

Organische stof

Organisch stofgehalte/
koolstofgehalte

Organisch stofgehalte/
koolstofgehalte

Afbreekbare fractie
organische stof

Fysisch

Watervasthoudend
vermogen

Aggregaatstabiliteit

Indringingsweerstand

Droge bulkdichtheid

Chemisch

Zuurgraad pH

Stikstof totaal

Potentieel minera-
liseerbare stikstof

Fosfaatvoorraad
en -beschikbaarheid

Kalivoorraad
en -beschikbaarheid

Biologisch

Aaltjes, aantallen
en diversiteit

Plantparasitaire aaltjes

Bacteriële biomassa

Schimmelbiomassa

Regenwormen,
aantallen en diversiteit

Visueel

Visuele beoordeling
- Bodemstructuur
- Bodemleven
- Beworteling

Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0

BLN, versie 1.1 en de schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0.

Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0

BLN, versie 1.1 en de schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0

J.J. de Haan, E. van den Elsen, S.M. Visser

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van de Topsector Agri & Food uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van de PPS Beter Bodembeheer (TKI-AF-16064/BO-56-001-005).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, juli 2021

Rapport WPR-883

Haan, J.J. de, E. van den Elsen, S.M. Visser, 2021. *Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0; BLN, versie 1.1 en schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0*. Wageningen Research, Rapport WPR-883. 56 blz.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/549973>

In 2019 is de indicatorset Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0 ontwikkeld. De indicatorset moet bijdragen aan een duurzaam beheer van alle landbouwgronden in 2030. Dit rapport is een eerste evaluatie van de BLN, versie 1.0 en geeft een actualisatie, resulterend in BLN, versie 1.1 op de korte termijn waarin een aantal kleinere vernieuwingen voorgesteld worden en een ontwikkelpad voor een BLN, versie 2.0 voor de langere termijn. De BLN, versie 2.0 moet leiden tot een verbeterde systematiek om relatief goedkoop en eenvoudig de bodemkwaliteit integraal vast te stellen van landbouwbodems in Nederland zowel op perceelsniveau als nationaal niveau.

Trefwoorden: bodemkwaliteit, bodembeoordeling, meten, indicatoren, landbouw, bodemeigenschap, bodemfunctie,



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Businessunit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

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

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-883

Foto omslag: WUR

Inhoud

Inhoud	3	
Woord vooraf	5	
Samenvatting	7	
1	Introductie	Error! Bookmark not defined.
1.1	Achtergrond en aanleiding	9
1.2	Stand van zaken BLN, versie 1.0	9
1.3	Doel rapport en afbakening	11
1.4	Aanpak	11
1.5	Opzet rapport	12
2	Wijzigingen en verduidelijkingen in de BLN, versie 1.1	13
2.1	Definitie bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer	13
2.2	Gebruiksdoelen en schaalniveau	14
2.3	Landgebruik en bodemtype	14
2.4	Definitie van streefwaarden en referentiewaarden	15
2.5	Wijzigingen en aanscherpingen in indeling van indicatoren t.o.v. versie 1.0	15
2.5.1	Indeling van de indicatoren	15
2.5.2	Opname en verwijdering van indicatoren	16
2.5.3	Aanscherpingen van indicatoren	16
2.5.4	Aanpassen en aanvulling van streefwaarden en referentiewaarden	17
2.5.5	Protocollen meetmethoden	18
2.6	Tabel BLN, versie 1.1	18
3	Ontwikkelpad BLN, versie 2.0	21
3.1	Gewenst eindresultaat	21
3.2	Systematiek	22
3.3	Doel en context van de BLN	23
3.4	Beoordeling bodemkwaliteit op bodemfuncties	26
3.5	Indicatoren en meetmethoden	28
3.6	Positionering BLN, ontwikkeling van versie 2.0, draagvlakontwikkeling en communicatie	30
3.7	Overzicht activiteiten	32
4	Nawoord	35
Literatuur	37	
Bijlage 1	Verslag workshop evaluatie BLN	40
Bijlage 2	Protocollen BLN-indicatoren	44

Woord vooraf

De ontwikkeling van de BLN waaronder ook de evaluatie van versie 1.0 is een traject waaraan veel meer mensen hebben bijgedragen dan alleen de auteurs van dit rapport. De BLN bouwt voort op vele voorgaande trajecten zoals de biologische bodemindicatoren (BOBI), de Soil Health Index (SHI), het Meten is weten project in de PPS Duurzame Bodem en de Open Bodemindex. Ook de metingen van de BLN-indicatoren in diverse lange termijn projecten zoals in de systeemprouwen, het bedrijvennetwerk bodemmetingen en andere projecten van de PPS Beter Bodembeheer hebben bijgedragen aan het tot stand komen en het verbeteren van de BLN.

We zijn dus schatplichtig aan vele collega-onderzoekers in de afgelopen decennia die gewerkt hebben aan onderdelen van het meten van bodemkwaliteit. In het bijzonder willen we allen bedanken die nu dit jaar hebben bijgedragen aan de evaluatie van de BLN, versie 1.0. Ten eerste willen we alle aanwezige collega-onderzoekers bij de workshop op 16 februari (zie bijlage 1 met verslag) bedanken voor hun bijdrage in de discussie. Daarnaast willen we Marius Heinen, Jack Faber, Gerard Korthals en Joke Postma en ook de partners uit de PPS Beter Bodembeheer Thea van Beers (Agrifirm), Gera van Os (Aeres Hogeschool), Frank Woets (van Iperen) en Albert Jan Olijve (Van Tafel naar Kavel) bedanken voor hun commentaar op dit rapport en/of de flyer van de BLN, versie 1.1.

In het bijzonder willen nog we Marjoleine Hanegraaf bedanken als trekker van het opstellen van de BLN, versie 1.0. Ondanks je gebrek aan tijd heb je toch nog weten bij te dragen aan dit evaluatierapport. Ook Gerard Ros (NMI) willen we in het bijzonder bedanken voor zijn bijdrage vanuit de Open Bodemindex, met name voor alle bijdragen sinds de ontwikkeling van de BLN, versie 1.0 over het meten en beoordelen van bodemkwaliteit en ook de uitgebreide review van het rapport. We zijn ook blij om samen met Gerard de BLN, versie 2.0 te kunnen ontwikkelen in de PPS Beter Bodembeheer.

Tot slot willen we ook Annet Zweep en Albert de Vries van het Ministerie van LNV bedanken voor hun bijdrage bij de opzet van deze evaluatie en de bespreking van het conceptrapport.

We verwachten dat we met dit rapport en de bijbehorende flyer met de BLN, versie 1.1 bijdragen aan de verdere ontwikkeling van het meten en beoordelen van bodemkwaliteit in de Nederlandse landbouw.

Janjo de Haan, Erik van den Elsen en Saskia Visser

Samenvatting

Inleiding en doel

De indicatorset, Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0 is een wetenschappelijk verantwoorde indicatorset die de basis vormt om de kwaliteit van de Nederlandse landbouw bodems integraal (fysisch, chemisch, biologisch en visueel), voor verschillende landgebruiksdoelen, vast te stellen. De indicatorset draagt bij aan de ambitie van het Nationaal Programma Landbouwbodems dat in 2030 alle landbouwbodems duurzaam beheer worden. De BLN, versie 1.0 is opgeleverd in augustus 2019 in Hanegraaf et al. (2019). Sindsdien is de BLN onderschreven door het Nationaal Programma Landbouwbodems, gepresenteerd op diverse gelegenheden en in diverse artikelen en getest in de PPS Beter Bodembeheer en het programma Slim Landgebruik. Op basis van de ervaringen is er behoefte aan een actualisatie van de BLN. Enerzijds een beperkte actualisatie op korte termijn naar een BLN, versie 1.1 om op basis van de ervaringen enkele onvolkomenheden op te lossen en aanvullingen te maken. Anderzijds een grotere actualisatie voor de langere termijn om tot een beter gefundeerd beoordelingskader van integrale bodemkwaliteit van landbouwbodems in Nederland te komen. Dit wordt beschreven in een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0. De ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 is voorzien in de PPS Beter Bodembeheer in 2021 en 2022.

BLN, versie 1.1

In de BLN, versie 1.1 zijn een aantal aanpassingen aangebracht:

- In de onderliggende methodiek:
 - o Definities van bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer
 - o Gebruiksdoelen en schaalniveau van de BLN: zowel voor nationale en regionale monitoring als voor toepassing op bedrijfs- en perceelsniveau door ondernemers.
 - o Definities van streef- en referentiewaarden en hun toepassing per landgebruik en bodemtype
- In de indicatoren:
 - o De indicatoren POXC en textuur zijn verwijderd uit de BLN
 - o Aanscherping van de definitie van indicatoren
 - o Opname van referentiewaarden uit het rapport Staat van de Bodemkwaliteit (Van den Elsen, 2020).
 - o Aanscherping van protocollen en meetmethoden (zie bijlage 2).

Dit heeft geleid tot de BLN, versie 1.1 in Tabel 1. De BLN, versie 1.1 is ook beschreven in een separate flyer. De BLN, versie 1.1, geeft de basis aan naar welke bodemeigenschappen gekeken moet worden om een integraal beeld van de bodemkwaliteit te krijgen. Bepaling van alle indicatoren zal niet altijd mogelijk zijn en de interpretatie van resultaten is mogelijk nog beperkt. De lijst met indicatoren geeft echter wel aan waarnaar gekeken moet worden en helpt mee in het bewustzijn van het belang van een brede integrale bodemkwaliteit en de meerdere functies waaraan een bodem moet voldoen.

BLN, versie 2.0

Het gewenste eindresultaat van de BLN is een systematiek om relatief goedkoop en eenvoudig de bodemkwaliteit integraal vast te stellen van landbouwbodems in Nederland als basis voor beslissingen over het verdere management van de bodem zowel voor nationale en regionale monitoring als voor het vaststellen van de bodemkwaliteit op perceelsniveau. Met name voor een goede integrale beoordeling van bodemkwaliteit moet nog veel ontwikkeld worden. In het rapport wordt een ontwikkelpad beschreven met 20 acties om tot een goede BLN, versie 2.0 te komen. Hierbij gaat het om:

- Het uitwerken van een systematiek voor het meten en beoordelen van bodemkwaliteit
- Het aanscherpen van definities in de systematiek
- Keuzes voor toepassingen van combinaties van grondsoort en landgebruik en schaalniveau

- Selectie van bodemfuncties en bijbehorende te meten bodemkenmerken en andere benodigde informatie en vaststellen van de bijbehorende meetmethoden van bodemkenmerken en streefwaarden van bodemfuncties.
- Zoeken naar alternatieve goedkope en snelle meetmethoden die voldoende goed zijn voor vaststellen van de bodemfunctie.
- Discussie met potentiële gebruikers en andere belanghebbenden over het meten en beoordelen van bodemkwaliteit van landbouwbodems.

De BLN, versie 2.0 zal in de PPS Beter Bodembeheer, Integraal en naar de praktijk verder ontwikkeld worden in 2021 en 2022 mede ook op basis van het wetenschappelijke framework van de Open Bodemindex. De ontwikkeling wordt ook internationaal ingebed door de koppeling met projecten in het European Joint Programming on Soil (EJP-SOIL). Ook zal afgestemd worden met bestaande bodemwaarderingsinstrumenten en adviestools zoals de Open Bodemindex, de BodemConditieScore, de Soil-Health-Index en de BedrijfsWaterWijzer, om zo de onderliggende kennisbasis te blijven vernieuwen. De uitdaging van de ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 is groot en complex maar dringend nodig om tot een duurzaam bodembeheer in 2030 te komen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Zowel het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (kamerbrief van mei 2018), als private partijen (in het Nationaal Programma Landbouwbodems) hebben als streefdoel aangegeven dat alle landbouwbodems in Nederland in 2030 duurzaam worden beheerd. In veel beleidsopgaven is de bodemkwaliteit en een goed bodembeheer essentieel voor het welslagen. Voorbeelden van recent beleid in Nederland waarin bodembeheer een belangrijke rol heeft zijn 1) het Nationaal Programma Landbouwbodems, 2) visie rond kringlooplandbouw LNV, 3) Nederlands klimaatakkoord, 4) 6e actieprogramma nitraat met herijking mestbeleid en 5) de Kaderrichtlijn Water. Ook internationaal speelt dit o.a. met het klimaatakkoord van Parijs en de Farm to Fork Strategy van de EU en specifiek daarin de Mission Board Soil en Food. Voor het bedrijfsleven is bodembeheer ook van groot belang voor een robuust, duurzaam en toekomstgericht teeltsysteem met grote weerbaarheid tegen ziekte en plagen en een goed opbrengspotentieel en verdienmodel.

Om na te gaan of bodems duurzaam beheerd worden en koolstof vastgelegd wordt in de bodem is het nodig om de ontwikkeling in bodemkwaliteit vast te stellen. Hiervoor moet de bodemkwaliteit dus gemeten worden. Met de meting kan beoordeeld worden wat de kwaliteit is en welke maatregelen nodig zijn om de bodemkwaliteit te behouden of verbeteren. Het is belangrijk dat daarbij een gemeenschappelijke, eenduidige werkwijze gebruikt wordt.

Wageningen University & Research heeft de indicatorset Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN, versie 1.0) ontwikkeld in opdracht van het Ministerie van LNV (Hanegraaf et al. 2019). In de BLN, versie 1.0 is een selectie van de belangrijkste en beste indicatoren gemaakt. Deze geven een goed en betrouwbaar integraal beeld van de bodemkwaliteit. Integraal betekent met aandacht voor alle ecosysteemdiensten en functies die de bodem moet vervullen. Hierbij zijn naast elkaar klassieke betrouwbare meet- of bepalingsmethoden geselecteerd, die soms kostbaar en/of bewerkelijk zijn, alsook alternatieve, snellere en goedkopere meet- of bepalingsmethoden. De BLN, versie 1.0 is door de partijen in het Nationaal Programma Landbouwbodems onderschreven. Daarmee is een belangrijke stap gezet voor het eenduidig bepalen van de bodemkwaliteit van landbouwbodems en te komen tot duurzaam beheerde landbouwbodems.

Tegelijkertijd hebben de verschillende kennisinstellingen in Nederland (WUR, Deltares, KWR, NIOO) samen met private partijen (NMI, LBI, CLM, PPP-Agro) en de boerenpraktijk gewerkt aan een beoordelingssystematiek van de kwaliteit van landbouwbodems (Ros, 2019), uitmondend in transparante beoordelingssystematiek van de Open Bodemindex (OBI). Op verzoek van LNV zijn beide ontwikkelingen continue op elkaar afgestemd. In de PPS Beter Bodembeheer, Integraal en naar de praktijk (2021-2022) worden de BLN verder ontwikkeld mede op basis van het wetenschappelijke kader van de Open Bodemindex.

In de afgelopen jaren is de BLN toegepast in de PPS Beter Bodembeheer en het programma Slim Landgebruik. Bij toepassing van de BLN is vastgesteld dat verbeteringen mogelijk en nodig zijn. Daarom is een evaluatie uitgevoerd die kan helpen bij een aantal verbeteringen op de korte termijn in een BLN, versie 1.1 en voorstellen voor een verder ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0, welke in dit rapport beschreven worden.

1.2 Stand van zaken BLN, versie 1.0

De BLN, versie 1.0 is opgeleverd in augustus 2019 in [Hanegraaf et al. \(2019\)](#). De BLN is o.a. gepresenteerd op diverse gelegenheden zoals de kennisdag van de PPS Beter Bodembeheer, voor het Bodemcomité, in een kennisuitwisselingsbijeenkomst tussen Nederland en Duitsland, bijeenkomst

Nationale Bodemtop rond meten bodemkwaliteit en voor de Nederlands Bodemkundige Vereniging. Artikelen over de BLN zijn o.a. gepubliceerd in een [weblog](#), in het vakblad Bodem (Visser et al., 2019) en in de tweede editie van het [Beter Bodembeheer magazine](#) (de Haan & Bakker, 2020). Ook is een infographic voor de BLN ontwikkeld (Figuur 1).

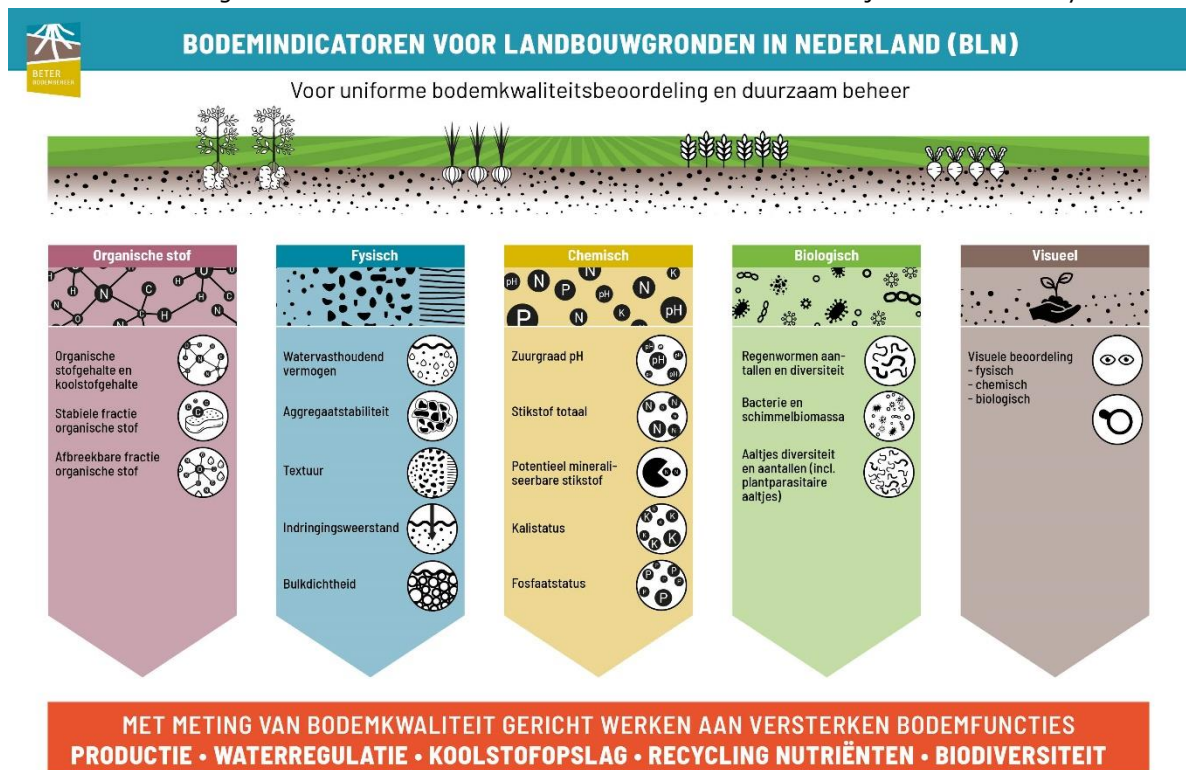
De in BLN, versie 1.0 gepresenteerde lijst met indicatoren is een wetenschappelijk verantwoorde indicatorset die de basis vormt om de kwaliteit van de Nederlandse landbouw bodems integraal (fysisch, chemisch, biologisch en visueel), voor verschillende landgebruiksdoelen, vast te stellen. Dit uitgangspunt is voor BLN, versie 1.1 gehandhaafd.

Om te komen tot een eenduidige beoordeling van de bodemkwaliteit onderschrijven de partijen betrokken bij het Nationaal Programma landbouwbodems dat de BLN de basis is voor het bepalen van bodemkwaliteit. Zie de [notitie](#) Jan Jacob van Dijk van voorjaar 2020 namens de ketenpartijen aan de minister van LNV.

De BLN, versie 1.0 is getest in het [Bedrijvennetwerk Bodemmetingen](#) van de PPS Beter Bodembeheer. Metingen zijn uitgevoerd in 2019 (de Haan et al., 2021). Alle 17 indicatoren zijn gemeten met zowel de klassieke als de alternatieve meetmethoden. Daarnaast zijn nog een aantal andere metingen uitgevoerd. Ook is de meetset BLN ingebed binnen de methodiek van de OBI, getoetst op 29 bedrijven in 2019 (Ros, 2019) en meer dan 100 bedrijven in 2021 (Ros et al., in press).

In het programma Slim Landgebruik is de BLN ook toegepast:

- Een analyse van de beschikbare BLN-indicatoren vanuit de CC-NL-bemonstering op koolstofvastlegging uit 2018 in Nederland is gepubliceerd in [van den Elsen et al. \(2020\)](#). De analyse betreft slechts een deel van de BLN-indicatoren omdat de monsternamen in eerste instantie was gericht op koolstofvastlegging en bepaling van de bodemkwaliteit pas in tweede instantie meegenomen is. Een beperkte set van indicatoren kon toen bepaald worden aan het beschikbare monster.
- Een selectie van BLN-indicatoren is gemeten in de lange termijnexperimenten die ook bemeten zijn op koolstofvastlegging in najaar 2019. Een eerste analyse hiervan is gerapporteerd in [Koopmans et al. \(2020\)](#). Een nadere analyse van de data wordt op korte termijn gepubliceerd. Vanwege kosten en uitvoerbaarheid is een selectie van indicatoren gemaakt.
- Dezelfde selectie van BLN-indicatoren is gemeten op bedrijven in de bodem- en klimaatnetwerken van Slim Landgebruik zowel in de akkerbouw als in de melkveehouderij. Een eerste analyse



hiervan is gerapporteerd in de voortgangsrapportages van april 2020 voor [akkerbouw](#) (Janmaat & Koopmans eds., 2020) en [melkveehouderij](#) (Wagenaar et al., 2020). Een nadere analyse van de data is nu gaande.

Figuur 1. *Infographic van de BLN, versie 1.0 waarbij de BLN-indicatoren in de categorieën organische stof, fysisch, chemisch, biologisch en visueel zijn gegroepeerd.*

1.3 Doel rapport en afbakening

Het doel van dit rapport is om:

- Ervaringen bij het gebruiken en toepassen van de BLN in de PPS Beter Bodembeheer (bedrijfsnetwerk) en Slim Landgebruik (CC-NL, Nulmeting bodemkwaliteit, LTE's en netwerken) te gebruiken voor het opstellen van een verbeterde BLN, versie 1.1. De systematiek van de BLN wordt beperkt aangepast. Het gaat vooral om kleine verbeteringen en verduidelijkingen.
- Een gewenst ontwikkelpad te schetsen naar een BLN, versie 2.0. Hierbij gaat het om aanbevelingen voor het ontwikkelen en verbeteren van de systematiek qua indeling, indicatoren, meetmethodes, streefwaarden en referentiewaarden en bruikbaarheid o.b.v. van de ervaringen uit de afgelopen jaren. Hierbij gaat het ook om de inbedding hiervan binnen een geïntegreerde systematiek van bodembeoordeling. De ontwikkeling wordt in de PPS Beter Bodembeheer in de volgende jaren vormgegeven, waarbij naar verwachting ook gebruik gemaakt kan worden van resultaten uit de programma's Slim Landgebruik en EJP SOIL als ook van resultaten die beschikbaar komen via de uitrol van instrumenten als de OBI en aanverwante instrumenten binnen het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (Ros, 2020).

Tijd en budget voor de evaluatie is beperkt, en daarmee ook de diepgang van deze evaluatie. Daarbij waren op het moment van de evaluatie nog niet alle rapportages beschikbaar vanuit het Bedrijfsnetwerk Bodemmetingen van de PPS Beter Bodembeheer en Slim Landgebruik.

In deze evaluatie worden beperkt de wensen van bedrijfsleven betrokken. Alleen de input vanuit de vervolgsessie rond Meten Bodemkwaliteit van de Nationale Bodemtop en de werkpakketbijeenkomst van de PPS Beter Bodembeheer en eerder opgehaald commentaar worden gebruikt voor in de evaluatie. Beoogd wordt om binnen de PPS Beter Bodembeheer in 2021 en 2022 stakeholders breder te betrekken bij de verdere ontwikkeling van de BLN.

1.4 Aanpak

De aanpak van de evaluatie was als volgt:

1. Een inventarisatie van mogelijke punten ter verbetering van de BLN, versie 1.0 is opgesteld op basis van de ervaringen in toepassing van de BLN in het Bedrijfsnetwerk van de PPS Beter Bodembeheer en Slim Landgebruik en commentaar van derden op de BLN van de afgelopen anderhalf jaar.
2. Een projectplan is opgesteld voor het verdere uitvoeren van de evaluatie. Het projectplan is afgestemd met vertegenwoordigers van het Ministerie van LNV betrokken bij de PPS Beter Bodembeheer.
3. De inventarisatie van punten is verder uitgewerkt tot bespreekpunten voor een workshop met collega-onderzoekers.
4. Een workshop met collega-onderzoekers is georganiseerd waarin de bespreekpunten bediscussieerd zijn. Een verslag van de bijeenkomst is opgenomen in bijlage 1.
5. Op basis van de inventarisatie en workshop is dit rapport opgesteld opgedeeld in aanpassingen voor de BLN, versie 1.1 en punten voor het ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0.
6. Het rapport is ter commentaar voorgelegd aan de deelnemers van de workshop en enkele partners van de PPS Beter Bodembeheer.

7. De BLN, versie 1.1 is beschreven in een aparte flyer.

1.5 Opzet rapport

In hoofdstuk 2 worden de wijzigingen en verduidelijkingen beschreven die aangebracht zijn in de BLN, versie 1.1. Verduidelijkingen liggen op het terrein van definities van bodemkwaliteit, bodembeheer, streefwaarden en referentiewaarden; de gebruiksdoelen van de BLN en de indeling in toepassingen naar landgebruik en fysieke omstandigheden. Wijzigingen liggen in de selectie en indeling van indicatoren, meeteenheden en referentie- en streefwaarden. De BLN, versie 1.1 wordt beschreven in een aparte flyer.

In hoofdstuk 3 wordt het ontwikkelpad beschreven voor de BLN, versie 2.0. Eerst wordt een overall eindplaatje beschreven en de systematiek (paragraaf 3.1 en 3.2). Vervolgens worden de onderdelen verder uitgewerkt in de volgende paragrafen: doel en context van de BLN in paragraaf 3.3, beoordeling van bodemkwaliteit met bodemfuncties in paragraaf 3.4 en indicatoren en meetmethoden in paragraaf 3.5. In paragraaf 3.6 wordt de positionering van de BLN en draagvlakontwikkeling beschreven. In alle paragrafen worden activiteiten benoemd die nodig zijn voor de verdere ontwikkeling van de BLN. In paragraaf 3.7 wordt een overzicht gegeven van deze activiteiten.

2 Wijzigingen en verduidelijkingen in de BLN, versie 1.1

2.1 Definitie bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer

De doelstelling van het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL) is dat alle landbouwbodems duurzaam beheerd worden in 2030. Duurzaam beheer is in het NPL niet duidelijk gedefinieerd. In de BLN, versie 1.0 is in de begrippenlijst een definitie voor duurzaam beheer opgenomen¹, niet specifiek op bodems gericht. In dit rapport zelf wordt de definitie van duurzaam (bodem)beheer verder niet besproken. Belangrijke aspecten in de definitie zijn dat het beheer mogelijk maakt dat de bodem diverse functies vervult, ook op de lange termijn. Verondersteld wordt enerzijds dat duurzaam bodembeheer leidt tot een goede bodemkwaliteit welke diverse functies kan vervullen en dat met het meten van bodemkwaliteit de mate van duurzaamheid van het beheer kan worden geëvalueerd. Echter, vanwege de trage reactie van de bodem op beheer en/of de fysieke omstandigheden (grondsoort, klimaat, waterhuishouding) kan een goede bodemkwaliteit jarenlang gepaard gaan met een slecht beheer, of omgekeerd, voordat de gevolgen van het bodembeheer zichtbaar worden in een veranderde bodemkwaliteit (zie Figuur 2).

		Bodemkwaliteit	
		Goed	Slecht
Bodembeheer	Goed		
	Slecht		

Figuur 2. Mogelijke relaties tussen bodembeheer en bodemkwaliteit.

De BLN, versie 1.0 is alleen gericht op het meten van bodemkwaliteit, met andere woorden: welke metingen moeten uitgevoerd worden om op een integrale manier inzicht te krijgen in de kwaliteit van de bodem. Gezien het doel van het NPL en bovenstaande punten is het goed om ook bodembeheer mee te nemen in de BLN, zoals dat bijvoorbeeld door verschillende kennisinstellingen in 2016 is uitgewerkt in het zogenoemde Label Duurzaam Bodembeheer (Van der Wal et al., 2016). Enerzijds om direct te laten zien of aan het doel van duurzaam beheer voldaan wordt en anderzijds om meer zicht te krijgen of de verwachte ontwikkeling van de bodemkwaliteit met het uitgevoerde beheer in de gewenste richting is. Daarbij is het van belang de relaties tussen specifieke maatregelen en bodemindicatoren vast te stellen. Hoewel dit al wel integraal onderdeel uitmaakt van de integrale systematiek van bodembeoordeling, doen we dit echter nog niet in de BLN, versie 1.1, maar voorzien we dit in de ontwikkeling van versie 2.0. We handhaven de definitie voor bodemkwaliteit uit de BLN, versie 1.0 en stellen voor om de definitie van de FAO (2017) van duurzaam bodembeheer te gebruiken:

Goede Bodemkwaliteit: De capaciteit van een bodem om onder wisselende omstandigheden de gewenste bodemfuncties in voldoende mate beschikbaar te hebben voor een combinatie van doelen zoals voedselproductie, efficiënte kringloop van voedingsstoffen en behoud van de biodiversiteit.

¹ De definitie van duurzaam beheer in het rapport van de BLN, versie 1.0 luidt: Het gebruik van natuurlijke rijkdommen, waaronder bodems, water, dieren en planten, voor de productie van goederen om aan veranderende menselijke behoeften te voldoen, terwijl tegelijkertijd het lange termijn productieve potentieel van deze hulpbronnen en het onderhoud van hun milieufuncties worden gewaarborgd.

Duurzaam Bodembeheer: *Bodembeheer is duurzaam als de ondersteunende, voorzienende, regulerende en culturele diensten die door de bodem worden geleverd, worden gehandhaafd of verbeterd zonder de bodemfuncties die deze diensten mogelijk maken of de biodiversiteit significant te schaden. Het evenwicht tussen de ondersteunende en bevoorradingsdiensten voor plantaardige productie en de regulerende diensten die de bodem levert voor waterkwaliteit en beschikbaarheid en voor de samenstelling van broeikasgassen in de atmosfeer is een bijzondere zorg. (FAO, 2017).*

In versie 1.0 van de BLN is al gesteld dat de BLN is bedoeld voor toepassing op landbouwgronden. De definitie van Duurzaam bodembeheer is opgesteld door FAO en gaat voor wat betreft de BLN verder dan 'landbouwkundige productie' alleen. In het kader van de BLN beperkt deze definitie zich tot landbouwgronden en landbouwproductie.

De definities zullen in de ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 opnieuw worden beoordeeld en indien nodig verder worden aangescherpt.

2.2 Gebruiksdoelen en schaalniveau

In de BLN, versie 1.0 is het gebruiksdoel en schaalniveau waarvoor de BLN is ontwikkeld niet expliciet gedefinieerd. In de discussie van de afgelopen jaren is duidelijk geworden dat de BLN gewenst is voor:

1. Nationale en evt. ook regionale monitoring van de bodemkwaliteit door de indicatoren te bepalen op een selectie van percelen of punten om een nationaal of regionaal beeld van de bodemkwaliteit te krijgen.
2. Toepassing door boeren om de bodemkwaliteit van hun percelen te monitoren en zo nodig daarop actie op te ondernemen om het beheer, en daarmee op termijn de bodemkwaliteit te verbeteren.

Gewenst is om de metingen met een frequentie van ca. eens per 4-5 jaar of eens per rotatie te herhalen. Voor een integraal beeld is het noodzakelijk om alle indicatoren van de BLN te meten. Wanneer er focus ligt op specifieke productie- of duurzaamheidsdoelen kan ook een selectie van indicatoren gemaakt worden. Zie hiervoor de aanzet in het rapport van de BLN, versie 1.0 (Hanegraaf et al., 2019) en de Haan et al., (2019a).

2.3 Landgebruik en bodemtype

In de BLN, versie 1.0 zijn voorlopige streefwaarden en/of referentiewaarden vastgesteld voor enkele combinaties van landgebruik en bodemtype (akkerbouw en melkveehouderij op klei en zand). Voor ander landgebruik en bodemtypes is de aanbeveling gedaan om in een later stadium de streefwaarden en/of referentiewaarden vast te stellen. Voor de BLN, versie 1.1 werken we nog geen andere combinaties van landgebruik en bodemtype voor referentie en streefwaarden uit. Ook wordt nog geen verfijning gemaakt binnen de hoofdgrondsoorten zand en klei (bijv. onderverdeling in moerige gronden, zandgronden met eerdlaag en overige zandgronden) en een eventueel onderscheid naar regio's.

Textuur is één van de indicatoren in BLN, versie 1.0 en hoofdbepalend voor het bodemtype. Textuur is niet of nauwelijks te beïnvloeden door bodemmanagement maar kan wel bepalend zijn voor bepaalde processen in de bodem en verklarend voor bepaalde eigenschappen van de bodem. Textuur is meer een standplaatsconditie en op korte tijdschaal een niet veranderende indicator. We gaan ervanuit dat de textuur van een bodem, samen met andere kenmerken als bijvoorbeeld bodemtype, landgebruik en grondwaterstand bekend is. Textuur hoeft dus niet als onderdeel van de meetset steeds te worden bepaald en wordt daarom uit de BLN, versie 1.1 gehaald (zie paragraaf 2.5.2).

2.4 Definitie van streefwaarden en referentiewaarden

Het blijkt dat er verwarring is over wat precies streefwaarden en referentiewaarden zijn in de BLN. Dit komt mede omdat deze definities binnen verschillende disciplines (bodembodemkunde, chemie, medische wereld) op een andere manier zijn gedefinieerd en worden gebruikt. In de BLN, versie 1.0 zijn de begrippen als volgt gedefinieerd:

- *Streefwaarde*: De waarde horende bij een beoordeling 'goed'.
- *Referentiewaarde*: De waarde waarmee een meetresultaat kan worden vergeleken in termen van hoog of laag, zonder oordeelsvorming in termen van goed of slecht.

In beide definities is onduidelijk 1) wat goed is of hoe deze bepaald wordt, 2) of het om een punt of bandbreedte kan gaan en 3) of de streefwaarde of referentiewaarden kan verschillen voor verschillende combinaties van landgebruik en bodemtype. In de nieuwe definitie van streefwaarde komt ook de term 'doel' voor. Met 'doel' wordt hier het belangrijkste landgebruiksdoel bedoeld, bijvoorbeeld: 'duurzame productie', 'koolstofvastlegging' of 'stabiele opbrengst'. De nieuwe definities worden:

- *Streefwaarde*: De waarde voor een indicator waarboven en/of waaronder het gewenste doel bereikt kan worden voor een gegeven combinatie van landgebruik en bodemtype. De streefwaarde kan ook een bandbreedte omvatten. Voorbeelden van doelen zijn 'optimale gewasopbrengst' of 'koolstofvastlegging'.
- *Referentiewaarde*: Een vastgestelde waarde of bereik waarmee een meetresultaat kan worden vergeleken, zonder oordeelsvorming in termen van goed of slecht voor een gegeven combinatie van landgebruik en bodemtype. Bij voorkeur wordt een referentiebereik vastgesteld uit de 5% en 95% percentielen van een groot aantal metingen (ten minste 20 waarnemingen) in een referentiedataset en vormt dus een bereik van meest voorkomende indicatorwaarden zoals die 'gemeten worden in de praktijk' zonder dat wordt vermeld of dit goed of slecht is.

Een referentiewaarde wordt gebruikt als geen streefwaarde beschikbaar is en wanneer dus onduidelijk is bij welke waarde een indicator goed of slecht is. Het is simpelweg een range van waarden zoals die worden gemeten in de praktijk. Een referentiewaarde kan daarmee dus niet worden gezien als 'optimale' waarde voor een bepaald doel maar alleen als de meest voorkomende waarden voor een combinatie van landgebruik en bodemtype. Om duurzaam bodembeheer te stimuleren op basis van een gedegen set aan indicatoren, is het gebruik van streefwaarden essentieel. Referentiewaarden geven maar heel beperkt richting aan invulling van duurzaam bodembeheer. In de tabellen van de BLN, versie 1.0 is niet duidelijk aangegeven wat een streefwaarde is en wat een referentiewaarde is terwijl zowel streefwaarden als referentiewaarden zijn opgenomen. Het onderscheid tussen streef- en referentiewaarden zal in de tabel met de BLN, versie 1.1 duidelijk aangegeven worden. Daarnaast worden waar beschikbaar zowel streefwaarden als beschikbare referentiewaarden gegeven, evenals de bron van deze waarden. Het is onze wens om op termijn voor alle indicatoren streefwaarden te hebben.

2.5 Wijzigingen en aanscherpingen in indeling van indicatoren t.o.v. versie 1.0

2.5.1 Indeling van de indicatoren

Er is discussie over de plaatsing van specifieke indicatoren onder de categorieën organische stof, fysisch, chemisch, biologisch en algemeen. Het gaat hierbij o.a. om heet water koolstofextractie, potentieel mineraliseerbare stikstof en de visuele beoordeling. Er is besloten om hier in de versie 1.1 geen wijzigingen in aan te brengen.

Daarnaast zijn een aantal van de indicatoren samengesteld met twee of meer sub-indicatoren. De volgende indicatoren splitsen we:

- Organische stofgehalte en koolstofgehalte. Koolstofgehalte is ook een kwaliteit van het organisch stofgehalte. Organisch stofgehalte is een breed verspreid kengetal wat veel gemeten wordt.
- Aaltjesdiversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes). De plantparasitaire aaltjes zijn een belangrijke aparte groep waarover meer kennis is dan de overige aaltjes en met eigen drempelwaarden (streefwaarden) met oog op gewasproductie. Tevens heeft deze indicator sowieso al meerdere sub-indicatoren (aaltjesdiversiteit en aantallen), eventueel nog uit te breiden met andere indices die worden gebaseerd op voedselbiologie of levensgeschiedenissenmerken.

Andere samengestelde indicatoren zoals fosfaatstatus, kalistatus, bacterie- en schimmelbiomassa en regenwormenaantallen en -diversiteit blijven onveranderd in BLN, versie 1.1.

2.5.2 Opname en verwijdering van indicatoren

In de BLN, versie 1.1 worden geen nieuwe indicatoren toegevoegd om de set beperkt te houden qua omvang. Er zijn meerdere indicatoren naar voren gekomen als potentiële kandidaat voor de BLN, echter vooralsnog niet met zulke zwaarwegende argumenten om deze nu ook op te nemen. CEC is hier de belangrijkste van. De indicatoren POXC en textuur worden verwijderd uit de BLN, versie 1.1. Hieronder worden deze specifieke keuzes kort toegelicht.

CEC

Door diverse mensen is aangedrongen om CEC op te nemen meer dan alleen K-CEC (de hoeveelheid kali aan het uitwisselcomplex). De CEC zegt veel over de buffercapaciteit van nutriënten welke van belang is voor bodemvruchtbaarheid, gewasproductie, weerbaarheid van het productiesysteem en risico op verliezen van nutriënten. In de Minimale Dataset (de Haan et al, 2019b) was CEC ook opgenomen als indicator. Vanwege de beperking van het aantal indicatoren is ervoor gekozen om CEC vooralsnog niet op te nemen als indicator. Gekozen is om de chemische kant te beperken tot pH-, stikstof-, fosfaat- en kali-gerelateerde indicatoren.

POXC

De indicator voor de stabiele fractie organische stof (POXC) wordt verwijderd vanwege het nog experimentele karakter, gebrek aan voortgang in de ontwikkeling van de indicator, het ontbreken van referentiewaarden en de gedeeltelijke overlap met HWC. De indicator blijft voor de toekomst wel een mogelijke kandidaat voor karakterisering organische stofkwaliteit naast andere indicatoren voor het meten van organische stofkwaliteit die getest zijn in het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen zoals Rock Eval (een pyrolysemethode) en Microrespiration (een methode waarmee respiratie gemeten wordt bij menging van grond met diverse substraten, de Haan et al., in druk).

Textuur

De indicator 'textuur' wordt verwijderd omdat we ervanuit gaan dat deze bekend is en omdat de indicator niet of nauwelijks veranderbaar is niet steeds opnieuw gemeten hoeft te worden (zie paragraaf 2.3). De indicator moet wel minimaal één keer bepaald worden. Overigens geldt dat veen en moerige gronden onderhevig zijn aan oxidatie waardoor veengronden veranderen in moerige gronden en moerige gronden veranderen in minerale gronden. Voor zit soort gronden is het dus wel zeer sterk te adviseren in de loop der jaren de textuur opnieuw te laten bepalen, omdat de samenstelling van dit soort gronden wel degelijk in bijvoorbeeld een decennium kan veranderen.

2.5.3 Aanscherpingen van indicatoren

Organische stof

De klassieke meetmethode van het OS% is de gloeiverliesbepaling. In BLN, versie 1.0 was niet gespecificeerd of dit inclusief klei- en/of kalkcorrectie is. Uit resultaten van het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen is gebleken dat in ieder geval de kleicorrectie nodig is om een nauwkeurige uitkomst te verkrijgen. Hiervoor is het dus noodzakelijk de textuur te kennen.

Watervasthoudend vermogen

Bij het opstellen van de BLN, versie 1.0 was in eerste instantie bij de indicator watervasthoudend vermogen alleen uitgegaan van het vochtgehalte bij veldcapaciteit (pF = 2). Dit leidde tot verwarring omdat de definitie van watervasthoudend vermogen internationaal gedefinieerd is als het verschil in vochtgehalte tussen veldcapaciteit (pF = 2) en het verwelkingspunt (pF = 4.2). We stellen voor om

aan te sluiten bij de internationale definitie van watervasthoudend vermogen en dus in de BLN, versie 1.1 het verschil tussen veldcapaciteit en verwelkingspunt aan te houden.

Stikstof totaal

Voor stikstof totaal wordt de Dumas meetmethode in Nederland bij laboratoria niet toegepast. In plaats hiervan wordt de methode zoals beschreven door Hassink (1995) gebruikt. Dit is in de BLN, versie 1.1 aangepast.

Fosfaatstatus

Voor het bepalen van de fosfaatstatus worden de indicatoren voor het vaststellen van het bemestingsadvies gebruikt. Voor de akkerbouw was dit Pw. Omdat onlangs het fosfaatbemestingsadvies voor de akkerbouw is aangepast waarbij net als in de melkveehouderij ook gebruik gemaakt wordt van de indicatoren P-Al en P-CaCl₂ wordt de Pw in de BLN, versie 1.1 als deelindicator verwijderd. Streefwaarden voor deze indicatoren ontbreken nog voor de akkerbouw op moment van publicatie. Deze worden in de loop van 2021 toegevoegd.

Kalistatus

Voor het bepalen van de kalistatus worden de indicatoren voor het vaststellen van het bemestingsadvies gebruikt. Voor de akkerbouw was dit K-getal bepaald aan de hand van organisch stofgehalte en een extractie in HCl en oxaalzuur zoals vermeld in het [Handboek Bodem en Bemesting](#). De extractie wordt op deze wijze niet meer uitgevoerd door laboratoria in Nederland vanwege veiligheidsredenen voor uitvoerenden. Daarnaast wordt op korte termijn het kali-bemestingsadvies in de akkerbouw – identiek aan de systematiek van advisering in de melkveehouderij - aangepast naar K-voorraad aan de CEC en de kalibeschikbaarheid met K-CaCl₂ extractie. Daarom wordt de extractie in HCl en oxaalzuur verwijderd als klassieke meetmethode. Daarvoor in de plaats komt de K-voorraad bepaling aan de CEC. Hier wordt ook de klassieke en alternatieve methode aangepast: de klassieke nat-chemische bepalingmethode is een extractie in cobalt hexamine trichloride (ISO 23470, 2018; NEN 6966, 2005) en de alternatieve snelle en goedkope methode is met NIRS (Near Infrared Spectroscopy, zie [Hanegraaf et al. \(2019\)](#)). De deelindicator K-CaCl₂ blijft ongewijzigd. Streefwaarden voor deze indicatoren ontbreken nog voor de akkerbouw op moment van publicatie. Deze worden in de loop van 2021 toegevoegd.

Visuele beoordeling

Voor de visuele beoordeling wordt het protocol aangescherpt. Er zijn een aantal methodieken (Testkit Bodemkwaliteit, Koopmans & Brands, 2002; Bodemconditie, ter Berg, 2019; Bodemconditiescore, Sonneveld et al., 2014) voor visuele bodembeoordeling bekeken en hieruit zijn de volgende indicatoren als 'grootste gemene deler' overgebleven: 'bodemstructuur', 'bodemleven' en 'beworteling'. Elk systeem heeft zijn eigen beschreven methodiek en bijpassende beoordelingsmethode. Referenties naar de methoden zijn gegeven in Tabel 1, inclusief documentatie. We stellen voor dat gebruikers een van de methodieken kiezen en de beoordelingswijze volgen.

NIRS als alternatieve snelle en goedkope methode

In de BLN, versie 1.1 wordt een afzonderlijke aanduiding opgenomen bij de NIRS-metingen zodat kan worden gezien welke NIRS-methode is geaccrediteerd en welke niet. Geaccrediteerde NIRS-methoden zijn op het moment van schrijven: organische stofgehalte, koolstofgehalte en stikstof totaal. Daarnaast is NIRS als alternatieve meetmethode voor fosfaatvoorraad (P-Al) en kalivoorraad (K-CEC) opgenomen omdat deze methoden veel gebruikt worden. De NIRS-methoden voor potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) en bacterie- en schimmelmassa zijn verwijderd uit de BLN, versie 1.1., omdat deze nog te experimenteel van karakter zijn en niet betrouwbaar genoeg.

2.5.4 Aanpassen en aanvulling van streefwaarden en referentiewaarden

In de BLN, versie 1.1 wordt per indicator aangegeven welke streefwaarden en referentiewaarden beschikbaar zijn. In de BLN, versie 1.0 was geen onderscheid gemaakt tussen streefwaarden en referentiewaarden, dat wordt in de versie 1.1 wel duidelijk gedaan (definities zie paragraaf 2.4).

De volgende streefwaarden zijn aangepast:

- Watervasthoudend vermogen: streefwaarde is in volumefractie vocht [$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$] weergegeven. Dit was in versie 1.0 onduidelijk.
- Indringingsweerstand: streefwaarde is aangepast naar $<3 \text{ MPa}$, zoals ook aangegeven in het [Handboek Bodem en Bemesting](#).
- Voor de streefwaarden voor pH, fosfaatstatus en kalistatus wordt uitdrukkelijk verwezen naar de adviezen in de [Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen](#) voor de melkveehouderij en het [Handboek Bodem en Bemesting](#) voor de akkerbouw. Streefwaarden voor fosfaat en kali in de akkerbouw op basis van deze twee indicatoren zijn nu nog niet beschikbaar maar worden later in 2021 opgenomen in het Handboek Bodem en Bemesting.

Referentiewaarden in de BLN, versie 1.1 zijn aangevuld met de 5% en 95% percentielen die in het CC-NL-project zijn gemeten (van Tol-Leenders et al. 2018) voor de indicatoren organisch stofgehalte, koolstofgehalte, droge bulkdichtheid, pH, stikstof totaal, Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN), P-CaCl₂ en P-Al.

2.5.5 Protocollen meetmethoden

In de BLN, versie 1.0 is voor de protocollen van de meetmethoden verwezen naar van Elsen et al. (2019) en de Haan et al. (2019b). In de rapportage over de metingen in het Bedrijvensnetwerk Bodemmetingen (de Haan et al., in druk) is een *update* gemaakt van deze protocollen voor de metingen die hier zijn uitgevoerd. De protocollen van de relevante indicatoren die in de BLN, versie 1.1 zijn opgenomen zijn overgenomen in bijlage 2.

2.6 Tabel BLN, versie 1.1

Op basis van bovenstaande wijzigingen is in Tabel 1 de BLN, versie 1.1 weergegeven. In het CC-NL 2018 project (Van Tol-Leenders et al. 2018), zijn in totaal op 810 locaties in landbouwpercelen bodemmetingen gedaan waarvan de resultaten als referentiewaarde in Tabel 1 zijn toegevoegd. De metingen zijn op 6 verschillende bodemtypen uitgevoerd: zandgronden met een eerdlaag, dikker dan 30 cm, overige zandgronden, kleigronden (inclusief kleibrikgronden en oude kleigronden), leemgronden (inclusief leembrikgronden), moerige gronden (inclusief moerige podzolgronden) en veengronden. In CC-NL zijn ook akkerbouw en melkveehouderij als landgebruik onderscheiden. Omdat in Tabel 1 'zandgronden' niet verder zijn onderverdeeld zoals in CC-NL project wel is gebeurd, zijn de resultaten van de 'zandgronden met eerdlaag dikker dan 30cm' en de 'overige zandgronden' voor het berekenen van de referentiewaarden samengevoegd. Het aantal metingen waarmee de referentiewaarden zijn berekend is in de tabel tussen haakjes vermeld.

Tabel 1. BLN, versie 1.1 met geselecteerde indicatoren voor het bepalen van bodemkwaliteit. Beschrijvingen van de indicatoren zijn opgenomen in bijlage 2. Betekenis afkortingen: n.b. = niet beschikbaar, Ref = referentiewaarde, Streef = streefwaarde, n = aantal waarnemingen per combinatie sector-grondsoort in CC-NL 2018.

Nr	Indicator	Klassieke meetmethode	Snelle, goedkopere meetmethode ¹	Eenheid	Type waarde	Streef- en referentiewaarden				Bron streef- en referentiewaarden
						akkerbouw op klei	akkerbouw op zand	melkvee-houderij op klei	melkvee-houderij op zand	
Organische stof indicatoren										
1	Organisch stofgehalte (Soil Organic Matter - SOM)	Gloeiverlies 550 °C	NIRS*	%	Ref	1.70-4.78 (n = 105)	1.58-11.33 (n=99)	2.51-16.03 (n = 215)	2.5-9.39 (n = 203)	CC-NL 2018
2	Organisch koolstofgehalte (Soil Organic Carbon - SOC)	Koolstof, 550 °C	NIRS*	%	Ref	1.34-8.76 (n = 105)	7.22-61.8 (n=99)	1.34-8.76 (n = 215)	13.4-54.47 (n = 203)	CC-NL 2018
3	Afbreekbare fractie organische stof	Extractie in heet water (HWC)	n.b.	mg kg ⁻¹	Ref	500	500-2000	n.b.	700-2300	Hanegraaf et al., 2009; Hanegraaf en Van Alebeek, 2014
Fysische indicatoren										
4	Watervasthoudend vermogen	Zandbak/drukpan	pedotransferfunctie o.b.v. textuur + OS	m ³ m ⁻³	Ref	0.24	0.19	0.24	0.19	Heinen et al., 2020
5	Aggregaatstabiliteit	Natte zeefmethode	n.b.	%	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
6	Indringingsweerstand	Penetrometer	n.b.	MPa	Streef	< 3	< 3	< 3	< 3	Handboek Bodem en Bemesting
7	Droge bulkdichtheid	Massa na drogen 105° C	pedotransferfunctie o.b.v. OS%	kg m ⁻³	Streef	1.15-1.41 (n=105)	1.20-1.51 (n=99)	0.76-1.38 (n=215)	1.17-1.47 (n=203)	CC-NL 2018
Chemische indicatoren										
8	Zuurgraad (pH)	Extractie in CaCl ₂	NIRS	-	Streef	Afhankelijk van lutum%, org. stof% en bouwplan		Afhankelijk van lutum% en organische stof%		Adviesbasis Bemesting/ Handboek Bodem & Bemesting
					Ref	6.42-7.6 (n=105)	4.49-7.4 (n = 99)	5.47-7.6 (n = 215)	4.41-6.40 (n = 203)	CC-NL 2018
9	Stikstof totaal (N-totaal)	Hassink	NIRS*	g kg ⁻¹	Ref	0.87-2.42 (n = 105)	0.65-3.48 (n = 99)	1.25-7.80 (n = 215)	0.90-0.33 (n = 203)	CC-NL 2018
10	Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN)	Anaerobe incubatie	n.b.	mg kg ⁻¹	Ref	21.00-93.26 (n = 105)	19.63-79.33 (n = 99)	32.48-209.1 (215)	2.32-113.02 (n = 203)	CC-NL 2018

Nr	Indicator	Klassieke meetmethode	Snelle, goedkopere meetmethode ¹	Eenheid	Type waarde	Streef- en referentiewaarden				Bron streef- en referentiewaarden
						akkerbouw op klei	akkerbouw op zand	melkvee-houderij op klei	melkvee-houderij op zand	
11	Fosfaatvoorraad (P-Al) en fosfaatbeschikbaarheid (P-CaCl ₂)	Extractie in ammoniumlactaatazijnzuur	NIRS	g P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹	Ref	25.85-92.20 (n = 20)	18.00-97.90 (n = 78)	10.10-91.90 (n = 23)	10.50-95.25 (n = 166)	CC-NL 2018
		Extractie in CaCl ₂	n.b.	mg P kg ⁻¹	Ref	0.59-4.86 (n = 20)	0.60-8.68 (n = 78)	0.31-3.33 (n = 23)	0.33-6.55 (n = 166)	CC-NL 2018
					Streef	Tabellen Handboek Bodem & Bemesting Fosfaat ²	Tabellen Adviesbasis Bemesting p. 2.1.3.3/3.3.2	Adviesbasis Bemesting/ Handboek Bodem & Bemesting		
12	Kalivoorraad (K-CEC) en kalibeschikbaarheid (K-CaCl ₂)	Co-hexamine	NIRS	mmol+ kg ⁻¹	Streef	Tabellen Handboek Bodem & Bemesting Kali ²	Tabellen Adviesbasis Bemesting p. 2.1.4.3/3.3.3	Adviesbasis Bemesting/ Handboek Bodem & Bemesting		
		Extractie in CaCl ₂	n.b.	mg K kg ⁻¹						
Biologische indicatoren										
13	Aaltjes, aantallen en diversiteit	Microscopie	PCR	# 100 ml ⁻¹ verse grond	Ref	660-2190	1475-6331	2170 – 7260	2450-7760	Rutgers et al., 2007
				# taxa 100 ml ⁻¹ verse grond	Ref	25-44	19-32	21 – 36	27-42	Rutgers et al., 2007
14	Plantparasitaire aaltjes, aantallen en diversiteit	Microscopie	PCR	# 100 ml ⁻¹ verse grond	Streef	Afhankelijk van grondsoort, gewas en aaltjessoort				aaltjesschema.nl
15	Bacteriële biomassa	Microscopie	PLFA	µg C g ⁻¹ droge grond	Ref	7.5-162	25-145	38 – 844	40-293	Rutgers et al., 2007
16	Schimmelbiomassa	Microscopie	PLFA	µg C g ⁻¹ droge grond	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
17	Regenwormen, aantallen en diversiteit	Mosterd extractie	n.b.	# m ⁻²	Ref	12-440	0-118	126 – 804	24-388	Rutgers et al., 2007
				# taxa m ⁻²	Ref	1.3-7.9	0.0-4.7	5.0-9.0	3.0-7.0	Rutgers et al., 2007
Overige indicatoren										
18	Visuele beoordeling	Visueel	n.b.	Bodemstructuur	Ref	https://www.goedbodembeheer.nl/graaf-een-kuil https://www.cosunleden.nl/unitip/handleiding-bodemconditie http://mijnbodemconditie.nl/				GoedBodemBeheer Conditie score Bodemconditiescore
				# Bodemleven	Ref					
				Beworteling	Ref					

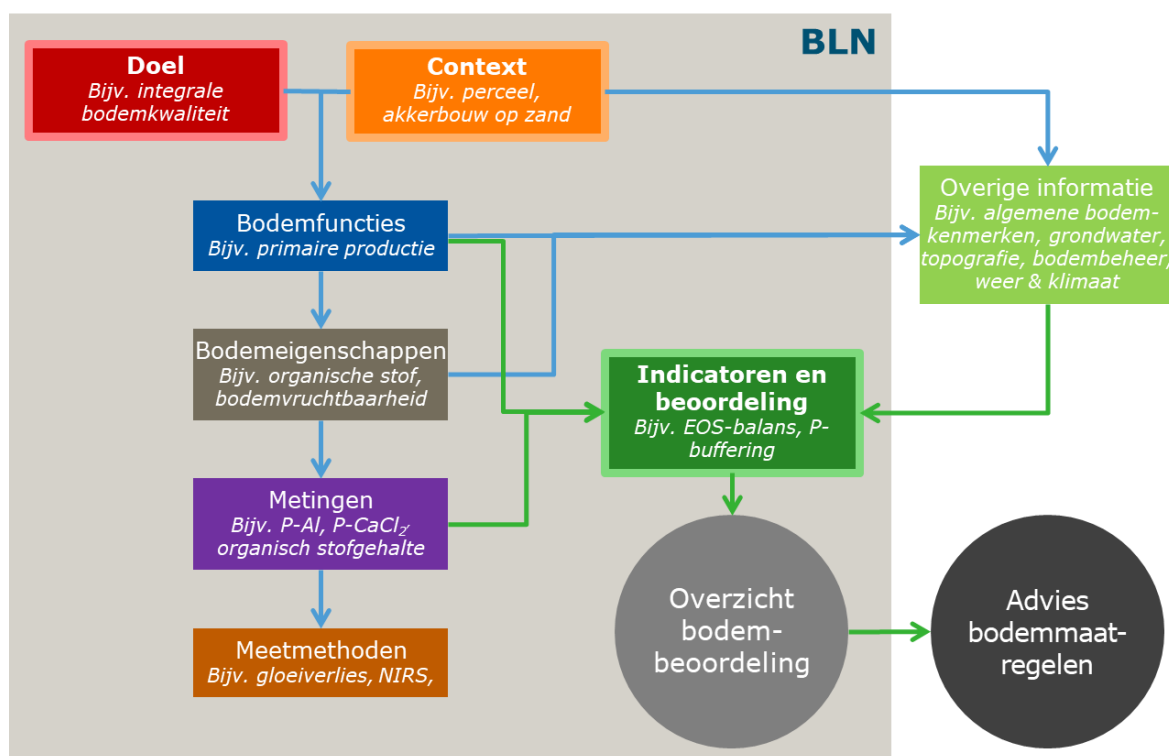
¹ Snelle en goedkope methode met * zijn geaccrediteerd

² Streefwaarden voor fosfaat en kali in de akkerbouw op basis van de genoemde indicatoren worden later in 2021 opgenomen in het Handboek Bodem en Bemesting.

3 Ontwikkelpad BLN, versie 2.0

3.1 Gewenst eindresultaat

Het gewenste eindresultaat van de BLN is een systematiek om relatief goedkoop en eenvoudig de bodemkwaliteit integraal vast te stellen van landbouwbodems in Nederland als basis voor beslissingen over het verdere management van de bodem zowel voor nationale en regionale monitoring als voor het vaststellen van de bodemkwaliteit op perceelsniveau. Het gebruik van recente bodemmetingen in een dergelijk systeem is noodzakelijk en wordt gecombineerd met beschikbare historische informatie, managementinformatie en data uit openbare bronnen. Desgewenst kan ingezoomd worden op het vaststellen van de bodemkwaliteit voor specifieke doelen of functies waarbij rekening wordt gehouden met eventuele risico's op afwenteling naar andere functies. Ook belangrijk is een standaardisering en uniformering van de beoordeling van de verzamelde metingen en indicatoren. Er wordt in de BLN een overzicht van de bodembeoordeling gegeven van de kwaliteit van alle relevante bodemfuncties. Omdat elke functie en indicator beoordeeld kan worden in relatie tot de streefwaarde (of streeftraject) biedt dit mogelijkheden om de bodemkwaliteit op een integrale manier te beoordelen (zie Rinot et al., 2019 en Ros, 2019) en zo eenvoudig overzicht geven van de belangrijkste knelpunten (zie 'overzicht bodembeoordeling'). Deze aggregatie is gewenst voor monitoring en borging en mogelijk ook valorisatie in de markt, maar minder noodzakelijk voor advisering en inzicht op perceelsniveau. Op basis van de bodemkwaliteitsbeoordeling kan de gebruiker concrete maatregelen nemen om het bodembeheer te verbeteren, op alle schaalniveaus waar de BLN wordt toegepast.



Figuur 3. Systematiek van de BLN met voorbeelden schuingedrukt van de bodembeoordeling. De blauwe pijlen geven de stroom aan van keuze van bodemfuncties, bodemeigenschappen en bodemmetingen met meetmethoden en evt. overige benodigde informatie. De groene pijlen geven de daadwerkelijke bodembeoordeling aan op basis van bodemfuncties, bodemmetingen en overige informatie, leidend tot het bepalen van de indicatoren en een overzicht van de resultaten.

3.2 Systematiek

Om tot het gewenst eindresultaat te komen is het van belang om een duidelijke systematiek te volgen. In Figuur 3 wordt de systematiek van de BLN weergegeven met voorbeelden zoals deze is ontwikkeld samen met bodemkundigen en experts van Nederland (Hanegraaf et al., 2019, Ros, 2019, de Haan & Ros, 2019). De systematiek wordt hieronder in hoofdlijnen beschreven. De verdere uitwerking van de systematiek en het benoemen van verdere ontwikkelingspunten gebeurt in de volgende paragrafen. De hieronder beschreven systematiek is het uitgangspunt voor de verdere ontwikkeling van de BLN, versie 2.0.

Doel en context

Als eerste wordt het doel en de context vastgesteld van de bodemkwaliteitsbeoordeling. Als voorbeeld wordt in Figuur 3 het brede doel integrale bodemkwaliteit genoemd, maar dit kan ook beperkt worden tot specifiekere doelen gericht op bijv. gewasproductie of koolstofvastlegging. Daarnaast moet de context gedefinieerd worden. Hierbij gaat het om het schaalniveau: nationaal/regionaal of perceelsniveau en om het landgebruik zoals akkerbouw, grasland en fysieke kenmerken zoals bodemtype en textuur (zie paragraaf 3.3).

Bodemfuncties

Op basis van het doel kunnen de bodemfuncties gedefinieerd worden. Bodemfuncties kunnen op verschillende detailniveaus worden vastgesteld. Zo zijn in het Landmarkproject vijf overkoepelende (geaggregeerde) bodemfuncties benoemd evenals in de Open Bodemindex. Dit kan worden uitgewerkt in onderliggende sub-functies die chemische, fysische of biologische processen in beeld brengen, zoals dat zichtbaar wordt in onderliggende functies, zoals bijvoorbeeld de 21 subfuncties die gebruikt worden in de Open Bodemindex. Voor de landbouwkundige bodemkwaliteit kan deze systematiek geïntegreerd worden binnen de BLN. Verdere ontwikkeling van functies in relatie tot koolstofvastlegging, biodiversiteit, waterkwantiteit en waterkwaliteit vraagt om verdere uitwerking. Voor de BLN zal onderscheid worden gemaakt tussen (sub-)functies en (geaggregeerde) functies (zie paragraaf 3.4).

Bodemeigenschappen, metingen en meetmethoden

De mate waarin een bodem een bepaalde functie kan uitvoeren kan worden bepaald o.b.v. bodemeigenschappen, vaak in combinatie met andere informatie. Bodemeigenschappen kunnen worden gemeten, of evt. worden geschat o.b.v. uit de overige informatie bekende bodem kenmerken. Voor de metingen zijn in veel gevallen meerdere meetmethoden beschikbaar. Een meetmethode moet gekozen worden die aansluit bij de benodigde nauwkeurigheid en betrouwbaarheid, en beschikbare tijd en budget (zie paragraaf 3.5).

Indicatoren en beoordeling

Passende indicatoren in de BLN, versie 2.0 worden gedefinieerd om het prestatieniveau van bodemfuncties mee te berekenen, conform de systematiek van de Open Bodemindex. Dit is anders dan in de BLN, versie 1, waar indicatoren vooral zijn gedefinieerd om de bodemeigenschappen zelf te meten en te beoordelen. De bodemfuncties worden berekend door middel van (eenvoudige) rekenregels met behulp van de bodemmetingen en/of overige informatie uit historische bronnen, managementinformatie en data uit openbare bronnen zoals weersberichten, bodemkaarten etc. Bij de indicatoren hoort een beoordelingskader dat aangeeft wanneer de indicator voor een bepaalde bodemfunctie goed of slecht is. Hiervoor is het noodzakelijk dat voor alle indicatoren streefwaarden bekend zijn.

Overzicht bodembeoordeling

Het totaal aan bepaalde indicatoren geeft een overzicht van de bodembeoordeling. Deze beoordeling gebeurt op het laagste niveau voor iedere bodemfunctie. Omdat deze beoordeling uniform is gedefinieerd als een "afstand tot een streefwaarde" is het mogelijk om onderliggende indicatoren te clusteren en te aggregeren zoals dat ook gebeurt in Landmark en de Open Bodemindex. Deze aggregatie kan gebeuren op aspecten van landbouwkundige bodemkwaliteit (chemie, fysica en biologie), maar ook in relatie tot de niet-landbouwkundige diensten die de bodem levert zoals biodiversiteit, waterkwantiteit, waterkwaliteit, en koolstofvastlegging. Het is in de BLN niet de

bedoeling om de landbouwkundige en niet-landbouwkundige diensten te aggregeren tot één enkele waarde voor bodemkwaliteit. Dit wordt gedaan omdat een volledig objectieve weging van landbouwkundige vs. niet-landbouwkundige bodemfuncties niet mogelijk is. Op basis van de resultaten van de BLN, versie 2.0 kunnen stakeholders in onderling overleg wel tot afspraken komen hoe de resultaten van verschillende bodemfuncties te beoordelen en te aggregeren. In de presentatie van resultaten moet dan gedacht worden aan een cirkeldiagrammen of spinnenwebdiagrammen die overzicht geven van alle indicatorwaarden

Advies voor bodemmaatregelen

Adviesing is geen onderdeel van de BLN. Adviezen voor bodemmaatregelen worden bijvoorbeeld gegeven in een Bodemkwaliteitsplan (Molendijk & Rombout, 2020) of andere bestaande instrumenten rondom duurzaam bodembeheer.

Wat moet gedaan worden

De volgende zaken moeten worden uitgewerkt:

1. *De systematiek zoals beschreven in figuur 3 moet verder worden uitgewerkt, mede op basis van de punten beschreven in de volgende paragrafen.*

3.3 Doel en context van de BLN

Doel van de BLN

Het doel van de BLN is het vaststellen van de integrale bodemkwaliteit van landbouwbodems in Nederland om zo toe te werken naar een duurzaam beheer van landbouwbodems in 2030. Integraal betekent met aandacht voor alle ecosysteemdiensten en functies die de bodem moet vervullen. Naast productie gaat dit om zaken als koolstofvastlegging, klimaatadaptatie, waterkwaliteit, nutriëntenhergebruik en biodiversiteit. De BLN is bedoeld voor zowel nationale en regionale monitoring als voor het vaststellen van de bodemkwaliteit op perceelsniveau als basis voor advies met betrekking tot bodembeheer (zie paragraaf 2.2 en verderop in deze paragraaf). De BLN is specifiek bedoeld voor landbouwbodems, waarbij landbouwproductie het belangrijkste doel is, en waarbij dit doel gecombineerd kan worden met andere doelen. De BLN is niet geschikt voor natuur en stedelijke bodems. Er zijn ook geen plannen om de BLN hiertoe te verbreden.

Koppeling bodemkwaliteit en bodembeheer

In paragraaf 2.1 is voor de BLN, versie 1.1 al de koppeling tussen bodemkwaliteit en bodembeheer beschreven. Daar is aangegeven dat de definities voor integrale bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer aangescherpt worden om het onderling verband te benadrukken. Nagegaan moet worden in hoeverre en hoe bodembeheer meegenomen en meegewogen kan en moet worden voor een goede beoordeling van de bodemkwaliteit. Als een eerste aanzet hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de systematiek van het Label Duurzaam Bodembeheer zoals dat in 2016 is ontworpen door een grote groep kennisinstellingen en bodemgebruikers (Van der Wal, 2016; Ros, 2019).

Beïnvloedbaarheid

Het meten van bodemkwaliteit en gebruik van de BLN is voor een bepaalde groep gebruikers vooral gericht op het beïnvloeden van het bodembeheer (richting duurzaam bodemgebruik). Andere gebruikers zijn meer geïnteresseerd in de inherente bodemkwaliteit in Nederland of van een enkel perceel. Met dit laatste wordt bedoeld de bodemkwaliteit die van nature aanwezig is gezien bijv. moedermateriaal, klimaat, topografie, waterhuishouding. In de BLN focussen we op het deel van de bodemkwaliteit dat beïnvloed kan worden door management. De niet beïnvloedbare perceeleigenschappen (zoals textuur) moeten wel bekend zijn voor bepaling en interpretatie van de bodemkwaliteit. Een regelmatige herhaling van de bepalingen van perceelskenmerken en afgeleide indicatoren is nodig om veranderingen in bodemkwaliteit als gevolg van management te monitoren.

Systematiek voor selectie van indicatoren

Het is gewenst in de BLN naast een integrale bodemkwaliteitsbeoordeling ook een optie te hebben voor de selectie van een groep indicatoren om de bodemkwaliteit voor een specifiek doel vast te

stellen. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met mogelijke negatieve wisselwerkingen. Hiervoor kunnen specifieke bodemfuncties en indicatoren worden geaggregeerd in overkoepelende bodemfuncties of ecosysteemdiensten. Bijvoorbeeld dat bij doel koolstofvastlegging niet alleen naar hoeveelheid koolstof in de bodem gekeken wordt maar ook naar indicatoren die iets zeggen over risico op lachgasemissies en stikstofuitspoeling. Bij de ontwikkeling van de BLN, versie 1.0 is al een aanzet gedaan voor deze systematiek (zie kader selectie van indicatoren en Hanegraaf et al., 2019 en de Haan et al., 2019b). Ook kan gebruik gemaakt worden van de ontwikkelde concepten van toekomstige ecosysteemdiensten binnen het beoordelingssysteem van de Open Bodemindex (De Haan & Ros, 2019; Geurts et al., 2021) als ook de ontwikkelde risico-indicatoren voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater binnen het BedrijfsBodemWaterPlan (Ros et al., 2020).

Grondsoorten en landgebruik

De BLN dient geschikt te zijn (of te worden gemaakt) voor toepassing op alle, in Nederland voorkomende, grondsoorten (klei, zand, veen, löss met alle subtypes binnen deze hoofdgrondsoorten) in combinatie met alle relevante opties van agrarisch landgebruik exclusief glastuinbouw. Het gaat hierbij dus om akkerbouw, veehouderij en alle vormen van vollegrondstuinbouw: vollegrondsgroenten, bloembollen, fruitteelt, boomteelt en zomerbloementeelt.

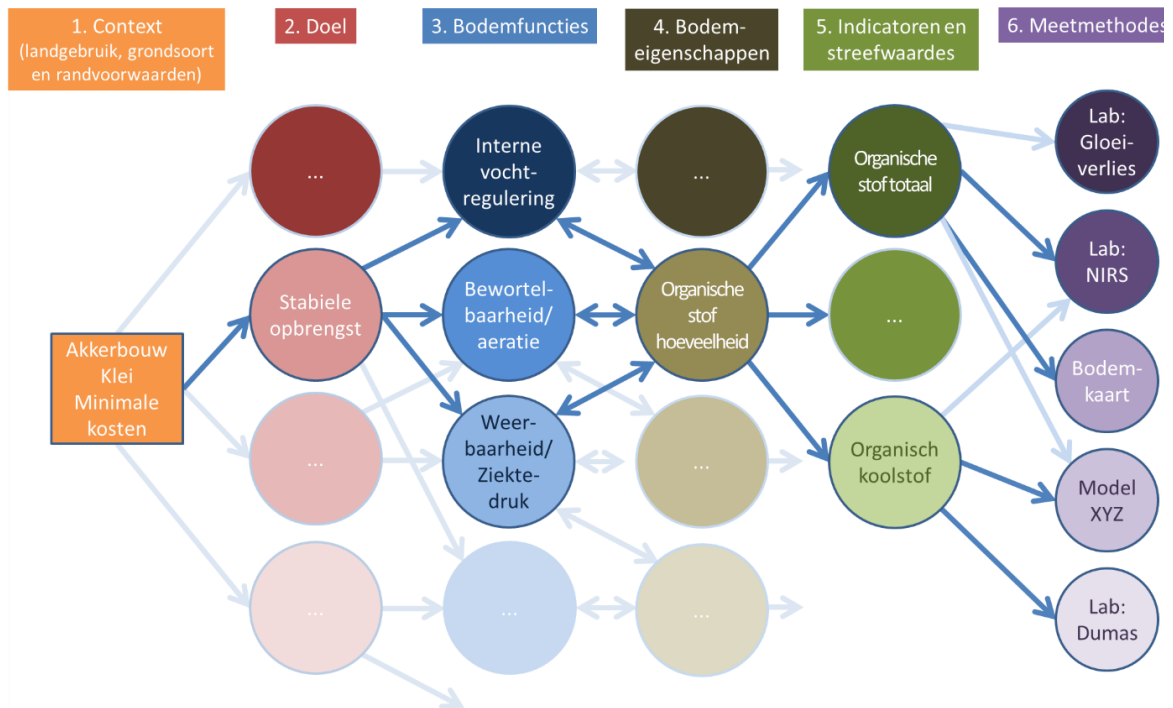
Er zijn veel mogelijkheden voor detaillering van de systematiek: bijvoorbeeld onderscheid van grondsoorten in zware klei, lichte klei en zavel, en specificatie naar gewassen binnen een sector of zelfs teeltwijzen zoals poot aardappelen en consumptie aardappelen. Het detailniveau waarin gewerkt kan worden met onderscheid in grondsoorten en landgebruik zal echter beperkt zijn, en aansluiten op de gangbare onderscheidingen zoals deze bekend zijn vanuit het landbouwkundig onderzoek (zie adviesbasis bemesting veehouderij en Handboek Bodem & Bemesting). Zowel grondsoorten als landgebruik kunnen verder gespecificeerd worden. Bijvoorbeeld onderscheid voor grondsoorten in zware klei, lichte klei en zavel en specificatie van gewassen binnen sectoren zoals tijdelijk en permanent grasland. Voor elke combinatie van grondsoort en landgebruik moet nagegaan worden of alle indicatoren en meetmethoden bruikbaar zijn en moeten specifieke referentie- en streefwaarden afgeleid worden. Voor de landbouwkundige indicatoren en bodemfuncties is dit grotendeels al beschikbaar (Ros, 2019); voor de niet-landbouwkundige ecosysteemdiensten vergt dit nog nadere uitwerking. Om dit werk enigszins uitvoerbaar te houden is aggregatie op een redelijk hoog niveau noodzakelijk. Dit veroorzaakt wel dat de beoordeling van de bodemkwaliteit minder accuraat is.

Ruimtelijk schaalniveau

De BLN dient toepasbaar te zijn voor regelmatige monitoring van bodemkwaliteit op nationale en regionale schaal door overheden en op bedrijfs- en perceelniveau door boeren. Voor beide schaalniveaus zijn goede maar verschillende bemonsteringsstrategieën nodig om tot goede uitspraken te komen. Hier spelen ook verschillende dilemma's een rol die van invloed zijn op de kwaliteit van de bepalingen:

- Op nationale schaal speelt het dilemma van een voldoende uitgebreide steekproef met de bepaling van integrale bodemkwaliteit met kwalitatief goede parameters waarin alle grondsoorten en landgebruiken voldoende vertegenwoordigd zijn tegen een bemonstering die in beperkte tijd uitgevoerd kan worden om de vergelijkbaarheid tussen locaties te behouden (en tegen redelijke kosten). Hierbij kan slim gebruik gemaakt worden van ruimtelijk expliciete modellen die inzicht geven in de ruimtelijke variatie in routinematig gemeten bodemkenmerken (circa 40 parameters) op basis van zowel openbare als private data uit agrarische laboratoria (zie bijv. Ros et al., 2018) als ook meetgegevens vanuit bestaande en landelijk toepasbare bodemwaarderingsinstrumenten.
- Op bedrijfs- en perceelniveau speelt het dilemma van de bepaling van integrale bodemkwaliteit met kwalitatief goede parameters tegen de kosten van de bepalingen.

KADER SYSTEMATIEK VOOR SELECTIE VAN INDICATOREN



Figuur 4. Voorbeeld van een beperkte uitwerking van de systematiek. De functionele relaties tussen de bouwstenen van de systematiek worden hier weergegeven. Het schema wordt van links naar rechts doorlopen waarbij vastgesteld wordt welke relaties van belang zijn.

In het voorbeeld in de Figuur is de context gedefinieerd als akkerbouw, klei met een bepaling van de bodemkwaliteit tegen minimale kosten. Het gedefinieerde doel is stabiele opbrengst en bij dit doel is bekend dat (o.a.) de bodemfuncties interne vocht-regulering, bewortelbaarheid/aeratie en weerbaarheid/ziekte-druk van belang zijn. Meerdere bodemeigenschappen zijn gekoppeld aan deze drie bodemfuncties. Een bodemeigenschap die aan al deze drie bodemfuncties is gekoppeld, is de hoeveelheid organisch stof. Deze bodemeigenschap kan direct gemeten worden (indicator Organische stof totaal), maar kan ook vastgesteld worden met de hoeveelheid organisch koolstof of andere indicatoren. Bij de indicatoren moeten ook streefwaardes gedefinieerd worden: de minimale hoeveelheid organische stof of organisch koolstof die wenselijk is. De indicatoren kunnen met verschillende meetmethoden worden vastgesteld, die elk hun eigen kenmerken hebben qua bijvoorbeeld kosten, nauwkeurigheid en snelheid. De keuze van de methode hangt mede af van het doel. In dit voorbeeld, stabiele opbrengst, is geen nauwkeurige meting noodzakelijk. Gezien de randvoorwaarde minimale kosten is afleiding uit de bodemkaart het goedkoopste al krijg je ook een meetwaarde voor organische stof wanneer bijvoorbeeld een bodemvruchtbaarheidsanalyse wordt uitgevoerd. Dit is tegenwoordig vaak een spectroscopische meting met *Near Infra Red Spectroscopy* (NIRS) die wat onnauwkeuriger maar goedkoper is dan de traditionele methode met gloeiverlies, maar voor dit doel goed genoeg. Voor een ander doel, bijvoorbeeld koolstofopslag, kan ook de bodemeigenschap organische stofhoeveelheid van belang zijn. In dit voorbeeld is nauwkeurigheid van groter belang om veranderingen vast te stellen in de koolstofopslag. Dan is een meting met een betrouwbare methode noodzakelijk. In dit geval is de indicator organisch koolstof met de meetmethode Dumas beter dan organische stof totaal vanwege de grotere nauwkeurigheid. Een alternatief is het berekenen van het organisch stofgehalte of koolstofgehalte met een model dat aanvoer en afbraak van organische stof over meerdere jaren berekent. In bovenstaand schema is nog geen waardering opgenomen van het belang van bodemfuncties voor een bepaalde doelstelling en bodemeigenschappen voor een bepaalde functie.

Temporeel schaalniveau

Veranderingen in bodemkwaliteit als gevolg van bodembeheer moeten bij voorkeur binnen een aantal jaren (ca 4-5) jaar zichtbaar gemaakt kunnen worden in de bepalingen van de BLN. Veranderingen zijn enerzijds gevolg van beïnvloedbare zaken als management en landgebruik en anderzijds vanwege fysieke omstandigheden (o.a. door klimaatverandering). Tegelijkertijd is het onmogelijk om kwaliteit te definiëren los van het landgebruik; binnen de akkerbouw betekent dit automatisch dat de kwaliteit alleen gedefinieerd kan worden op het niveau van een bouwplan. Veranderingen in bodemkwaliteit verlopen daarnaast vaak traag. De selectie van indicatoren moet zodanig zijn dat wanneer veranderingen optreden deze zichtbaar zijn binnen een tijdsperiode van jaren. Omdat bodemkwaliteit daarmee ook een jaar-overstijgend karakter heeft, is het belangrijk dat de gebruikte metingen en indicatoren niet afhangen van factoren die van dag-tot-dag of van seizoen-tot-seizoen kunnen fluctueren. Als dat wel het geval is, moet de monsternamen qua tijdstip en omstandigheden worden gestandaardiseerd.

Wat moet gedaan worden

De volgende zaken moeten worden uitgewerkt:

- 2. Aanscherpen definities duurzaam bodembeheer en integrale bodemkwaliteit, uitwerken relaties tussen duurzaam bodembeheer en integrale bodemkwaliteit en nagaan in hoeverre en hoe bodembeheer meegenomen kan en moet worden in de beoordeling van bodemkwaliteit.*
- 3. Doorontwikkeling van de systematiek om tot goede selectie van indicatoren te komen afhankelijk van het doel van de bodemkwaliteitsbepaling rekening houdend met mogelijke afwentelingen.*
- 4. Selectie maken van grondsoort en landgebruikscombinaties waaraan gewerkt wordt, inclusief het aggregatieniveau.*
- 5. BLN geschikt maken voor toepassing op de geselecteerde grondsoorten en landgebruik: selectie van de juiste indicatoren en meetmethoden voor deze grondsoorten en landgebruik.*
- 6. BLN geschikt maken voor zowel toepassing op nationale en regionale schaal als op bedrijfs- en perceelsniveau: selectie van de juiste indicatoren meetmethoden voor het juiste schaalniveau.*
- 7. Selectie van indicatoren en meetmethoden die relevante veranderingen binnen 4-5 jaar zichtbaar kunnen maken bij focus op veranderbare aspecten van bodemkwaliteit door management.*

Een aantal van deze onderwerpen wordt in de volgende paragrafen verder uitgewerkt.

3.4 Beoordeling bodemkwaliteit op bodemfuncties

Bodemfuncties en sub-functies

Bodemfuncties zijn de taken die de bodem vervuld voor een bepaald doel. In de BLN gaat het om de bepaling of een bodem geschikt is om een specifieke taak uit te voeren. Dit gebeurt door het vaststellen van relaties tussen gemeten bodemkenmerken en de gewenste functie, daarbij gebruik makend van en evt. aanvullende informatie rond algemene bodemkenmerken, bodembeheer, weer en klimaat. Zoals in paragraaf 3.2 uitgelegd bij de systematiek kunnen bodemfuncties op verschillende niveaus gedefinieerd worden en is het van belang om de bodemfuncties voor de BLN verder te definiëren, gebruikmakend van de kennis uit o.a. het LANDMARK-project en de Open Bodemindex.

Zo zijn in het Landmarktproject vijf primaire bodemfuncties benoemd: 1) productiviteit, 2) waterregulatie en -zuivering, 3) recycling van nutriënten, 4) koolstofvastlegging, 5) habitat voor biodiversiteit (LANDMARK, 2015; Schulte et al., 2014). In de Open Bodemindex zijn vooral voor primaire productie een 21-tal functies benoemd (www.openbodemindex.nl), en wordt rekening gehouden met de waterregulatie- en zuiveringsfunctie. Uitwerking van de bodemfuncties/indicatoren voor de BLN moet nog plaatsvinden, waarbij gebruik gemaakt kan worden van de kennis en rekenregels van bijvoorbeeld het BedrijfsBodemWaterPlan als ook de voorstellen van KWR voor de functies rondom waterregulatie en -zuivering (Ros et al., 2020; Geurts et al., 2021) en de inzichten vanuit de PPS rondom de ontwikkeling van de Biodiversiteitsmonitor. Een afweging hierin zal zijn de mate van detail qua functies en in hoeverre deze richting primaire bodemfuncties gaan (zoals in Landmark gedefinieerd) of richting basale sub-functies (zoals bij de Open Bodem Index). Bijvoorbeeld voor nutriëntenlevering kunnen bodemfuncties opgesteld worden voor alle nutriënten benodigd voor

gewasgroei, of kan het beperkt worden tot de selectie in de Open Bodemindex, of alleen de tot hoofdnutriënten stikstof, fosfaat en kali die nu als indicatoren in de BLN zijn opgenomen.

Relatie bodemfuncties en bodemeigenschappen

De indicatorset die invloed heeft op bepaalde bodemfuncties kunnen in veel gevallen op meerdere wijze bepaald dan wel afgeleid worden:

- Direct op basis van één te meten bodemeigenschap.
- Op een combinatie van meerdere te meten bodemeigenschappen.
- Op een combinatie van een of meer te meten bodemeigenschappen en al beschikbare informatie rond algemene bodemkenmerken, bodembeheer, weer en klimaat.
- Alleen op basis van al beschikbare informatie rond algemene bodemkenmerken, bodembeheer, weer en klimaat.

Er moet een afweging gemaakt worden tussen de benodigde nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de gewenste indicator en de tijd en kosten die gepaard gaan met het bepalen van de bodemfunctie. Meer over afweging in keuze van meting van bodemeigenschappen volgt verderop.

Voor een aantal bodemfuncties zal het lastig zijn om een relatie tussen bodemeigenschappen en bodemfunctie op te stellen omdat de kennis op dat terrein nog onvoldoende is. Naar verwachting is dit vooral het geval voor de bodembioologische kant, omdat vaak wel helder is dat er verschillen optreden, maar het onduidelijk is of, en in hoeverre deze relevant zijn voor het landbouwkundig bodemgebruik. In overleg met onderzoekers en stakeholders moet nagegaan worden of er voldoende kennis beschikbaar is om de bodemfunctie op te nemen of dat de bodemfunctie nog niet ingevuld kan worden. Het is van belang om deze bodemfuncties wel te blijven benoemen en niet weg te laten.

Definitie van indicator

De term indicator wordt zowel gebruikt om bodemeigenschappen mee aan te duiden als bodemfuncties. In de BLN, versie 1, wordt de term indicator gebruikt voor het aanduiden van bodemeigenschappen. In de BLN, versie 2.0 wordt het logischer om dit voor bodemfuncties te gebruiken maar dit levert wel verwarring op. Een duidelijke definitie op dit punt is gewenst.

Metingen van bodemeigenschappen en meetmethoden, selectie van methoden

De bodemfuncties bepalen de te meten bodemeigenschappen. Vaak zijn meerdere meetmethoden beschikbaar om de bodemeigenschap te meten. Vastgesteld moet worden welke meetmethode(n) de voorkeur hebben om de bodemeigenschap vast te stellen gezien nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, prijs en tijd. In de BLN, versie 1, zijn daarvoor een aantal bodemeigenschappen klassieke en alternatieve meetmethoden benoemd (zie paragraaf 3.5). Het is van belang om ontwikkelingen in meetmethoden te blijven monitoren om betere methoden op te nemen in de BLN. Aandachtspunt is wel eventuele breuken in trends van de metingen.

Streefwaarden

Voor elke bodemfunctie moet een beoordeling gegeven worden van de indicatorwaarde wanneer deze goed of fout is, de zogenaamde streefwaarden. In plaats van een zwart-witoordeel in goed of fout kan ook een klassenindeling gebruikt worden waarin meerdere categorieën worden onderscheiden, zoals ook in de Open Bodemindex en de bodemwaardering in de bemestingsadviezen gebeurt (bijvoorbeeld slecht-matig-voldoende-goed).

Voor bodemfuncties waarvan de kennis nog beperkt is, ontbreekt vaak ook de kennis om tot een streefwaarde voor deze bodemfunctie te komen. In dat geval kan ook met referentiewaarden gewerkt worden, al vraagt dit altijd een heldere toelichting omdat de link tussen referentiewaarden, maatregelen en de kwaliteit van de bodem ontbreekt (zie paragraaf 2.2). Zolang er ook op basis van expertkennis geen eenduidige relatie te leggen is tussen de referentiewaarde en de kwaliteit van de bodem (bijvoorbeeld, het meer-is-beter of juist minder-is-beter) is het aan te bevelen om de referentiewaarde niet te geven. Belangrijk daarbij is ook dat de referentiewaarden representatief zijn voor de totale variatie binnen Nederland en afgeleid zijn van een vergelijkbare bron, zodat oneigenlijk gebruik wordt voorkomen, zoals de referentiebereiken die in tabel 1 worden genoemd. Deze zijn

gemeten binnen strata van gelijke kenmerken en met eenzelfde systematiek gemeten. Dit is noodzakelijk voor de betrouwbaarheid van deze bereiken.

Streefwaarden (en referentiewaarden) voor bodemfuncties zullen specifiek afgeleid moeten worden voor combinaties van landgebruik en grondsoort. Voor slechts een klein aantal bodemfuncties kunnen ook objectief streefwaarden worden afgeleid. Wel kunnen politieke doelen worden geformuleerd los van de landbouwkundige of milieukundige doelen; hierbij is altijd aandacht nodig voor eventuele trade-offs (bijvoorbeeld het vergroot risico op stikstofuitspoeling door een streven naar een hoger organisch stofgehalte). Echter het is onwenselijk en naar verwachting ook onuitvoerbaar om op een groot detailniveau streefwaarden te specificeren voor verschillende combinaties van landgebruik, bodemtype en doelstellingen. Vereenvoudigingen hierin zijn noodzakelijk, in relatie tot de gewenste doelen. Vaak wordt daarbij aangesloten op specifieke combinaties van grondsoort, landgebruik en grondwaterstand, daarbij rekening houdend met de lokale opgaven voor de omgevingskwaliteit (bijvoorbeeld regionale streefwaarden voor waterkwaliteit of biodiversiteit).

Streefwaarden kunnen deels afgeleid worden vanuit het goed functioneren van het systeem, maar ook uit maatschappelijke doelen als bijvoorbeeld 0.5 ton/ha koolstofvastlegging in NL vanaf 2030. Daarom is overleg en afstemming van streefwaarden met stakeholders noodzakelijk. De BLN probeer waar mogelijk een objectieve grond te leggen onder de gekozen streefwaarden, en geeft duidelijk aan welke streefwaarden een politieke basis hebben.

Afwegingen in omvang systematiek

Het is gewenst om een bodembeoordelingssystematiek te hebben die van goede kwaliteit is, duidelijk is in de communicatie naar gebruikers, betaalbaar en uitvoerbaar. Daarom is het gewenst dat het aantal indicatoren beperkt is dan wel de indicatoren al beschikbaar zijn vanuit beschikbare databronnen. Tegelijkertijd is de bodem complex en willen we inzicht krijgen in de prestatie voor diverse bodemfuncties. Dit vraagt om méér indicatoren. Vanuit oogpunt van kosten en tijd kan het aantal indicatoren nog aanzienlijk zijn, zolang ze maar relatief snel te bepalen zijn tegen aanvaardbare kosten. Ook ligt er een vraag in hoeverre perceelskenmerken rond de inherente bodemkwaliteit (niet beïnvloedbaar door management) meegenomen moeten worden in de systematiek (zie paragraaf 3.3).

Wat moet gedaan worden

De volgende zaken moeten worden uitgewerkt:

8. *Vaststellen van de gewenste te bepalen bodemfuncties in de BLN.*
9. *Definitie van indicator(set) vaststellen*
10. *Vaststellen van de relaties tussen gemeten bodemkenmerken en aanvullende informatie rond algemene bodemkenmerken, bodembeheer, weer en klimaat en de gewenste bodemfunctie en metingen daarvan. Hier wordt ook een link gelegd met best practices voor bodembeheer.*
11. *Vaststellen van de streefwaarden (en referentiewaarden indien streefwaarden afwezig) van de bodemfuncties, inclusief systematiek om aantal streefwaarden beperkt te houden en afstemming met stakeholders.*
12. *Vaststellen van de gewenste meetmethode(n) per bodemeigenschap.*

3.5 Indicatoren en meetmethoden

Protocollen en metacondities

Het is van belang dat de protocollen voor vaststellen van indicatoren en bodemeigenschappen (meetmethoden) eenduidig zijn en openbaar beschikbaar zodat altijd nagegaan kan worden of een bodembeoordeling goed is uitgevoerd. In de onderliggende rapporten van de BLN, versie 1.0 (van den Elsen et al., 2019, de Haan et al. 2019b) zijn beschrijvingen van de indicatoren en meetmethoden gegeven maar deze zijn niet volledig en uniform. Deels liggen meetmethoden ook in ISO- en NEN-normen vast maar deels ook niet of zijn aangepaste ISO- en NEN-normen gebruikt. Protocollen van indicatoren en meetmethoden moeten verzameld en/of beschreven worden om zo beschikbaar te zijn voor gebruikers. Dit geldt ook voor de protocollen hoe bodemmetingen vertaald worden richting bodemfunctie, zoals dat gebeurt binnen de geldende Handboeken Bodem en bemesting als ook de Open Bodemindex; de rekenregels en onderbouwing zijn openbaar, gestandaardiseerd en voor

iedereen te gebruiken. Bij het vaststellen van protocollen voor bodemanalyses is het ook van belang om aandacht te hebben voor de metacondities (met name bodemvochtgehalte en -temperatuur tijdens) de meting, met name voor de biologische metingen en sommige bodemstructuurmetingen. Als deze condities van grote invloed zijn dan is het raadzaam om deze meting niet op te nemen in de BLN dan wel de monsternamencondities te standaardiseren. Een andere optie is het vinden van proxies op basis van indirecte metingen of afgeleide gegevens van remote sensing. Het is van belang de metacondities te definiëren onder welke bodemmetingen uitgevoerd kunnen worden en om deze metacondities bij de metingen te kennen. Met name voor indringingsweerstand is het van belang om een richtlijn te hebben bij welke bandbreedte in bodemvocht de meting bruikbaar is.

Alternatieve meetmethoden

Een aantal van de klassieke meetmethoden die direct bodemeigenschappen bepalen zijn duur en/of tijdrovend en niet praktisch voor toepassing door boeren en of in grootschalige bemonsteringscampagnes. Daarom is het belangrijk om een alternatieve meetmethoden te ontwikkelen die deze dure, tijdrovende klassieke metingen kunnen vervangen. Omdat de meeste alternatieve methoden indirecte metingen zijn, zijn ze vaak minder nauwkeurig en betrouwbaar dan de klassieke metingen. Belangrijk hierbij is het gebruik van correcte kalibratiemethoden als ook de grootte van de onderliggende dataset. Afhankelijk van de benodigde nauwkeurigheid en betrouwbaarheid voor een bepaling van de bodemkwaliteit en de mogelijke nauwkeurigheid en betrouwbaarheid kunnen alternatieve metingen ingezet worden. In de BLN, versie 1.0 zijn al diverse alternatieve metingen opgenomen. Meestal zijn dit metingen gebaseerd op NIRS-bepalingen (organische stof, organisch koolstof, stikstof totaal, fosfaat- en kalivoorraad. Daarnaast zijn ook alternatieve biologische metingen opgenomen op basis van PCR (Polymerase Chain Reaction) of PLFA (Phospholipid-derived Fatty Acids) en berekeningen van fysische indicatoren op basis van pedotransferfuncties op basis van organische stof en textuur. De biologische metingen zijn goedkoper en sneller dan hun klassieke metingen, maar nog steeds behoorlijk prijzig. Nieuwe ontwikkelingen zijn wenselijk, en gaande.

Alternatieve metingen kunnen verder ontwikkeld worden:

- a. (Door)ontwikkeling van sensoren op basis van NIRS, MIRS (Mid Infra-Red Spectroscopy) en XRF (X-Ray Fluorescence) voor enkele andere BLN-indicatoren. Diverse meetmethoden met dergelijke sensoren zijn in ontwikkeling. Voor NIRS gaat het om metingen van HWC en schimmel- en bacteriebiomassa (PLFA). Met name voor fysische meetmethoden zoals watervasthoudend vermogen en aggregaatstabiliteit zijn snelle metingen gewenst. Hierbij is aandacht nodig voor de meetnauwkeurigheid en metacondities bij deze bepalingen van zowel klassieke als alternatieve meetmethode. In praktische zin ook kijken naar de rol die al reeds ontwikkelde mobiele bodemsensoren kunnen vervullen zoals de handscanner en het Lab in a Box (LIAB) van Agrocres. Voor de BLN betekent dit dat vooraf inzicht gegeven kan worden in de gewenste reproduceerbaarheid gegeven de gewenste toepassing.
- b. Ontwikkeling van nieuwe pedotransferfuncties op basis van beperkte goedkope en snelle routinematige metingen. Hiervoor worden vertaalfuncties afgeleid uit bestaande datasets dan wel literatuurgegevens. Deels sluit dit ook aan op punt a. waarbij met NIRS of andere technieken de routinematige metingen uitgevoerd kunnen worden.
- c. Indices voor beheersmaatregelen via sensoren en satellieten: een overzicht van mogelijke bodem-beheersmaatregelen die afgeleid kunnen worden uit spectrale informatie van satellieten en sensoren zoals gewasbedekking gedurende het jaar, het wel/niet voorkomen van ploegen, de aanwezigheid van vanggewassen en het voorkomen van bodemverdichting via plasvorming.
- d. Indices voor bodemfuncties op basis van modelberekeningen voor die functies die niet te meten zijn, zoals het risico op bodemziektes of de verwachte koolstofopbouw bij een gegeven landgebruik. Voor deze indices kan gebruik worden gemaakt van openbaar beschikbare perceelskenmerken en modellen zoals NemaDecide, NDICEA, Roth-C of de OS-balans.
- e. qPCR-technieken en evt. andere moleculaire technieken in biologische bodemindicatoren.

Schaalniveaus

Zoals in paragraaf 3.3 al beschreven moet aandacht zijn voor de selectie van indicatoren en meetmethoden voor toepassing op diverse schaalniveaus en voor indicatoren die relevante wijzigingen binnen een beperkt aantal jaren zichtbaar kunnen maken (activiteit 7 en 8).

Wat moet gedaan worden

De volgende zaken moeten worden uitgewerkt:

13. Verder verzamelen en uitwerken van protocollen voor indicatoren en meetmethoden inclusief invloed van metacondities.
14. Richtlijn ontwikkelen voor bandbreedte in bodemvocht bij indringingsweerstandmetingen
15. Prioritering aanbrengen in de ontwikkeling van alternatieve metingen
16. (Door)ontwikkelen alternatieve metingen zoals NIRS-metingen, pedotransferfuncties voor diverse BLN-indicatoren.
17. Ontwikkelen van indices voor beheersmaatregelen via sensoren en satellieten en voor bodemfuncties via modelberekeningen.

3.6 Positionering BLN, ontwikkeling van versie 2.0, draagvlakontwikkeling en communicatie

Onafhankelijkheid

De BLN is in opdracht van LNV ontwikkeld vanuit het onafhankelijk onderzoek om tot uniforme meting van bodemkwaliteit te komen. Onafhankelijkheid en brede beschikbaarheid voor overheid en bedrijfsleven in de hele landbouwsector is belangrijk. Samenwerking met instrumenten die gebruik willen maken van de BLN en achterliggende systematiek is van belang om de BLN in de praktijk ook daadwerkelijk toegepast te laten worden en zo impact te genereren.

Kennisinstellingen binnen Nederland hebben daarnaast met het bedrijfsleven met de Open Bodemindex (als systeem van bodembeoordeling) een wetenschappelijke framework ontwikkeld voor de interpretatie en beoordeling van bodemkwaliteitsindicatoren (Ros, 2019). In de BLN, versie 2.0 wordt vanuit de BLN, versie 1.0 en de wetenschappelijke methodiek van de Open Bodemindex een verbeterde wetenschappelijk onderbouwde en robuuste systematiek ontwikkeld waarmee landbouwbodems voor heel Nederland kunnen worden beoordeeld.

Daarbij moet voorkomen worden dat er een te nauwe verbinding bestaat met daadwerkelijke bodemwaarderingsinstrumenten zoals de BemestingsWijzer, de Open Bodemindex (als instrument), de Bodemconditiescore, de Bodemcheck, en advies- en monitoringstools zoals Trijntje, BodemSchat, Nemadecide, het BedrijfsBodemWaterplan, de BedrijfsWaterWijzer en de KringloopWijzer (zie Ros et al., 2020). Binnen dit speelveld definieert BLN, versie 2.0, de systematiek van meten én beoordelen en alle andere instrumenten kunnen deze kennis inbedden binnen deze tools. De PPS is gericht op ontwikkeling van een uniforme en wetenschappelijke systematiek van bodemkwaliteitsbeoordeling en de kennis om van meten en beoordelen van bodemkwaliteit tot een concreet advies te komen voor ondernemers. In de PPS worden daartoe bouwstenen (ofwel API's) ontwikkeld die in instrumenten opgenomen kunnen worden. De BLN, versie 2.0 is het motorblok, of wel de 'Intel inside' waarmee anderen een betrouwbare toepassing kunnen ontwikkelen.

Positionering van de BLN

De BLN, versie 1.0 als ook de beoordelingssystematiek van de Open Bodemindex is ingebed in het Nationaal Programma Landbouwbodems (NPL). Het is van belang om dit draagvlak binnen het NPL te behouden voor de volgende versies van de BLN. Er is duidelijk vraag naar standaardisering en systematisering van het meten én het interpreteren van bodemkwaliteit. Regelmatig hebben we vragen gekregen in de afgelopen 2 jaar vanuit onderzoek en praktijk naar de BLN en hoe deze toegepast kan worden. De BLN, versie 1.0 is echter nog voor velen te abstract en/of te omvangrijk en duur om geheel toe te passen. Met de ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 wordt hier grotendeels aan tegemoet gekomen en worden oplossingen ontwikkeld om tot een selectie van indicatoren te komen of te kunnen kiezen voor alternatieve goedkopere en snellere metingen. Hierbij is het ook van belang om aandacht te besteden aan een duidelijke weergave van de resultaten. Ook belangrijk is de inbedding van deze kennis binnen bestaande bodemwaarderingsinstrumenten, en feedback vanuit de praktijk te gebruiken voor verdere verfijning en verbetering.

De ontwikkeling van de BLN gebeurt ook in Europese afstemming, vooral binnen het European Joint Programming on Agricultural Soils ([EJP-SOIL](#)). In projecten in dit programma brengen we kennis vanuit NL rond de BLN in en halen we nieuwe kennis voor verbetering van de BLN. Daarnaast is het van belang ook betrokken te blijven rond andere initiatieven met aandacht voor het meten van bodemkwaliteit, zoals die nu ontstaan vanuit de Mission Board on Soil Health and Food (Grand et al. 2020).

Werken aan draagvlak

Zoals duidelijk wordt uit dit rapport is het meten en beoordelen van bodemkwaliteit complex en wordt de complexiteit vaak onderschat in de praktijk. Complexiteit zit onder andere in de grote variatie in bodems door o.a. landgebruik, oorsprong, topografie, waterbeheer, de meerdere doelen die bodems moeten vervullen elk met eigen indicatoren en streefwaarden en de diverse systematieken met van elkaar afwijkende stelsels van definities die in de loop van de jaren zijn ontwikkeld.

Vanuit het belang van meten en beoordelen van bodemkwaliteit en de complexiteit is het van belang om te blijven communiceren over de BLN als standaard om eenduidigheid te krijgen over het meten en interpreteren van bodemkwaliteit en een dialoog te voeren met gebruikers over de wijze van gebruik en verdere toepassing in monitoring, onderzoek en tools en instrumenten voor de praktijk. Vanuit bedrijfsleven is een verdienmodel bij gebruik/toepassing van de BLN noodzakelijk, en is het aan te bevelen om aan te sluiten bij succesvolle initiatieven in de markt. Vraag is hoe we hier bij de ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 aan bij kunnen dragen.

Daarnaast is er gevoeligheid van de beoordeling van bodemkwaliteit. Deze wordt vaak veroorzaakt door twee punten. Ten eerste omdat we bodemkwaliteit vaak nog niet in de volle breedte goed kunnen meten en beoordelen. Met name op de biologische aspecten ontbreekt hiervoor nog de kennis. Hierdoor is de vraag of de indicatoren uit de BLN waarop de beoordeling nu gebaseerd wordt een voldoende goed beeld van de bodemkwaliteit kan geven. Ten tweede omdat een beoordeling van de bodemkwaliteit door verschillende stakeholders vanuit verschillende doelen gedaan wordt, waarbij doelen niet alleen landbouwkundig zijn maar ook gericht kunnen zijn op andere ecosysteemdiensten als waterkwantiteit, waterkwaliteit, biodiversiteit en koolstofvastlegging. De afweging hoe de bodem aan dit spectrum aan doelen moet voldoen, kan niet (of heel beperkt) op basis van objectieve wetenschap worden gedefinieerd en vereist maatschappelijk debat en politieke regie. Per functie of doel is het mogelijk om de complexiteit van de bodem objectief en wetenschappelijk onderbouwd te versimpelen via zogenoemde geaggregeerde functies, zoals dat gebeurt binnen Landmark en de Open Bodemindex. Vooralsnog kiezen we daarom in de BLN om de resultaten van indicatoren afzonderlijk weer te geven en geen aggregatie te maken naar een of enkele indices voor bodemkwaliteit, ook niet op het vlak van bodemchemie, -structuur, -biologie of bodembeheer. Deze aggregatie als ook afweging tussen doelen krijgt daarbij vorm via het maatschappelijk debat, mede gevoed door landelijk en regionaal beleid en ontwikkelingen in de markt. De BLN faciliteert dit debat met een uniformering van meetmethodiek en beoordeling. Daarbij wordt wel opgemerkt dat de concrete functies en meetmethodieken over de jaren kunnen wijzigen zodra nieuwe meetmethodes of kennis beschikbaar komt.

Het is de verdere ontwikkeling van de BLN daarom van belang om een continue dialoog aan te gaan met stakeholders rond de BLN vanuit overheid en bedrijfsleven over:

- De methodiek van het meten en beoordelen van bodemkwaliteit in het algemeen
- Hoe eenvoudig snel goed en goedkoop te meten
- Vaststellen van streefwaarden voor indicatoren (zie paragraaf 3.4)
- Hoe de metingen te gebruiken in monitoring, management en waardering
- De sterke en zwakke kanten van de BLN-methodiek en haar onderdelen

Na de BLN, versie 2.0

De verwachting is dat met de ontwikkeling van een BLN, versie 2.0 een grote stap verder gezet is in het wetenschappelijk verantwoord meten en beoordelen van bodemkwaliteit. De doorontwikkeling naar de BLN, versie 2.0 zal in 2021 en 2022 plaatsvinden in de PPS Beter Bodembeheer. Naar verwachting is de versie 2.0 dan in voorjaar 2023 beschikbaar. De BLN zal echter dan niet uitontwikkeld zijn en naar verwachting nog steeds op een aantal onderdelen nog maar deels aan de

wensen en verwachtingen kunnen voldoen. Naar verwachting kunnen niet alle aanbevelingen uit dit rapport al volledig geïmplementeerd worden in de BLN, versie 2.0. Daarnaast gaan ontwikkeling in meettechnieken van bodemkwaliteit door. Deze ontwikkelingen kunnen in volgende versies opgenomen worden. Ook zullen met toenemende kennis ook nieuwe of betere indicatoren ontwikkeld kunnen worden voor het meten van bodemkwaliteit, met name op bodembologisch vlak. Het is aan te bevelen om een plan voor vervolgonwikkeling van de BLN bij afronding van de versie 2.0 te maken.

Wat moet gedaan worden

De volgende zaken moeten worden uitgewerkt:

- 18. Duidelijke communicatie over de BLN, over waarvoor en hoe te gebruiken en wat de beperkingen zijn en met benadrukking van de onafhankelijke wetenschappelijke status.*
- 19. Doorlopende discussies met stakeholders rond ontwikkeling BLN, versie 2.0 om input te krijgen van wensen van stakeholders en opties en prioriteiten in de ontwikkeling van de BLN te bespreken.*
- 20. Ontwikkelplan BLN voor na versie 2.0 maken bij afronding van de BLN, versie 2.0.*

3.7 Overzicht activiteiten

In de voorgaande paragraaf zijn de volgende activiteiten benoemd die uitgevoerd gaan worden binnen de PPS Beter Bodembeheer. Hieronder staan deze punten nogmaals samengevat.

Systematiek

- 1. De systematiek zoals beschreven in figuur 3 moet verder worden uitgewerkt mede op basis van de punten beschreven in de volgende paragrafen.*

Doelen en context BLN

- 2. Aanscherpen definities duurzaam bodembeheer en integrale bodemkwaliteit, uitwerken relaties tussen duurzaam bodembeheer en integrale bodemkwaliteit en nagaan in hoeverre en hoe bodembeheer meegenomen kan en moet worden in de beoordeling van bodemkwaliteit.*
- 3. Doorontwikkeling van de systematiek om tot goede selectie van indicatoren te komen afhankelijk van het doel van de bodemkwaliteitsbepaling rekening houdend met mogelijke afwentelingen.*
- 4. Selectie maken van grondsoort en landgebruikscombinaties waaraan gewerkt wordt, inclusief het aggregatieniveau.*
- 5. BLN geschikt maken voor toepassing op de geselecteerde grondsoorten en landgebruik: selectie van de juiste indicatoren en meetmethoden voor deze grondsoorten en landgebruik.*
- 6. BLN geschikt maken voor zowel toepassing op nationale en regionale schaal als op bedrijfs- en perceelsniveau: selectie van de juiste indicatoren meetmethoden voor het juiste schaalniveau.*
- 7. Selectie van indicatoren en meetmethoden die relevante veranderingen binnen 4-5 jaar zichtbaar kunnen maken bij focus op veranderbare aspecten van bodemkwaliteit door management.*

Beoordeling bodemkwaliteit op bodemfuncties

- 8. Vaststellen van de gewenste te bepalen bodemfuncties in de BLN*
- 9. Definitie van indicator(set) vaststellen*
- 10. Vaststellen van de relaties tussen gemeten bodemkenmerken en aanvullende informatie rond algemene bodemkenmerken, bodembeheer, weer en klimaat en de gewenste bodemfunctie en metingen daarvan. Hier wordt ook een link gelegd met best practices voor bodembeheer.*
- 11. Vaststellen van de streefwaarden (en referentiewaarden indien streefwaarden afwezig) van de bodemfuncties, inclusief systematiek om aantal streefwaarden beperkt te houden en afstemming met stakeholders.*
- 12. Vaststellen van de gewenste meetmethode(n) per bodemeigenschap*

Indicatoren en meetmethoden

- 13. Verder verzamelen en uitwerken van protocollen voor indicatoren en meetmethoden inclusief invloed van metacondities.*
- 14. Richtlijn ontwikkelen voor bandbreedte in bodemvocht bij indringingsweerstandmetingen*

15. *Prioritering aanbrengen in de ontwikkeling van alternatieve metingen*
16. *(Door)ontwikkelen alternatieve metingen zoals NIRS-metingen, pedotransferfuncties voor diverse BLN-indicatoren.*
17. *Ontwikkelen van indices voor beheersmaatregelen via sensoren en satellieten en voor bodemfuncties via modelberekeningen.*

Positionering, draagvlakontwikkeling en communicatie

18. *Duidelijke communicatie over de BLN, over waarvoor en hoe te gebruiken en wat de beperkingen zijn en met benadrukking van de onafhankelijke wetenschappelijke status.*
19. *Doorlopende discussies met stakeholders rond ontwikkeling BLN, versie 2.0 om input te krijgen van wensen van stakeholders en opties en prioriteiten in de ontwikkeling van de BLN te bespreken.*
20. *Ontwikkelplan BLN voor na versie 2.0 maken bij afronding van de BLN, versie 2.0.*

4 Nawoord

BLN, versie 1.1

Met de BLN, versie 1.0 is een eerste stap gezet naar maatschappelijk gedragen aanpak voor het meten en beoordelen van bodemkwaliteit. De indicatorset is onderschreven in het Nationaal Programma Landbouwbodems en werd al op diverse plaatsen ingezet. Het is van belang om de kennis die is opgedaan vanuit de toepassing van de BLN te blijven delen zowel binnen het onderzoek als met stakeholders.

Met de aanpassingen in de BLN, versie 1.1, wordt een beperkte actualisatie gedaan naar de nieuwste kennis en inzichten. De lijst met indicatoren geeft de basis aan naar welke bodemeigenschappen gekeken moet worden om een integraal beeld van de bodemkwaliteit te krijgen. Bepaling van alle indicatoren zal niet altijd mogelijk zijn en de interpretatie van resultaten is mogelijk nog beperkt. De lijst met indicatoren geeft echter wel aan waarnaar gekeken moet worden en helpt mee in het bewustzijn van het belang van een brede integrale bodemkwaliteit en de meerdere functies waaraan een bodem moet voldoen. Er is evenwicht in de indicatoren per deelgebied (organische stof, fysisch, chemisch en biologisch) en dit wordt gezien als kracht van de BLN.

BLN, versie 2.0, ambitie en complexiteit

De ambitie gaat echter verder. Om goed zicht te krijgen op de bodemkwaliteit van alle Nederlandse landbouwbodems en een beter gefundeerd advies te geven over het beheer moet de meting en beoordeling van bodemkwaliteit verder ontwikkeld worden. Hiervoor is in Hoofdstuk 3 het ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0 geschetst. De ambitie is groot want de opgave is complex. De bodemkwaliteit moet integraal beoordeeld worden op basis van diverse doelen, bodems en landgebruik is divers en de kennis is nog onvolledig om goed, goedkoop en snel te meten en om op basis van deze metingen ook tot een goede beoordeling te komen. Met name op gebied van bodembioologie is meer kennis vereist. Maar ook voor de fysische kant, bijvoorbeeld de relatie met de ondergrond, kent nog vele vragen.

Gezien de complexiteit zal een BLN, versie 2.0 ontwikkeld op basis van dit rapport een grote stap voorwaarts zijn in de beoordeling van bodemkwaliteit. Dit biedt hiermee de basis om maatwerk te bieden per perceel; interpretatie van de uitkomsten door de boer evt. met zijn adviseur blijven nodig voordat tot actie overgegaan wordt om zo rekening te houden met lokale variatie binnen percelen en de inpasbaarheid binnen bedrijfsvoering. Dit maakt ook dat voorzichtig omgegaan moet worden met (directe) beloning op basis van een bodemkwaliteitsmeting waarbij geen rekening is gehouden met deze specifieke situatie als ook het gebruikte bodembeheer. De uitkomsten van de bodemkwaliteitsbeoordeling kunnen de bodemkwaliteit ten onrechte over- of onderschatten.

Ontwikkeling van de BLN, versie 2.0, afstemming en samenwerking

De BLN, versie 2.0 zal in de PPS Beter Bodembeheer, Integraal en naar de praktijk verder ontwikkeld worden in 2021 en 2022 in samenhang met de ontwikkeling van de Open Bodemindex. De ontwikkeling wordt ook internationaal ingebed door de koppeling met projecten in het European Joint Programming on Soil (EJP-SOIL). In EJP SOIL werken 24 landen in Europa samen aan het uitwisselen en ontwikkelen van kennis op gebied van bodem, waaronder ook het meten en beoordelen van bodemkwaliteit.

Naast de BLN zijn ook andere methodieken en tools binnen en buiten Nederland al ontwikkeld voor het meten van bodemkwaliteit. Een voorbeeld hiervan is de Soil Navigator uit het LANDMARK-project (Debeljak, 2019). In de Soil Navigator wordt gewerkt met zogenaamde DEXI-modellen die een beoordeling geven per bodemfunctie op basis van statistische verbanden tussen bodemparameters en expertinschattingen van de kwaliteit van landbouwbodems dan wel gemeten bodemfuncties. Dit is een andere benadering dan die in de BLN gehanteerd wordt. Er wordt in een ander verband gewerkt aan meer toepasbaar maken van de Soil Navigator voor Nederland. Hoe de bruikbaarheid en toepasbaarheid van de BLN verhoudt tot de Soil Navigator is nog onduidelijk, dit kan ook per

toepassing verschillen. In de toekomst kunnen de onderliggende modellen mogelijk gebruikt worden om de relatie tussen bodem en gewasproductie, koolstofvastlegging, waterkwantiteit en kwaliteit als ook biodiversiteit te onderbouwen. Op een vergelijkbare manier zal afstemming blijven plaatsvinden met bestaande bodemwaarderingsinstrumenten en adviestools om zo de onderliggende kennisbasis te blijven vernieuwen. Denk hierbij concreet aan de BodemConditieScore, de internationaal gebruikte Soil-Health-Index, de BedrijfsWaterWijzer, het Aaltjesschema en de Open Bodemindex. Een open blik hierin is belangrijk.

Literatuur

- Aaltjesschema, Wageningen University & Research Open Teelten: www.aaltjesschema.nl
Bemestingsadvies Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen:
<http://www.bemestingsadvies.nl>
- Debeljak Marko, Trajanov Aneta, Kuzmanovski Vladimir, Schröder Jaap, Sandén Taru, Spiegel Heide, Wall David P., Van de Broek Marijn, Rutgers Michiel, Bampa Francesca, Creamer Rachel E., Henriksen Christian B. 2019. A Field-Scale Decision Support System for Assessment and Management of Soil Functions. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 7 p. 115.
<https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00115>
- de Haan, G.W. Korthals, M.C. Hanegraaf, J. Postma, F.M. van Egmond, A.J. Olijve, P. van Asperen, W. Vervuurt, S. Rombout, A. Zwijnenburg, J. Tolhoek, D. Simonse, R. Schierholz, K. Teuling, V. Kurm, P. Brinkman, G. Bongiorno, M. Zwetsloot, J. W. van Tintelen. J. Bloem, J. Visser, S. Jansen, A. Ramaker, Gaastra, M. Spoor en M.T. Schilder. 2021. Bodemkwaliteitsmetingen 2019 in Bedrijvennetwerk Bodemmetingen. Eerste analyse van de meetresultaten 2019 van integrale bodemkwaliteit op 16 akkerbouwbedrijven. Wageningen Research.
- de Haan, J. J., & Bakker, P. C. C. (2020). *Beter Bodembeheer Magazine 2e editie: Kennis en inspiratie voor beter bodembeheer in de landbouw*. (2 ed.) Wageningen University and Research.
<https://edepot.wur.nl/537147>.
- de Haan, J. J., Hanegraaf, M. C., van den Elsen, H. G. M., & Visser, S. M. (2019a). Basis voor het meten van bodemkwaliteit: Integrale benadering door doelgerichte indicatoren en kosteneffectieve meetmethoden. *Bodem*, (4), 13-15.
- de Haan, J., Rombout, S., Molendijk, L., Thoden, T., Hoek, H., de Wolf, P., & Sukkel, W. (2019b). *Meten 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*. (Rapport / Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten; No. WPR-821). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.
<https://doi.org/10.18174/511394>
- de Haan J. & G.H. Ros, 2019. Beoordeling Bodemkwaliteit gegeven doel. Interne notitie t.b.v. landelijk advies Nationaal Programma Landbouwbodems, 5 pp. In Geurts J., A. van Loon, G.H. Ros (2021) *Gezonde bodem, gezond watersysteem*. KWR-rapport BTO 2021. In press.
- Grand, Alfred; Pogrzeba, Marta; Cienciala, Emil; Soussana, Jean-Francois; Pinto Correia, Teresa; Biro, Borbala; Vela, Carmen; Bouma, Johan; Wittkowski, Reiner; Bastioli, Catia; Kriauciūnienė, Zita; Emmett, Bridget; Hristov, Lachezar; Frison, Emile Antoine; Veerman, Cees. 2020. *Caring for soil is caring for life. Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for healthy food, people, nature and climate: interim report of the mission board for soil health and food*. Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). doi.org/10.2777/821504.
- FAO. 2017. *Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management* Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
- Handboek Bodem en Bemesting, Commissie Bemesting Akkerbouw en Vollegrondsgroenten:
www.handboekbodemenbemesting.nl
- Hanegraaf, M., van den Elsen, E., de Haan, J., & Visser, S. (2019). *Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland - indicatorset en systematiek, versie 1.0*. (Rapport WPR; No. 795).
<https://doi.org/10.18174/498307>
- Hanegraaf M.C. & F. van Alebeek (2014) *Meetset Biologische Bodemkwaliteit*. Masterplan Mineralen management. PPO/NMI. www.kennisakker.nl.
- Hanegraaf MC, HC de Boer, N van Eekeren & DW Bussink, 2009. *Schatting van C- en N-mineralisatie met indicatoren voor labiele organische stof en stikstof*. NMI-rapport 1230, NMI, Wageningen.
- Hassink, J. (1995). *Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils*. Hassink.
<https://edepot.wur.nl/206831>
- Heinen, M., Bakker, G., & Wösten, J. H. M. (2020). *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks: Update 2018*. (Wageningen

- Environmental Research rapport; No. 2978). Wageningen Environmental Research.
<https://doi.org/10.18174/512761>
- ISO 23470, 2018; Soil quality — Determination of effective cation exchange capacity (CEC) and exchangeable cations using a hexamminecobalt(III)chloride solution
- Janmaat, Leen en Chris Koopmans (red.), 2020. Bodem & Klimaat Netwerk – Akkerbouw Voortgangsrapportage april 2020. Louis Bolk Instituut.
<http://www.louisbolk.org/downloads/3529.pdf>
- Koopmans, C., Timmermans, B., de Haan, J., van Opheusden, M., Selin Noren, I., Slier, T., & Wagenaar, J. P. (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023: Voortgangsrapportage 2020. Louis Bolk Instituut.
<https://edepot.wur.nl/534917>.
- Koopmans, C.J., L. Brands. 2002. Ondersteuning van duurzaam bodembeheer - Testkit bodemkwaliteit. Louis Bolk Instituut, Driebergen. 96 p.
- LANDMARK. (2015). Soil functions concept. Retrieved October 14, 2020, from
<http://landmark2020.eu/soilfunctions-concept/>
- Molendijk, L.M. & S. Rombout. 2020. Het bodemkwaliteitsplan: op weg naar integraal advies. Beter Bodembeheer Magazine. Pag 10. <https://www.beterbodembehermagazine.nl/beter-bodembeheer-magazine-editie-1/het-bodemkwaliteitsplan>.
- Nimmo, J.R. & K.S. Perkins. 2002. Aggregate Stability and Size Distribution. In: J.H. Dane & G.C. Topp (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*, pp. 317-328. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- NEN-EN-ISO 11272:2017 - Bepaling van de droge bulkdichtheid.
- Rinot et al., 2019. Soil health assessment: a critical review of current methodologies and a proposed new approach. *Science of Total Environment* 648, 1484-1491.
- Ros GH, Kros H, van Vliet P & K van Duijvendijk (2018). Kwantificering nutriëntensituatie van de bodem in het beheergebied van Wetterskip Fryslân. NMI-rapport 1708.N.17, 25 pp.
- Ros G.H., 2019. De Open Bodemindex 0.11. OBI rapportage, 183 pp.
- Ros G.H., S. Verweij, N. Quist en N. van Eekeren (2020) Bedrijfsbodembodemwaterplan. Maatwerk voor duurzaam bodem en waterbeheer. NMI-rapport 1805.N.20, 34 pp.
- Ros, G.H., Van Gerven, L.P.A., Groenendijk, P., Damen, S., Verloop, K. & De Haan, M. (2020a). Strategisch plan voor de ontwikkeling van tools voor bewustwording en advies aan agrariërs voor verbeteren van waterkwaliteit. Kennisimpuls Waterkwaliteit Rapport
- Rutgers, M.; Mulder, C.; Schouten, A.J.; Bloem, J.; Bogte, J.J.; Breure, A.M.; Brussaard, L.; Goede, R.G.M. de. 2007. Typering van bodemecosystemen in Nederland. Met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM rapport 607604008/2007. <http://edepot.wur.nl/40979>.
- Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'hUallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science and Policy*, 38, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002>
- Sonneveld, M.P.W., G.B.M. Heuvelink & S.W. Moolenaar. 2014. Application of a visual soil examination and evaluation technique at site and farm level. *Soil Use and Management*. 30. 263-271. doi: 10.1111/sum.12117
- Ter Berg, Coen. 2019. Handleiding Bodemconditie. Suikerunie.
<https://www.cosunleden.nl/CosunLedensite/media/media/PDF/Unitip/Handleiding-Bodemconditie.pdf>
- Tol-Leenders, D van, M. Knotters, W. de Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F. van Egmond, H. Wösten, P. Kuikman, 2019. Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018); CC-NL. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2974.
- van den Elsen, E., van Tol-Leenders, D., Teuling, K., Römkens, P., de Haan, J., Korthals, G., & Reijneveld, A. (2020). De staat van de Nederlandse landbouwbodems in 2018: Op basis van beschikbare landsdekkende dataset (CC-NL) en bodem-indicatorenlijst (BLN). (Wageningen Environmental Research rapport; No. 3048). Wageningen Environmental Research.
<https://doi.org/10.18174/537281>.
- van den Elsen, H.G.M., M. Knotters, M. Heinen, P.F.A.M. Römkens, J. Bloem, & G.W. Korthals, 2019. Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems; De meest relevante fysische, chemische en biologische indicatoren voor het

- meten van de bodemgezondheid. Rapport 2944, Wageningen Environmental Research.
<http://edepot.wur.nl/475874>.
- van Eekeren, N. & J. Bokhorst, 2009. Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond. Een inventarisatie van bodemindicatoren voor de veehouderij. Zorg voor Zand Rapport nr. 7. Louis Bolk Instituut. Driebergen. 61 pp. <http://www.louisbolk.org/downloads/2149.pdf>
- Van der Wal, A., de Lijster, E., Dijkman, W., Zanen, M., van Essen, E., Sukkel, W., ... & Korthals, G. (2016). Ontwerp Label Duurzaam Bodembeheer. CLM Onderzoek en Advies.
- Visser, S. M. (Author), de Haan, J. J. (Author), van den Elsen, H. G. M. (Author), & Hanegraaf, M. C. (Author). (2019). Een mijlpaal voor de bodem: de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN) zijn vastgesteld!. Web publication/site, Wageningen Environmental Research. <https://weblog.wur.nl/natuur-biodiversiteit/een-mijlpaal-voor-de-bodem/>
- Wagenaar, Jan-Paul, Maaïke van Agtmaal, Pedro Janssen, Bo Stout en Moira de Klyn. 2020. Bodem & Klimaat Netwerk – Veehouderij Rapportage 2019. Louis Bolk Instituut. Driebergen. 39 p. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/bodem-klimaat-netwerk-veehouderij.pdf>
- Zaborski, Edmond R., Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms, Applied Soil Ecology, Volume 22, Issue 1, 2003, Pages 87-95, ISSN 0929-1393.

Bijlage 1 Verslag workshop evaluatie BLN

16 februari 9:00-11:00

Aanwezig: Gerben Bakker; Joeke Postma; Dorothee van Tol; Marius Heinen; Jack Faber; Gerard Korthals; Gerard Ros; Gert Jan Noij; Chris Koopmans; Paul Romkens; Michiel Rutgers; Henri Hekman; Mirjam Hack-tenBroeke; Bart Timmermans; Petra van Vliet.

Organisatie: Janjo de Haan, Saskia Visser, Marjoleine Hanegraaf & Erik van den Elsen

1. Opening, uitleg doel en verwacht resultaat bijeenkomst

Saskia Visser opent de bijeenkomst en licht aanleiding, doel en verwacht resultaat van de bijeenkomst toe.

Aanleiding

In 2019 is de indicatoren set Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN, versie 1.0) ontwikkeld en gepubliceerd (<https://edepot.wur.nl/498307>). Partijen betrokken bij het Nationaal Programma Landbouwbodems onderschrijven dat de BLN de basis is voor het bepalen van bodemkwaliteit. De BLN is in de afgelopen jaren getest in de PPS Beter Bodembeheer en Slim Landgebruik. De ervaringen uit deze toepassingen willen we samen met een aantal wetenschappelijke experts op dit vlak bespreken om tot een verbeterde BLN op korte termijn te komen (een versie 1.1) en een ontwikkelpad voor de langere termijn te beschrijven (naar een versie 2.0). Zie bijgevoegde notitie voor beschrijving van stand van zaken, opzet project Evaluatie BLN en inventarisatie van discussiepunten. Input voor de evaluatie mag ook voor of na de bijeenkomst gegeven worden.

Doel van de bijeenkomst

- Presenteren van de stand van zaken rond de BLN en de discussiepunten rond de BLN
- Bespreken van enkele concrete discussiepunten
- Commitment krijgen voor medewerking in de verbetering van de BLN op korte en langere termijn

Verwachtte resultaat

- Deelnemers zijn geïnformeerd over de stand van zaken rond de BLN en kennen de belangrijkste discussiepunten
- Voor enkele concrete discussiepunten hebben we input ter verbetering van de BLN naar een versie 1.1 en/of voor beschrijving van het gewenste ontwikkelpad. Op de andere punten willen we wel opmerkingen ophalen maar de discussie beperkt houden.
- Deelnemers hebben aangegeven dat ze willen meewerken om concrete verbeteringen op details van de BLN aan te brengen

2. Presentatie BLN, stand van zaken

Janjo licht de stand van zaken van de BLN-indicatorset toe, zie presentatie. Vragen en opmerkingen naar aanleiding van de presentatie:

- De BLN is zowel bedoeld voor landelijke monitoring van bodemkwaliteit als voor toepassing door boeren per perceel.
- De BLN is bedoeld voor landbouwgronden waar landbouwproductie een van de doelen is in combinatie met de maatschappelijke doelen.
- Voor een aantal van de indicatoren mist nog de validatie met de doelstellingen.
- De definitie van bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer moeten scherp zijn en gelijk voor de bedrijfssystemen. In de definitie van 'duurzaam bodembeheer' ook eventueel gestelde 'doelen' terug laten komen.
- BLN en OBI zijn uniform in meten en waarderen, dat is belangrijk

3. Presentatie BLN, discussiepunten onderdeel doelen

Janjo licht de discussiepunten rond de doelen van de BLN-indicatorset toe, zie presentatie. Vragen en opmerkingen naar aanleiding van de presentatie:

- Relatie van beheer met integrale bodemkwaliteit is mogelijk lastig: relatie beheer - kwaliteit is a priori vaak monodisciplinair: N-gift, OS-beheer.
- Streefwaarden afleiden per functie en schaalniveau maakt het instrument niet eenvoudig. De vraag is wie bepaalt welke streefwaarde leidend is.
- Streefwaarden ontbreken nog voor veel indicatoren. Hiervoor moet eerst een goed referentiesysteem opgebouwd worden met duidelijkheid over spreiding voor verschillende bodemtypes. Deels moeten metingen zoals indringingsweerstand nog vertaald worden naar goede indicatoren.
- Voor landbouwkundig productie zijn er al veel streefwaarden. Voor de andere functies (klimaat, biodiversiteit, water, etc) is dat nog een grote uitdaging.
- Gerard Korthals vraagt om voldoende aandacht voor bodembioïologie ten opzichte van chemie en organische stof.
- De vraag is of in plaats of naast streefwaarden ook gewerkt kan worden met een ondergrens die tenminste gehaald moet worden. Mede vanuit vraag welke functies op welke plekken vervuld moeten worden en in welke mate zodat functieverandering mogelijk blijft. We hebben daarbij ook te maken met de tijd die nodig is om van het ene evenwicht naar een ander evenwicht te komen. Dus de ondergrens wordt ook bepaald door de tijd die je daarvoor over hebt. Een soort "borging" van een minimumkwaliteitswaarde voor indicatoren wordt een mooie gedachte gevonden door enkelen. Wel ontstaan daardoor gradaties in duurzaamheid en dat moet goed gedefinieerd worden. Duurzaam betekent letterlijk volhoudbaar naar de toekomst en dat hangt dus af van de functie die je wilt volhouden.
- De keuze tussen doelen is niet wetenschappelijk te maken; dat is een politieke keuze.
- Hoe ver kunnen we en willen we gaan bij de doorontwikkeling van de BLN? Zijn we niet te ambitieus? Als ik kijk naar waterkwaliteit dan was dit een zeer omvangrijk traject om hier doelen en streefwaarden af te leiden.

4. Presentatie BLN, discussiepunten onderdeel systematiek

Marjoleine licht de discussiepunten rond de systematiek van de BLN-indicatorset toe, zie presentatie.

Vragen en opmerkingen naar aanleiding van de presentatie:

- Relatie met regio's is zinvol. Voor rol bodem in relatie tot waterkwaliteit is dit door kennisinstellingen bijvoorbeeld uitgewerkt in doelen per stroomgebied/ grondwaterbeschermingslichaam. Zie Maatregel-Op-De-Kaart.
- Bodemtypen en landgebruik in rapport Staat van de Bodemkwaliteit anno 2018 komen overeen met LULUCF. Het valt op dat er een behoorlijk verfijnde indeling van de reeks zand-eerd-moerigveen, terwijl er maar 1 categorie klei is.
- Een indeling kent een achtergrond, een reden. Is die indeling dan toe te passen voor iets als duurzaam bodembeheer. Is dan onderscheid bos en natuur zinnig? Dus juist vanuit de vraag beginnen en niet een concept overnemen zonder dat je die tegen de vraag 'waarom' en 'wat wil ik er mee' aanlegt.
- BLN focust sterk op bovengrond. Rol van ondergrond in relatie tot waterbeschikbaarheid is ook ondersteunend.
- Uitwerking voor grondsoort/gebruikstypen is nodig maar vergeet de managementmaatregelen niet. Hoe snel kan het gaan?

5. Presentatie BLN, discussiepunten onderdeel indicatoren, streefwaarden en referentiewaarden

Erik licht de discussiepunten rond de indicatoren, streefwaarden en referentiewaarden van de BLN-indicatorset toe, zie presentatie. Vragen en opmerkingen naar aanleiding van de presentatie:

- Streefwaarden zijn niet zinvol voor alle indicatoren (bijvoorbeeld koolstof). Hier onderscheid in maken of bijvoorbeeld 'potentie' voor koolstofvastlegging.
- 'Maximale gewasopbrengst' (genoemd als voorbeeld voor een doel) rijmt niet met het streven naar duurzaam bodembeheer. Meer de nadruk leggen op het woord 'optimale waarde' uit de definitie en toevoegen '*binnen de context van eventuele andere doelen*'.
- Evalueren van een nieuwe definitie aan de hand van hoe de nieuwe definitie voldoet in de praktijk.
- Binnen de wereld van 'Achtergrondwaarden 2000' (F.P.J. Lamé et al., 2004) is het begrip referentiewaarde ook gedefinieerd; het is handig om dit ook mee te nemen in de nieuwe definitie.

N.b. in het rapport wordt de term 'referentiewaarde' niet gebruikt, slechts de term 'achtergrondgehalte'.

- Er is behoefte aan het tonen en bediscussiëren van de data die is gemeten in Nederland (in het kader van BLN, CC-NL). Er is inderdaad behoefte aan het presenteren van bijvoorbeeld CC-NL-data, dit is mogelijk. Ook vanuit bedrijvennetwerk en NIOO zijn er gegevens en is er deze behoefte. Financiering van een dergelijk initiatief is een drempel.
- Michiel Rutgers en Jack Faber stellen zich beschikbaar om over de definitie van 'referentiewaarde' verder te denken.
- Streef en referentiewaarde, kijk naar alle indicatoren in samenhang en blijf bij werkelijk gemeten waarden, om haalbare waarden te genereren. Dus niet per indicator streefwaarden afleiden.
- Daarvoor zou ik de benadering van Gerard Ros voorstaan, met kwantielen. Kwantielen: dat doen we inderdaad in CC-NL voor de daar gemeten parameters (ik noem dat geen indicatoren). Maar dergelijke verdelingsfuncties zijn er nog niet voor alle indicatoren/parameters
- Wat voor doel heeft een referentie. Een boer (of gebruiker) gaat altijd vergelijken en wil dan wat met die kennis
- Ook de data uit het LMB en Bobi zijn bruikbaar voor de onderbouwing van referentiewaarde
- Visuele bodembeoordeling: zie PhD thesis van Marieke van Leeuwen
- Verbetering NIRS graag wat algemener verwoorden: ook XRF en MIR meenemen bv

6. Afsluitende ronde langs deelnemers

Iedereen krijgt nog de laatste mogelijkheid om belangrijke punten aan te dragen en aan te geven wat hij/zij van de BLN vindt:

- Het tijdsaspect in de BLN ontbreekt.
- Het is niet zo simpel: bijvoorbeeld verdeling van data.
- Vraag is of er streefwaarden per doel moeten zijn. Liever een streefwaarde voor alles dan uitsplitsing.
- Eenduidigheid en brede bruikbaarheid zijn van belang
- Internationale afstemming belangrijk. Ook daar eenduidigheid en afstemming belangrijk (verwacht in EJP SOIL en HORIZON EUROPE).
- De rationale van de BLN is belangrijk, wens om ook natuur te betrekken.
- We meten nog veel te weinig en er is meer aandacht nodig om voldoende bodembiologie te meten om meer begrip te krijgen van de bodem en dit in de BLN mee te kunnen nemen.
- Benut onderzoeksnetwerken van boerenbedrijven om BLN verder te toetsen zoals Koeien en Kansen.
- Screen de lijst van indicatoren op beïnvloedbaarheid door management.
- Moment van monsternamen is ook van belang om rekening mee te houden.
- Ontwikkeling en goede fysische en biologische indicatoren is belangrijk.
- Transparant maken van meten en interpreteren is belangrijk.
- Veel vraag naar data en dan van belang om meer samen te werken met agrarische laboratoria over de kennis rond metingen.
- Ambitie rond doelen is erg hoog en dat is complex en lastig. Eerst landbouwproductie goed op orde krijgen is al belangrijk, andere doelen volgen later.
- Goed kijken naar de hoeveelheid indicatoren, belang om fysische en biologische indicatoren te handhaven om hier voldoende aandacht voor te hebben
- Vraag is wat we er nu al mee kunnen: dat heeft geen aandacht gehad. Meer focus op zaken die we kunnen beantwoorden.
- Hoewel er veel onduidelijkheid is, is BLN wel een soort kapstok van belangrijke metingen voor mij. In de BLN zijn de indicatoren ook netjes beschreven
- De BLN is voor mij nog onzichtbaar; ik weet nog niet wat ik er mee kan. Dit ook met ruimtelijke en tijdsaspect (veranderingen duren lang). Ben daarom zeer benieuwd of alle metingen nodig zijn
- Het EU-project Landmark is niet genoemd vandaag, terwijl daar ook een selectie van indicatoren voor bodemkwaliteit heeft plaats gevonden. Er loopt een wildcardproject waarbij data van bedrijven in NL (w.o. K&K en Bedrijvennetwerk Bodemmetingen) worden verzameld om de soil navigator (de tool uit Landmark) toe te passen. Contact Carmen Vazquez van vakgroep SBL.
- Data en ervaring van Bobi kunnen bij BLN benut worden. Bepaalde discussies zijn ook bij Bobi gevoerd.
- Zijn eDNA technieken een goedkoop en bruikbaar initiatief om biologische metingen te ondersteunen/vervangen?

- Graag inzicht in de recente metingen van integrale bodemkwaliteit.
- Vanuit BOBI hebben we ook 1000 percelen of meer die gemeten zijn.

7. Vervolgproces, afspraken en afsluiting

Het vervolg van de evaluatie BLN is:

1. Verslag van de bijeenkomst (hierbij)
2. Opstellen conceptrapportage met voorstel BLN, versie 1.1 en ontwikkelpad voor BLN, versie 2.0,
3. Deelnemers workshop worden gevraagd het rapport te reviewen
4. Afstemming met LNV
5. Definitief rapport en publicatie BLN, versie 1.1 uiterlijk eind april 2021

Verdere uitwerking BLN, versie 2.0 volgt in de PPS Beter Bodembeheer

Bijlage 2 Protocollen BLN-indicatoren

Overgenomen uit de Haan et al. (2021).

Organische stof indicatoren

Nummer indicator	1
Naam indicator	OS-gehalte
Doel	Het organisch stofgehalte in de bodem vaststellen
(Meet)eenheid	Percentage (kwantiteitsindicator)
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen officieel vastgestelde streefwaarden voor het percentage organische stof. Een vuistregel voor een minimaal organische-stofgehalte is: $1,5 + 0,1 * \text{lutum\%}$ (b.v. bij 15% lutum, minimaal 3% o.s.). Het gewenste percentage organische stof verschilt dus per grondsoort. In het BLN zijn referentiewaarden beschikbaar voor het organisch stofgehalte gemeten met de gloeiverliesmethode.
Stuurbaarheid	Gering. Er moeten zeer grote hoeveelheden organisch materiaal worden aangevoerd of afgevoerd om een meetbaar verschil in de bodem te kunnen aantonen.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm,
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Gloeiverlies: Een monster wordt verast bij 550°C gedurende 4 uur en het gewichtsverlies door verbranding wordt toegerekend aan de hoeveelheid organische stof (Hoogsteen, 2015, 2018). Deze methode berekent op directe wijze de organische stof en wordt daarom veel gebruikt als referentiemethode (STOWA, 1997). De analyse is, zonder kleicorrectie, uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory. <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om de bodem organische stof te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	Organische stof speelt een belangrijke rol bij tal van bodemeigenschappen en – processen. Hierbij kan je denken aan nutriëntenlevering en –buffering (ook wel bodemvruchtbaarheid genoemd), lucht- en waterhuishouding en aggregaatstabiliteit (denk hierbij aan bodemstructuur) en het dienen als bron van voedsel voor het bodemleven.
Nummer indicator	2
Naam indicator	C-gehalte
Doel	Vaststellen totale hoeveelheid koolstof in de bodem
(Meet)eenheid	Percentage (kwantiteitsindicator)
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen officieel vastgestelde streef- of referentiewaarden.
Stuurbaarheid	Gering. Er moeten zeer grote hoeveelheden organisch materiaal worden aangevoerd om een meetbaar verschil in de bodem te kunnen aantonen.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Kurmies: Deze methode maakt gebruik van natte oxidatie met dicromaat. Kurmies (1957) beschreef een dergelijke methode, welke hiervoor is toegepast. De analyse is uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory. <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een

Omschrijving	<p>kalibratiemethode gebruikt om de bodem organische koolstof te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.Rock Eval: Met behulp van een Flame Ionization Detector en infrarooddetectoren worden vrijkomende koolwaterstof en koolstofmonoxide- en dioxide gemeten gedurende een oxidatie en pyrolyse fase (Sebag et al., 2006). Naast het organische stofgehalte is het belangrijk om het koolstofgehalte in de bodem te bepalen. Dit onder andere met het oog op karakterisatie van de kwaliteit van organische stof en koolstofvastlegging in de bodem in relatie tot klimaatverandering (klimaatmitigatie).</p>
Numer indicator	3
Naam indicator	Hot Water extractable Carbon (HWC)
Doel	De actieve fracties van organische stof vaststellen.
(Meet)eenheid	mg kg ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de actieve fractie gemeten met HWC zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (500), akkerbouw op zand (500-2000) en melkveehouderij op zand (700-2300) (Hanegraaf en van Alendonk, 2017).
Stuurbaarheid	Redelijk, via organische bemesting, bekalking en bodembewerking.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 stekken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<i>Hot water extractable carbon (HWC):</i> HWC werd bepaald als de hoeveelheid opgelost organische koolstof die vrijkomt tijdens incubatie van een grondmonster in heet water gedurende 16 uur bij 80°C (Ghani et al. 2003). Dit kan worden gezien als het lichtste oplosmiddel. HWC zou een maat zijn voor de meest makkelijke afbreekbare organische stof. Deze analyse is uitgevoerd door WUR OT en SBL.
Omschrijving	Van de omvang van de actieve fracties wordt gedacht dat deze een indicator kunnen zijn voor mogelijke veranderingen in het totale gehalte aan organische stof in de bodem, voordat deze verandering meetbaar is in het totale gehalte (Sparling, 1992). Bovendien vertoont de HWC een sterke correlatie met de bodemstructuur (Ghani, 2003), de N-mineralisatie (Hanegraaf et al., 2010) en de bodemweerbaarheid (van Os et al., 2015).

Fysische indicatoren

Nummer indicator	4
Naam indicator	Watervasthoudend vermogen
Doel	Het watervasthoudend vermogen vaststellen.
(Meet)eenheid	Watervasthoudend vermogen wordt uitgedrukt in cm ³ cm ⁻³ , en kan vermenigvuldigd worden met de dikte van de laag waarop men de informatie wil betrekken; bijvoorbeeld de wortelzone van 30 cm. In dat geval wordt de eenheid gelijk aan de dikte van een equivalente waterlaag die beschikbaar is voor opname (cm)
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn referentiewaarden beschikbaar voor klei (0,24) en zand (0,19).
Stuurbaarheid	Redelijk, via verbetering van de bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	Ringmonster in profielkuil op 10-15 en 30-35 cm.
Methodiek analyse	Het watervasthoudend vermogen van een bodem is het verschil van volumetrisch vochtgehalte tussen drukhoogten pF 2.0 en pF 4.2 wat is af te leiden uit de waterretentiekarakteristiek (pF curve). Dit watervasthoudend vermogen is afhankelijk van textuur en structuur van een bodem. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen bodemtypen. De analysemethode wordt omschreven door van den Elsen et al. (2019) en Heinen et al. (2018).
Omschrijving	Het watervasthoudend vermogen van de bodem is een maat voor de hoeveelheid vocht dat de bodem kan vasthouden in de poriën van een bepaalde laag. Deze indicator geeft inzicht in de hoeveelheid vocht dat beschikbaar is voor een gewas. Grond is verzadigd (pF = 0), als alle poriën (klein en groot) gevuld zijn met water. Door de zwaartekracht zal het water uit de grote poriën lopen tot een pF van 1,8 (zand), komt overeen met een grondwaterstand van 60 cm onder het maaiveld, of

2,5 (klei) is bereikt. Dit is de veldcapaciteit van een bodem. Met de zogenoemde zandbak-methode kan de pF tot een drukhoogte van 2 bepaald worden.

Nummer indicator	5
Naam indicator	Aggregaatstabiliteit
Doel	Het bepalen van de stabiliteit van de bodem aggregaten.
(Meet)eenheid	De aggregaat stabiliteit wordt uitgedrukt in de water stabiele aggregaten index (WSA-index).
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de aggregaat stabiliteit zijn geen referentie- of streefwaarden bekend.
Stuurbaarheid	Structuurverbetering
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	
Methodiek analyse	De aggregaat stabiliteit wordt bepaald met de Natte Zeef Methode van Eijkelkamp (gebaseerd op de standaard DIN 19683-16). Deze methode kijkt naar de structurele aggregaatstabiliteit van de grond gebaseerd op de textuur en organische stof. Tijdelijke aggregaatstabiliteit door beworteling en bodemleven wordt bij deze methode buiten beschouwing gelaten. Voor een gedetailleerde omschrijving, zie Nimmo & Perkins (2002) of Eijkelkamp (2018).
Omschrijving	De aggregaat stabiliteit geeft aan in welke mate de bodemaggregaten, en daarmee de bodemstructuur, bestand zijn tegen verstoringen in of op de bodem. Verstoringen zijn onder andere menselijke handelingen zoals grondbewerking en bodemberijding, maar ook natuurlijke invloeden zoals neerslag, wind en temperatuur (bijvoorbeeld zwellen en krimpen). De aggregaatstabiliteit wordt bepaald door zowel zowel chemische (bijv. CEC), fysische (bijv. textuur) als biologische indicatoren (bijv. 'samenkitten' van bodemdeeltjes).

Nummer indicator	6
Naam indicator	Indringingsweerstand*
Doel	Het vaststellen van de indringingsweerstand van de bodem.
(Meet)eenheid	Mpa
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde is vastgesteld op 2 à 3 Mpa.
Stuurbaarheid	De indringingsweerstand is te beïnvloeden door het opheffen van bodemverdichting.
Meetfrequentie in de tijd	Regelmatig
Meetfrequentie ruimtelijk	5 steken per locatie in een straal van 1 à 2 meter, het protocol is omschreven in Tol-Leenders et al. (2019).
Methodiek bemonstering	Door middel van een penetrometer.
Methodiek analyse	De methodiek is omschreven in de handleiding van Eijkelkamp (2020).
Omschrijving	De indringingsweerstand is de weerstand die een wortel ondervindt in de bodem. Met de indringingsweerstand kan vastgesteld worden of en waar verdichte lagen in de bodem voorkomen. De indringingsweerstand geeft een indicatie van de bodemverdichting en daarmee ook inzicht in de doorlaatbaarheid (bijv. waterinfiltratie) en doordringbaarheid (bijv. bewortelbaarheid) van de bodem.

Nummer indicator	7
Naam indicator	Droge bulkdichtheid
Doel	Het bepalen van de bulkdichtheid; soms nodig voor de berekening van overige indicatoren.
(Meet)eenheid	Gram (droge grond) per cm ³
Streef- en/of referentiewaarden	Voor droge bulkdichtheid is deze voor zand, lichte en matig zware zavelgronden (<17.5 % lutum) < 1.6 g/cm ³ . Voor zware zavel- en kleigronden (>17.5 % lutum) is deze afhankelijk van het klei of lutumgehalte van een bodem volgens < 1.75 - 0.009*lutum.
Stuurbaarheid	De droge bulkdichtheid wordt beïnvloed door de bodemstructuur en door het organisch stofgehalte.
Meetfrequentie in de tijd	Verandert door grondbewerking en teelt van gewassen.
Meetfrequentie ruimtelijk	Op diverse plaatsen in het perceel, kan op korte afstand variëren.
Methodiek bemonstering	Door middel van ringmonsters op een diepte van 12,5 cm en 30 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u>

Een omschrijving van het protocol voor het steken van ringen wordt omschreven in NEN-EN-ISO 11272:2017. De analyse is uitgevoerd door WUR Open Teelten Lelystad.

Alternatief

Drogen en wegen van de inhoud van een guts over een gekozen diepte (van Tol-Leenders et al., 2019).

Gebruik van een bulkdichtheidsensor (MS-Rho), getest in dit onderzoek.

Omschrijving

De droge bulkdichtheid geeft de droge massa van de vaste fractie (grondeeltjes + OS) weer per volume grond in een onverstoorde natuurlijke toestand. Deze indicator is onderhevig aan veranderingen door natuurlijke (bijv. zwellen en krimpen) en menselijke oorzaken (bijv. grondbewerking en bodemberijding). De droge bulkdichtheid geeft, net zoals de indringingsweerstand, een indicatie van de mate van bodemverdichting en daarmee ook inzicht in de doorlaatbaarheid en doordringbaarheid van de bodem.

Chemische indicatoren

Nummer indicator	8
Naam indicator	pH
Doel	Het vaststellen van de zuurgraad.
(Meet)eenheid	De zuurgraad wordt weergegeven als pH. Dit is de absolute waarde van de negatieve logaritme van de concentratie H ⁺ ionen.
Streef- en/of referentiewaarden	Afhankelijk van grondsoort, organische stof percentage en bouwplan. De streefwaarden staan in het "Handboek bodem en Bemesting".
Stuurbaarheid	Op kalkarme gronden (pH <7) is de pH goed stuurbaar via bekalking. Op kalkrijke gronden (pH >7) is de pH niet stuurbaar (verhoging is niet nodig, verlaging lukt niet).
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Chemische extractiemethode (CaCl ₂): Elektrometrische bepaling van de pH in een suspensie van 1 gewichtsdeel grond en 5 volumedelen 0,01 M CaCl. Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000). <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om de pH te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Kotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	De zuurgraad is van invloed op onder andere de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voor opname door een gewas. Daarnaast beïnvloedt de zuurgraad ook het bodemleven (o.a. activiteit), afbraak van organische stof en de structuur van de bodem.
Nummer indicator	9
Naam indicator	N-totaal*
Doel	Vaststellen totale hoeveelheid stikstof in de bodem
(Meet)eenheid	mg N per kg grond/ kg ha ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	Referentiewaarden (kg ha ⁻¹) zijn beschikbaar voor akkerbouw op klei (3110-3890) en melkveehouderij op zand (1410-2060).
Stuurbaarheid	beperkt. Het overgrote deel van N totaal in de bodem bevindt zich in de organische stof.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> N-totaal wordt bepaald door 1 volumedeel grond te mengen met 2 volumedelen extractiemiddel (0,01 M CaCl ₂). Spectrofotometrische bepaling van NH ₄ bij 660 nm na omzetting tot een gekleurd indofenol-complex. Spectrofotometrische bepaling van NO ₃ /NO ₂ bij 530 nm na reductie van nitraat tot nitriet door hydraziniumsulfaat en omzetting tot een gekleurd diazo-complex (HBB). Deze

	<p>methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000).</p> <p><u>Alternatief</u></p> <p>NIRS:</p> <p>Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om N-totaal te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.</p>
Omschrijving	<p>Stikstof (N) is één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en –ontwikkeling. N-totaal bestaat uit stikstof wat voor het grootste deel (ca. 99%) in organisch materiaal aanwezig is en daarmee niet direct beschikbaar is voor opname door een gewas. De totale hoeveelheid stikstof wordt samen met de C/N-quotiënt gebruikt om het stikstof leverend vermogen (NLV) van de bodem te berekenen.</p>
Nummer indicator	10
Naam indicator	Potentieel mineraliseerbare N (PMN)*
Doel	Vaststellen van de stikstofpool in de bodem die eenvoudig mineraliseert.
(Meet)eenheid	mg/kg of g/ha
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor akkerbouw op klei is 60-80 mg/kg en voor melkveehouderij op zand 125-175 mg/kg (Hanegraaf et al., 2019). De referentiewaarde voor de stikstofmineralisatie per week is voor akkerbouw op zand is mg/kg/week en voor melkveehouderij op zand 12 mg/kg/week (Rutgers et al., 2008).
Stuurbaarheid	Enigszins, via organische bemesting.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<p><u>Klassiek</u></p> <p>Anaerobe incubatie:</p> <p>Voor het bepalen van de PMN zijn verschillende methoden beschikbaar. PMN kan worden bepaald door grond te incuberen bij luchtdichte potten bij 20°C en vervolgens de toename in minerale N tussen week 1 en week 6 te bepalen (Bloem et al., 1994). Daarnaast kan PMN worden gemeten na 1 week anaerobe incubatie bij 40°C (Keeny en Nelson, 1982; Canali en Benedetti, 2006). Binnen het BNW is de eerste methode toegepast, de BLN gaat uit van de onderste methode.</p> <p><u>Alternatief</u></p> <p>NIRS:</p> <p>De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.</p>
Omschrijving	<p>PMN is een maat voor gemakkelijk afbreekbare stikstof. PMN vertoont goede correlaties met de totale microbiële biomassa en is betrekkelijk eenvoudig te meten en te begrijpen. De PMN correleert vaak met het organische stofgehalte en totaal N en C, maar laat eerder en grotere verschillen zien, bijvoorbeeld toename bij organische bemesting en bij gereduceerde grondbewerking.</p>
Nummer indicator	11
Naam indicator	Fosfaatvoorraad (P-Al) en fosfaatbeschikbaarheid (P-CaCl ₂)
Doel	De fosfaattoestand, voorraad en beschikbaarheid vaststellen.
(Meet)eenheid	mg P kg ⁻¹ (P-CaCl ₂), kg ha ⁻¹ of mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹ (P-Al)
Streef- en/of referentiewaarden	Zie Handboek Bodem & Bemesting en Adviesbasis bemesting. Voor de fosfaatvoorraad (P-Al, mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹) zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (31-62), akkerbouw op zand (34-75), melkveehouderij op klei (19-57) en melkveehouderij op zand (30-90). Voor de fosfaatbeschikbaarheid (P-CaCl ₂ , kg ha ⁻¹) zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (5,4-9,1) en melkveehouderij op zand (2,8-4,1).
Stuurbaarheid	Redelijk. Er is een evenwicht in de bodem tussen de verschillende P-pools. Fosfaatbemesting verhoogt de hoeveelheid snel beschikbaar P voor de korte termijn (het eerste groeiseizoen). Op langere termijn komt de P in stabielere pools terecht en is dan niet snel meer beschikbaar.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<p><u>Klassiek</u></p> <p>P-CaCl₂ getal:</p>

	<p>Het P-CaCl₂ getal wordt bepaald door 1 volumedeel monster te mengen met 10 volumedelen extractievloeistof (calciumchloride 0,01M). Spectrofotometrische bepaling van P bij 880 nm na kleuring met ammoniummolybdaat, antimoon en ascorbinezuur (HBB). Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000).</p> <p>P-Al getal: Het P-Al getal wordt bepaald door 1 gewichtsdeel monster te mengen met 20 gewichtsdelen extractievloeistof (ammoniumlaxtaat-azijnzuur met pH 3,75). Spectrofotometrische bepaling van P₂O₅ bij 880 nm na kleuring met ammoniummolybdaat, antimoon en ascorbinezuur (HBB).</p> <p><u>Alternatief</u> P-Al getal met NIRS</p>
Omschrijving	<p>Fosfor is ook één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en –ontwikkeling. Bij bemestingsadviezen voor het bepalen van de fosfaatgift wordt rekening gehouden met de fosfaattoestand (fosfaatstatus) in de bouwvoor van de bodem en de gewasbehoefte. Er bestaan verschillende chemische extractiemethoden om de fosfaattoestand van een bodem te karakteriseren.</p>
Nummer indicator	12
Naam indicator	Kalivoorraad (K-CEC) en kalibesikbaarheid (K-CaCl ₂)
Doel	Kaliumbeschikbaarheid en voorraad vaststellen.
(Meet)eenheid	mg kg ⁻¹ (K-CaCl ₂), mmol+ kg ⁻¹ (K-CEC)
Streef- en/of referentiewaarden	Zie Handboek Bodem & Bemesting en Adviesbasis bemesting
Stuurbaarheid	goed, door kalibemesting.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<p><u>Klassiek</u> Kali voorraad (K-CEC): De kali voorraad wordt bepaald door 1 gewichtsdeel grond te mengen met 10 gewichtsdelen extractievloeistof (0,1M HCl en 0,4M oxaalzuur). K₂O wordt bepaald via vlamfotometrie (HBB).</p> <p><u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om kali te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro. Kali beschikbaar (K-PAE): Een bepaling door middel van een extractie in CaCl₂. Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000).</p>
Omschrijving	<p>Kalium is, net zoals fosfor en stikstof, één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en –ontwikkeling. Er bestaan verschillende chemische extractiemethoden om de kaliumtoestand van de bodem te bepalen.</p>

Biologische indicatoren

Nummer indicator	13/14
Naam indicator	Aaltjes diversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes)
Doel	Bepaling van het aantal aaltjes en het besmettingsniveau (in geval van plant parasitaire aaltjes).
(Meet)eenheid	Het aantal aaltjes per 100 gram grond en het aantal taxa per 100 ml grond
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor het aantal aaltjes per 100 gram verse grond voor akkerbouw op klei is 660-2190, voor akkerbouw op zand 1475, voor melkveehouderij op klei 2170-7260 en voor melkveehouderij op zand 2450-7760. Voor het aantal taxa is dit respectievelijk 25-44, 19-32, 21-36 en 27-42 (Rutgers et al., 2007).
Stuurbaarheid	Redelijk, via het bouwplan.
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<p><u>Klassiek</u> Microscopie:</p>

Omschrijving	Voor de bepaling van aaltjes zijn verschillende protocollen ontwikkeld. Aaltjes zijn belangrijke grazers van bacteriën, schimmels en plantenwortels, en dragen bij aan de mineralisatie. Daarnaast zijn er ook predatoren (roofaaltjes) die protozoën en andere nematoden belagen. In elke bodem zitten al gauw 40-100 verschillende soorten, met naast de beruchte plant-parasitaire aaltjes ook heel veel niet plant-parasitaire aaltjes. Doordat ze zo talrijk, divers en belangrijk zijn worden ze al lang gebruikt als indicator, en verschillende indices geven een indicatie over de vruchtbaarheid en mate van verstoring in de bodem.
Nummer indicator	15
Naam indicator	Bacteriebiomassa
Doel	Bepaling van de biomassa aan bacteriën.
(Meet)eenheid	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor akkerbouw op klei is 7,5-162, voor akkerbouw op zand 25-145, voor melkveehouderij op klei 38-844 en voor melkveehouderij op zand 40-293 (Rutgers et al., 2008).
Stuurbaarheid	Matig, via het soort organische mest.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Microscopie: De bacteriën worden gekleurd met fluorescerende verbindingen en vervolgens automatisch microscopisch gemeten, een omschrijving is beschikbaar via (Bloem, 1995a; Schouten et al., 2002; Bloem et al., 2006; Bloem & Vos, 2004). <u>Alternatief</u> Als alternatief wordt PLFA toegepast, voor een omschrijving zie de PLFA-indicator hieronder.
Omschrijving	Bacteriën zijn belangrijke afbrekers van organische stof, en vormen de basis van het bodemvoedselweb. De hoeveelheid en activiteit van bacteriën wordt bevorderd door organische bemesting, vooral door drijfmest met een relatief hoge stikstofbeschikbaarheid.
Nummer indicator	16
Naam indicator	Schimmelbiomassa
Doel	Bepaling van de biomassa aan schimmels.
(Meet)eenheid	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	Voor schimmelbiomassa zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Matig, via het soort organische mest.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Microscopie: De schimmelbiomassa is microscopisch gemeten, zie Bloem et al., (1995b). <u>Alternatief</u> Als alternatief wordt PLFA toegepast, voor een omschrijving zie de PLFA-indicator hieronder.
Omschrijving	Schimmels zijn, samen met bacteriën, de belangrijkste afbrekers van organische stof en vormen de basis van het voedselweb. Schimmeldraden vormen netwerken rond organisch materiaal en gronddeeltjes en dragen zo bij aan een goede kruimelige structuur. Deze microscopisch gemeten schimmelbiomassa is gebaseerd op de totale hoeveelheid schimmeldraden en omvat zowel saprotrofe schimmels (afbrekers) als mycorrhiza schimmels die in symbiose leven met plantenwortels.
Nummer indicator	15/16 alternatief
Naam indicator	PLFA
Doel	De samenstelling en biomassa van de microbiële gemeenschap inzichtelijk maken.
(Meet)eenheid	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	Zie indicator bacteriebiomassa en schimmelbiomassa.

Stuurbaarheid	Zie indicator bacteriebiomassa en schimmelbiomassa.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25 cm
Methodiek analyse	Phospholipid Fatty Acids zijn vetzuren die de membraan vormen van alle levende cellen. Verschillende groepen organismen hebben verschillende PLFAs. Een 30-tal PLFAs wordt gebruikt als biomarkers voor de samenstelling van de microbiële gemeenschap (community structure), waarmee effecten van beheer zichtbaar worden gemaakt.
Omschrijving	Deze methode geeft informatie over relatieve hoeveelheden schimmels, bacteriën en actinomyceten. Bovendien wordt onderscheid gemaakt tussen saprotrofe schimmels en mycorrhiza schimmels, en tussen zogenaamde Gram positieve en Gram negatieve bacteriën die kunnen worden beschouwd als respectievelijk langzame en snelle groeiers.
Nummer indicator	17
Naam indicator	Regenwormen aantallen en diversiteit*
Doel	Bepaling van het aantal regenwormen.
(Meet)eenheid	Aantal wormen en taxa per m ²
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarden voor het aantal wormen is 12-440 voor akkerbouw op klei, 0-118 voor akkerbouw op zand, 126-804 voor melkveehouderij op klei en 24-388 voor melkveehouderij op zand. De referentiewaarden voor het aantal taxa is 1,3-7,9 voor akkerbouw op klei, 0-4,7 voor akkerbouw op zand, 5-9 voor melkveehouderij op klei en 3-7 voor melkveehouderij op zand (Rutgers et al., 2007).
Stuurbaarheid	Beperkt.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	3 plekken per perceel
Methodiek bemonstering	Per perceel worden regenwormen bemonsterd in 3 herhalingen. Bemonstering is een combinatie van het steken van plaggen en toedienen van extractiemiddel (AITC, allyl-isothiocyanaat) op de bodem van de uitgestoken plag.
Methodiek analyse	Wormen worden levend verzameld door het handmatig uitzoeken van de uitgestoken plag en verzamelen van wormen die boven komen in reactie op het extractie middel. Het protocol is gebaseerd op Zaborski (2003), Andriuzzi et al. (2017) en Frazão et al. (2019).
Omschrijving	Regenwormen kunnen in de bodem soms net zulke hoge biomassa's bereiken als schimmels en bacteriën. Wormen brengen organisch materiaal in de bodem, mengen de grond, bevorderen de microbiële activiteit en verbeteren de bodemstructuur (kruimels) en waterinfiltratie (verticale gangen).
Nummer indicator	18
Naam indicator	Visuele beoordeling
Doel	Het vaststellen van de algehele bodemkwaliteit.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Voor akkerbouw op klei en zand is minimaal 25% kruimelstructuur en 0-75% afgeronde blokkige elementen gewenst. Voor melkveehouderij op zand minimaal 50% kruimelstructuur, 30% afgerond blokkige en maximaal 20% scherp blokkige elementen (Koopmans & Brands, 2002; van Eekeren & Bokhorst, 2009).
Stuurbaarheid	Via de algehele bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	Er wordt per perceel een profielkuil gegraven. Per kuil wordt een kluit van 0-25 cm en een kluit van 25-50cm uitgestoken.
Methodiek bemonstering	Zie gerefereerde methodes
Methodiek analyse	De kluiten worden visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en beworteling volgens de methode 'Zicht op de Bodemconditie'. De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 tot 10. <ul style="list-style-type: none"> a. Structuur: de bodemstructuur wordt visueel beoordeeld op de mate van kruimelstructuur, afgeronde, of scherpblokkige structuren. b. Bodemleven: de waarneembare effecten van het bodemleven worden geanalyseerd, zoals poriën, structuur, mate van vertering van het organisch materiaal. c. Beworteling: de beworteling van een gewas kan vastgesteld worden door een profielkuil te graven. In de profielkuil kan visueel waargenomen worden wat de bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit is. Op basis van een vergelijking tussen de potentiële bewortelingsdiepte van een gewas en de waargenomen bewortelingsdiepte kan een inschatting

gemaakt worden van de aanwezigheid van storende/verdichte lagen. Daarnaast geeft de wortelkleur een beeld over de gezondheid van het gewas. Een gezond gewas heeft witte wortels. Hierbij gelden enkele uitzonderingen, zoals de wortelkleur van peen. Bruin- of zwartkleuring van de wortels geeft een indicatie van de hoeveelheid zuurstof in de bodem.

- d. Aanwezigheid verdichte laag: De aanwezigheid van een verdichte laag wordt gebruikt om te bepalen op welke diepte in de profielkuil ringmonsters worden genomen. Deze ringmonsters worden gebruikt ter bepaling van de droge bulkdichtheid en het watervasthoudend vermogen.

Deze analyse is uitgevoerd door Van Tafel naar Kavel. De beoordeling wordt altijd door dezelfde persoon (een geaccrediteerd bodemadviseur) uitgevoerd.

Omschrijving

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-883

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
