



Pilot Open Bodemindex

Een verkenning naar de bijdrage van de bodem aan de bescherming van het grondwater

Kees van den Dool (NMI)

Gerard H. Ros (NMI)

Jeroen J.M. Geurts (KWR)

Arnaut H. van Loon (KWR)

Referaat

Kees van den Dool, Gerard H Ros, Jeroen JM Geurts & Arnaut H van Loon (2021). *Pilot Open Bodemindex: Een verkenning naar de bijdrage van de bodem aan grondwaterkwaliteit*, Nutriënten Management Instituut BV, Wageningen, Rapport 1846.N.21, pp 48.

Rapport in het kort

Duurzaam bodembeheer is relevant voor de kwaliteit van de bodem en de leefomgeving, en heeft daarbij ook invloed op het grond- en oppervlaktewater. Er zijn in de afgelopen jaren diverse methodes ontwikkeld om bodembeheer en bodemkwaliteit te beoordelen in het licht van een duurzame landbouw. De Open Bodemindex (OBI) is binnen Nederland de standaard om betrouwbaar de kwaliteit van de bodem te beoordelen. Vanuit Vitens is de vraag gekomen om de OBI uit te breiden voor de rol die de bodem heeft in het beschermen van het grondwater. Samen met onderzoekers, boeren en beleids-makers zijn daarom drie functies ontwikkeld voor de grondwateraanvulling, de stikstof-efficiëntie en het uitspoelingsrisico van gewasbeschermingsmiddelen. Deze functies dragen bij aan het in kaart brengen van synergiën en trade-offs van bodembeheer in relatie tot landbouwkundige functies en grondwater-bescherming. Hiermee kunnen betere afwegingen worden gemaakt in keuzes rondom duurzaam bodembeheer om zo de kwaliteit van bodem en grondwater ook in de toekomst te kunnen waarborgen.

© 2021 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Vitens

digitaal

Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	4
1 Inleiding	5
2 Methode	6
2.1 De Open Bodemindex	6
2.1.1 Bodemwaardering in relatie tot ecosysteemdiensten	6
2.1.2 De Open Bodemindex (versie 1.0)	9
2.2 Grondwaterfuncties	10
2.2.1 Grondwateraanvulling	10
2.2.2 Neerslagoverschot & onverzadigde doorlatendheid	10
2.2.3 Stikstofefficiëntie	11
2.2.4 Uitspoeling gewasbeschermingsmiddelen	13
2.3 Pilot opzet	14
3 Resultaten en discussie	15
3.1 Analyse voor bodemtypes	15
3.2 Analyse grondwaterbeschermingsgebieden	18
3.3 Terugkoppeling workshop	19
4 Discussie	21
5 Conclusie	23
Referenties	24
Bijlage I – Beheer maatregelen deelnemende agrariërs	25
Bijlage II – Analyses percelen Vitens	26

Samenvatting en conclusies

Landbouwbodems vervullen in de praktijk meerdere functies en dragen bij aan verschillende ecosysteemdiensten. Bodembeheer heeft niet alleen effect op de bodemkwaliteit, maar ook op grondwaterkwantiteit en -kwaliteit. Daarom is bodembeheer ook relevant voor waterschappen en drinkwaterbedrijven. In opdracht van Vitens is een pilot uitgevoerd om nieuwe waterfuncties aan de Open Bodemindex toe te voegen die inzicht geven in de rol van de bodem in het beschermen van het grondwater. De ontwikkelde functies zijn gericht op het in beeld brengen van de grondwateraanvulling, het risico dat er stikstof uitspoelt naar het grondwater (stikstofefficiëntie) en de bijdrage die de bodem levert om de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen te voorkomen. Deze nieuwe functies zijn getest op vier percelen in grondwaterbeschermingsgebieden die door Vitens worden verpacht en op 800 percelen verspreid over Nederland. De laatste analyse is gedaan voor verschillende soorten landgebruik (akkerland en grasland) en grondsoort (klei en zand) alsook de ligging van het perceel (binnen of buiten een grondwaterbeschermingsgebied). De ontwikkelde functies tonen een evenwichtige spreiding tussen hoge en lage scores, en daarnaast hebben beheermaatregelen het verwachte effect.

Bij de verdere ontwikkeling van deze waterfuncties moet een keuze gemaakt worden of de beoordeling zich vooral richt op (grond)waterkwaliteit en -kwantiteit of ook rekening houdt met het landbouwkundige gebruik. Tevens zijn verdere onderbouwing en verificatie van de waterfuncties noodzakelijk voor een goede toepassing op de Nederlandse landbouwpraktijk.

Daarnaast is het mogelijk om in de toekomst het effect van bodembeheer op oppervlaktewater mee te nemen in de OBI. Deze pilot geeft een eerste aanzet om meer rekening te houden met milieukundige aspecten van bodembeheer. Door verschillende perspectieven bij elkaar te brengen kunnen synergiën en trade-offs steeds beter in kaart worden gebracht. Door deze kennis kunnen betere afwegingen worden gemaakt in keuzes rondom duurzaam bodembeheer om zo de kwaliteit van bodem en water ook in de toekomst te kunnen waarborgen.

1 Inleiding

Landbouwbodems vervullen in de praktijk meerdere functies en dragen bij aan verschillende ecosysteemdiensten. 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. Door bodembeheer te verbeteren en knelpunten in bodemkwaliteit inzichtelijk te maken, kan er een betere balans worden gevonden tussen de verschillende ecosysteemdiensten en tussen landbouw en omgeving. Duurzaam bodembeheer is dan ook niet alleen relevant voor agrariërs en natuurbeheerders, maar ook voor waterschappen en drinkwaterbedrijven. De bodem levert voor hen relevante ecosysteemdiensten zoals waterberging, waterzuivering en nutriëntenbuffering. Bodemeigenschappen en het bodembeheer zijn daarom van invloed op de kwaliteit en beschikbaarheid van het grond- en oppervlaktewater op de plekken waar zij water beheren of winnen.

Duurzaam bodembeheer vereist integrale aandacht voor de fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit (de Haan et al., 2019). Al deze aspecten dragen namelijk bij aan de verschillende vormen van bodemkwaliteit. Er zijn in de afgelopen jaren diverse methodes ontwikkeld om bodembeheer en bodemkwaliteit te beoordelen vanuit deze verschillende perspectieven. Een van die methodes is de Open Bodemindex (OBI), een tool die een integrale beoordeling geeft van de bodemkwaliteit aan de hand van chemische, fysische, biologische, milieukundige en management indicatoren. De staat van de bodem en het uitgevoerde beheer worden beoordeeld op basis van het landgebruik en de daaraan gekoppelde gewenste situatie. De OBI berekent een score per bodemfunctie, aggregeert deze per groep (chemisch, fysisch, biologisch, milieukundig en management) en geeft een (gewogen) integrale score voor de bodemkwaliteit in zijn geheel. Hierdoor is het mogelijk om specifiek in kaart te brengen waar de knelpunten in bodemkwaliteit en -beheer liggen en wat er verbeterd kan worden. Dit maakt dus maatwerk per perceel mogelijk. Daarnaast kan de kwaliteit van verschillende percelen met elkaar worden vergeleken en kan de kwaliteit van de bodem in de loop van meerdere jaren worden gemonitord.

De OBI is in 2019 ontwikkeld door een consortium van WUR, FarmHack en NMI en is een initiatief van Rabobank, a.s.r. en Vitens. De primaire focus van de huidige OBI (versie 1.0) ligt daarbij op de landbouwkundige functies die een bodem vervult. Drinkwaterbedrijven hebben binnen het project “Gezonde bodem, gezond watersysteem” ingezet op een bodemkwaliteitsbeoordeling vanuit een milieukundig perspectief, waarbij de nadruk ligt op grondwaterkwaliteit en -kwantiteit. In een eerder verschenen rapport door Geurts et al. (2021) werd voorgesteld om de Open Bodemindex uit te breiden met functies voor grondwateraanvulling, waterberging, stikstofefficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen. Deze functies moesten beoordelen hoe de bodem en het beheer ervan bijdragen aan grondwaterkwaliteit en -kwantiteit. De functies zijn in de zomer van 2021 ontwikkeld en getest op vier percelen afkomstig uit grondwaterbeschermingsgebieden beheerd door Vitens. De resultaten zijn tijdens een workshop besproken met de deelnemende agrariërs en rentmeesters, terreinbeheerders en ecologen. In dit rapport worden de nieuw ontwikkelde functies beschreven alsook de evaluatie ervan naar aanleiding van de workshop en een nadere data-analyse.

2 Methode

Voor deze pilot zijn nieuwe functies ontwikkeld voor de Open Bodemindex, waarbij de focus ligt op grondwaterkwaliteit en -kwantiteit. In dit hoofdstuk wordt eerst het wetenschappelijk framework van de Open Bodemindex beschreven om zo helderheid te geven over de context waarbinnen de nieuwe functies een plaats krijgen. Daarna volgt een beschrijving van de nieuw ontwikkelde functies voor het grondwatersysteem. Tot slot worden de opzet van deze pilot, het onderzoeksgebied en methode voor evaluatie van de nieuwe functies toegelicht.

2.1 De Open Bodemindex

2.1.1 Bodemwaardering in relatie tot ecosysteemdiensten

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 worteling en het leveren en bufferen van water (de bodemfysica), en de functies die de rol van het bodemleven kwantificeren (de bodembiologie).

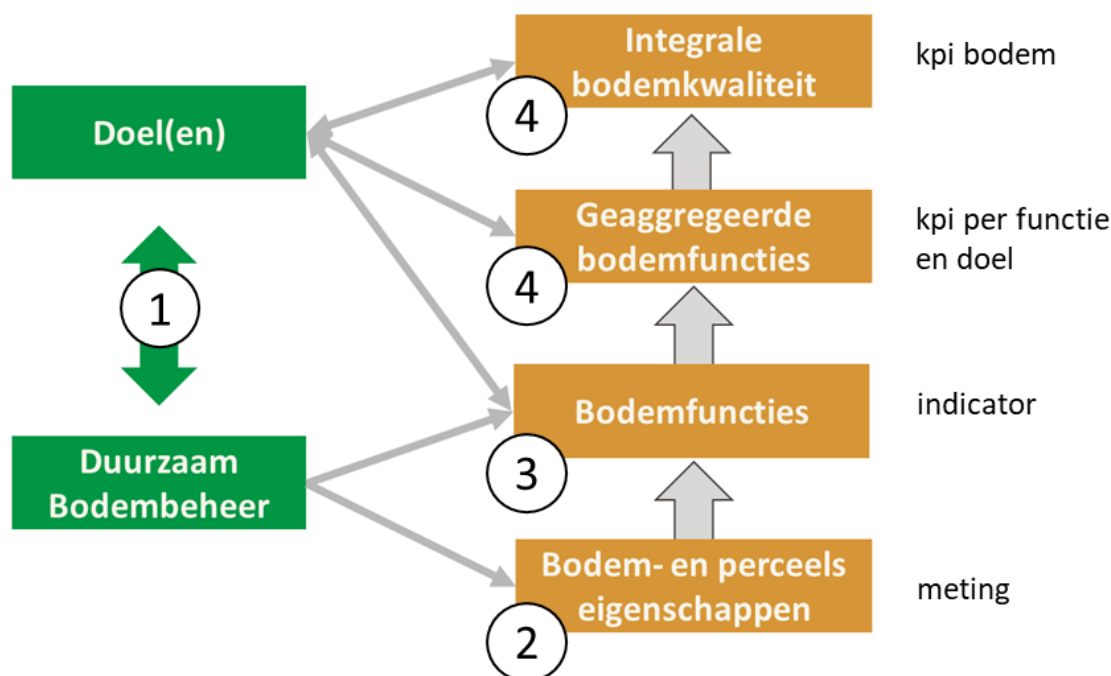
Naast deze functies wordt er ook expliciet rekening gehouden met het uitgevoerde bodembeheer door gebruik te maken van het Label Duurzaam Bodembeheer en wordt in kaart gebracht hoe een bodem bijdraagt aan het voorkomen van uit- en afspoeling van stikstof. Let wel, er zijn ook andere doelen te definiëren (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 bodemwaarderingsinstrument, waaronder de OBI, volgt vier opeenvolgende stappen (Figuur 2.1; 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"*)
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 wordt 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 2.1). 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.



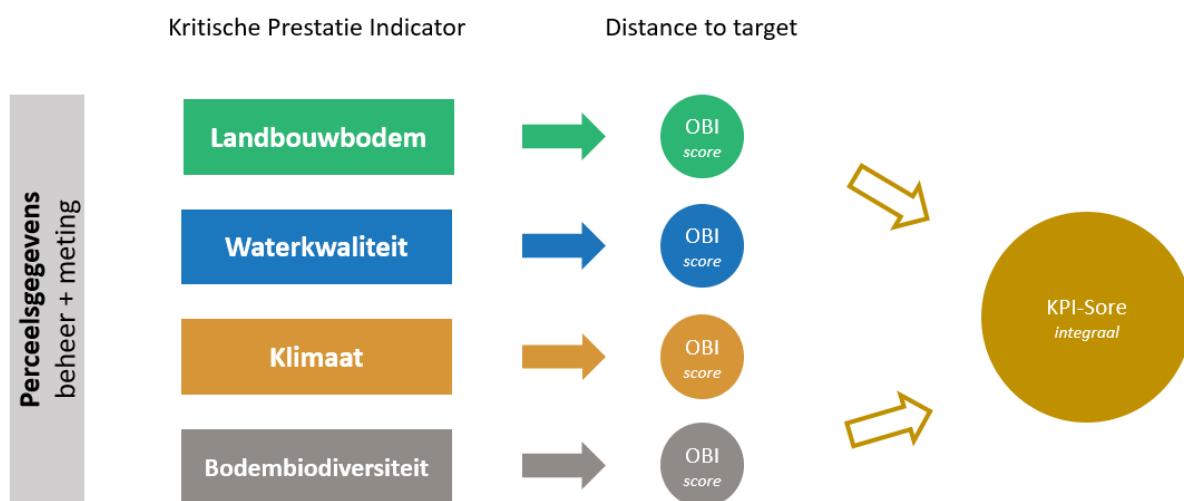
Figuur 2.1. Conceptuele aanpak van de Open Bodemindex.

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 opgaven 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 2.2).



Figuur 2.2. 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 mitigerende maatregelen in beeld moeten worden gebracht 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 2.1), 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. Vooralsnog 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.

2.1.2 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 OBI voor 21 bodemfuncties, zoals weergegeven in Figuur 2.3.

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, 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
• N-levering • S-levering • K-beschikbaarheid • P-beschikbaarheid • Mg-beschikbaarheid • Cu-beschikbaarheid • Zn-beschikbaarheid • pH • kationbuffering	• verkrumelbaarheid • verslempingsgevoeligheid • stuifgevoeligheid • ondergrondverdichting • aggregaatstabiliteit • waterbeschikbaarheid • droogte- en natschade • bodem-conditie-score (7 visuele metingen voor structuur en beworteling)	• bodemweerbaarheid • microbiële activiteit • nematoden	• EOS balans • Inzet label Duurzaam Bodembeheer rond o.a. maatregelen als bouwplanintensiteit, leeftijd grasland, rust- en vanggewassen, drainage, preventie verdichting	• N-buffering voor grondwater • N-buffering voor oppervlaktewater • Organische stofbalans • grondwateraanvulling • pesticide retentie • nutriënten efficiëntie

Figuur 2.3. 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.

2.2 Grondwaterfuncties

Hieronder worden de nieuw ontwikkelde functies en de beoordeling van de daaraan gerelateerde indicatoren beschreven. Deze functies beoordelen hoe de bodem en het beheer ervan bijdragen aan grondwaterkwaliteit en -kwantiteit.

2.2.1 Grondwateraanvulling

De grondwateraanvulling wordt primair gestuurd door het neerslagoverschot op basis van de gewasverdamping. De kwaliteit van de bodem bepaalt vervolgens welk deel van het neerslagoverschot ook daadwerkelijk infiltreert richting het grondwater. Om deze grondwateraanvulling in kaart te brengen, wordt allereerst het neerslagschot berekend, waarna dit overschot wordt gecorrigeerd voor twee andere bodemkwaliteitskenmerken, namelijk de snelheid waarmee het water kan infiltreren (afgeleid van de onverzadigde doorlatendheid, I_{WRI_K}) en het risico op verslamping (I_{P_SE}). Deze bodemkenmerken geven een indicatie voor de hoeveelheid water die infiltreert en hoe gemakkelijk dat gaat. De indicatorwaarde die hiervan is afgeleid, wordt vervolgens gecorrigeerd als de ondergrond is verdicht of als het perceel wordt gedraineerd.

Bij verdichting wordt de indicatorscore met 20% verlaagd, omdat het water moeilijker kan infiltreren en het waterbergend vermogen daardoor lager zal zijn. Deze correctie is onafhankelijk van het type grondsoort, landgebruik of grondwaterdiepte. In werkelijkheid is de invloed van verdichting op de infiltratiesnelheid afhankelijk van de omvang van bodemverdichting en de vochttoestand van de bodem op het moment van een regenbui. Tussen en binnen percelen kan hier grote variatie optreden. Omdat deze informatie op dit detailniveau nog niet beschikbaar is, is hier gekozen voor een generieke reductie afhankelijk van het risico op ondergrondverdichting.

De correctie voor een hogere drainageflux vindt alleen plaats bij ondiepere grondwaterstanden (bij grondwatertrap IIIb en IV) en de aanwezigheid van drainage: in die situatie wordt de indicatorscore met 40% verlaagd. Onder natte en gedraineerde omstandigheden zal een aanzienlijk deel van het neerslagoverschot namelijk worden afgevoerd naar het oppervlaktewater. Dit betreft een eerste schatting; verdere onderbouwing en detaillering (spreiding), bijvoorbeeld op basis van bodemvochtmodellen, is nodig voor een betrouwbare schatting voor verschillende condities. Ook de diepte van de drainage in relatie tot de aanwezigheid van ondergrondverdichting (een ploegzool of dieper) speelt hier een rol. Omdat deze gegevens niet per perceel beschikbaar zijn uit generieke gegevens, kan dit binnen de huidige OBI alleen vorm krijgen door informatie te krijgen via een BodemConditieScore. De correctiefactoren voor verdichting en drainage worden niet tegelijkertijd toegepast, omdat ervan uit wordt gegaan dat drainage een grotere impact heeft en verdichting minder relevant is als er al gedraineerd wordt.

De berekening van de indicatorscore is te vinden in de onderstaande formule. Het neerslagoverschot weegt hierbij zwaarder mee dan de twee bodemkenmerken die de infiltratie van het water beïnvloeden. De bijdrage die de bodem levert aan de grondwateraanvulling kan daarom berekend worden via:

$$(0.7 * \text{Neerslagoverschot} + 0.15 * \text{Infiltratie} + 0.15 * \text{Verslamping}) * c_{f\text{Verdichting/Drainage}}$$

2.2.2 Neerslagoverschot & onverzadigde doorlatendheid

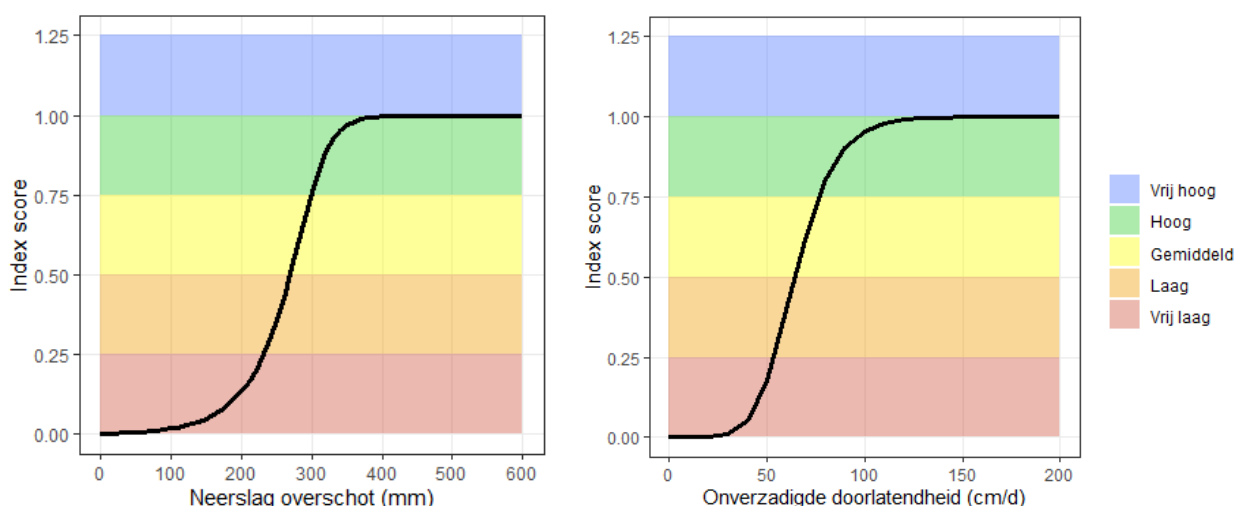
De functie voor grondwateraanvulling maakt onder andere gebruik van neerslagoverschot en onverzadigde doorlatendheid.

De functie voor neerslagoverschot gebruikt van langjarig weersgemiddelden voor neerslag en potentiële verdamping van het KNMI. Voor elk gewas is het groeiseizoen en de Makkink-correctiefactor per maand bekend (TNO en Commissie voor Hydorlogisch Onderzoek 1988). Zo kan op basis van het verbouwde gewas (het bouwplan) en de aanwezigheid van vanggewassen de actuele verdamping en het neerslagoverschot per maand worden berekend. De rekenregels zijn in meer detail te bekijken op de

[github-pagina van de Open-Bodem-Index-Calculator](#). De formule voor de berekening van het neerslagoverschot ziet er als volgt uit:

$$P_{overshot} = P - ET_{pot} * cf_{Makkink}$$

P staat voor neerslag in mm, ET_{pot} is de potentiële evapo-transpiratie in mm en $cf_{Makkink}$ is de Makkink-correctiefactor. De onderstaande figuur laat zien hoe het neerslagoverschot wordt beoordeeld in het licht van een duurzaam bodemgebruik om grondwateraanvulling te beschermen. Een groot deel van de gewassen heeft een neerslagoverschot rond de 400 mm per jaar. Bij een jaargemiddelde neerslag van 850 mm, wordt de neerslag volgens de berekening dus evenredig verdeeld over gewas en grondwater. Daarom, is ervoor gekozen om een indicatorscore van 1 toe te kennen vanaf een neerslagoverschot van 400 mm (Figuur 2.4A).



Figuur 2.4 Logistische functie voor de beoordeling van het neerslagoverschot (A) en onverzadigde doorlatendheid (B)

De OBI bevat al een functie voor verzadigde doorlatendheid, deze is vervolgens omgerekend naar onverzadigde doorlatendheid op basis van Wösten et al. (2001). De formule voor deze omrekening ziet er als volgt uit:

$$K_{onverzadigd} = K_{sat} * \frac{\left((1 + \alpha h^n)^{1-\frac{1}{n}} - \alpha h^{n-1} \right)^2}{(1 + \alpha h^n)^{(1-l)(l+2)}}$$

Hierin is K_{sat} de verzadigde doorlatendheid in $m\ d^{-1}$, h is de drukhoogte bij het inflectiepunt, de parameters α , n en l bepalen de vorm van de curve en worden berekende met de OBI functie $pFpara_ptf_Wosten2001$. De logistische functie voor het beoordeling van de indicatorscore is te vinden in Figuur 2.4B.

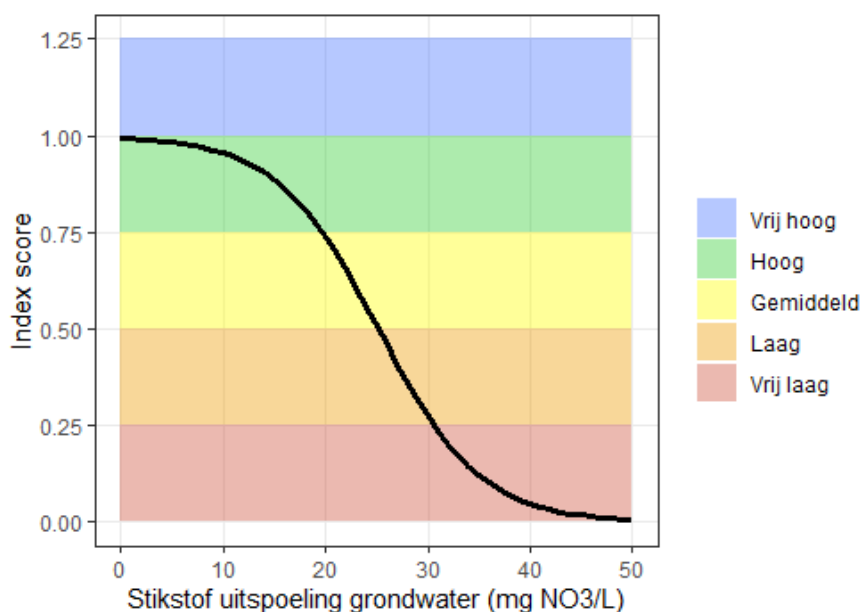
2.2.3 Stikstofefficiëntie

De OBI bevat al een functie voor stikstof uitspoeling (in de vorm van nitraat), maar deze berekent echter alleen de uitspoeling op basis van het stikstofleverend vermogen van de bodem, los van de bemestingspraktijk. De nieuwe functie die als doel heeft om de grondwaterkwaliteit te beschermen gegeven het landbouwkundig gebruik, berekent het stikstofoverschot uit opgebrachte mest. De formule voor deze berekening is als volgt:

$$N_{overshot} = (1 - NUE * cf_{P,K,pH}) * N_{bemesting} * fr_{gebruiksruimte} - vanggewas$$

Het overschot wordt berekend door de hoeveelheid opgebrachte N te vermenigvuldigen met de stikstofbenutting, NUE (dit is een fractie). Als er voldoende fosfaat en kalium aanwezig is in de bodem en de zuurgraad van de bodem optimaal is voor gewasgroei, wordt ervan uitgegaan dat de stikstofbenutting hoger is. Daarom wordt bij een hoge beschikbaarheid voor P, K en pH (een OBI score voor deze functies hoger dan 9), de stikstofbenutting met 10% verhoogd door middel van de correctiefactor $cf_{P,K,pH}$. Deze functie bevat ook een variabele voor de fractie van de gebruikruimte die wordt benut ($fr_{gebruiksruimte}$). Als het stikstofleverend vermogen van de bodem namelijk hoog is, is er minder bemesting nodig om aan de behoefte van het gewas te voldoen. De functie gaat daarnaast uit van een opname van 75 kg N ha^{-1} door vanggewassen (CDM, 2017). Vooralsnog wordt uitgegaan dat een deel van deze stikstof wordt toegevoegd aan de bodem organische stof in het jaar na onderwerken (waarmee het N-leverend vermogen wordt verhoogd) en een deel wordt opgenomen door het volggewas. Aan de hand van het stikstofoverschot en uitspoelingsfracties die bepaald zijn voor bodemtype, landgebruik en grondwatertrap, wordt de uitspoeling naar het grondwater berekend. De fractie van het stikstofoverschot dat als nitraat naar grondwater uitspoelt ($\text{mg NO}_3\text{L}^{-1}$ per kg N-overschot) zijn berekend met behulp van het modelinstrumentarium STONE (Groenendijk et al., 2016). De berekende waarde voor stikstofuitspoeling wordt vervolgens gebruikt om de indicatorscore te berekenen. Omdat er een kleine overlap bestaat met de uitspoeling vanuit het N-leverend vermogen, is het te overwegen om beide functies in de toekomst te integreren.

Als de bijdrage van de bodem aan een hoge stikstofbenutting in kaart is gebracht, kan deze ook worden beoordeeld vanuit het doel om de grondwaterkwaliteit te beschermen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een logistische beoordelingsfunctie: bodems met een (relatieve) nitraatuitspoeling hoger dan $25 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ hebben een hoog risico op verslechtering van de kwaliteit van het grondwater en krijgen daarom een lagere beoordeling van de bodemkwaliteit (Figuur 2.5). Aangezien de wettelijk toegestane concentratie voor nitraat in het grondwater $50 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$ bedraagt, is ervoor gekozen om een bodemkwaliteit als extreem slecht (score = 0) te beoordelen zodra de uitspoeling deze kritische norm overschrijdt. Om de bodemkwaliteit zo te verbeteren dat er weinig nitraat uitspoelt, wordt de bodemkwaliteit zo beoordeeld dat de score sterk afneemt vanaf een uitspoeling van $20 \text{ mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$.



Figuur 2.5. Logistische functie voor de beoordeling van de indicatorscore voor stikstof efficiëntie.

2.2.4 Uitspoeling gewasbeschermingsmiddelen

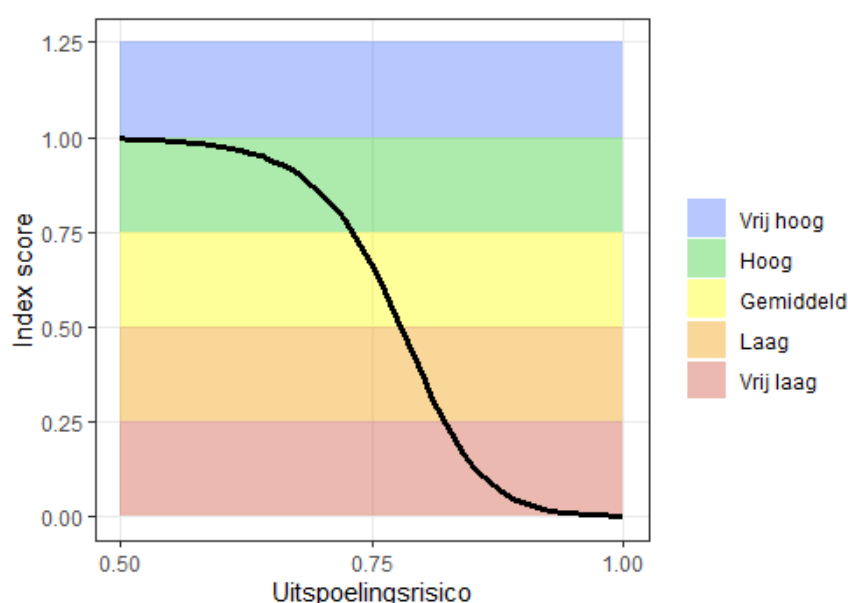
De gevoeligheid van de bodem voor uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen wordt berekend met behulp van een meta-model van het uitspoelingsmodel PEARL, zoals beschreven door Tiktak et al. (2006). Dit meta-model berekent welke fractie van een gewasbeschermingsmiddel uitspoelt tot 1 meter diepte. De gebruikte formule voor het metamodel is als volgt:

$$fr_{uitspoeling} = e^{\left(-\frac{0.34}{60} * \frac{(vfw + BD * OS * K_{om})}{flux}\right)}$$

In de formule is vfw de volumefractie water in $m^3 m^{-3}$, in de OBI is dit de indicator D_WRI_WHC , BD is de bulkdichtheid in $kg dm^{-3}$, OS is de fractie organische stof in $kg kg^{-1}$, K_{om} is de coëfficiënt voor de verdeling van de gewasbeschermingsmiddelen over organische stof en water in $dm^3 kg^{-1}$, tot slot is staat $flux$ voor de verticale waterflux in $m d^{-1}$.

Om de dempende werking van de bodem op de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen in kaart te brengen, wordt een zogenoemde worst-case scenario berekend, waarbij de uitspoeling wordt berekend voor een zeer persistent middel. Hiervoor wordt een K_{om} waarde van $10 dm^3 kg^{-1}$ gebruikt (Tiktak et al., 2006). Let wel, de Open Bodemindex geeft hierbij inzicht in de rol van de bodemkwaliteit om de uitspoeling te verminderen; het geeft geen evaluatie van het bovengrondse middelengebruik.

Om de rol van de bodem als ook het bodembeheer in het voorkomen van uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen (gbm) te kwantificeren, wordt allereerst elke bodem vergeleken met een bodemkwaliteit die niet in staat is gbm af te breken of te binden. Dit gebeurt bij bodems met een extreem laag organische stofgehalte. Dit minimale organische stofgehalte is bepaald door het 0.001 kwantiel per bodemtype te nemen voor alle percelen in Nederland. Er wordt een relatieve score berekend door de uitspoelingsfractie te delen door de maximale uitspoeling die zou kunnen optreden als de bodem niet goed was beheerd. Omdat er binnen de OBI ook rekening wordt gehouden met het effect bodembeheer (inclusief beheersmaatregelen rondom het gebruik van gbm), kan deze informatie aanvullend gebruikt worden ter beoordeling van het risico van uitspoeling. Als er maatregelen worden genomen om het gebruik ervan te verminderen, zoals het gebruik van biologische dan wel mechanische onkruidbestrijding of beslissingsondersteunende systemen of, dan wordt de uitspoelingsfractie voor de huidige situatie met 25% verlaagd.



Figuur 2.6. Logistische functie voor de beoordeling van het uitspoelingsrisico voor gewasbeschermingsmiddelen.

In een situatie met een OS-gehalte van 3% en een neerslagoverschot van 400 mm is de risicoscore voor alle bodems, behalve moerige klei, rond de 0.92. Als het OS-gehalte wordt verhoogd tot 6% gaat de score naar een waarde van 0.84. Als er maatregelen worden genomen om minder gewasbeschermingsmiddelen te gebruiken, dalen deze scores respectievelijk naar waarden rond 0.7 en 0.6. Bij een OS-gehalte van 15% (voorkomend in dalgronden) en toepassing van maatregelen, daalt de risicoscore verder tot een waarde rond de 0.5. Daarom is ervoor gekozen om het uitspoelingsrisico te beoordelen zoals weergegeven in Figuur 2.6. Bij een lager neerslagoverschot daalt de uitspoelingsfractie, omdat de verticale waterflux kleiner wordt. Daardoor kan er dus een hogere score worden behaald voor de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen. Een lagere neerslagoverschot heeft echter een negatief effect op de score voor grondwateraanvulling, een trade-off. Aangezien een neerslagoverschot van 400 mm als optimaal is bestempeld in de functie voor neerslagoverschot, is deze waarde gebruikt voor de kalibratie van deze indicatorscore.

2.3 Pilot opzet

Voor deze pilot zijn vier percelen geselecteerd die in grondwaterbeschermingsgebieden liggen. Deze percelen verschillen van elkaar in bodemtype, landgebruik en beheer; twee percelen zijn biologisch. Op alle percelen zijn metingen gedaan om de benodigde data over de bodemeigenschappen te verkrijgen. Daarnaast hebben de agrariërs een vragenlijst gekregen over de beheermaatregelen die zij toepassen. Deze informatie was nodig om de OBI op zowel bodemkwaliteit als bodembeheer te evalueren. Aan de hand van de OBI scores is voor elke agrariër een analyse uitgevoerd van de bodemkwaliteit, en zijn knelpunten en mogelijke beheermaatregelen om de bodemkwaliteit te verbeteren in beeld gebracht. Een overzicht van de gegevens, het toegepaste beheer en de analyses zijn te vinden in Bijlage I en II. Tijdens een workshop zijn de nieuwe functies en resultaten van de analyses gepresenteerd en besproken met deelnemende agrariërs en rentmeesters, terreinbeheerders en ecologen. Hun input is gebruikt voor de eerste evaluatie en aanpassing van de ontwikkelde functies voor grondwater.

In aanvulling daarop zijn de functies doorgerekend voor willekeurig geselecteerde percelen verspreid over Nederland. De selectie is apart uitgevoerd voor verschillende grondsoorten (zand en klei) en typen landgebruik (bouwland en grasland), waarbij voor elke categorie 100 percelen zijn geselecteerd binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden. In totaal is dus voor 800 percelen de bodemkwaliteit in kaart gebracht. De bodemgegevens van deze percelen zijn afgeleid van de meest up-to-date ruimtelijke kaart met bodemgegevens uit het Nationaal Agrarisch Bodemarchief (in beheer bij het NMI). De beheermaatregelen zijn handmatig toegevoegd (i.e. teelt vanggewas, fractie benutte stikstofruimte, methode onkruidbestrijding en beslissingsondersteuningssystemen voor gewasbeschermingsmiddelen). Informatie over de aanwezigheid van drainage is afgeleid van de studie van Massop en Schuiling (2016). De nieuw ontwikkelde functies die de rol van de bodem voor het beschermen van het grondwater in beeld brengen, zijn toegepast op deze 800 percelen om zo de natuurlijke spreiding in de indicatorscores te evalueren. De beoordeling van de bodemkwaliteit moet namelijk een representatief beeld geven van de huidige situatie binnen Nederland, waarbij het voor elk perceel ook mogelijk moet zijn om een goede bodemkwaliteit te realiseren (het OBI-principe van “distance to target”). Daarnaast zit er bij voorkeur geen scheefheid in de verdeling waarbij vooral lage of hoge score worden gehaald voor een bepaalde indicator.

3 Resultaten

Zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, zijn de nieuwe functies doorgerekend voor verschillende soorten landgebruik en bodemtype binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden. In dit hoofdstuk wordt eerst de terugkoppeling op de functies en resultaten vanuit de workshop behandeld. Vervolgens wordt het effect van bodembeheer en bodemtype op de scores behandeld voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden. Daarna worden deze percelen vergeleken met percelen in grondwaterbeschermingsgebieden. Tot slot is er een algemene discussie van de resultaten en worden mogelijke verbeterpunten besproken.

3.1 Analyse voor bodemtypes

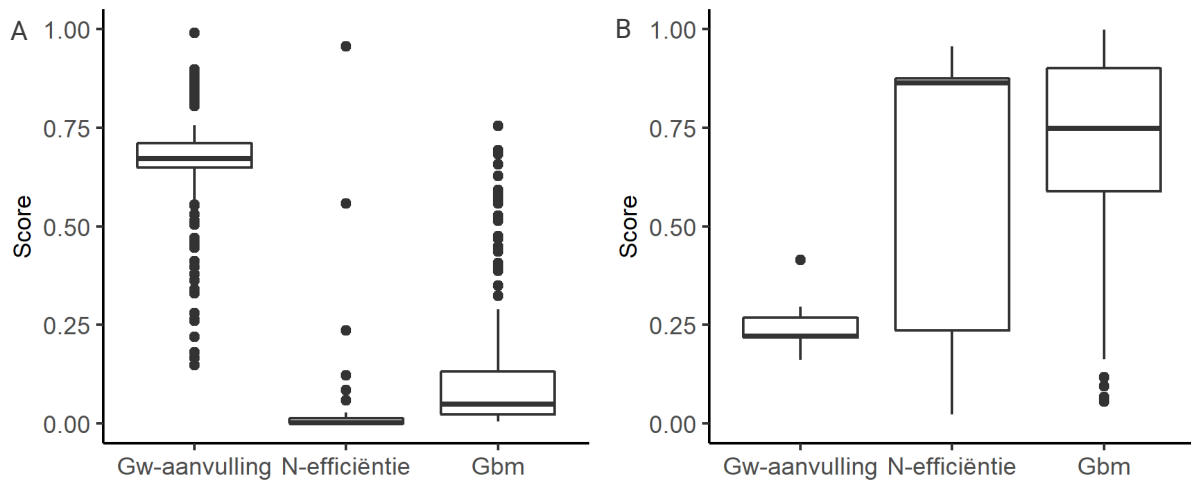
Zandgronden

Figuur 3.1 Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op zandgronden zonder beheermaatregelen. Figuur 3.1 toont de spreiding van de scores van de grondwaterfuncties voor bouwland en grasland op zandgronden buiten grondwaterbeschermingsgebieden voor de situatie waarin geen beheersmaatregelen zijn genomen. De resultaten tonen dat de scores voor grondwateraanvulling voor bouwland aanzienlijk hoger liggen dan voor grasland. Dit verschil wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door het lagere neerslagoverschot voor grasland. Aangezien gras het hele jaar door groeit, en daarmee jaarrond een hogere biomassa heeft en diepere wortels, is de verdamping hoger dan voor bouwland. Vanggewassen zorgen op bouwland ook voor een hogere verdamping. Daarom is de grondwateraanvulling iets lager als er voor alle percelen wordt uitgegaan van de teelt van een vanggewas, zoals te zien in Figuur 3.2A. De aanwezigheid van drainage zorgt logischerwijs voor een lichte daling van de scores.

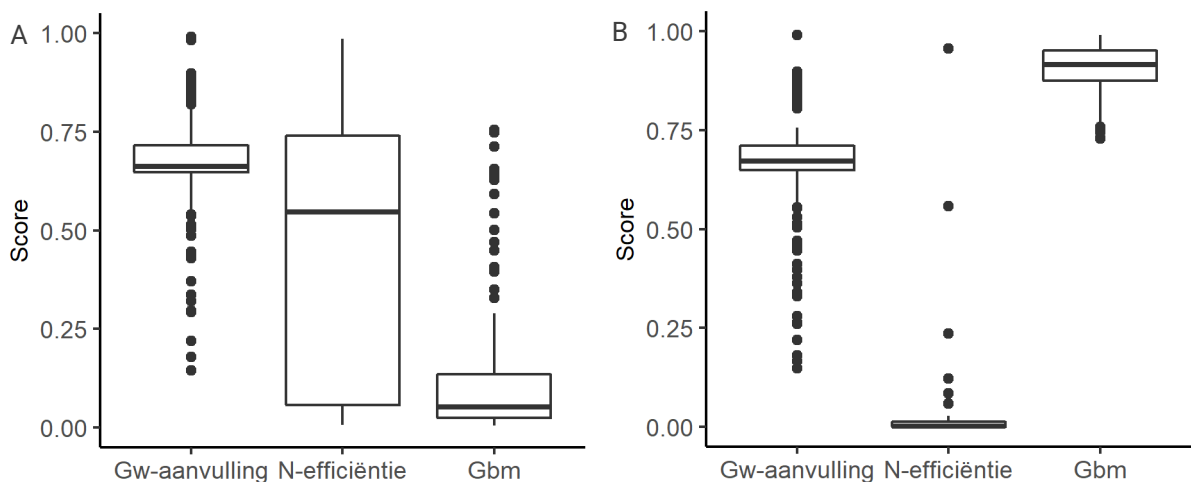
De scores voor N-efficiëntie zijn extreem laag voor bouwland waar geen beheermaatregelen op worden toegepast (Figuur 3.1A). De belangrijkste reden hiervoor zijn de relatief hoge uitspoelfracties voor zandgronden. De toepassing van een vanggewas heeft een duidelijk positief effect. Door het vanggewas wordt extra stikstof opgenomen, waardoor het overschot wordt verlaagd. Er ontstaat ook een ruime spreiding in de scores, zoals te zien in Figuur 3.2A. Figuur 3.2B laat zien dat de N-efficiëntie op grasland van nature al hoger is dan de efficiëntie op bouwland. Dat komt omdat de benutting van grasland hoger is en uitspoelingsfracties lager zijn.

De score voor uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen ligt voor de meerderheid van de bouwlandpercelen onder de 0.25, zoals te zien in Figuur 3.1. De uitbijters naar boven worden veroorzaakt door percelen met hogere organische stofgehaltes en neerslagoverschotten lager dan 400 mm. Figuur 3.2A laat zien dat deze score ook licht wordt beïnvloed door de teelt van groenbemesters, aangezien groenbemesters zorgen voor meer verdamping en daarmee een lager neerslagoverschot. De toepassing van mechanische onkruidbestrijding of implementatie van beslissingsondersteunings-systemen voor toepassing van gewasbeschermingsmiddelen heeft een groot effect op de score, zoals te zien in Figuur 3.2 B. Deze beheermaatregelen zorgen ervoor dat de scores in een keer de grote sprong naar boven

maken. Die grote sprong is het gevolg van de structurele verlaging van het uitspoelingsrisico bij de toepassing van deze beheermaatregelen. In dit geval is de sprong in de verdeling heel duidelijk omdat de beheer maatregel wordt toegepast op alle percelen. In werkelijkheid zal er een ruime spreiding zijn vanwege verschil in beheer tussen percelen.



Figuur 3.1 Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op zandgronden zonder beheermaatregelen. Scores berekend voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden.



Figuur 3.2. Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland op zandgronden bij teelt van vanggewassen op alle percelen (A) en toepassing van mechanische onkruidbestrijding of gebruik van beslissingsondersteunings-systemen voor gewasbeschermingsmiddelen (B). Scores berekend voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden.

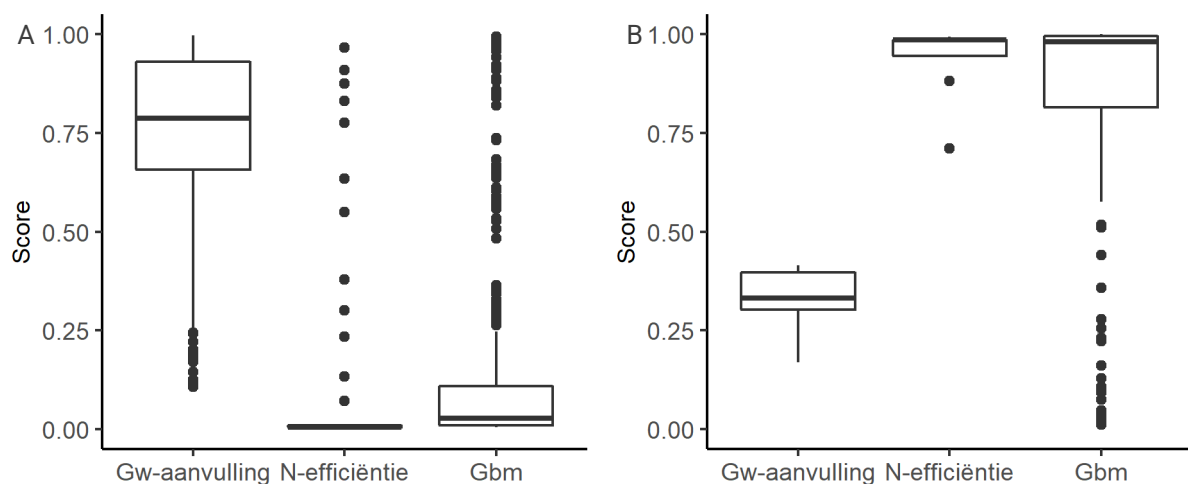
Kleigronden

Figuur 3.1 Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op zandgronden zonder beheermaatregelen. Op kleigronden is de verdeling van de scores op een aantal vlakken verschillend in vergelijking met de zandgronden, wat duidelijk wordt bij de vergelijking van Figuur 3.1 en 3.2 met Figuur 3.3 en Figuur 3.4. Zo scoort grondwateraanvulling voor zowel bouwland als grasland op kleigronden hoger dan op zandgronden. Dit verschil heeft vooral te maken met een verschil in onverzadigde doorlatendheid; deze is hoger op kleigronden vanwege de structuur en het hogere

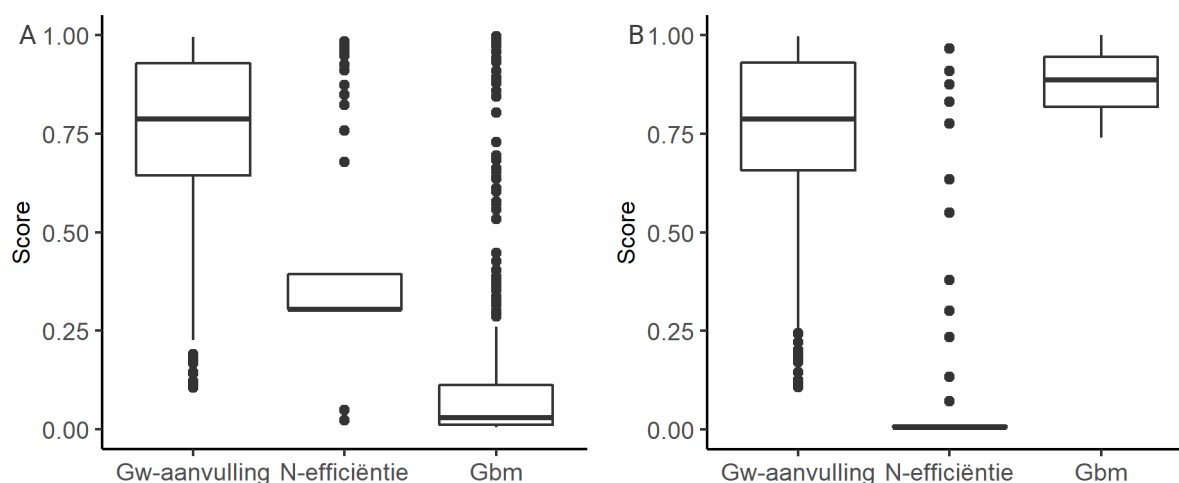
organische stofgehalte. Aan de andere kant is de kans op verslemping wel hoger op kleigronden, maar dat effect is blijkbaar kleiner. De spreiding van de scores voor grondwateraanvulling is op kleigrond ook iets groter dan op zandgronden.

De uitspoelingsfracties van stikstof zijn aanzienlijk lager op kleigronden; daarom zouden de kleigronden ook beter moeten scoren dan zandgronden. Voor grasland is dat zeker het geval, die bodemkwaliteit is daar zeer goed (Figuur 3.3B). Voor bouwland is dit echt niet het geval. De scores voor N-efficiënte op de zandgronden zijn zelfs aanzienlijk hoger, ook bij de toepassing van een vanggewas. Waarschijnlijk heeft dit ermee te maken dat op zandgronden meer granen in de bouwplannen zit dan op de kleigronden (ruim 2 keer zoveel). Aangezien granen een hogere stikstofbenutting hebben dan andere akkerbouwgewassen, trekken ze de gemiddelde bodemkwaliteitsscore op de zandgronden omhoog. Dus ondanks het feit dat de stikstofuitspoeling op kleigronden lager is, scoren de zandgronden beter vanwege een bouwplan met een hogere N-efficiëntie.

De scores voor uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen zijn vergelijkbaar met die op zandgronden. De scores op kleigronden zijn echter iets lager dan op zandgronden. Er zou verwacht kunnen worden dat kleigronden juist beter zouden scoren vanwege een hogere bindingscapaciteit. Het gemiddelde organische stofgehalte in de geselecteerde kleigronden is echter lager dan op zandgronden. Het lagere organische stofgehalte verklaart dan ook de lagere score op de kleigronden.



Figuur 3.3. Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op kleigronden zonder beheermaatregelen. Scores berekend voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden.



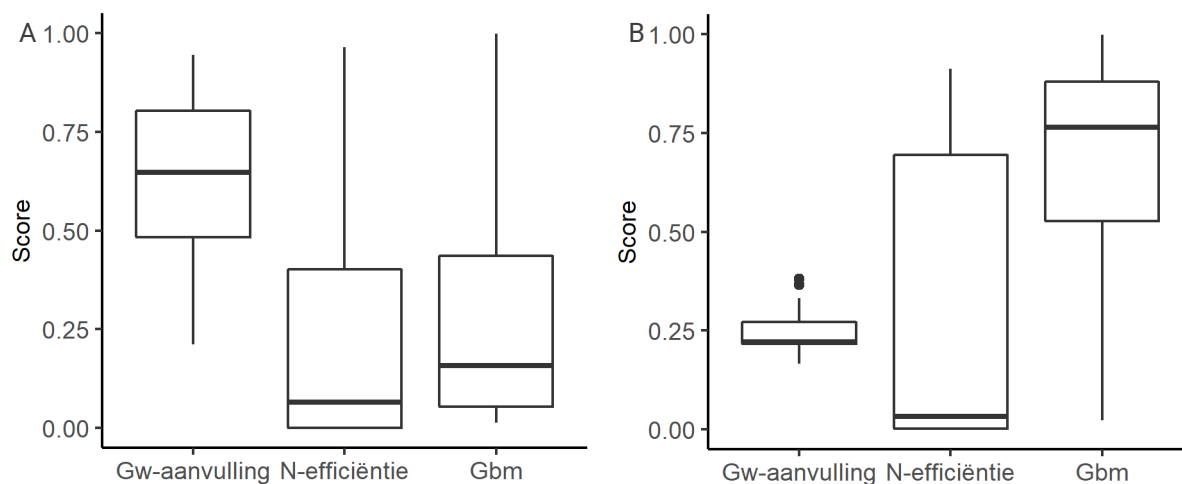
Figuur 3.4. Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland op kleigronden bij teelt van vanggewassen op alle percelen (A) en toepassing van mechanische onkruidbestrijding of gebruik van beslissingsondersteunings-systemen voor gewasbeschermingsmiddelen (B). Scores berekend voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden.

3.2 Analyse grondwaterbeschermingsgebieden

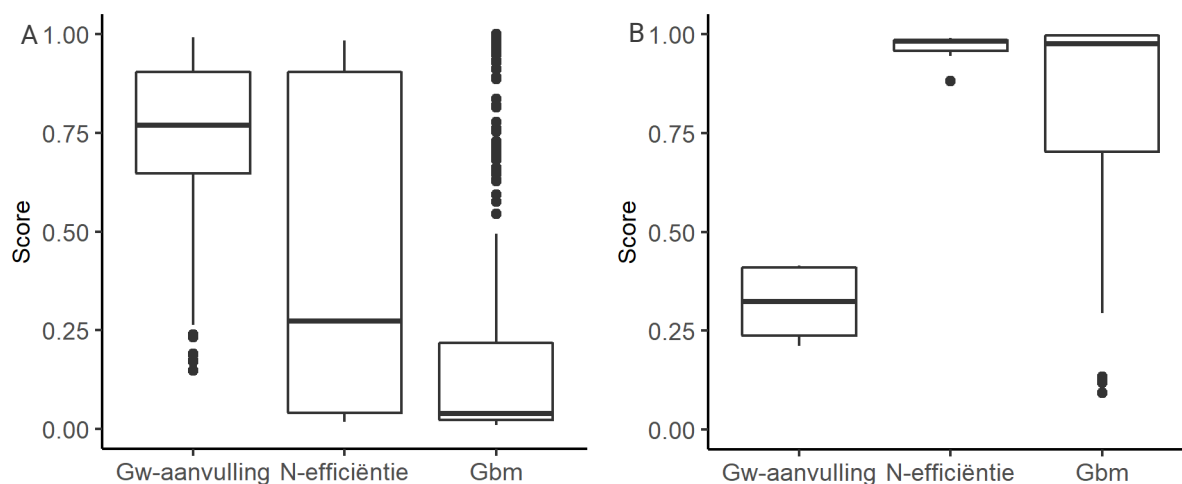
Als de resultaten voor percelen in grondwaterbeschermingsgebieden (Figuur 3.5Figuur 3.6) worden vergeleken met percelen die daarbuiten liggen (Figuur 3.1 en 3.3), is het eerste wat opvalt dat de spreiding een stuk hoger is in de grondwaterbeschermingsgebieden. Dit verschil werd ook al opgemerkt door Geurts et al (2021); zij verklaarden dit door het feit dat er in grondwaterbeschermingsgebieden kwetsbare bodems voorkomen (met o.a. lage organische stofgehaltes), maar ook bodems die elders voorkomen. De variatie in de bodemkwaliteit binnen grondwaterbeschermingsgebieden is dus groter dan daarbuiten. Daarnaast viel een aantal andere zaken op.

Het meest opmerkelijk is dat bouwlandpercelen op zowel zand- als klei beter scoren voor N-efficiëntie binnen grondwaterbeschermingsgebieden dan daarbuiten. De hogere efficiëntie is opvallend omdat het aandeel granen in de bouwplannen kleiner is, vooral op de zandgronden (± 20 keer lager dan voor percelen buiten grondwaterbeschermingsgebieden). De hogere N-efficiëntie kan echter worden verklaard door het voorkomen van ondiepere grondwaterstanden; de grondwatertrappen II en III (IIb en IIIb buiten beschouwing gelaten) komen ongeveer twee keer vaker voor in de onderzochte grondwaterbeschermingsgebieden. De uitspoelingsfracties voor deze grondwaterstanden zijn een stuk lager dan voor diepere grondwaterstanden omdat er meer stikstof wordt omgezet naar N_2 door de anaerobe omstandigheden (denitrificatie). Voor grasland op zandgronden is echter het tegenovergestelde aan de hand; daar scoren percelen in grondwaterbeschermingsgebieden juist slechter. Onder deze percelen zijn de grondwaterstanden dan ook dieper in vergelijking met percelen buiten de grondwaterbeschermingsgebieden.

Verder scoren percelen in grondwaterbeschermingsgebieden hoger wat betreft het risico op uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen. Dat is het gevolg van hogere organische stofgehaltes in de bodems binnen grondwaterbeschermingsgebieden. Tot slot verschillen graslanden op kleigronden binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden weinig van elkaar.



Figuur 3.5. Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op zandgronden zonder beheermaatregelen. Scores berekend voor percelen in grondwaterbeschermingsgebieden.



Figuur 3.6. Spreiding van scores van de grondwaterfuncties grondwateraanvulling, stikstof-efficiëntie en uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen voor bouwland (A) en grasland (B) op kleigronden zonder beheermaatregelen. Scores berekend voor percelen in grondwaterbeschermingsgebieden.

3.3 Terugkoppeling workshop

Tijdens een workshopsessie met de deelnemende agrariërs en rentmeesters, terreinbeheerders en ecologen zijn de nieuwe functies en de resultaten van de vier percelen gepresenteerd en bediscussieerd. De belangrijkste gesprekspunten en aanbevelingen van de gebruikers zijn:

- De relevantie van het vergelijken van percelen binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden. Agrariërs in grondwaterbeschermingsgebieden moeten aan meer eisen voldoen dan agrariërs buiten grondwaterbeschermingsgebieden om de kwaliteit van het grondwater te waarborgen. De OBI werd gezien als een waardevol instrument om het effect van de maatregelen in kaart te brengen en om inzichtelijk te maken wat de verschillen zijn tussen percelen binnen en buiten grondwaterbeschermingsgebieden. Belangrijk is ook om rekening te houden met de diepere ondergrond: als het onderliggende watervoerende pakket wordt afgesloten door een keileemlaag, dan is het risico van inspoeling van nitraat of pesticiden beperkt.

- Vanuit de aanwezigen was er veel interesse voor bodemkwaliteit met betrekking tot bodembioëologie. Verschillende instanties benadrukken namelijk het belang van de biologische bodemkwaliteit. Biologische processen en bodembioëologie zijn echter moeilijk te kwantificeren en evalueren en er is nog niet genoeg kennis om beschikbare metingen ook te beoordelen in het licht van huidige dan wel gewenste ecosysteemdiensten. Anno 2021 zijn hiervoor diverse onderzoeken opgestart.
- In de gepresenteerde versie van de functie voor grondwateraanvulling woog het effect van drainage zwaarder mee omdat het voor alle percelen werd toegepast die buisdrainage hadden. Tijdens de workshop werd opgemerkt dat de correctiefactor voor drainage aan de zware kant was en het de vraag was of dit wel terecht was. Onder andere omdat drainagebuizen goed onderhouden moeten worden om echt effectief te zijn en dit vaak niet het geval is. Daarom is ervoor gekozen om het effect van drainage alleen mee te nemen voor bodems met relatief natte omstandigheden (grondwatertrappen IIIb en IV).
- Twee agrariërs waren biologisch, wat inhoudt dat hun bemestingspraktijk anders is dan voor conventionele agrariërs. Daarnaast gebruiken zij geen gewasbeschermingsmiddelen waardoor er in hun bodems geen reëel risico aanwezig is op uitspoeling. In de huidige structuur was het nog niet mogelijk om biologisch beheer als factor mee te nemen; we zien het echter wel als waardevolle toevoeging voor de toekomst.

Met Vitens is tot slot nog kort nagedacht over de mogelijke inzet van de nieuwe functies bij sturing in bodembeheer. De OBI zou dan gebruikt kunnen worden als beoordelingssystematiek om gewenst beheer of gewenste effecten van beheer te stimuleren en/of te belonen.

4 Discussie

De primaire focus van de huidige Open Bodemindex ligt bij de landbouwkundige functies van de bodem. Met de in dit rapport nieuw ontwikkelde grondwaterfuncties is daar het perspectief van grondwaterbescherming bij gekomen. Bij de interpretatie en integratie van de scores moet echter wel rekening gehouden worden met die verschillende perspectieven. Een hoge score voor grondwaterbescherming zal niet altijd resulteren in een hoge score voor landbouwkundige functies, want er zijn ook botsende belangen. Zo kan het nodig zijn om de stikstofgift te verlagen op percelen met een lage stikstof-efficiëntie om zo stikstofuitspoeling te voorkomen. Dit zal echter gevolgen hebben voor de daaraan gekoppelde stikstofbeschikbaarheid en gewasopbrengst. Het is daarom zeer relevant om beide perspectieven naast elkaar te zetten. Het wordt daardoor namelijk mogelijk om inzicht te krijgen in het effect van diverse vormen van beheer op verschillende bodemfuncties, waardoor synergiën en trade-offs helder worden.

Uit de gehouden workshop blijkt dat dit inzicht het gesprek tussen drinkwaterbedrijven, waterschappen en agrariërs kan faciliteren. De betrokken partijen kunnen gezamenlijk op zoek naar overlap in belangen (win-winsituatie) en naar gedeeld inzicht in de conflicten en dilemma's. Bovendien vraagt de transitie naar een duurzamere bedrijfsvoering vaak om investeringen door de agrariërs. Deze transitie wordt dan ook makkelijker als er ruimte is voor een financiële en/of inhoudelijke waardering voor de levering van ecosysteemdiensten. Om de juiste doelen te bereiken, is resultaatsturing van essentieel belang. Daarvoor is er in de praktijk behoefte om de effecten van maatregelen en bodembeheer te kunnen monitoren en onderbouwen met meetgegevens. Momenteel adviseert Vitens al bepaalde vormen van duurzaam bodembeheer. Door inzet van deze nieuwe waterfuncties kunnen die adviezen worden geëvalueerd en kan er gezocht worden naar verbeteringen.

De analyse in het vorige hoofdstuk heeft laten zien dat de waterfuncties een onderscheidende beoordeling geven van de verschillende landbouwpercelen. De scores voor alle drie de functies hebben een spreiding die loopt van 0 tot 1. Spreiding van scores is relevant omdat het mogelijk en realistisch moet zijn om op elk perceel uiteindelijk een score van 1 te halen door het juiste beheer toe te passen, maar ook een lagere score te halen als er nog mogelijkheid is voor verbetering. Omdat de waterfuncties zich richten op het beschermen van het grondwater, geven deze functies geen inzicht in de impact ervan op de landbouwkundige functie. Waar de landbouwkundige bodemkwaliteit is gedefinieerd als de rol die de bodemkwaliteit speelt in het kunnen continueren van het huidige bouwplan, is deze randvoorwaarde niet essentieel voor het bereiken van de doelen voor grondwaterkwantiteit en -kwaliteit. Als gevolg daarvan kan het betekenen dat een maximale score niet realiseerbaar is bij een gegeven bouwplan en grondsoort. Zo speelt de grondwatertrap een belangrijke rol in de functies voor N-efficiëntie en scoort grasland standaard laag voor grondwateraanvulling.

De afweging die hier gemaakt moet worden, is of deze functies puur gericht zijn op het in beeld brengen van de bijdrage van de bodem aan de grondwaterfunctie (m.a.w. niet elk perceel kan de maximale score halen) of dat er ook rekening gehouden wordt met het landbouwkundige gebruik (m.a.w., binnen de context van het bouwplan wordt een ondernemer gestimuleerd het bodembeheer zo te maximaliseren dat de uitspoeling minimaal is). Een melkveehouder zal bijvoorbeeld minimaal een bepaald areaal aan grasland nodig hebben. Ook al scoort grasland goed op stikstofefficiëntie en gewasbeschermings-

middelen, wordt grondwateraanvulling binnen de huidige beoordelingssystematiek juist slecht beoordeeld. Als het landbouwkundige gebruik van een perceel sturend is, kan er bij de beoordeling rekening worden gehouden met het landgebruik, bijvoorbeeld door een aparte beoordeling te maken voor neerslagoverschot op grasland en bouwland. Dan verschuift de focus van de OBI van “wat kan ik als ondernemer bijdragen aan het verbeteren van mijn bodembeheer binnen mijn huidig bedrijfsmodel” richting “hoe kan ik mijn bouwplan en bodembeheer zo vormgeven dat ook het grondwater maximaal wordt beschermd”.

In deze studie zijn eerste prototypes ontwikkeld voor bodemfuncties om de bijdrage van de bodem aan het beschermen van het grondwatersysteem in beeld te brengen. De nauwkeurigheid van deze functies kan worden verhoogd door ze te kalibreren met extra meetgegevens. KWR beschikt bijvoorbeeld over een uitgebreide dataset waarin grondwateraanvulling is gekoppeld aan bouwplan, bodemtype en grondwaterstand. Deze data kunnen gebruikt worden om een metamodel te maken voor het bepalen van grondwateraanvulling. Voor de berekening van stikstofefficiëntie kan er gebruik worden gemaakt van data over regionale gewasopbrengsten om een betere benadering te krijgen van stikstofopname.

Grond- en oppervlaktewater kunnen niet los van elkaar worden gezien; het zijn systemen die met elkaar in verbinding staan. Aangezien een deel van het Nederlandse drinkwater uit oppervlaktewater wordt gewonnen, is ook de oppervlaktewaterkwaliteit van belang voor drinkwaterbedrijven. Naast de functie voor de stikstofuitspoeling naar het grondwater, is daarom ook een functie opgesteld voor stikstofafspoeling naar het oppervlaktewater. Deze functie gebruikt hetzelfde stikstofoverschot, maar andere uitspoelingsfracties voor het berekenen van de uitspoeling naar het oppervlaktewater. Daarnaast is het ook relevant om het afspoelingsrisico van gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater te berekenen. Daar moet echter nog een geschikte methode voor worden gezocht. Omdat de focus van deze studie lag op grondwater, zijn deze functies in deze rapportage niet verder uitgewerkt. De functie voor stikstofafspoeling naar het oppervlaktewater is al wel beschikbaar als prototype, maar moet nog worden gekalibreerd.

Tot slot is het bij de verdere ontwikkeling en implementatie van nieuwe functies voor bodemkwaliteit van belang dat ze aansluiten bij de praktijk. Daarom zijn nieuwe pilots nodig om de nieuwe grondwaterfuncties in de praktijk te testen en op basis van monitoring te verifiëren of ijken. Zo kan er meer inzicht worden verkregen over de bijdrage van duurzaam bodembeheer aan een gezond watersysteem en kunnen verschillende methoden worden geëvalueerd. Het doel van deze ontwikkelingen is om uiteindelijk te komen tot een duurzaam bodembeheer dat ook bijdraagt aan een gezond watersysteem.

5 Conclusie

Duurzaam bodembeheer is relevant voor de kwaliteit van de bodem en de leefomgeving, maar heeft ook invloed op de kwaliteit en kwantiteit van grond- en oppervlaktewater. Er zijn in de afgelopen jaren diverse methodes ontwikkeld om bodembeheer en bodemkwaliteit te beoordelen vanuit verschillende perspectieven, waarvan de Open Bodemindex één van de meest integrale operationele methodes is. In opdracht van Vitens is een pilot uitgevoerd om nieuwe waterfuncties aan de Open Bodemindex toe te voegen die inzicht geven in de rol van de bodem in het beschermen van het grondwater. De ontwikkelde functies zijn gericht op het in beeld brengen van de grondwateraanvulling, het risico dat er stikstof uitspoelt naar het grondwater (stikstofefficiëntie) en de bijdrage die de bodem levert om de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen te verminderen of voorkomen. De resultaten van deze pilot hebben laten zien dat de nieuwe functies een onderscheidende verdeling van de bodemkwaliteitsscores produceren voor verschillende bodemeigenschappen en beheermaatregelen.

Bij de verdere ontwikkeling van de functies moet een keuze gemaakt worden of de beoordeling zich vooral richt op grondwaterbescherming of ook rekening houdt met het landbouwkundige gebruik. Op dit moment is niet voor alle functies een goede “*distance to target*” te definiëren waarbij het op elk perceel mogelijk is om de daar aanwezige opgave voor bescherming van grondwater te realiseren. De afweging van landbouwkundig gebruik versus waterbescherming vraagt om een aanvullende doordenking.

Daarnaast is het mogelijk om het effect van bodembeheer op oppervlaktewater mee te nemen in de beoordeling. Deze pilot heeft een mooie aanzet gegeven om binnen de OBI meer rekening te houden met milieukundige aspecten van bodembeheer. Door verschillende perspectieven bij elkaar te brengen kunnen synergiën en trade-offs steeds beter in kaart worden gebracht. Door deze kennis kunnen betere afwegingen worden gemaakt in keuzes rondom duurzaam bodembeheer om zo de kwaliteit van bodem en water ook in de toekomst te kunnen waarborgen.

Referenties

- Commissie Deskundigen Meststoffenwet** (2017). *CDM-Advies "Groenbemesters"* 17-02-2017. Wageningen.
- Geurts J, van Loon A & GH Ros** (2021). *Gezonde Bodem, Gezond Watersysteem*. BTO rapport 2021.026, KWR, Nieuwegein.
- Groenendijk P, van Boekel E, Renaud L, Greijdanus A, Michels R & T de Koeijer** (2016). *Landbouw En de KRW-Opgave Voor Nutriënten in Regionale Wateren: Het Aandeel van Landbouw in de KRW-Opgave, de Kosten van Enkele Maatregelen En de Effecten Ervan Op de Uit- En Afspoeling Uit Landbouwgronden*. Wageningen.
- Haan J de, Rombout S, Molendijk L, Thoden T, Hoek H, de Wolf P & W Sukkel** (2019). *Metten Is Weten Anno 2015 Ontwikkeling van de WUR Minimale Data Set Tot 2015 Voor Het Meten van Bodemkwaliteit in de Open Teelten Als Basis Voor Verdere Ontwikkeling*. Wageningen.
- Massop L & C Schuiling** (2016). *Buisdrainagekaart 2015: Update Landelijke Buisdrainagekaart Op Basis van de Landbouwmetingen van 2012*. Wageningen.
- Rinot O, Levy GJ, Steinberger Y, Svoray T & G Eshel** (2019). *Soil Health Assessment: A Critical Review of Current Methodologies and a Proposed New Approach*. *Science of the Total Environment* 648: 1484–91.
- Ros GH** (2019). *De Open Bodemindex 0.11. OBI Rapportage*.
- Tiktak A, Boesten JJTI, van der Linden AMA & M Vanclooster** (2006). *Mapping Ground Water Vulnerability to Pesticide Leaching with a Process-Based Metamodel of EuroPEARL*. *Journal of Environmental Quality* 35 (4): 1213–26.
- TNO en Commissie voor Hydrologisch Onderzoek** (1988). *Van Penman Naar Makkink - Een Nieuwe Berekeningswijze Voor Klimatologische Verdampingsgetallen*. 's Gravenhage.
- Wösten JHM, Veerman GJ, de Groot WJM & J Stolte** (2001). *Waterretentie- En Doorlatendheids-karakteristieken van Boven- En Ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen.

Bijlage I – Beheer maatregelen

Tabel B1 Beheer maatregelen per perceel die verzameld zijn doormiddel van de vragenlijst

	Perceel 1	Perceel 2	Perceel 3	Perceel 4
Plaats	Zeewolde	Diepenveen	Diepenveen	Kolff
Bodemtype	Klei	Zand	Zand	Klei
Landgebruik	Akkerland	Akkerland (2 jaar)	Grasland	Grassland
Bouwplan	Spinazie, uien, wortels, gras klaver, gras klaver	Mais, winterrogge	Blijvend grasland	Blijvend grasland
80% van het jaar begroeiing	Ja	Ja	Ja	Ja
Drainage	Ja	Nee	Nee	Nee
Sloot bagger op perceel	Ja	n.v.t.	n.v.t.	Nee
Bekalkt	Nee	Nee	Nee	Nee
Vaste mest	Ja	Ja	Nee	Nee
Groenbemester	Ja	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Compost	Eens per 2 jaar	Nee	n.v.t.	n.v.t.
Vroegjarige gewassen	Nee	Nee	n.v.t.	n.v.t.
Stroresten achterlaten	Ja	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Niet-kerende grondbewerking	Ja	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Bodemstructuur maatregelen	Ja	Nee	n.v.t.	n.v.t.
Mechanische onkruidbestrijding	Ja	Ja	n.v.t.	n.v.t.
Sleepvoeten gebruikt	n.v.t.	n.v.t.	Nee	Ja

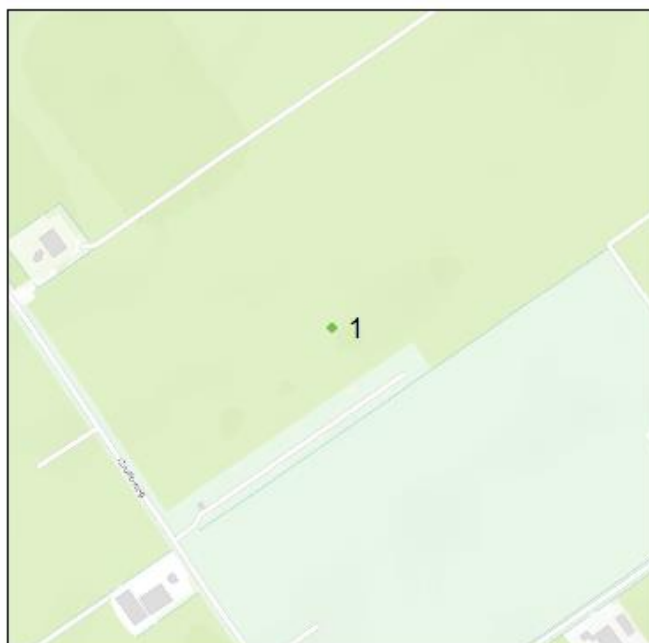
Bijlage II – Analyses percelen Vitens

OBI Score sheet Boerma

De bodem is de basis van uw bedrijf en de motor van een gezonde en productieve landbouw voor nu en voor toekomstige generaties. Duurzaam bodembeheer en handhaven/verbeteren van de bodemkwaliteit zijn belangrijk voor een goede productie, het optimaal benutten van meststoffen en het beperken van verliezen naar het milieu. Om snel een overzicht te krijgen van uw bodemkwaliteit en de aandachtspunten is de Open Bodemindex (OBI) ontwikkeld. De OBI maakt gebruik uw eigen bodemgegevens, locatiekenmerken (bv de grondwatertrap, bodemtype etc.) én beheersmaatregelen (zoals bouwplan, gewaskeuze en bewerkingen als ploegen, spitten, bekalken, etc.). Er is gebruik gemaakt van OBI versie 0.11, de eerste versie voor toepassing in de praktijk.

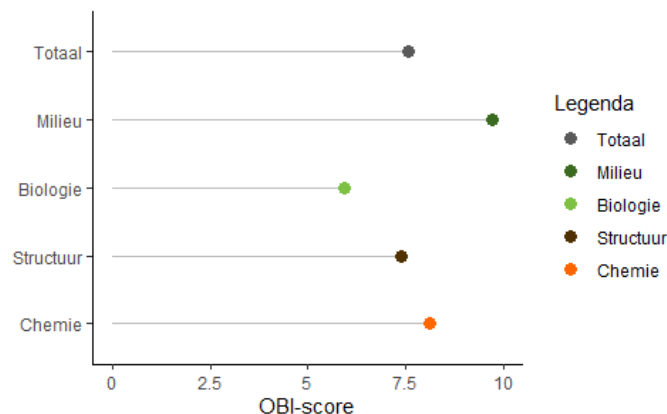
Overzicht

U heeft 1 perceel aangeleverd. Deze is gelegen aan de Gruttoweg in Zeewolde: De belangrijkste kenmerken zijn: dit is een kleibodem met grondwatertrap IV en een OS-gehalte van 4%. Meer informatie van de uitgevoerde metingen is als bijlage opgenomen.



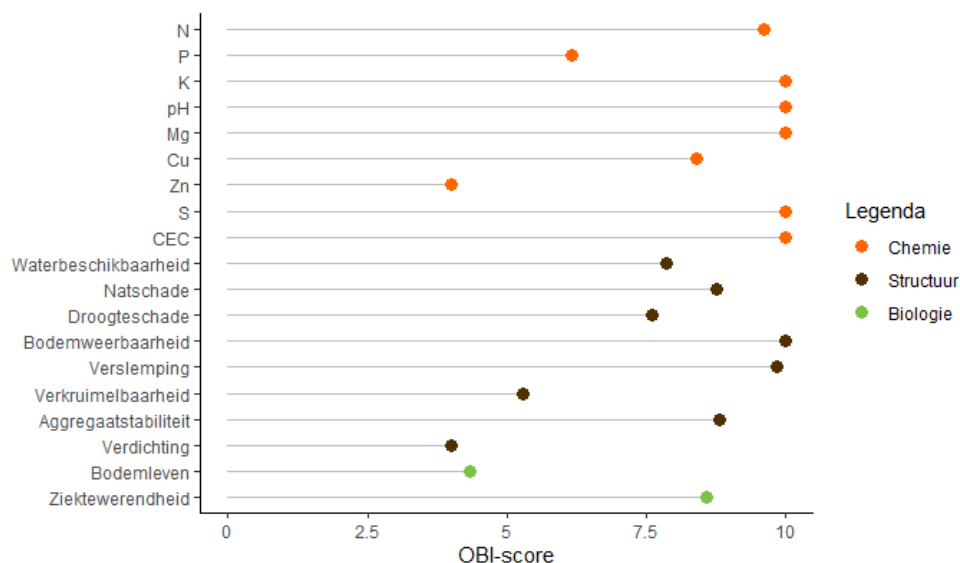
OBI scores van uw perceel

De totaalscore van uw percelen geeft een overzicht van de bodemkwaliteit voor verschillende soorten bodemfuncties: chemie en nutriëntenlevering, structuur en water, biologie en ziekteverendheid en de waterkwaliteit (milieu). Voor elke functie is de bodemkwaliteit beoordeeld in het licht van de gewenste situatie, waarbij een lage score (de waarde 0) betekent dat er serieuze bottlenecks zijn voor een duurzame gewasproductie, en waarbij een hoge score betekent dat de bodemkwaliteit prima op orde is. De totaalscore bedraagt voor dit perceel is 7.6 (bouwland, op klei).



De bouwstenen van de totaal score zijn op de volgende pagina nader uitgesplitst. Voor milieu is deze uitsplitsing niet gedaan omdat deze nu alleen nog bestaat uit een waardering voor het risico op nitraat uit- en afspoeling (een hoog cijfer betekent een gering risico).

- Bodemchemisch (oranje): de belangrijkste grondonderzoek parameters die aangeven of er voldoende nutriënten beschikbaar zijn.
- Bodemstructuur (bruin): de parameters voor de bodemstructuur hebben invloed op het opkomen van het gewas, de beworteling van de bodem en het leveren van voldoende vocht. Deze zijn van groot belang voor de gewasproductie. Een hoge waardering voor slomp, verdichting en verstuiwing betekent een geringe gevoeligheid.
- Biologische functies (groen): De waardering voor bodembioologie is gebaseerd op ziekteverendbaarheid van de bodem en de mate van activiteit van het bodemleven.



Uit de analyse blijkt dat de bodemkwaliteit qua nutriënten veelal op orde is. Het belangrijkste aandachtspunt is de pH en een gemiddelde score voor fosfaat. Mogelijk speelt er ook een tekort voor zink, maar omdat dit geen grote invloed heeft op de gewasgroei, is dit niet iets om snel zorgen over te maken (bij een standaard bemesting met dierlijke mest zijn eventuele gevolgen verwaarloosbaar). Voor wat betreft de bodemstructuur liggen er op dit perceel grote uitdagingen in relatie tot ondergrondverdichting en de aggregaat stabiliteit. De activiteit van het bodemleven is laag en behoeft verbetering.

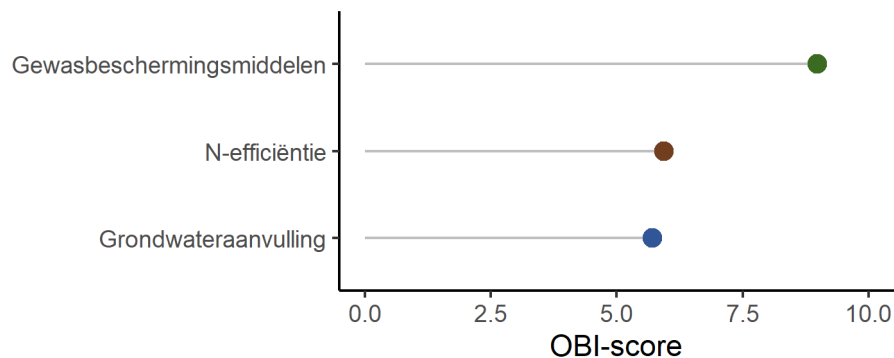
Aandachtspunten

Op basis van de bovenstaande analyse is het advies vanuit de OBI om aandacht te besteden aan de volgende punten:

- De zinktoestand is laag. Bij een lage zinktoestand is er zelden een probleem. Met dierlijke mest wordt vrijwel altijd voldoende zink bemest. Gebruikt u geen dierlijke mest, stem dan nader af met uw adviseur.
- De hoeveelheid bodemleven is laag. Dit betekent dat het belangrijk is dat het perceel voldoende organische bemesting moet krijgen (in de vorm van drijfmest of organische reststromen) om zo het bodemleven te voeden.
- De ondergrondverdichting is hoog, wat mogelijk samenhangt met de grondslag van het perceel. Voorkom dat het erger wordt. Opheffen hiervan is heel lastig. Pas uw mechanisatie en bandendruk aan aan de omstandigheden. Heb geduld in het voorjaar met de grondbewerking. Het gebruik van diep wortelende gewassen kan positief bijdragen om op termijn de effecten van verdichting te verminderen.

Waterfuncties

De waterfuncties die voor de pilot zijn ontwikkeld, zijn nog geen onderdeel van de OBI, daarom worden ze hier nader toegelicht. Er zijn in de pilot met Vitens drie functies ontwikkeld om inzicht te geven hoe het perceel bijdraagt aan het verminderen van de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen (functie 1) en stikstof (functie 2) en de aanvulling van het grondwater (functie 3). Een duurzame bodem zorgt voor maximale afbraak en vastlegging van gewasbeschermingsmiddelen, heeft een hoge N-benutting (er spoelt dan namelijk weinig uit) en zorgt voor voldoende grondwateraanvulling.



Op het onderzochte perceel scoren de drie functies bovengemiddeld, waarbij de bijdrage aan retentie van gewasbeschermingsmiddelen het hoogst is. Er zijn wel verbeteringen mogelijk in de bodemkwaliteit (als ook het bodembeheer) om de N-benutting en de grondwateraanvulling te verhogen.

De hoge bijdrage aan retentie van gewasbeschermingsmiddelen is te danken aan een relatief hoog organische stofgehalte (4%) en het feit dat er op dit perceel weinig gebruik wordt gemaakt van pesticiden (mechanische onkruidbestrijding). Aangezien dit perceel in beheer is bij een biologisch bedrijf, is het risico in werkelijkheid nul.

Op dit perceel zijn in de afgelopen jaren gewassen geteeld die een relatief lage stikstofbenutting hebben. Daarom is de score voor stikstofefficiëntie niet zo hoog, en ligt het rond de 6. Het is belangrijk dat er vanggewassen worden verbouwd na het hoofdgewas (voor verhoging van de stikstofefficiëntie en de opbouw van vers organische stof in de bodem), die nemen (een deel van) het stikstofoverschot op. Ook het gebruik van diepwortelende gewassen in het bouwplan draagt positief bij aan een hogere N-benutting.

Vanwege de drainage van het perceel is de score voor grondwateraanvulling relatief laag. Daarnaast heeft grasklaver een relatief hoge verdamping, wat van invloed is op het neerslagoverschot. Een positieve aanpak om veel eiwit van eigen land te produceren (goed voor kringlooplandbouw) werkt in deze situatie beperkend voor het realiseren van een hoge grondwateraanvulling.

Bijlage I: Definities van parameters

Hieronder staat een korte omschrijving van de parameters waar uw bodem op beoordeelt is. Zie de link voor meer achtergrondinformatie.

- N: Stikstof leverend vermogen van de bodem [link](#)
- P: Fosfaatbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- K: Kaliumbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Mg: Magnesiumbeschikbaarheid van de bodem om voldoende magnesium te leveren voor de gewasgroei en voldoende hoge gehalten in gras voor de veevoeding [link](#)
- S: Zwavelleverend vermogen van de bodem [link](#)
- Cu: Koperbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Zn: Zinkbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- pH: Zuurgraad van de bodem [link](#)
- CEC (kationenbuffering): Het vermogen van de bodem om kationen te bufferen. Een hoog CEC betekent dat er veel kationen gebonden kunnen worden aan het bodemoppervlak [link](#)
- Verkrumelbaarheid: Hoe gemakkelijk de grond/kluiten kunnen worden gebroken, een maatstaf voor hoe makkelijk de bodem te bewerken is [link](#)
- Verslumping: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verslumping [link](#)
- Waterschade (Droogte- en natschade): De gevoeligheid van de bodem voor het ontstaan van opbrengst derving door een tekort of een overschot van water [link](#)
- Verstuiving: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verstuiving [link](#)
- Ondergrondverdichting: Het risico op ondergrondverdichting [link](#)
- Waterbeschikbaarheid: De potentiële waterbeschikbaarheid voor plantengroei in de bovenste 30 cm grond (het verschil tussen veldcapaciteit en het verwelkingspunt) [link](#)
- Aggregaatstabiliteit: De weerstand tegen het uiteenvallen van bodemdeeltjes [link](#)
- Bodemweerbaarheid: Het inherente vermogen van de bodem om ziekten en plagen te onderdrukken, in de huidige versie van OBI is dit sterk gelinkt aan de hoeveelheid organische stof [link](#)
- Bodemleven: De mate van activiteit van het bodemleven [link](#)

De OBI zal de komende maanden nog verder worden uitgebreid. De volledige documentatie van de OBI is [hier](#) beschikbaar.

Bijlage II: Perceelsinformatie

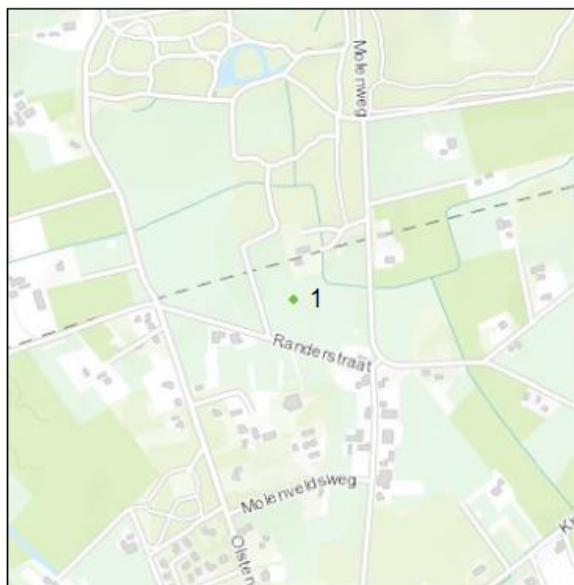
Bodemtype	Klei
Landgebruik	bouwland
Grondwatertrap	IV
Organische stof%	4
% Klei	33
% Zand	13
% Silt	42
pH-CaCl ₂	7.3
CN-ratio	11
N-gehalte bodem (mg N/kg)	2154
PAL	36
P-CaCl ₂	1.29
Pw	26
Totaal S (mg S/kg)	1908
Ca-bezetting	89
K-bezetting	3.4
Mg-bezetting	7.1
CEC	256
K-CaCl ₂ (µg/kg)	220
Mg-CaCl ₂ (µg/kg)	146
Mn-CaCl ₂ (µg/kg)	261
Zn-CaCl ₂ (µg/kg)	101
Cu-CaCl ₂ (µg/kg)	41

OBI Score Sheet Menkveld

De bodem is de basis van uw bedrijf en de motor van een gezonde en productieve landbouw voor nu en voor toekomstige generaties. Duurzaam bodembeheer en handhaven/verbeteren van de bodemkwaliteit zijn belangrijk voor een goede productie, het optimaal benutten van meststoffen en het beperken van verliezen naar het milieu. Om snel een overzicht te krijgen van uw bodemkwaliteit en de aandachtspunten is de Open Bodemindex (OBI) ontwikkeld. De OBI maakt gebruik van uw eigen bodemgegevens, locatiekenmerken (bv de grondwatertrap, bodemtype, etc.) én informatie over het bodembeheer (zoals bouwplan, gewaskeuze en bewerkingen als ploegen, spitten, bekalken, etc.). Er is gebruik gemaakt van OBI versie 0.11, de eerste versie voor toepassing in de praktijk. Deze factsheet geeft een beoordeling van de bodemkwaliteit van twee percelen, die achtereenvolgens worden besproken.

Overzicht - Bouwland

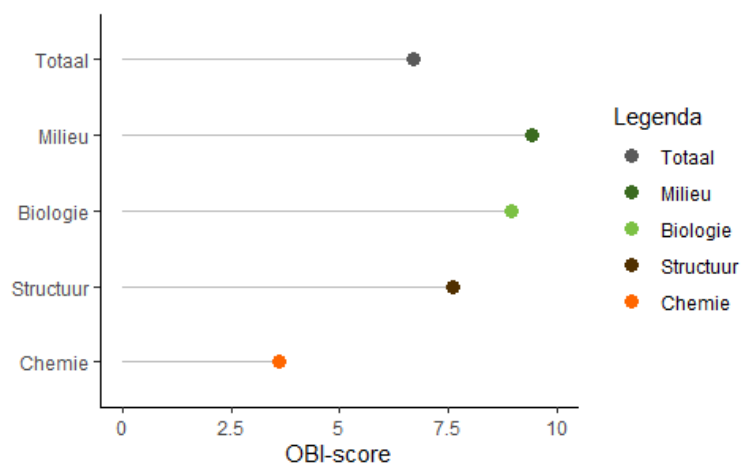
Hieronder ziet u uw bouwland perceel. Dit perceel is gelegen aan de Randerstraat. De belangrijkste kenmerken zijn: zandbodem met grondwatertrap III en een OS-gehalte van 3.9%. Meer informatie van de uitgevoerde metingen is als bijlage opgenomen. De OBI-score voor dit perceel is berekend voor een rotatie van 2 jaar (winterrogge en maïs) omdat dit perceel de jaren daarvoor gebruikt werd als grasland. Om het effect voor bouwland goed in beeld te brengen, wordt de OBI-score niet voor de normale periode van 10 jaar doorgerekend, maar alleen voor de laatste twee jaar.



OBI scores van uw perceel

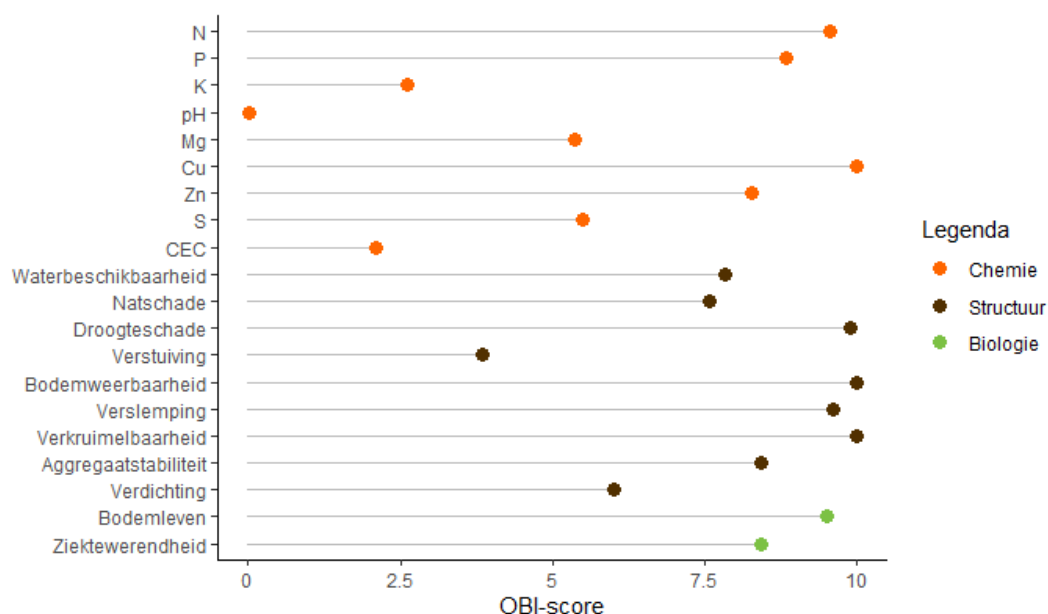
De totaalscore van de OBI voor uw percelen geeft een overzicht van de bodemkwaliteit voor verschillende soorten bodemfuncties: chemie en nutriëntenlevering, structuur en water, biologie en ziekteverendheid en de waterkwaliteit (milieu). Voor elke functie is de bodemkwaliteit beoordeeld in het licht van de gewenste situatie, waarbij een lage score (de waarde 0) betekent dat er serieuze bottlenecks zijn voor een duurzame gewasproductie, en waarbij een hoge score betekent dat de bodemkwaliteit prima op orde is. De totaalscore voor dit perceel is 6.7

(bouwland, op zand). Uitgesplitst naar de verschillende bodemfuncties zijn er serieuze knelpunten voor bodemchemie, dat wil zeggen de levering van nutriënten.



De bouwstenen van de totaal score zijn hieronder nader uitgesplitst, om zo inzicht te krijgen welke bodemfuncties goed en welke bodemfuncties beperkingen laten zien.

- Bodemchemisch (oranje): de belangrijkste grondonderzoek parameters die aangeven of er voldoende nutriënten beschikbaar zijn.
- Bodemstructuur (bruin): de parameters die meegenomen worden hebben invloed op het opkomen van het gewas, de beworteling van de bodem en het leveren van voldoende vocht. Deze zijn van groot belang voor de gewasproductie. Een hoge waardering voor slomp, verdichting en verstuing betekent een geringe gevoeligheid.
- Biologische functies (groen): De waardering voor bodembioologie is gebaseerd op ziekteverdraagzaamheid van de bodem en de mate van activiteit van het bodemleven.



Uit de analyse blijkt dat de bodemkwaliteit qua nutriënten maar beperkt op orde is; er zijn grote knelpunten rond kalium, magnesium, de CEC en in het bijzonder voor de zuurgraad van de bodem. Voor wat betreft de bodemstructuur zijn op dit perceel geen hele grote uitdagingen. Er

is een licht risico op ondergrondverdichting en een vergroot risico op verstuviging. De activiteit van het bodemleven als ook het gehalte aan organische stof is prima op orde.

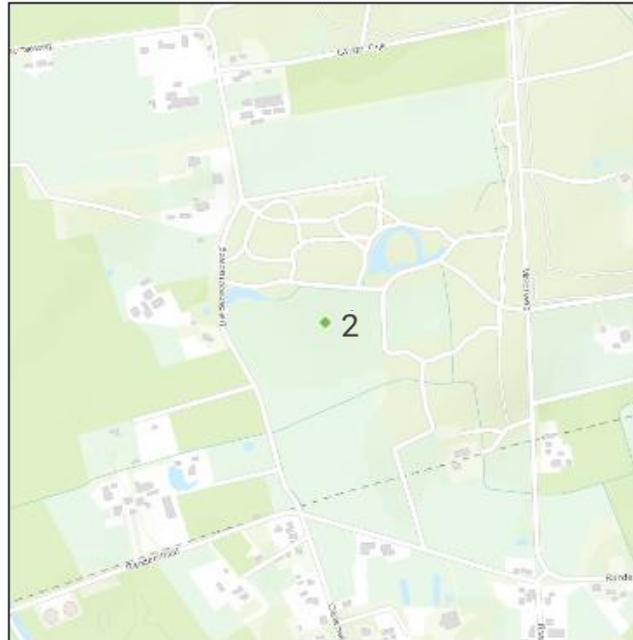
Aandachtspunten

Op basis van de bovenstaande analyse is het advies vanuit de OBI om aandacht te besteden aan de volgende punten:

- De kalitoestand is laag (K-CaCl₂). Zorg voor voldoende K-bemesting. Volg het adviesformulier bij de uitslag van het grondonderzoek of kijk in het handboek bodem een bemesting dat voor elke teelt een passend advies geeft.
- De pH is te laag. Een te lage pH kost opbrengst en is nadelig voor de bodemstructuur. Bekalken kan in najaar en voorjaar. Zorg bij voorjaarsbekalking ervoor dat er een paar weken zit tussen bekalken en mest toedienen.
- De kationbuffering is laag. Deze is niet eenvoudig te verhogen. Van belang is voldoende organisch stof aan te voeren bijv. via compost (www.os-balans.nl). Op de lange termijn zal de buffering dan toenemen.
- De slempgevoeligheid is vrij hoog. Voor zover dat mogelijk is pas het bouwplan aan en streef naar maximaal groen houden. De grondbewerking vraagt extra aandacht. Zorg bij bieten ervoor dat een eventuele Na-bemesting wordt ingewerkt.

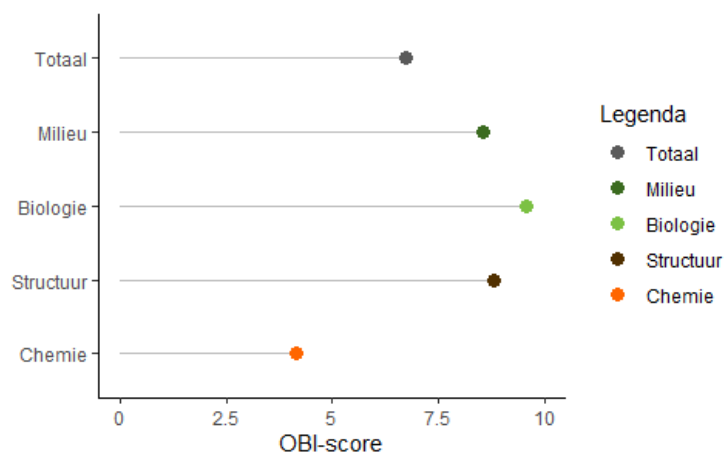
Overzicht - Grasland

Hieronder ziet u uw grasland perceel. Dit perceel is gelegen aan de Diepenveenseweg. De belangrijkste kenmerken zijn: zandbodem met grondwatertrap III en een OS-gehalte van 4,5%. Meer informatie van de uitgevoerde metingen zijn als bijlage opgenomen.



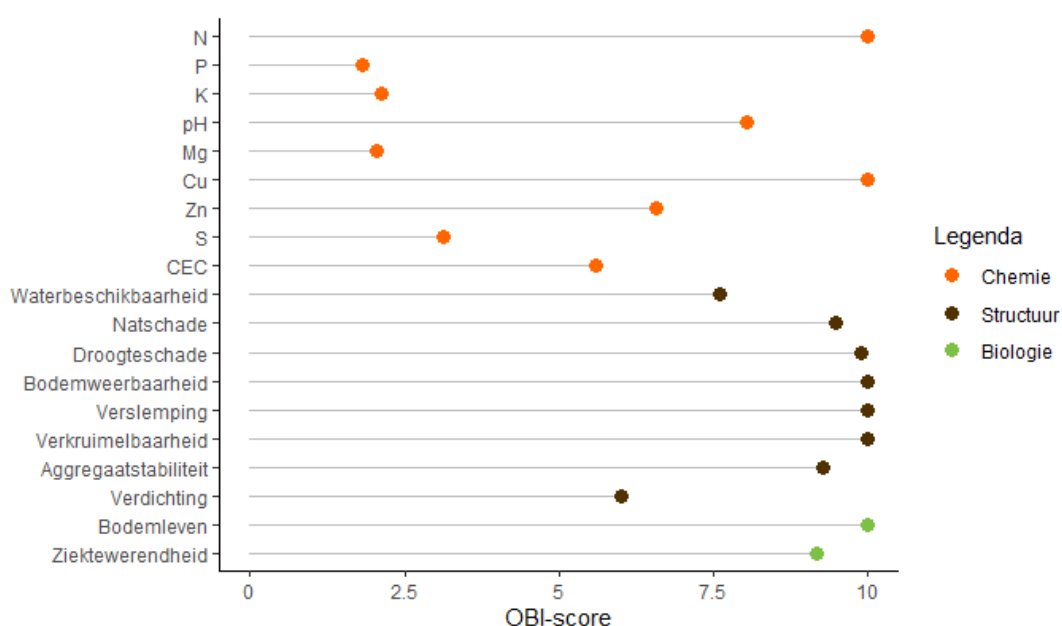
OBI scores van uw perceel

De totaalscore van de OBI voor uw percelen geeft een overzicht van de bodemkwaliteit voor verschillende soorten bodemfuncties: chemie en nutriëntenlevering, structuur en water, biologie en ziekteverendheid en de waterkwaliteit (milieu). Voor elke functie is de bodemkwaliteit beoordeeld in het licht van de gewenste situatie, waarbij een lage score (de waarde 0) betekent dat er serieuze bottlenecks zijn voor een duurzame gewasproductie, en waarbij een hoge score betekent dat de bodemkwaliteit prima op orde is. De totaalscore voor dit perceel is 6.7 (grasland, op zand).



De bouwstenen van de totaal score zijn hieronder nader uitgesplitst, om zo inzicht te krijgen welke bodemfuncties goed en welke bodemfuncties beperkingen laten zien.

- Bodemchemisch (oranje): de belangrijkste grondonderzoek parameters die aangeven of er voldoende nutriënten beschikbaar zijn.
- Bodemstructuur (bruin): de parameters die meegenomen worden hebben invloed op het opkomen van het gewas, de beworteling van de bodem en het leveren van voldoende vocht. Deze zijn van groot belang voor de gewasproductie. Een hoge waardering voor slomp, verdichting en verstuiving betekent een geringe gevoeligheid.
- Biologische functies (groen): De waardering voor bodembiologie is gebaseerd op ziekteweerbaarheid van de bodem en de mate van activiteit van het bodemleven.



Uit de analyse blijkt dat ook op dit perceel de bodemkwaliteit met betrekking tot nutriënten beperkt op orde is. De grootste knelpunten liggen bij de beschikbaarheid van fosfaat, kalium, magnesium en zwavel. Daarnaast is er nog ruimte voor verbetering van de CEC en Zn toestand. De bodemstructuur op dit perceel is in goede staat, er is alleen een licht risico op ondergrondverdichting. De activiteit van het bodemleven als ook het gehalte aan organische stof is prima op orde.

Aandachtspunten

Op basis van de bovenstaande analyse is het advies vanuit de OBI om aandacht te besteden aan de volgende punten:

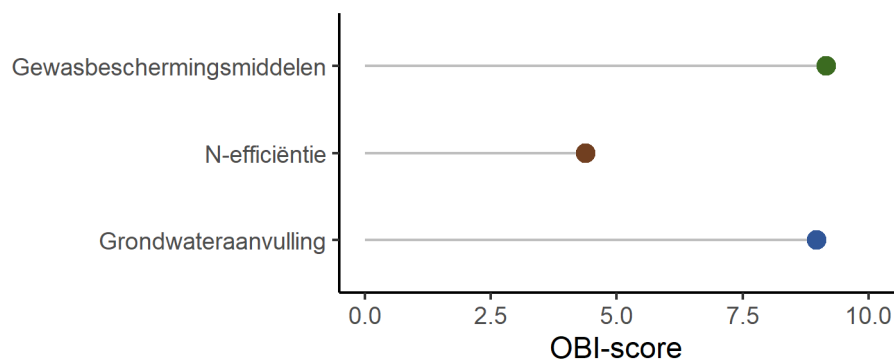
- De fosfaatbufferindex (PBI) duidt op lage fosfaatbeschikbaarheid. Probeer deze percelen wat extra mest te geven als dat mogelijk is.
- De kalitoestand is laag ($K\text{-CaCl}_2 < 60$). Zorg voor voldoende K-bemesting maar geef niet meer dan nodig. Een overschot aan kali kan uitspoelen en hoge kaligiften onderdrukken het Mg-gehalte in gras.

- De Mg-toestand is laag ($\text{Mg-CaCl}_2 < 80$). Zorg voor voldoende Mg-bemesting. Volg het adviesformulier bij de uitslag van het grondonderzoek of kijk op bemestingsadvies.nl.
- De zwavellevering is (vrij) laag ($\text{SLV} < 20$). Zorg voor voldoende S-bemesting. Volg het adviesformulier bij de uitslag van het grondonderzoek of kijk op bemestingsadvies.nl.

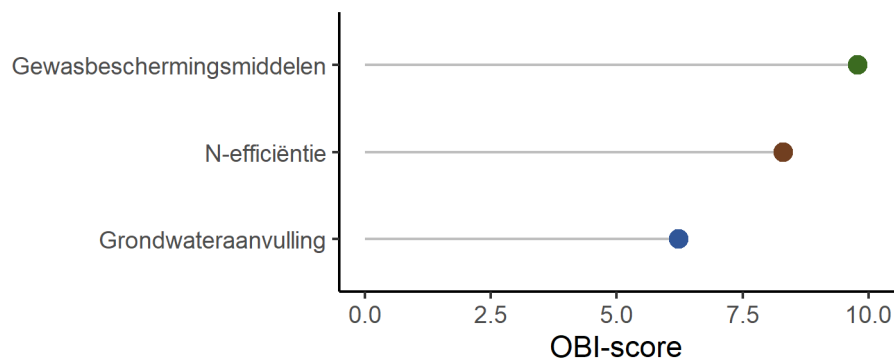
Waterfuncties

De waterfuncties die voor de pilot zijn ontwikkeld, zijn nog geen onderdeel van de OBI, daarom worden ze hier nader toegelicht. Er zijn in de pilot met Vitens drie functies ontwikkeld om inzicht te geven hoe het perceel bijdraagt aan het verminderen van de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen (functie 1) en stikstof (functie 2) en de aanvulling van het grondwater (functie 3). Een duurzame bodem zorgt voor maximale afbraak en vastlegging van gewasbeschermingsmiddelen, heeft een hoge N-benutting (er spoelt dan namelijk weinig uit) en zorgt voor voldoende grondwateraanvulling.

Bouwland:



Grasland:



Op de onderzochte percelen scoort de retentie van gewasbeschermingsmiddelen boven gemiddeld; risico's op uitspoeling zijn daarom beperkt. Ook grondwateraanvulling op het bouwland perceel scoort heel goed, op het graslandperceel is die score voldoende. Op het gebied van N-benutting is er nog ruimte voor verbetering op bouwland.

De hoge bijdrage aan retentie van gewasbeschermingsmiddelen op beide percelen is te danken aan een relatief hoog organische stofgehalte (3.9% en 4.5%) en het feit dat er op dit perceel weinig gebruik wordt gemaakt van pesticiden (mechanische onkruidbestrijding). Aangezien dit perceel in beheer is bij een biologisch bedrijf, is het risico in werkelijkheid nul.

De score voor stikstofbenutting op het grasland perceel is goed. Gras gaat efficiënt om met stikstof, waardoor het overschot en daarmee de uitspoeling laag zijn. Op het bouwland perceel

is de score een stuk lager. Dit komt omdat er nu maar twee jaar aan gewassen mee zijn genomen, waarvan er in een jaar maïs werd verbouwd; een gewas dat niet zo efficiënt omgaat met stikstof. Hierdoor weegt het jaar met maïs relatief zwaar mee. In deze situatie is het belangrijk dat er vanggewassen worden verbouwd na het hoofdgewas (voor verhoging van de stikstofefficiëntie en de opbouw van vers organische stof in de bodem); die nemen (een deel van) het stikstofoverschot op. Ook het gebruik van diepwortelende gewassen draagt positief bij aan een hogere N-benutting.

Tot slot de score voor grondwateraanvulling. Beide percelen worden niet gedraineerd en er is geen verdichting of verslemping, dus al het water dat niet door de gewassen wordt opgenomen, zal naar het grondwater zakken. Aangezien gras het hele jaar door groeit, verdampt het meer in vergelijking met bouwland; daarom scoort het grasland perceel lager dan het bouwland perceel.

Bijlage I: Definities van parameters

Hieronder staat een korte omschrijving van de parameters waar uw bodem op beoordeelt is. Zie de link voor meer achtergrond informatie.

- N: Stikstof leverend vermogen van de bodem [link](#)
- P: Fosfaatbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- K: Kaliumbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Mg: Magnesiumbeschikbaarheid van de bodem om voldoende magnesium te leveren voor de gewasgroei en voldoende hoge gehalten in gras voor de veevoeding [link](#)
- S: Zwavelleverend vermogen van de bodem [link](#)
- Cu: Koperbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Zn: Zinkbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- pH: Zuurgraad van de bodem [link](#)
- CEC (kationenbuffering): Het vermogen van de bodem om kationen te bufferen. Een hoog CEC betekent dat er veel kationen gebonden kunnen worden aan het bodemoppervlak [link](#)
- Verkrumselbaarheid: Hoe gemakkelijk de grond/kluiten kunnen worden gebroken, een maatstaf voor hoe makkelijk de bodem te bewerken is [link](#)
- Verslumping: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verslumping [link](#)
- Waterschade (Droogte- en natschade): De gevoeligheid van de bodem voor het ontstaan van opbrengst derving door een tekort of een overschot van water [link](#)
- Verstuiving: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verstuiving [link](#)
- Ondergrondverdichting: Het risico op ondergrondverdichting [link](#)
- Waterbeschikbaarheid: De potentieële waterbeschikbaarheid voor plantengroei in de bovenste 30 cm grond (het verschil tussen veldcapaciteit en het verwelkingspunt) [link](#)
- Aggregaatstabiliteit: De weerstand tegen het uiteenvallen van bodemdeeltjes [link](#)
- Bodemweerbaarheid: Het inherente vermogen van de bodem om ziekten en plagen te onderdrukken, in de huidige versie van OBI is dit sterk gelinkt aan de hoeveelheid organische stof [link](#)
- Bodemleven: De mate van activiteit van het bodemleven [link](#)

Bijlage II: Perceelinformatie bouwland

Bodemtype	Zand
Landgebruik	bouwland
Grondwatertrap	III
Organische stof%	3.9
% Klei	1
% Zand	84
% Silt	11
pH-CaCl2	4.2
CN-ratio	12
N-gehalte bodem (mg N/kg)	1457
PAL	56
P-CaCl2	1.5
Pw	42
Totaal S (mg S/kg)	260
Ca-bezetting	39
K-bezetting	6.7
Mg-bezetting	27
CEC	21
K-CaCl2 (µg/kg)	27
Mg-CaCl2 (µg/kg)	39
Mn-CaCl2 (µg/kg)	4591
Zn-CaCl2 (µg/kg)	4042
Cu-CaCl2 (µg/kg)	50

Bijlage III: Perceelinformatie grasland

Bodemtype	Zand
Landgebruik	grasland
Grondwatertrap	III
Organische stof%	4.5
% Klei	4
% Zand	84
% Silt	7
pH-CaCl ₂	5
CN-ratio	11
N-gehalte bodem (mg N/kg)	1998
PAL	31
P-CaCl ₂	0.77
Pw	23
Totaal S (mg S/kg)	375
Ca-bezetting	77
K-bezetting	3.2
Mg-bezetting	8.2
CEC	56
K-CaCl ₂ (µg/kg)	23
Mg-CaCl ₂ (µg/kg)	38.2
Mn-CaCl ₂ (µg/kg)	14383
Zn-CaCl ₂ (µg/kg)	1724
Cu-CaCl ₂ (µg/kg)	27

OBI Score sheet van Os

De bodem is de basis van uw bedrijf en de motor van een gezonde en productieve landbouw voor nu en voor toekomstige generaties. Duurzaam bodembeheer en handhaven/verbeteren van de bodemkwaliteit zijn belangrijk voor een goede productie, het optimaal benutten van meststoffen en het beperken van verliezen naar het milieu. Om snel een overzicht te krijgen van uw bodemkwaliteit en de aandachtspunten is de Open Bodemindex (OBI) ontwikkeld. De OBI maakt gebruik van uw eigen bodemgegevens, locatiekenmerken (bv de grondwatertrap, bodemtype, etc.) én beheersmaatregelen (zoals bouwplan, gewaskeuze en bewerkingen als ploegen, spitten, bekalken, etc.). Er is gebruik gemaakt van OBI versie 0.11, de eerste versie voor toepassing in de praktijk.

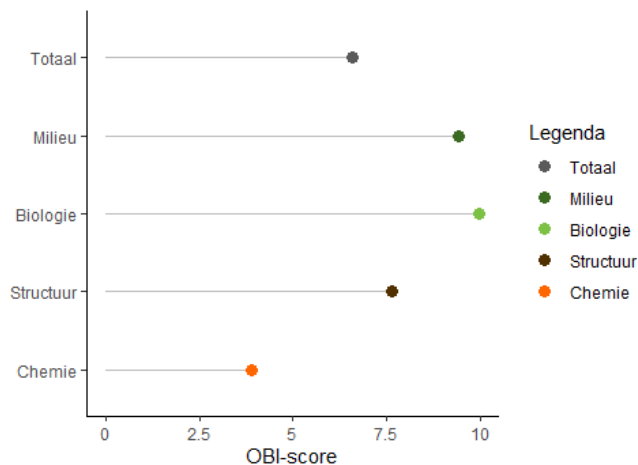
Overzicht

Hieronder ziet u uw bouwland perceel. Dit perceel is gelegen aan de Broekgraaf. De belangrijkste kenmerken zijn: kleibodem met grondwatertrap IIIb en een OS-gehalte van 6.7%. Meer informatie van de uitgevoerde metingen is als bijlage opgenomen.



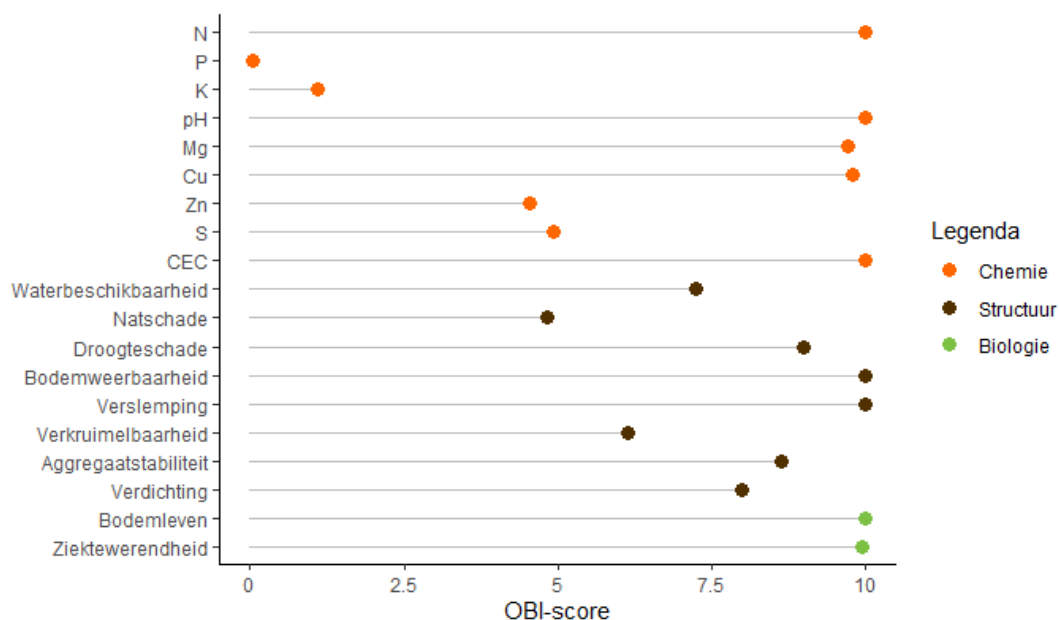
OBI scores van uw perceel

De totaalscore van de OBI voor uw percelen geeft een overzicht van de bodemkwaliteit voor verschillende soorten bodemfuncties: chemie en nutriëntenlevering, structuur en water, biologie en ziekteverendheid en de waterkwaliteit (milieu). Voor elke functie is de bodemkwaliteit beoordeeld in het licht van de gewenste situatie, waarbij een lage score (de waarde 0) betekent dat er serieuze bottlenecks zijn voor een duurzame gewasproductie, en waarbij een hoge score betekent dat de bodemkwaliteit prima op orde is. De totaalscore voor dit perceel is 6.6 (grasland, op klei). Uitgesplitst naar de verschillende bodemfuncties zijn er serieuze knelpunten voor bodemchemie, dat wil zeggen de levering van nutriënten.



De bouwstenen van de totaal score zijn hieronder nader uitgesplitst, om zo inzicht te krijgen welke bodemfuncties goed en welke bodemfuncties beperkingen laten zien.

- Bodemchemisch (oranje): de belangrijkste grondonderzoek parameters die aangeven of er voldoende nutriënten beschikbaar zijn.
- Bodemstructuur (bruin): de parameters die meegenomen worden in bodemstructuur hebben invloed op het opkomen van het gewas, de beworteling van de bodem en het leveren van voldoende vocht. Deze zijn van groot belang voor de gewasproductie. Een hoge waardering voor slomp, verdichting en verstuiving betekent een geringe gevoeligheid.
- Biologische functies (licht groen): De waardering voor bodembiologie is gebaseerd op ziekteverdraagzaamheid van de bodem en de mate van activiteit van het bodemleven.



Uit de analyse blijkt dat de bodemkwaliteit op het gebied van nutriënten enkele knelpunten heeft. Deze knelpunten liggen bij de beschikbaarheid van fosfaat, kalium, zink en zwavel. Tijdens de pilot bijeenkomst hebben we het erover gehad dat deze lage waarden het gevolg zijn van het opbrengen van grond van elders (afkomstig van het graven van een plas in de nabije omgeving). De bodemstructuur is gemiddeld gezien voldoende op orde, maar er is ruimte voor verbetering.

Door het hoge kleipcentage (45%), is de verkruijmelbaarheid van de bodem matig en is er kans op natschade. Daarnaast is de waterbeschikbaarheid van de bodem daardoor niet optimaal. Deze eigenschappen kunnen worden verbeterd door meer organische stof op te brengen en door bekalking.

De activiteit van het bodemleven als ook het gehalte aan organische stof zijn perfect op orde.

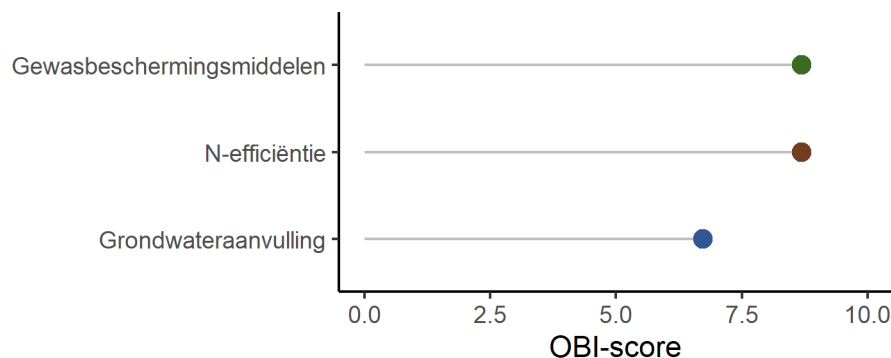
Aandachtspunten

Op basis van de bovenstaande analyse is het advies vanuit de OBI om aandacht te besteden aan de volgende punten:

- De fosfaatbufferindex (PBI) duidt op lage fosfaatbeschikbaarheid. Probeer deze percelen wat extra mest te geven; onderzoek laat zien dat de P-benutting verhoogd kan worden door mest binnen het bedrijf zo te verdelen dat percelen met een lage PBI extra (drijf)mest krijgen en percelen met een hoge PBI wat minder.
- De kalitoestand is laag ($K-CaCl_2 < 60$). Zorg voor voldoende K-bemesting maar geef niet meer dan nodig. Een overschot aan kali kan uitspoelen en hoge kaligiften onderdrukken het Mg-gehalte in gras.
- De zwavellevering is (vrij) laag ($SLV < 20$). Zorg voor voldoende S-bemesting. Volg het adviesformulier bij de uitslag van het grondonderzoek of kijk op bemestingsadvies.nl.
- De zinktoestand is laag. Bij een lage zinktoestand is er zelden een probleem. Met dierlijke mest wordt vrijwel altijd voldoende zink bemest. Gebruikt u geen dierlijke mest, stem dan nader af met uw adviseur.

Waterfuncties

De waterfuncties die voor de pilot zijn ontwikkeld, zijn nog geen onderdeel van de OBI, daarom worden ze hier nader toegelicht. Er zijn in de pilot met Vitens drie functies ontwikkeld om inzicht te geven hoe het perceel bijdraagt aan het verminderen van de uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen (functie 1) en stikstof (functie 2) en de aanvulling van het grondwater (functie 3). Een duurzame bodem zorgt voor maximale afbraak en vastlegging van gewasbeschermingsmiddelen, heeft een hoge N-benutting (er spoelt dan namelijk weinig uit) en zorgt voor voldoende grondwateraanvulling.



Op het onderzochte perceel scoren de drie functies bovengemiddeld, waarbij de bijdrage aan retentie van gewasbeschermingsmiddelen en stikstofbenutting beide hoog zijn. Grondwateraanvulling scoort lager, maar is nog steeds voldoende.

Dit perceel scoort voor de retentie van gewasbeschermingsmiddelen bovengemiddeld; risico's op uitspoeling zijn daarom beperkt. Dat is te danken aan een het goede organische stofgehalte. Dit is een graslandperceel, dus zullen gewasbeschermingsmiddelen beperkt worden toegepast en is het risico op uitspoeling ervan erg laag.

Gras gaat efficiënt om met stikstof; daarom spoelt er maar een klein deel uit zolang de bemestingsrichtlijnen worden gevolgd. Vandaar ook een mooie score voor stikstofefficiëntie.

Omdat grasland het hele jaar door groen is, verdampt het ook continu. De score voor het neerslagoverschot is daarom lager voor grasland in vergelijking met bouwland. Dit perceel scoort verder wel goed op waterbergend vermogen en er is geen sprake van verdichting, verslumping of drainage. Deze factoren trekken de score omhoog.

Bijlage I: Definities van parameters

Hieronder staat een korte omschrijving van de parameters waar uw bodem op beoordeelt is. Zie de link voor meer achtergrond informatie.

- N: Stikstof leverend vermogen van de bodem [link](#)
- P: Fosfaatbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- K: Kaliumbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Mg: Magnesiumbeschikbaarheid van de bodem om voldoende magnesium te leveren voor de gewasgroei en voldoende hoge gehalten in gras voor de veevoeding [link](#)
- S: Zwavelleverend vermogen van de bodem [link](#)
- Cu: Koperbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- Zn: Zinkbeschikbaarheid gedurende het teeltseizoen [link](#)
- pH: Zuurgraad van de bodem [link](#)
- CEC (kationenbuffering): Het vermogen van de bodem om kationen te bufferen. Een hoog CEC betekent dat er veel kationen gebonden kunnen worden aan het bodemoppervlak [link](#)
- Verkruijmelbaarheid: Hoe gemakkelijk de grond/kluiten kunnen worden gebroken, een maatstaf voor hoe makkelijk de bodem te bewerken is [link](#)
- Verslumping: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verslumping [link](#)
- Waterschade (Droogte- en natschade): De gevoeligheid van de bodem voor het ontstaan van opbrengst derving door een tekort of een overschot van water [link](#)
- Verstuiving: De gevoeligheid van de bodem voor het optreden van verstuiving [link](#)
- Ondergrondverdichting: Het risico op ondergrondverdichting [link](#)
- Waterbeschikbaarheid: De potentiële waterbeschikbaarheid voor plantengroei in de bovenste 30 cm grond (het verschil tussen veldcapaciteit en het verwelkingspunt) [link](#)
- Aggregaatstabiliteit: De weerstand tegen het uiteenvallen van bodemdeeltjes [link](#)
- Bodemweerbaarheid: Het inherente vermogen van de bodem om ziekten en plagen te onderdrukken, in de huidige versie van OBI is dit sterk gelinkt aan de hoeveelheid organische stof [link](#)
- Bodemleven: De mate van activiteit van het bodemleven [link](#)

Bijlage II: Perceelinformatie

Bodemtype	Klei
Landgebruik	grasland
Grondwatertrap	IIIb
Organische stof%	6.7
% Klei	45
% Zand	12
% Silt	36
pH-CaCl2	5.5
CN-ratio	11
N-gehalte bodem (mg N/kg)	3614
PAL	13
P-CaCl2	0.37
Pw	13
Totaal S (mg S/kg)	644
Ca-bezetting	82
K-bezetting	1.3
Mg-bezetting	16
CEC	311
K-CaCl2 (µg/kg)	32
Mg-CaCl2 (µg/kg)	343
Mn-CaCl2 (µg/kg)	5568
Zn-CaCl2 (µg/kg)	365
Cu-CaCl2 (µg/kg)	42



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl