et al., 2020ab). Het kijkt daarbij naar de eigenschappen van elk perceel, de aanwezige opgaves en de effectiviteit van maatregelen. De focus ligt op het agrarisch bedrijf en de advisering richting boeren en adviseurs. Door de sterke koppeling met kennisdatabases uniformeert het BBWP de diagnostiek (waar is een probleem) en de oplossingen (hoe is het op te lossen), en vergroot het daarmee de kwaliteit van bodembeheer en bodemkundige adviseurs. Het rekenhart volgt de rekensystematiek van de OBI en sluit daarbij aan op de rol die de OBI wil vervullen, namelijk het uniformeren en borgen van een betrouwbare en geborgde analyse van de kwaliteit van de landbouwbodem. Via deze systematiek en tools is het mogelijk om de kosten en baten van verschillende bedrijfsstrategieën met elkaar te vergelijken en onderbouwde keuzes te maken. Dit laatste vraagt nog nadere uitwerking, waaronder de vraag of de beloning zich moet gaan richten op één totaalscore of juist op deelscores waardoor gestapelde beloningen mogelijk zijn. Ook hangt hiermee samen in welke mate de beloning zich moet richten op de inspanning of het resultaat. In de benadering van de OBI worden deze twee geïntegreerd; de vertaalslag richting beloningssystemen is nog in ontwikkeling.

Er wordt in de huidige OBI beperkt rekening gehouden met de microbiële activiteit, het voorkomen van wormen en ziekteverwekkers, maar nog niet met de diversiteit van het bodemleven. Dit komt omdat er nog geen onderbouwde streefwaardes zijn die de bodembiodiversiteit bodem relateren aan het landbouwkundige productievermogen van een bodem of de duurzaamheid ervan. Dit geldt in nog sterkere mate voor de impact van diergeneesmiddelen op de kwaliteit van de bodem en het grondwater. Deze middelen hebben mogelijk effect op het bodemleven en eventueel ook op de kwaliteit van het uitspoelend water. Op dit moment staat het onderzoek naar het gedrag van diergeneesmiddelen in de bodem nog in de kinderschoenen; het is daarom niet mogelijk om die kennis op korte termijn in de OBI te introduceren. Zodra er onderbouwde en meetbare indicatoren zijn ontwikkeld, kunnen deze worden toegevoegd. Dit sluit aan bij het open source karakter van de Open Bodemindex; nieuwe kennis en nieuwe inzichten kunnen eenvoudig worden toegevoegd. Jaarlijks worden de nieuwe ontwikkelingen dan ook beoordeeld door een externe Raad van Deskundigen.

5 Synthese: naar een optimale bodemkwaliteit voor landbouw en drinkwater

5.1 Werken aan bodemkwaliteit is maatwerk

Volgens BOFEK2012 en de Atlas Natuurlijk Kapitaal zijn bodems met relatief ongunstige bodemeigenschappen oververtegenwoordigd in grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van hun omgeving. Dit geeft aanwijzingen dat grondwaterbeschermingsgebieden van nature gevoeliger zijn voor droogte en kwetsbaarder voor uitspoeling van ongewenste stoffen. Mogelijk houdt dit patroon verband met de oververtegenwoordiging van bodems met een relatief laag organische stofgehalte doordat puttenvelden in het verleden op de schralere bodems terecht zijn gekomen. De beschouwde bodemeigenschappen vertonen echter een grote spreiding binnen de onderscheiden gebieden, waardoor bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden niet altijd per definitie kwetsbaarder zijn. Dit betekent dat bij de ontwikkeling van een landelijke of provinciale bodemstrategie rekening gehouden moet worden met de heterogeniteit van bodemeigenschappen op een fijnmazigere schaal dan grondwaterbeschermingsgebieden.

Uit de interviewronde zijn visies op een goede bodemkwaliteit opgehaald. Hieruit volgde dat het definiëren van referentiebodems als streefbeeld onvoldoende recht doet aan de variatie in bodemeigenschappen en gebruik. De optimale bodem is sterk doel- en situatieafhankelijk en moeilijk maakbaar. Het is daarom lastig om naar een referentiebodem toe te werken. Het is beter om de pijlen te richten op bodemeigenschappen die verbeterd kunnen worden en om bodemfuncties en streefbeelden te definiëren op basis van deze eigenschappen. De gewaskeuze is in elk geval heel bepalend voor de bodemkwaliteit, net als de ruimtelijke en temporele diversiteit van gewassen, omdat dit zorgt voor een grotere diversiteit van organische stof en bodemleven. Nutriënten worden daardoor beter benut, met minder uitspoeling tot gevolg. Daarnaast speelt het vakmanschap van de boer een grote rol bij het bereiken van een goede bodemkwaliteit, waarbij het er ook om gaat meer op de lange termijn te gaan denken als boer. De transitie naar een duurzamere bedrijfsvoering wordt eenvoudiger als er ruimte is voor waardering voor de levering van ecosysteemdiensten. Vanuit agrarisch perspectief gaat hierbij snel de voorkeur uit naar een waardering in beleidsruimte of financiële compensatie voor de kosten of opbrengstderving ten opzichte van het huidige, geoptimaliseerde bedrijfsmodel. Dit heeft echter als risico dat maatregelen op basis van kosten worden ontworpen, en daarmee niet het beoogde effect hebben. Bovendien is een financiële compensatie strijdig met het principe van de vervuiler betaald en de wijze waarop met afwenteling in het Nederlands waterbeheer wordt omgegaan. In de praktijk blijkt een waardering met positieve prikkels die direct bijdragen aan het gewenste resultaat beter te werken. Dit kan in de vorm van advisering of het leveren van materialen (zoals organische stof). Waterbeheerders krijgen daarmee beter grip op de wijze waarop maatregelen worden uitgevoerd en er ontstaat beter wederzijds begrip over de belangen die over een weer spelen. Op grotere schaal gaat het bij voorkeur om een systeemaanpak met duurzame beheersvormen en landbouwsystemen, of zelfs om ruimtelijke allocatie van landgebruik en maatschappelijke opgaves.

5.2 Leveren van maatwerk vereist uitbreiding bodemwaarderingsinstrumentaria

Om het noodzakelijke maatwerk te kunnen leveren, kan gebruik gemaakt worden van bestaande instrumenten. Zo is in 2019 de lijst Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) opgesteld. Deze set bestaat uit 17 uiteenlopende indicatoren voor bodemkwaliteit en ze zijn o.a. geselecteerd op de mogelijkheid om ze met beheer te kunnen beïnvloeden. Voor de indicatoren zijn referentiewaarden, gekoppeld aan typen landgebruik, voorlopig

vastgesteld of in ontwikkeling. Deze set vormt de basis voor de Open Bodem Index (OBI), waarin de indicatoren gebruikt worden om bodemfuncties te kwantificeren, interpreteren en beoordelen in relatie tot een streefwaarde.

De indicatoren en de bodemfuncties binnen de OBI/BLN zijn vervolgens gekwalificeerd op relevantie voor de functie drinkwater en geëvalueerd op volledigheid. Ook is onderzocht in hoeverre het haalbaar is om nieuwe bodemfuncties en –indicatoren toe te voegen, zodat deze instrumenten concreter en bruikbaar worden voor de drinkwaterbedrijven. Op dit moment zijn de volgende bodemfuncties in de OBI aanwezig in relatie tot grondwateraanvulling en grondwaterkwaliteit: het plantbeschikbaar water in de bouwvoor, de hoeveelheid droogte- en natschade, en het bufferend vermogen van de bodem om (extra) N-uitspoeling naar het grondwater door het N-leverend vermogen van de bodem te voorkomen. Deze functies worden op dit moment gewaardeerd in relatie tot de optimale situatie voor een duurzame landbouwproductie. Om de bodem expliciet te waarderen met betrekking tot de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater, en daarmee de grondstof voor drinkwater, wordt voorgesteld om de OBI met de volgende functies uit te breiden:

- Grondwateraanvulling: op basis van neerslag- en referentieverdamping, berekening, het bouwplan, drainage-eigenschappen, bodemfysische eenhedenkaart en het risico op droogte, verslemping en verdichting. Deze functie kan met standaard bodemvochtmodellen geïmplementeerd worden. Hiermee kan beter gestuurd worden op het maximaliseren van de grondwateraanvulling, rekening houdend met de genoemde risico's.
- Waterberging in de bouwvoor: een koppeling van de bestaande functie voor watervasthoudend vermogen met de infiltratiesnelheid biedt mogelijkheden om rekening te houden met het voorkomen van oppervlakkige afspoeling en de bodemkwaliteit te waarderen in relatie tot de infiltratie van water naar het grondwater. Hiermee kan beter gestuurd worden op verhoogde buffering en het minimaliseren van waterverliezen door afspoeling.
- Stikstofefficiëntie van het perceel: hoe efficiënt de gegeven bemesting wordt opgenomen, waardoor er minder uitspoeling kan optreden. Hiermee kan beter gestuurd worden op het verminderen van de nitraatuitspoeling uit landbouwbodems.
- Buffering- en afbraakpotentie voor pesticiden: het metamodel Euro-PEARL kan gebruikt worden voor het berekenen van de uitdemping. Hiervoor is extra informatie nodig over de gebruikte pesticiden per bouwplan/gewas, de halfwaardetijd en de gevoeligheid voor retentie. De waardering kan afhankelijk gemaakt worden van de verwachte concentratie van een middel op 1 m diepte. Hiermee kan beter gestuurd worden op het verminderen van de kwetsbaarheid van landbouwbodems voor uitspoeling van bestrijdingsmiddelen.

Voor de eerste drie functies zijn alle benodigde gegevens al beschikbaar. Voor de vierde functie zijn additionele gegevens nodig, bijvoorbeeld de spuitschema's voor gewassen op basis van toegelaten middelen. Een voorstel voor de uitwerking van de pesticidefunctie staat in Bijlage II weergegeven. De implementatie van deze functies in de OBI is daarna relatief eenvoudig te realiseren.

5.3 De bodemstrategie verbonden met het omgevingsbeleid

De uitkomsten van dit project zijn in een ateliersessie gedeeld met vertegenwoordigers van de drinkwaterbedrijven en deskundigen uit de toegepaste wetenschap en natuurbeheer die bezig zijn met duurzaam bodembeheer (zie Bijlage III). Hieronder worden de belangrijkste uitkomsten van deze sessie samengevat:

- Het is duidelijk dat er veel aandacht is voor een goede bodemkwaliteit, maar het is niet de heilige graal. Er is meer nodig dan het behalen van afzonderlijke doelen. Bij voorkeur wordt gestimuleerd om met maatschappelijke opgaves aan de slag te gaan (zoals KRW doelen). Wanneer hierdoor de landbouwproductie achteruit gaat, is er sprake van een trade-off, waarvoor een agrariër wel gecompenseerd moet worden. Beloningssystemen zijn vaak te eenzijdig, omdat ze gericht zijn op 1 doel en uitgedrukt in geld of beleidsruimte, en dus is er behoefte aan meer monitoring en proeven met inhoudelijke beloningen op basis van synergiën. Het moet in elk geval geen "recht op vervuiling" zijn.

- In gebiedsprocessen kan aangegeven worden waar de overlap zit in de belangen van drinkwaterbedrijven en agrariërs (win-win situatie) en waar de conflicten en dilemma's liggen. Het is daarbij verstandig niet op elk perceel alles te willen, duidelijke kaders te stellen (geen strengere regels) en aan te geven wat de kritische ondergrens is. In sommige gevallen zijn er teveel trade-offs en moeten maatschappelijke opgaves geprioriteerd worden.
- Op de meest kwetsbare gronden is verandering in landgebruik nodig, zoals nu al gebeurt bij natuur-inclusief boeren om natuurgebieden heen. Om dit bespreekbaar te maken met boeren, moeten drinkwaterbedrijven en agrariërs dezelfde taal spreken en moet er ruimte zijn voor gebiedsspecifieke afwegingen en maatwerk. Het is dus zinvol om hier in verschillende gebieden mee te experimenteren. Goede referenties zijn daarbij essentieel om verschillen tussen landgebruik te zien ontstaan in de tijd.
- Instrumenten als de Open Bodemindex kunnen helpen om een goede bodemkwaliteit te bereiken voor meerdere functies. Zorgpunt is wel of deze functies apart gewaardeerd gaan worden en niet tegen elkaar wegvallen. Bovendien zijn bodemwaarderingsinstrumenten nu nog te vrijblijvend en is er nog niet veel bekend over het (directe) effect dat de bodemkwaliteit, in het bijzonder bodembioïologie, heeft op het grondwater.

5.4 Aanbevelingen voor implementatie

In dit rapport zijn een aantal bouwstenen voor een gemeenschappelijke bodemstrategie van drinkwaterbedrijven geformuleerd. Een aantal van deze bouwstenen heeft op onderdelen ontwikkeling nodig voor toepassing in de praktijk.

Ten eerste is het aan te bevelen om de volgende grondwaterfuncties in te bouwen in de Open Bodemindex:

- grondwateraanvulling;
- waterberging in de bouwvoor;
- stikstofefficiëntie en buffering;
- afbraakpotentie voor pesticiden.

Deze functies zijn op dit moment nog niet of onvoldoende goed beschreven in de OBI, zodat de grondwaterfunctie niet goed tot uiting komt in de waardering van de bodemkwaliteit. In de huidige versie wordt duurzaam bodemgebruik enkel gewaardeerd vanuit de landbouwfunctie. Het implementeren van de ontbrekende grondwaterfuncties is technisch relatief eenvoudig te realiseren en ligt in het verlengde van de belangen van drinkwaterbedrijven en waterschappen. Voorgesteld wordt om meerdere waterschappen te betrekken bij het vervolgetraject. Daarnaast is een verdere uitwerking/aanvulling van de component bodembioïologie met o.a. de functie bodembiodiversiteit waardevol voor het beschouwen van de laatste twee grondwaterfuncties die hierboven genoemd worden.

Ten tweede zijn er pilots nodig om de aangepaste OBI in de praktijk te testen. Dit zal in de 2^e fase van dit onderzoek opgepakt worden. Deze pilots hebben tot doel om de (nieuwe) OBI-functies te toetsen, de monitoring te verbeteren en de toepasbaarheid van de OBI in de praktijk te verbeteren. Voor het verifiëren van de OBI-functies is naast veldonderzoek ook experimenteel onderzoek met bodemkolommen nuttig. Vitens heeft al plannen om samen met het NMI een pilot te starten in een grondwaterbeschermingsgebied, met focus op bescherming grondwaterkwaliteit en gebruikmakend van BedrijfsBodemWaterPlannen en de OBI. In een andere pilot van Vitens wordt organische stof toegediend met als doel het pesticidegebruik te verminderen.

Van belang is dat naast bodemkwaliteitsparameters ook grondwaterparameters worden gemonitord, zodat de grondwaterfuncties (zoals beschreven in de OBI) kunnen worden geverifieerd. Hieronder vallen ook direct meetbare perceelseigenschappen, zoals Nmin-metingen genomen na de teelt, radardetectie van plassen op het land, metingen van de infiltratiesnelheid, uitspoeling van stikstof (N90-methode), uitspoeling van pesticiden en

metingen aan de bodembioïologie. Deze monitoring van pilots is belangrijk om de effectiviteit van bodemmaatregelen te evalueren en de kwaliteit van bodemwaarderingsinstrumenten verder te verbeteren. Tevens is het nuttig om meerdere pilots, met onderling sterk verschillende kenmerken, te starten. Bij voorkeur worden percelen gekozen waar al eerder metingen gedaan zijn en goede referenties beschikbaar zijn.

6 Referenties

Bakker, M., Witte, J.P.M., Ros, G.H., De Vries, W., Mashhoodi, B., De Vries, S., Kros, H. & Kuhlman, T. (2020). Een ruimtelijke visie voor het landelijk gebied. Milieu, in press.

CDM (2017). Advies 'Organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling'.

Claessens, J., Aa, N.G.F.M. van der, Groenedijk, P. en Renaud, L. (2017). Effecten van het landelijk mestbeleid op de grondwaterkwaliteit in grondwaterbeschermingsgebieden. RIVM, Bilthoven, 2016-0199.

De Haas, B., Hoekstra, N., Schoot, J. R., Visser, E. J., De Kroon, H., & Van Eekeren, N. (2019). Combining agro-ecological functions in grass-clover mixtures. *AIMS Agriculture and Food*, 4(3), 547-567.

De Ruyter, C. P. (2018). Naar een weerbaar en volhoudbaar laagveenlandschap. *Landschap* 2018/4, 184-195.

De Vries, F. (2020). Ligt de sleutel tegen droogte misschien ondergronds? *Leeuwarder Courant*, 5 september 2020.

Erisman, J.W. & Verhoeven, F. (2020). Integraal op weg naar kringlooplandbouw 2030 – Een voorstel voor kritische prestatie indicatoren systematiek. Bunnik. LBI-rapport 2020-010 LbP.

Erisman, J.W., Koopmans, C., Zanen, M., Van Eekeren, N. & Wagenaar, J. (2020). Prestatie-indicatoren voor landbouwbodems. *Landschap* 2020/4, 223-229.

Ferwerda, W. & Schoenmaker, D. (2020). Financiële sector kan transitie naar duurzame landbouw versnellen. *ESB* 105, 12 november 2020.

Groenedijk, P. (2015). Goede grond: goed voor landbouw, natuur en waterbeheer. STOWA, Amersfoort.

Hanegraaf, M.C., H.G.M. van den Elsen, J.J. de Haan & Visser, S.M. (2019). Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland – indicatorset en systematiek, versie 1.0. Wageningen Research, Rapport WPR-795. 34 blz.

Kools, S., Loon, A. van, Sjerps, R., en Rosenthal, L. (2019). De kwaliteit van bronnen van drinkwater in Nederland. KWR, Nieuwegein, KWR2019.072.

Planbureau voor de Leefomgeving (2017). Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport. Den Haag.

Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (2020). De bodem bereikt?! Publicatie Rli 2020/02. ISBN 978-90-77323-27-4.

Rinot, O., Levy, G.J., Steinberger, Y., Svoray, T. & Eshel, G. (2019). Soil health assessment: a critical review of current methodologies and a new proposed. *Science of the Total Environment* 648, 1484-1491.

Roberts, T. L. (2007). Right product, right rate, right time and right place... the foundation of best management practices for fertilizer. *Fertilizer best management practices*, 29, 1-8.

Ros, G.H. (2019). De Open Bodemindex 0.11. OBI rapportage, 183 pp.

Ros, G.H., Verweij, S., Quist, N. & Van Eekeren, N. (2020b). Bedrijfsbodemwaterplan; maatwerk voor duurzaam bodem- en waterbeheer. Nutriënten Management Instituut BV, NMI-rapport 1805.N.20.

Ros, G.H., Van Gerven, L.P.A., Groenendijk, P., Damen, S., Verloop, K. & De Haan, M. (2020a). Strategisch plan voor de ontwikkeling van tools voor bewustwording en advies aan agrariërs voor verbeteren van waterkwaliteit. Kennisimpuls Waterkwaliteit Rapport.

Rougoor, C., Heesmans, H., Staps, S., Kuikman, P., Hondebrink, M., Kuneman, G. & Keuper, D. (2019). Opzet methodiek voor het verwaarden van bodemkoolstof. Publicatienr. 992, CLM Onderzoek en Advies.

Ruf, A., Beck, L., Dreher, P., Hund-Rinke, K., Römbke, J. & Spelda, J. (2003). A biological classification concept for the assessment of soil quality: "biological soil classification scheme" (BBSK). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3), 263-271.

Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A. J., Bloem, J., Bogte, J. J., Breure, A. M., ... & De Goede, R. G. M. (2007). Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit (No. 607604008). RIVM.

Rutgers, M., Mulder, C., Schouten, A. J., Bogte, J. J., Breure, A. M., Bloem, J., ... & Brussaard, L. (2005). Typering van bodemecosystemen-Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM rapport 607604007.

Rutgers, M., Van Wijnen, H. J., Schouten, A. J., Mulder, C., Kuiten, A. M. P., Brussaard, L. & Breure, A. M. (2012). A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. *Science of the Total Environment*, 415, 39-48.

Schouten, A.J., Brussaard, L., De Ruiter, P.C., Siepel, H., & Van Straalen, N.M. (1997). Een indicatorsysteem voor life support functies van de bodem in relatie tot biodiversiteit. Rapport 712910005, RIVM, Bilthoven.

Sonneveld, M. P. W. & Jongmans, A. G. (2010). De Enkeerdgrond: de meest kenmerkende bodem van Nederland. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, 2010(nov.), 24-25.

Sonneveld, M. P. W., Heuvelink, G. B. M. & Moolenaar, S. W. (2014). Application of a visual soil examination and evaluation technique at site and farm level. *Soil use and management*, 30(2), 263-271.

Swartjes, F.A., Linden, A.M.A. van der, en Aa, N.G.F.M. van der, 2016. Gewasbeschermingsmiddelen in grondwater bij drinkwaterwinningen: huidige belasting en mogelijke maatregelen. RIVM, Bilthoven, RIVM Rapport 2016-0083.

Tiktak, A., Boesten, J.J.T.I., Van der Linden, A.M.A. & Vanclooster, M. (2006). Mapping ground water vulnerability to pesticide leaching with a process-based metamodel of EuroPEARL. *Journal of Environmental Quality* (35), 1213-1226.

Van den Elsen, E., Knotters, M., Heinen, M., Römkens, P., Bloem, J. & Korthals, G. (2019). Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems: Selectie van fysische, chemische en biologische indicatoren voor het meten van de bodemgezondheid (No. 2944). Wageningen Environmental Research.

Van der Wal, A., de Lijster, E., Dijkman, W., Zanen, M., van Essen, E., Sukkel, W., ... & Korthals, G. (2016). Ontwerp Label Duurzaam Bodembeheer. CLM Onderzoek en Advies.

- Van der Wal, A., Hennen, W. H. G. J. & de Koeijer, T. J. (2019). Bodem-en waterkwaliteit in de Nederlandse landbouw: Relatie tussen bodemorganische stof en nitraatuitspoeling op melkveebedrijven op zandgrond. *Bodem*, 2019(5), 34-36.
- Van Driezum, I., Beekman, J., Van Loon, A.H., Van Leerdam, R.C., Wuijts, S., Rutgers, M., Boekhold, S., en Zijp M.C. (2020). Staat drinkwaterbronnen. RIVM, Bilthoven, RIVM-2020-0179, DOI 10.21945
- Van Eekeren, N., Bommel , L., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., de Goede, R., ... & Brussaard, L. (2008). Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *applied soil ecology*, 40(3), 432-446.
- Van Eekeren, N., van Liere, D., de Vries, F., Rutgers, M., de Goede, R., & Brussaard, L. (2009). A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. *Applied Soil Ecology*, 42(3), 254-263.
- Van Eekeren, N. (2016). Optimaal landgebruik voor bodemkwaliteit: 60% blijvend grasland en 20% grasklaver in rotatie met 20% snijmais. *V-focus*, 16(6), 34-35.
- Van Eekeren, N., de Wit, J., Evers, A. & de Haan, M. (2018). Verandering landgebruik voor bodemkwaliteit ook winstgevend voor intensieve bedrijven. *V-focus*, 15(3), 32-34.
- Van Loon, A. (2018). Drinkwateraspecten van een gezonde bodem. BTO rapport 2018.065, KWR, Nieuwegein.
- Van Loon, A.H., en Fraters, D. (2016). De gevolgen van mestgebruik voor waterwinning: een tussenbalans. KWR, Nieuwegein, KWR 2016.023.
- Van Loon, A., Sjerps, R., en Raat, K.J., 2017. Gewasbeschermingsmiddelen en afbraakproducten in Nederlandse drinkwaterbronnen. BTO2017.079
- Van Wijnen, H. J., Rutgers, M., Schouten, A. J., Mulder, C., De Zwart, D. & Breure, A. M. (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.
- Veerman, C., Correia, T. P., Bastioli, C., Biro, B., Bouma, J., Cienciala, E., ... & Wittkowski, R. (2020). Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate: interim report of the mission board for soil health and food: study.
- Verhoeven, F. & Ros, G.H. (2018a). Kansenkaart Waterkwaliteit: slimme combinaties. *V-Focus* februari 2018.
- Verhoeven, F. & G.H. Ros, G.H. (2018b). Kansenkaart 1.0: slimme combinaties. *V-Focus* oktober 2018.
- Vermooten, S. & Lijzen, J. P. A. (2015). Ecosysteemdiensten van grondwater en ondergrond: Beschrijvingen en relaties met activiteiten en maatregelen. *Deltares Brieffrapport 1209468-012-BGS-0002*, RIVM rapport 2014-0167.
- Wijnen, H.J. van, Rutgers, M., Schouten, A.J., Mulder, C., Zwart, D. de & Breure, A.M. (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.
- Wösten, H., De Vries, F., Hoogland, T., Massop, H., Veldhuizen, A., Vroon, H., Wesseling, J., Heijkers, H., en Bolman, A., 2012. Bofek2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra, rapport 2387.: <http://edepot.wur.nl/247678>

Wuijts, S., Bogte, J. J., Dik, H. H. J., Verweij, W. H. J. & Van der Aa, N. G. F. M. (2014). Eindevaluatie gebiedsdossiers drinkwaterwinningen. RIVM Rapport 270005001/2014.

Zeijts, H. & Westhoek, H.J. (2013). Revival van de landbouwbodem. Kansen voor de overheid om bewust bodembeheer te stimuleren. *Bodem*, 2013(1), 8-10.

I Interviews

De interviews zijn opgenomen en worden digitaal bewaard op de KWR dataschijf. De uitgeschreven verslagen van de interviews worden niet openbaar gemaakt, maar zijn op verzoek te raadplegen.

II Waardering van afbraak van gewasbeschermingsmiddelen in de OBI

Achtergrond

De kwaliteit van landbouwbodems is een van de bepalende factoren voor de gevoeligheid van gewasbeschermingsmiddelen voor uitspoeling naar het grondwater. Via goed bodembeheer en, indien mogelijk, met selectie van middelen op basis van milieudruk, kan de belasting van het grondwater door toepassing van gewasbeschermingsmiddelen worden verminderd doordat:

- (1) De afbraak wordt versneld.
- (2) De periode van afbraak wordt verlengd door een verbeterd vochtvasthoudend vermogen en verbeterde binding aan de vaste fase.

Met bodembeheer kan ook de ziekteverendheid worden verhoogd, waardoor de behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen verminderd. De ziekteverendheid wordt separaat in de OBI gewaardeerd.

Technische uitwerking

Voor het simuleren van de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen zijn diverse codes beschikbaar waarmee de ruimtelijk en temporeel variërende factoren, zoals doseringen, neerslaggebeurtenissen en bodemopbouw, kunnen worden meegenomen. Deze codes zijn echter zeer rekenintensief en vereisen verschillende inputdata die niet standaard beschikbaar zijn. De toepassing van mechanistische modellen in de OBI is hierdoor noch haalbaar, noch functioneel.

Tiktak et al. (2006) presenteren een vereenvoudigd uitspoelingsmodel, dat slechts zes inputparameters vereist om een eerste orde schatting van de gevoeligheid voor uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen te verkrijgen. Van deze zes parameters zijn er vier gerelateerd aan de bodemeigenschappen of bodemgebruik, namelijk de bulkdichtheid, het organische stofgehalte, het vochtgehalte bij veldcapaciteit en het neerslagoverschot. Daarnaast bevat het model twee parameters voor het beschrijven van de eigenschappen van het toegepaste middel, namelijk de halfwaardetijd en binding aan organische stof. Hieronder wordt dit model verder toegelicht.

Het model van Tiktak et al. (2006) is gebaseerd op een vereenvoudigde analytische vergelijking voor de concentratie van een stof op 1 m diepte (C_1) als functie van de inputconcentratie (C_0):

$$C_1 = C_0 e^{\frac{-\mu(\theta + \rho f_{OM}) + gS}{q}} \quad (1)$$

Waarin:

μ is de eerste orde-afbraakcoëfficiënt bij de heersende temperatuur (1/d). Voor gemiddelde situaties in Nederland kan hierbij uitgegaan worden van 11°C. Voor deze temperatuur verhoudt μ zich lineair tot de DT50:

$$\mu = 0,34/DT50 \quad (2)$$

De DT50 is de degradatie halfwaardetijd bij referentie temperatuur en is voor veel middelen redelijk goed bekend. θ is het bodemvochtgehalte (-). Voor gemiddelde situaties is deze te benaderen met het bodemvochtgehalte bij veldcapaciteit.

ρ is de droge bulkdichtheid van de bodem (kg/dm³)

f_{OM} is het organische stofgehalte (kg/kg)

K_{OM} is de verdelingscoëfficiënt over organische stof en water

gS is de gewasopname

q is de flux. Voor gemiddelde situaties is deze te benaderen met de grondwateraanvulling, i.e. neerslag minus verdamping (m/d).

Tiktak et al. (2006) schreven vergelijking (1) om naar een lineair regressiemodel, zodat de regressieparameters konden worden geschat met een mechanistisch uitspoelingsmodel (EuroPEARL):

$$\ln C_1 = \alpha_0 - \alpha_1 X_1 - \alpha_2 X_2 - \alpha_3 X_3 \quad (3)$$

Hierin zijn α_1 , α_2 en α_3 de regressiecoëfficiënten, en X_1 , X_2 en X_3 de dimensieloze, regressievariabelen die op 1 m diepte zijn gedefinieerd als:

$$X_1 = \frac{\mu\theta}{q}, \text{ i.e. retardatie gerelateerd aan vochtvasthoudend vermogen} \quad (4)$$

$$X_2 = \frac{\mu\rho f_{OM} k_{OM}}{q}, \text{ i.e. retardatie als gevolg van sorptie} \quad (5)$$

$$X_3 = \frac{gS}{q}, \text{ i.e. gewasopname} \quad (6)$$

Uit de regressieanalyse van Tiktak bleek dat het gemodelleerde effect van gewasopname niet plausibel was (toename concentratie met toenemende gewasopname) en dat de derde regressiecoëfficiënt goed correleert met de eerste regressiecoëfficiënt ($R=0,84$). Daarom is het effect van gewasopname buiten beschouwing gelaten ($\alpha_3=0$).

De regressiecoëfficiënten voor de natte gematigde klimaatzones van Europa zijn geschat voor een herfst- en voorjaarstoepassing van middelen. Door deze in te vullen in vergelijking (3) en de vergelijkingen 2-6 te combineren levert dat de volgende vergelijking voor de concentratie van een middel op 1 m diepte:

$$\text{Voorjaarstoepassing:} \quad \ln C_1 = 4,72 - 0,13 \frac{\theta}{qDT50} - 0,20 \frac{\rho f_{OM} k_{OM}}{qDT50} \quad (7)$$

$$\text{Herfststoepassing:} \quad \ln C_1 = 4,95 - 0,055 \frac{\theta}{qDT50} - 0,21 \frac{\rho f_{OM} k_{OM}}{qDT50} \quad (8)$$

Voor beide situaties was sprake van een zeer goede fit met het mechanistische model ($R^2=0.96$ en $R^2=0.96$)

Discussie

Vergelijkingen 7 en 8 beschrijven de concentratie van een middel op 1 m diepte als lineaire functie van het jaargemiddelde neerslagoverschot (q), bodemvochtgehalte bij veldcapaciteit (θ), de bulkdichtheid van de bodem (ρ), het organische stofgehalte van de bodem (f_{OM}), en de halfwaardetijd en verdelingscoëfficiënt van het middel. De eerste vier invoervariabelen zijn standaard invoer van de Open Bodem Index of kunnen op basis van openbare bronnen worden geschat. De halfwaardetijd en verdelingscoëfficiënt zijn stofspecifieke invoer die op basis van literatuurbronnen kan worden vastgesteld. Voor een redelijke worst case benadering kan uitgegaan worden van een $DT50=60d$ en $K_{OM} = 10 \text{ dm}^3/\text{kg}$, of modelstoffen zoals gedefinieerd door Tiktak (zie tabel).

Table 3. Overview of the most important properties of the pesticides considered in this study.

| Property† | Substance | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | A | B | D |
| M , g mol ⁻¹ | 300 | 300 | 300 |
| $P_{v,s}$, Pa | 0 | 0‡ | 0 |
| S_w , mg L ⁻¹ | 90 | 90 | 90 |
| K_{om} , dm ³ kg ⁻¹ | 60 | 10 | 35 |
| DT ₅₀ , d | 60 (20°C) | 20 (20°C) | 20 (20°C) |

† M , molar mass; $P_{v,s}$, saturated vapor pressure; S_w , solubility in water; K_{om} , coefficient of equilibrium sorption on organic matter; DT₅₀, degradation half-life under reference conditions.

‡ Parameter value differs slightly from value given in FOCUS (2000).

De regressiecoëfficiënten zijn afgeleid van een mechanistisch model voor de natte gematigde klimaatzone van Europa. Dit is een veel groter gebied dan de hoge zandgronden van Nederland, met een grote spreiding van relevante omstandigheden. Het is daarmee niet bekend hoe goed de regressieparameters passen bij de Nederlandse situatie.

Het regressiemodel gaat uit van afbraak (en opname) van middelen die toegepast worden in de landbouw. Het model houdt geen rekening met metabolieten die veel mobieler of persistenter kunnen zijn dan hun moederstof. Voor het stimuleren van duurzaam bodemgebruik gezien vanuit grondwaterkwaliteit is dit echter niet noodzakelijk. Om de doorwerking van middelen op de waterkwaliteit te verminderen ligt een combinatie met de milieumaatlat voor de hand, zodat binnen het beschikbare middelenpakket gekozen kan worden voor het middel met de minste milieubelasting.

III Verslag ateliersessie (1 maart 2021)

Aanwezig: Arnaut van Loon (KWR), Gerard Ros (NMI/WUR), Gerard Korthals (NIOO/CSE), Frans Vaessen (WML), Martin de Jonge (Vitens), Jip Welkers (Vitens), Theo Bakker (SBB), Carolien Steinweg (WMD), Gera van Os (Aeres), Janjo de Haan (WUR), Jeroen Geurts (KWR), Martin de Haan (BW), Eric van de Lockant (BW), Michiel Rutgers (RIVM), Nick van Eekeren (LBI)

De praktijktoepassing: per gebied

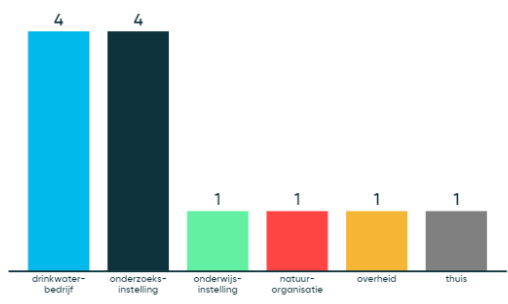
Invloedcirkel

Nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen beïnvloeden de kwaliteit en hardheid van het grondwater, de bron van ons drinkwater.

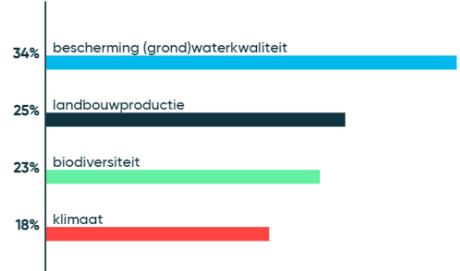
- In 60% van onze winningen treffen we gewasbeschermingsmiddelen aan.
- Bij 21 grondwaterwinningen wordt in het intrekgebied in het ondiepe grondwater de norm voor nitraat (50mg/l) overschreden.

De drinkwaterwinning heeft effect op het beschikbare zoetwater voor de landbouw. Dit speelt het sterkst op de hoge zandgronden, waar het lastig boeren en water winnen is, (Twente, Achterhoek en Rivierengebied)

Waar werk je?



Met welke dienst die de bodem levert identificeer jij jezelf het meest?



Geselecteerde discussiepunten n.a.v. van de presentaties van Arnaut van Loon, Gerard Ros, Jeroen Geurts en Jip Welkers:

De interactie van de OBI met andere waarderingsconcepten en meetprogramma's: er is een link met het BLN, PPS Beter Bodembeheer, Label Duurzaam Bodembeheer en de Soil Health Index. De link met de Bobi en de LANDMARK tool Soil Navigator is mager.

Het effect van organische stof (OS) op nitraatuitspoeling: werken aan beter en meer OS heeft vaak positieve effecten op tal van ecosystemendiensten, waaronder bodembiodiversiteit, maar de meningen verschillen over of het

ook uitspoeling voorkomt. Mogelijk zijn daar mitigerende maatregelen voor nodig. O.a. het CDM advies wordt aangehaald (Oenema et al., 2017), maar ook de resultaten uit het LMM. Er zit in de wetenschappelijke literatuur een optimum voor OS rond 2-4%. En daar valt 95% van het Nederlandse areaal onder. Maar de conclusie blijft staan: werken aan goed OS beheer is heel belangrijk.

Rekening houden met bodembeheer en landgebruik in de OBI: er zit een koppeling in met het Label Duurzaam Bodembeheer en via Maatregel op de Kaart is er een link met 100 maatregelen.

De link tussen bodembioïologie en grondwaterkwaliteit wordt gezien als belangrijk, maar hierover is nog veel onbekend. Bijvoorbeeld hoe biologische metingen te linken zijn aan uitspoeling.

Jip Welkers: welk cijfer geef je de Nederlandse landbouwbodem in relatie tot wat gewenst is? De deelnemers geven gemiddeld een 6,1 (variërend tussen 3 en 8).

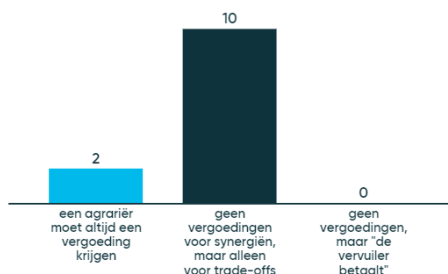
Break-out sessie “synergiën en trade-offs”

Arnaut van Loon, Gerard Ros, Gerard Korthals, Frans Vaessen, Martin de Jonge

Bodemeigenschappen met overlappende en tegenstrijdige belangen – hoe ga je daarmee om?

Op de lössgronden helpt een beperkte inspanning en goede begeleiding/advisering ook al. Echte trade-offs zijn er op de zandgronden; daar is het moeilijk om op vrijwillige basis de balans te vinden. Een goede afweging tussen “straffen” en “belonen” is noodzakelijk. Het is te verantwoorden om risicoteelten op kwetsbare locaties te verbieden, maar daarvoor moeten de beleidskaders voor landbouw glashelder zijn. Omdat de bodem in eigendom is van de agrariër, heeft het de voorkeur om te stimuleren met maatschappelijke opgaves aan de slag te gaan. Dit betekent dat belanghebbenden op een positieve manier bijdragen aan het realiseren van deze opgaves op landbouwbodems, en dat in sommige gevallen deze opgaves geprioriteerd moeten worden.

Hoe kijken jullie aan tegen een vergoedingensysteem voor bodembeheer t.b.h. grondwaterbescherming?



Beloningssystemen werken vaak voor 1 doel, maar voor andere doelen juist averechts. Ze stimuleren boeren niet altijd om creatief te zijn. De beloningssystemen zijn vaak ook te eenzijdig (op nitraat gericht), terwijl afgeleide parameters ook van belang kunnen zijn. Er is behoefte aan meer monitoring en proeven met inhoudelijke beloningen op basis van synergiën.

Een beloningssysteem hoeft niet altijd in geld uitgedrukt te worden. De discussie gaat erover of een beloning in de vorm van meer beleidsruimte goed is of niet. Meer beleidsruimte werkt stimulerend, maar is geen garantie voor succes. Boeren hebben graag meer beleidsruimte qua beregening en bemesting, en bestuurders lijken snel geneigd om daarin mee te gaan. De vraag is dan wel of daar geen misbruik van gemaakt wordt. Een financiële prikkel is toch vaak nodig (of combinatie). Een beloning kan ook in de vorm van “diensten” worden geleverd, bijvoorbeeld door organische stof uit zuiveringen aan te bieden voor bodemverbetering, of door kennis te ontwikkelen en delen (inhoudelijke beloning). Hierbij staan juist de synergiën tussen landbouw en drinkwater centraal.

Inspanning of prestatie belonen?

Goed om een combinatie te hebben van prestatie- en inspanningsindicatoren. Deze laatste zitten in de bodembeheer component van de OBI.

Geen vergoedingen voor synergiën, maar alleen voor trade-offs?

Er liggen steeds meer maatschappelijk opgaves op de landbouwbodem, wat betekent dat een boer extra diensten gaat leveren en de productie (vaak) achteruit gaat. Sommige functies kunnen niet gecombineerd worden en zijn dus per definitie een trade-off. Daarvoor moet hij wel worden gecompenseerd.

De bodem is van de boer, waar hij/zij zo optimaal mogelijk mee om moet gaan. Daarbij moeten boeren geholpen worden om de synergiën te vinden en trade-offs te mitigeren. Het is goed om duidelijke kaders te stellen (geen strengere regels) en aan te geven wat de kritische ondergrens is: sommige dingen zijn niet haalbaar, zoals teelten die niet aan de eisen voor bijv. nitraatuitspoeling voldoen. In dat geval kan alleen overgestapt worden op een ander verdienmodel / teelt.



Break-out sessie “eigendomssituatie, landbouwvisie en samenwerking”

Jip Welkers, Theo Bakker, Carolien Steinweg, Gera van Os, Janjo de Haan

Eigendomssituatie: eigen gronden, versus bezit derden

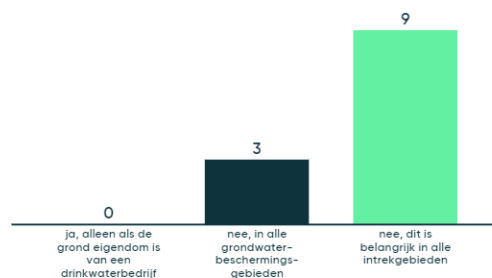
Hoe kan de drinkwatersector aan de slag met bodemkwaliteit?

In Drenthe mag in grondwaterbeschermingsgebied geen bollenteelt, maar andere teelten wel. De vraag leeft hier ook hoe ze zelf aan de slag kunnen hiermee.

Hoe kunnen eigen gronden als voorbeeld voor de omgeving dienen?

Het maakt veel uit waar je zit, het is dus maatwerk (geen generieke maatregelen), dus zinvol om in verschillende gebieden te experimenteren. Wat is haalbaar, hoe groot is de evt. schade, wanneer is het wel/niet aan de orde om te belonen, hoe groot is dan de beloning? Maak ook een vergelijking met een referentieperceel, zodat je verschillen ziet ontstaan in de tijd (bijv. chemievrije maisteelt De Marke). Wordt de kwaliteit van het grondwater gemeten in pilots? Hier zit een vertragend effect in en het is complex. Er is wel een early warning system voor grondwaterkwaliteit.

Een goede bodemkwaliteit voor de functie grondwater kan alleen voorgeschreven worden op verpachte gronden



Relatie tot landbouwvisie en samenwerkingstrajecten

Welke aanknopingspunten biedt het werken aan bodemkwaliteit om een transitie naar emissie-arme landbouw in grondwaterbeschermingsgebieden te versnellen? Welke rol kunnen drinkwaterbedrijven daarin pakken?

Inbrengen in gebiedsprocessen wanneer het een win-win situatie is voor DWB en agrariër en aangeven wanneer het een trade-off is. Niet op elk perceel alles willen.

Wat is de volgende stap in de samenwerkingsprojecten met agrariërs?

Voorbeeld SBB over natuur-inclusief boeren om de natuurgebieden heen (zachte overgang), met beloning in de vorm van langjarige pacht van 12 jaar. Hierbij zijn ook andere functies belangrijk dan waterwinning. Ondernemers maken zelf een bedrijfsontwikkelplan, waarbij in elk geval weinig/geen bemesting en bestrijdingsmiddelen gebruikt worden. Monitoring vindt plaats op bedrijfseconomische en ecologische aspecten (die verder gaan dan de standaard metingen). Er zijn nu nog geen vaste kaders voor.

Op de meest kwetsbare gronden is verandering in landgebruik nodig, dus geen synergieën, maar trade-offs. Win-win situaties zijn vaak lastig, dus trade-offs bespreekbaar maken met boeren. Drinkwaterbedrijven en boeren zijn van nature geen vrienden, dus moeten ze dezelfde taal leren spreken en goede gesprekken voeren (wel maatwerk/gebiedsspecifieke afwegingen).

Minder bemesten/spuiten is een risico en kost een boer opbrengst, dus tegemoet komen voor (het risico op) opbrengstderving. Alleen wie is er verantwoordelijk voor welke vergoeding? Provincie, waterschap of drinkwaterbedrijf?

Break-out sessie “monitoring”

Jeroen Geurts, Martin de Haan, Eric van de Lockant, Michiel Rutgers

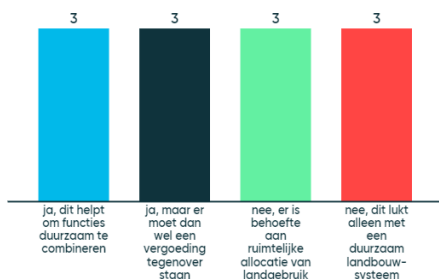
Is er behoefte aan direct meetbare perceelseigenschappen die feedback geven over de impact van het actuele bodemgebruik op de grondwateraanvulling en grondwaterkwaliteit?

Veel is nog niet bekend over het effect dat de bodem heeft op het grondwater. O.a. de relatie tussen bodembiodiversiteit en nitraat in het bovenste grondwater is interessant.

Binnen het LMM wordt nitraat aan het eind van de zomerperiode meten, omdat er dan het minste effect van de bodem is. Brabant Water meet tegenwoordig vaak N90 als maat voor de uitspoeling in de laag van 60-90 cm.

Een goede bodemkwaliteit voor landbouwdoeleinden én drinkwaterproductie kan bereikt worden door instrumenten als de OBI en BedrijfsBodemWaterPlannen in te zetten.

Een goede bodemkwaliteit voor landbouwdoeleinden én drinkwaterproductie kan bereikt worden door instrumenten als de OBI en BedrijfsBodemWaterPlannen



Ja, maar niet op de huidige wijze, omdat er nu rare prikkels in zitten en de instrumenten te vrijblijvend zijn. Er moet een stapje bij nog. Boeren moeten hierin goed begeleid worden en het verdienmodel moet geplooid worden naar ecosysteemdiensten. Een voorbeeld uit Amerika is de Delaware Catchment Area (NY), waar boeren minder zuiveringskosten betalen als ze het water schoon houden door duurzaam bodembeheer.

Er wordt veel data ingestopt, dus daarom wel waarborgen dat de verschillende functies / ecosysteemdiensten apart gewaardeerd worden.

Het bodemprofiel is weinig bergend, waardoor er een grote behoefte is aan beregening en dus een grote claim op oppervlaktewater- en grondwater. Ondergrondverdichting en slempgevoeligheid zit al wel in de OBI. De verdichting kan direct gemeten worden met een penetrologger. De infiltratiesnelheid zit nog niet in de OBI, maar wordt wel onderzocht in andere projecten (o.a. KLIMAP).

Welke parameters missen er nog? Hoe kunnen drinkwaterbedrijven er zelf monitoring aan koppelen?

- Koppeling met waterpeil in de sloot: hoe beïnvloedt dit de bodemkwaliteit en grondwateraanvulling? Ook gaat hier de meeste neerslag heen. De teelt van bepaalde gewassen onder (te) natte omstandigheden wordt bijvoorbeeld wel gewaardeerd in de OBI, gebaseerd op het Label Duurzaam Bodembeheer.
- Bodembioïologie /bodembiodiversiteit meer terug te laten komen. Metingen aan schimmels en bacteriën zit nu wel in het BLN (via NIRS analyse) en kan op die manier ook aan de OBI gekoppeld worden. Deze component is nog in ontwikkeling. Er wordt ook gewerkt aan DNA indicatoren.
- Uitspoeling van bestrijdingsmiddelen (link met KIWK – Bobi data). Denk bij (afbraak van) pesticiden ook aan de eigenschappen van de metabolieten. Die zijn soms erger dan de oorspronkelijke stof.
- Complexiteit van organische stof als maat voor diversiteit aan bodemleven en dus bodemkwaliteit.

Plenaire afsluiting over het vervolg: OBI 2.0 – pilots – monitoring

OBI 2.0:

- Er zijn concrete ideeën om grondwaterfuncties in te bouwen in de OBI. De vraag is hoe dit geïmplementeerd gaat worden. Het is in elk geval relatief eenvoudig te doen en ook heel erg gewenst bij de drinkwaterbedrijven, maar ook interessant voor waterschappen.
- GIS analyse met open data in OBI?

Pilots:

- Vitens gaat ism met Gerard Ros een pilot doen met boeren in 1 van hun grondwaterbeschermingsgebieden met focus op bescherming grondwaterkwaliteit, gebruikmakend van BBWP en OBI.
- Er zijn meerdere pilots gewenst. Andere waterbedrijven hebben er nog niet concreet over nagedacht. Ook waterschappen kunnen hiervoor benaderd worden.
- Pilot organische stof toediening (Vitens): lijkt te leiden tot reductie van pesticide gebruik. Bovendien zijn boeren enthousiast, omdat deze maatregel direct geld oplevert.

Monitoring:

- Niet alleen onderbrengen in een tool, maar ook pilots opzetten en monitoring hierop inrichten. De vraag is of dit past bij huidige monitoring van de drinkwaterbedrijven op hun gronden. Daarbij ook in gesprek blijven over de kwaliteit van de OBI.
- Probeer zoveel mogelijk data van elke kolom te meten / in te brengen in de pilots.

De uitkomsten van de ateliersessie worden verwerkt in het eindrapport van het project (eind maart).