

## Beoordeling van monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid in de stad

Resultaten SITO-IS onderzoek 2024



**Beoordeling van monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid in de stad**  
Resultaten SITO-IS onderzoek 2024

**Auteur(s)**

Marissa van de Wijngaard-Frambach

Laura Nougues

## Beoordeling van monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid in de stad

Resultaten SITO-IS onderzoek 2024

<b>Opdrachtgever</b>	SITO-IS
<b>Trefwoorden</b>	Bodemgezondheid; monitoringstrategie; monitoringsraamwerk; stad

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	0.1
<b>Datum</b>	06-02-2025
<b>Projectnummer</b>	11210275-001
<b>Document ID</b>	11210275-001-BGS-0001
<b>Pagina's</b>	71
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Marissa van de Wijngaard-Frambach Laura Nougues	

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1	Bodemgezondheid in de stad	7
1.2	Deltares en bodemgezondheid	9
1.3	Leeswijzer	11
<b>2</b>	<b>Onderzoeksmethodologie</b>	<b>12</b>
2.1	Scoping	12
2.2	Literatuuronderzoek	13
2.3	Analyse monitoringsraamwerken	13
2.4	Verkenning voortgang op doelstelling <i>bold idea</i>	13
<b>3</b>	<b>Het belang van een gezonde bodem</b>	<b>14</b>
3.1	Het belang voor Europa	14
3.2	Het belang voor Nederland	16
3.3	Het belang voor gemeenten	18
3.3.1	Amsterdam	19
3.3.2	Rotterdam	19
3.3.3	Utrecht	20
3.3.4	Zwolle	20
3.3.5	Samenvattend belang gemeenten	21
<b>4</b>	<b>Definities en raamwerken</b>	<b>22</b>
4.1	Definities voor bodemgezondheid	22
4.1.1	Europese definities ( <i>soil health</i> )	22
4.1.2	Nationale definities	22
4.1.3	Samenvattend definitie bodemgezondheid	23
4.2	Raamwerken en indicatoren voor bodemgezondheid	23
4.2.1	Europese Bodemmissie	24
4.2.2	Europese Bodemmonitoringsrichtlijn	24
4.2.3	SOILS4EU	25
4.2.4	Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN)	26
4.2.5	Bodembiologisch indicatorsysteem en meetnet (BoBi)	27
4.2.6	Bodemgezondheidsindex Amsterdam (BGI)	28
4.2.7	Onder het Maaiveld (Vlinderstichting)	30
4.2.8	Zwolle raamwerk integrale monitoring stadsbodems	30
4.2.9	Raamwerk ontwikkeld door BRGM	31
4.2.10	uQI	32
<b>5</b>	<b>Analyse monitoringsraamwerken</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Vervolgonderzoek monitoren bodemgezondheid in de stad</b>	<b>39</b>

<b>7</b>	<b>Bodembewustwording</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Conclusies</b>	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Referenties</b>	<b>46</b>
<b>A</b>	<b>Europese bodemstrategie Factsheet</b>	<b>48</b>
<b>B</b>	<b>Europese bodemmissie 'A Soil Deal for Europe'</b>	<b>49</b>
<b>C</b>	<b>Overzicht van monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid met indicatoren</b>	<b>50</b>
<b>D</b>	<b>Indicatoren Europese bodemmonitoringsrichtlijn (Bijlage I Bodemdescriptoren)</b>	<b>63</b>
<b>E</b>	<b>Indicatoren uit de literatuur voor bodemecosysteemdiensten</b>	<b>66</b>























# Lijst van afkortingen

BGI	BodemGezondheidsIndex
BLN	Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
CSA	Collaborative Support Action
EC	Europese Commissie
EGD	Europese Green Deal
EU	Europa
EUSO	European Soil Observatory
FPA	Framework Partner Agreement
IPBES	Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
LH	Light House
LL	Living Lab
MAES	Mapping and Assessment of Ecosystem Services
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
mv	maaiveld
OBI	Open Bodem Index
R&I	Research & Innovation
SDG	Sustainable Development Goals
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
VNG	Vereniging Nederlandse Gemeenten
WBS	Water en Bodem Sturend
WEB	Werkgroep Bodem

# 1 Inleiding

## 1.1 Bodemgezondheid in de stad

Een gezonde bodem is essentieel voor onze welvaart en ons welzijn. De bodem is de basis voor ons leven op aarde vanwege het draagvermogen van de bodem, de voedselproductie en de levering van drinkwater en grondstoffen. Daarnaast bergt onze bodem een schat aan informatie over het verleden. Zonder een (gezonde) bodem kunnen wij niet leven in de stad. Door de bodem te gebruiken beïnvloeden we de ondergrondkwaliteiten. In veel gevallen beïnvloeden wij de ondergrondkwaliteiten negatief, bijvoorbeeld door de bodem af te dekken, grondstoffen te onttrekken, door verontreinigende activiteiten of door te verstoren of te vergraven. Ontwikkelingen zoals de warmtetransitie of netcongestie zorgen ervoor dat de stedelijke bodem vaker geroerd wordt. Verstedelijking en klimaatverandering versnellen bodemdegradatie die de ondergrondkwaliteiten (Figuur 1-1) ondermijnen en daarmee ook de bodemgezondheid.

Draag kwaliteiten		Productie kwaliteiten		Regulatie kwaliteiten		Informatie kwaliteiten	
	Draagkracht om te bouwen		Gewasproductie		Schone en veilige bodem		Archeologische waarden
	Ondergronds bouwen		Voorraad drinkwater		Levende bodem		Aardkundige waarden
	Kabels, leidingen en riolering		Voorraad grondwater		Stabiele bodem		Landschappelijke diversiteit
	Buisleidingen		Voorraad delfstoffen		Waterbergende bodem		Ecologische diversiteit
	Warmte/koude opslag		Voorraad fossiele energie		Waterfilterende bodem		
	Opslag van stoffen		Geothermie		Koolstof bindende bodem		

Figuur 1-1 Een overzicht van bodem en ondergrondkwaliteiten verdeeld over vier type categorieën, gebaseerd op de theorie van ecosysteemdiensten: draagkwaliteiten, productiekwaliteiten, regulatiekwaliteiten en informatiekwaliteiten. Bron: Ruimte met Toekomst, <http://www.ruimtexmilieu.nl/uploads/documents/checklist%20ondergrondkwaliteiten.pdf>

Op verschillende schaalniveaus wordt gewerkt aan het agenderen van bodemgezondheid (Kader 1). Op Europees niveau resoneert de noodzaak voor een gezonde bodem in de Europese Bodemmissie uit 2020: 'A Soil Deal for Europe' die als doel heeft om gezonde bodems te realiseren in 2050 in heel Europa. In Nederland is al decennia aandacht voor een vitale bodem in het landelijk gebied, met de focus op een hoge bodemgezondheid voor een zo hoog mogelijke en duurzame opbrengst door voedselproductie. Er komt echter ook steeds meer aandacht voor de bodemgezondheid in de stad. De stapeling van maatschappelijke opgaven vraagt namelijk steeds meer van onze bodem; in de ruimtelijke zin, maar ook in de kwalitatieve zin. In de ruimtelijke zin vanwege de gevraagde ondergrondse ruimte voor nieuwe infrastructuur (o.a. voor de verzwaring van het elektriciteitsnet), maar ook vanwege het waterbergend vermogen voor steeds vaker voorkomende piekbuien. In de kwalitatieve zin vanwege de capaciteit van de bodem om verontreinigingen op te ruimen en een gezonde

leefomgeving te bieden aan mens, om droogte tegen te gaan en daarmee de groenkwaliteit in de stad te behouden en de draagkracht voor benodigde nieuwe woningen. Een gezonde bodem heeft meer ondergrondkwaliteiten en helpt ons daarmee aan een gezondere leefomgeving in de stad.

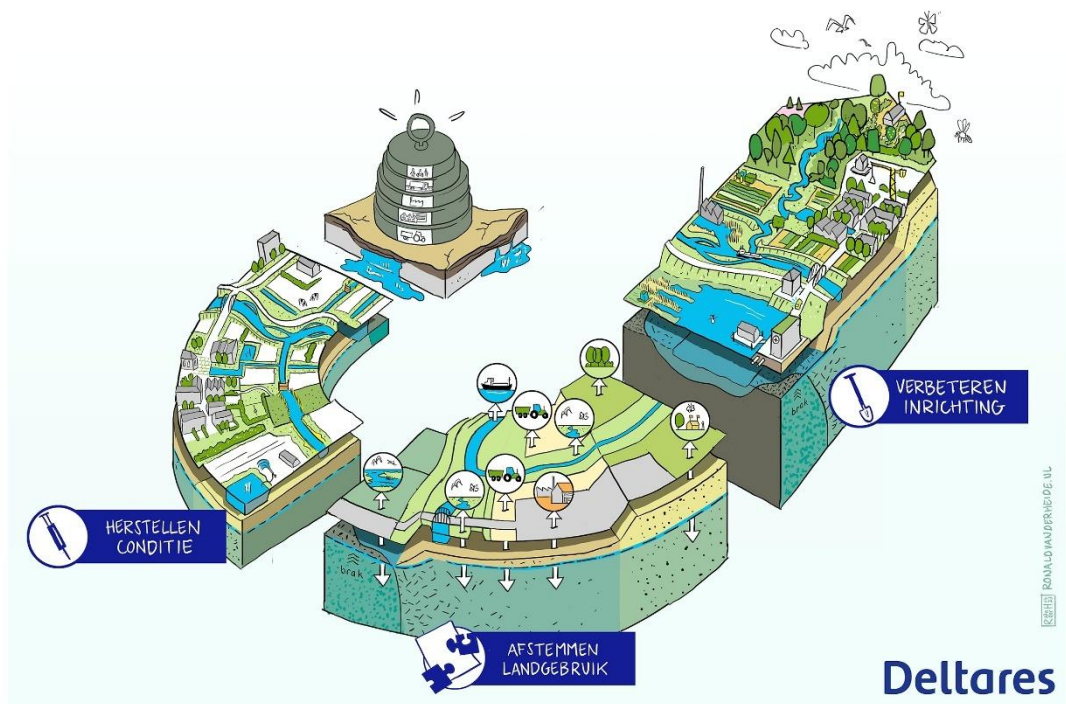
#### **Kader 1: De gezonde bodem in beleid**

Sinds 2000 zijn er twee momenten waarin zowel in Nederland als Europa de gezonde bodem volop in de belangstelling staat. In Europa werd sinds 2004 een thematische bodemstrategie voorbereid. In 2006 werd de thematische bodemstrategie gepresenteerd en het voorstel gedaan om deze om te zetten naar een wetgevend instrument: de Bodemrichtlijn. In Nederland zette de 'Beleidsbrief bodem' (DG Milieu, 2004) de verbreding van het bodembeleid in gang. Van de focus op alleen bodemverontreiniging naar een bredere focus op ook de biologische en fysische eigenschappen van de bodem. Ook de waarde van de bodem voor andere beleidsvelden en het duurzaam omgaan met de bodem stonden hierin centraal. In 2014 is het voorstel voor een Europese richtlijn teruggetrokken vanwege onvoldoende steun bij de EU lidstaten. Bodem was echter niet van de agenda verdwenen. In Nederland hebben diverse (kennis)programma's en convenanten rond bodem en ondergrond gelopen. In Europa bleef er aandacht voor bodem via onder andere het zevende milieuactieprogramma (EC, 2013), maar de 'buzz' was eraf en de focus lag weer vooral op bodemkwaliteit.

In 2020 leefde de aandacht voor de bodem weer op. De gezonde bodem staat centraal als 1 van de 5 Europese missies in de EU missie: 'A soil deal for Europe' (EC 2020; 2021a). In Europa is, 15 jaar na de publicatie van de eerste thematische bodemstrategie uit 2006, de EU bodemstrategie in 2021 hernieuwd met een strategie tot 2030 (EC, 2021b). Ook deze strategie kijkt breed naar bodems en richt zich niet alleen op bedreigingen, maar ook op de kansen die de gezonde bodem biedt. Het doel van de strategie is dat in 2050 alle Europese bodems onder alle soorten landgebruik gezond zijn. Bij de strategie is ook (weer) een bodemrichtlijn voorgesteld: 'Richtlijn voor Bodemmonitoring en veerkracht' (EC, 2023). In tegenstelling tot het voorstel in 2006 is er nu wel voldoende steun bij EU lidstaten. Volgens de richtlijn moeten EU lidstaten in eerste instantie alleen de bodemgezondheid monitoren, en mogelijk, als daar aanleiding voor is, ook maatregelen nemen om de bodemgezondheid te verbeteren. Naast de beleid- en wetgevingskant wordt ook ingezet op kennis en data. De Europese bodemmissie (EC, 2021a) ondersteunt de doelstellingen om tot gezonde bodems te komen met een groot onderzoeks- en innovatieprogramma. Tot slot zal het European Soil Observatory (EUSO) de Europese bodemdata gaan vastleggen.

Op het gebied van nationaal beleid gebeurt in Nederland ook het nodige. In november 2022 is de Kamerbrief Water en Bodem sturend (Ministerie IenW, 2022) gepubliceerd. Hierin staat centraal dat het water- en bodemsysteem meegenomen moeten worden in ruimtelijke ordening en -ontwerp en dat dit systeem zo goed mogelijk beschermd en hersteld moet worden (Figuur 1-2). In 2025 gaat het programma Bodem, Ondergrond en Grondwater van start, met daarin 6 programmaliijnen (1) 4D regie op de ondiepe ondergrond, 2) 4D regie op de diepe ondergrond, 3) borgen beschikbaarheid en kwaliteit grondwater, 4) bodemherstel en diffuse en nieuwe stoffen, 5) minder verstoren en afgraven, hoogwaardig hergebruik, 5) gezonde, vitale en klimaatbestendige bodem en 6) bodemdaling). Bodem staat hiermee weer prominent op de (beleids)agenda.





Figuur 1-2 Water en Bodem Sturend

Het concept van bodemgezondheid in de stad wordt momenteel door meerdere organisaties ingevuld. Er bestaat echter nog geen standaard aanpak voor het bepalen van de bodemgezondheid in de stad. Het bepalen van de bodemgezondheid in de stad is complex vanwege de overlappende opgaven en het gebruik. Naast de voor de hand liggende woonfunctie zijn er in het stedelijk gebied ook veel andere, vaak concurrerende gebruiksfuncties: industrie, stadslandbouw, (moes)tuinen, evenemententerreinen en/of parken. Ook zijn de doelstellingen en ambities rondom bodemgezondheid minder concreet dan in het landelijke gebied.

## 1.2 Deltares en bodemgezondheid

Deltares draagt als kennisinstituut structureel bij aan het ontwikkelen van Nederlandse kennis op het gebied van bodem en ondergrond. Daarbij werken we specifiek aan bodem- en ondergrondkennis welke ondersteunend is aan de maatschappelijke opgaven. Denk aan de energietransitie, klimaatadaptatie, verbeteren van welzijn in de stad en ruimtelijke ordening van de ondergrond<sup>1</sup>.

Naast deze Nederlandse inspanningen, heeft Deltares bij de start van de Europese Mission Soil (EC 2020; 2021a) besloten om de missie ondersteunen en onderzoeksinspanningen te wijden aan Bodemgezondheid. Dit doen we door actief deel te nemen aan diverse Europese onderzoeksprojecten. Ook heeft Deltares op 21 november 2023 het Europese manifest voor de bodemmissie ondertekend<sup>2</sup>. Er is gekozen voor een focus op stedelijke (en industriële) bodems. Deze bodems worden nog grotendeels vergeten als er over gezonde bodems wordt gesproken. Deltares is betrokken bij uiteenlopende Mission Soil R&I-projecten (Tabel 1-1).

<sup>1</sup> Zie ook onze pagina over Vitale bodem voor een gezonde leefomgeving <https://www.deltares.nl/vitale-bodem-essentieel-voor-gezonde-leefomgeving>

<sup>2</sup> Een overzicht van partijen die het Europese manifest hebben ondertekend is te vinden op <https://mission-soil-platform.ec.europa.eu/community/signatories-and-friends>

In 2024 werkte Deltares binnen het eigen onderzoeksprogramma (SITO instituutssubsidie) aan het verder uitdiepen van het concept van bodemgezondheid binnen de programmalijn van Moonshot 3: Healthy and resilient Water and Subsurface Systems. Binnen Moonshot 3 is in 2024 en ook in 2025 ruimte gereserveerd voor zogenoemde “*bold ideas*”. Deze *bold ideas* zijn innovatieve projectideeën binnen deze programmalijn. Een van de *bold ideas* van 2024 was “*Living Labs voor stedelijk bodemgezondheid*”.

Voor het realiseren van gezonde bodems in de stad is het belangrijk dat we begrijpen wat bodemgezondheid betekent en ook dat we weten hoe deze kan worden verbeterd. In het *bold idea* wordt aan de hand van drie subdoelen gewerkt:

1. Onderzoek naar definities & raamwerken voor gezonde bodems in de stad
  - a. Begrijpen wat bodemgezondheid betekent voor stedelijke bodems (definitie, in het kader van beleid en toekomstige wetgeving);
  - b. Methoden ontwikkelen om de gezondheid van stedelijke bodems te bepalen (indicatoren, beoordelingsmethoden).

## 2. Handelingsperspectieven t.b.v. bodemgezondheid

Het (co-)creëren van handelingsperspectieven voor verschillende doelgroepen om de gezondheid van stedelijke bodems te verbeteren (gemeenten, landeigenaren incl. burgers, ruimtelijke planners, adviseurs etc.).

## 3. Bodembewustzijn vergroten

Om aan de slag gaan met bodemgezondheid is het belangrijk dat men bewust is over het belang van bodemgezondheid in de stad. Onder het vergroten van bewustzijn en het belang van bodemgezondheid in het stedelijk gebied verstaan we alle inspanningen die helpen bij het bekendmaken van de aspecten van bodemgezondheid in de stad onder een publiek.

Tabel 1-1 Mission Soil projecten waar Deltares bij betrokken is geweest of momenteel bij betrokken is

EU Project	Focus op <i>bold idea</i> sub-doel (zie hierboven)	Activiteiten waar Deltares aan bijdraagt (enkele voorbeelden)
<b>Soil Mission Support (CSA)</b>	1	Criteria voor Living Labs (LL), eerste LL in kaart brengen Roadmap maken voor onderzoeksvragen rond de Bodemmissiedoelstellingen
	3	Ontologie rond de Bodemmissiedoelstellingen
<b>PREPSOIL (CSA)</b>	1a, 1b	Definiëren van bodembehoeften in het stedelijk gebied (Case studie: Amsterdam) Publicatie over bodembehoeften (coauteur) Roadmap voor R&I-behoeften
	2	Kenmerken van (bodem gezondheid) LL's in kaart brengen voor verschillende landgebruiken Science-policy-practice interface: van behoeften naar LL's (incl. opbrengsten PhD werk van Astha Batta) Publicatie Science-policy-practice interface (co-auteur)
	3	Verzamelen van citizen science initiatieven Ontwerpen van een bodemgezondheid mobiele app waar de citizen science initiatieven in worden gepromoot

<b>ISLANDR (R&amp;I)</b>	2	Verzamelen van barrières en oplossingen voor de regeneratie van verontreinigde terreinen Opzetten van een afwegingskader voor ruimtelijke ordening strategieën Definiëren van bredere waarden voor sanering (via een workshop)
<b>SOILL (FPA)</b>	1b	Opzetten van een kader om LL voortgang te monitoren
	2	Ondersteuningsstructuur maken voor stedelijke en industriële LLs - voor capacity building, opschaling, leren, netwerken (incl. PhD)
<b>PHISHES (R&amp;I)</b>	1,2	Fysisch gebaseerde geïntegreerde bodemgezondheidssimulatie (casus: Rotterdam)
<b>SPADES (R&amp;I)</b>	2	Spatial planning and design with soil (pilots binnen het Groene Hart & Ooststellingwerf gebied)
	3	Capacity building programma

### 1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is opgebouwd uit 8 hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1 geeft kort de achtergronden en doelstellingen van de programmaliijn;
- Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte methodologie;
- Hoofdstuk 3 gaat in op het belang van de vitale bodem voor de verschillende partijen waarmee gesproken is;
- Hoofdstuk 4 gaat in op de definities en gebruikte kaders voor vitale bodem. In de rapportage wordt de terminologie bodem en ondergrond door elkaar heen gebruikt (kader 2);
- Hoofdstuk 5 gaat in op wat een decentrale overheid of landgebruiker nu kan meten, weten en doen in de praktijk;
- Hoofdstuk 6 beschrijft de verschillende activiteiten die ‘bodembewustzijn’ of kennis over de bodem bevorderen;
- Hoofdstuk 7 tenslotte geeft een aantal conclusies over het werk in 2024 en aanbevelingen voor de toekomstige activiteiten;
- Referenties zijn te vinden in hoofdstuk 8.

#### **Kader 2: gebruik van terminologie bodem en ondergrond in deze rapportage**

In het dagelijks gebruik worden de begrippen “bodem” en “ondergrond” en “grond” door elkaar heen gebruikt. In deze rapportage wordt de Bodem gezien als de levende bodem, de bovenste laag van ca. 1,5 m-mv. Ondergrond is het ruimtelijke aspect waar wij menselijke impact op hebben (inclusief de diepere lagen waaruit geothermische en fossiele energie wordt gewonnen). Grond is ontgraven bodem die wordt gezien als grondstof of bouwstof. In de Europese bodemstrategie wordt bodemgezondheid gezien als de capaciteit van de bodem om ecosysteemdiensten te leveren: “*Soil health is defined as the continuous capacity to perform ecosystem services*”. Waar in Europa gesproken wordt over Soil Health, wordt in Nederland (en in deze rapportage) afwisselend gesproken over gezonde of vitale bodem (zie ook hoofdstuk 4.1).

## 2 Onderzoeksmethodologie

### 2.1 Scoping

Om invulling te geven aan de 3 doelstellingen van het *bold idea* is eerst in een 'scoping fase' gesproken met een aantal koplopers die actief zijn op dit thema. De grotere gemeenten hebben een veelal grotere afdeling voor bodem en ondergrond en ontwikkelen kennis op het bodemgezondheidsdossier. Er is contact gezocht met deze gemeenten en gesproken met gemeente Amsterdam, Rotterdam, Utrecht en Zwolle. De uitkomsten van de gesprekken met deze gemeenten zijn samengevoegd als "het belang voor een gezonde bodem voor gemeenten" onder Hoofdstuk 3.3. Inmiddels is ook contact gelegd met de gemeente Den Haag, gemeente Leiden, en de gemeenten in de regio Twente aangezien deze actief bezig zijn met het ontwikkelen van kennis op het gebied van bodemgezondheid in de stad.

De vragen aan de gemeenten:

- In hoeverre is de gemeente bezig op het onderwerp van gezonde bodems in de stad;
- Welke ambities heeft de gemeente voor gezonde bodems in de stad;
- Welke activiteiten zijn uitgevoerd;
- Welke data en informatie is er;
- Welke data en informatie is nog nodig.

Het Ministerie IenW is bezig met het implementeren van de WBS kamerbrief (Ministerie van IenW, 2022) en het uitwerken van het programma Bodem, Ondergrond en Grondwater, waarin specifiek een programmalijn wordt uitgewerkt op het onderwerp van vitale bodems. Naast deze specifieke programmalijn zijn er andere relevante programmalijnen die raken aan (het verbeteren van) bodemgezondheid (zie ook kader 1). Afgelopen jaar organiseerde het Ministerie voor een uiteenlopend comité aan organisaties sprintsessies om het concept van een vitale bodem verder uit te werken, daarbij was Deltares betrokken. Wat in Nederland gebeurt rondom vitale bodems is samengevat in Hoofdstuk 3.2.

De vragen aan het Ministerie:

- Wat zijn de ambities van de verschillende programmalijnen;
- Kan er een nationaal dataportaal opgezet worden vanuit de programmalijnen;
- Welke kennis en informatie is nog nodig;
- Welke kansen en fricties zijn er voor gezonde bodems.

Als laatste legden we de link met de WUR en de Vlinderstichting die beide een monitoringsraamwerk voor gezonde bodems hebben ontwikkeld: de WUR voor gemeente Amsterdam, en de Vlinderstichting voor het programma Onder het Maaiveld. Dit programma is inmiddels afgerond. De uitkomsten van dit gesprek zijn verwerkt in Hoofdstuk 3.2 en 3.3.

De vragen aan de WUR en de Vlinderstichting:

- Voor welke landgebruiken is het raamwerk geschikt;
- Welke indicatoren worden gemeten;
- Hoe worden de streefwaardes bepaald;
- Wat is er nodig om de raamwerken te valideren;
- Wat is er nodig om de raamwerken op te schalen.

## 2.2 Literatuuronderzoek

Aanvullend op de scopinggesprekken is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de huidige invulling van het begrip van vitale bodems. Voor het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van eerdere nationale en internationale (EU) projecten waarin Deltares betrokken was. Deze informatie is aangevuld op basis van de scopinggesprekken en een Quicksan via Google (Scholar). Er is gezocht naar de verschillende definities voor bodemgezondheid van de stad (Hoofdstuk 4.1) en verschillende raamwerken en waarderingsmechanismen voor het bepalen van bodemgezondheid (Hoofdstuk 4.2).

## 2.3 Analyse monitoringsraamwerken

Van ieder monitoringsraamwerk is gekeken wat het doel was van het monitoringsraamwerk, welke indicatoren gekozen zijn en op welk schaalniveau het monitoringsraamwerk gericht was. Indien beschikbaar is ook gekeken naar gekozen referentiewaarden die beoordelen of een bodem gezond is of niet. De uitkomsten van de analyse staan opgenomen in Hoofdstuk 5.

## 2.4 Verkenning voortgang op doelstelling *bold idea*

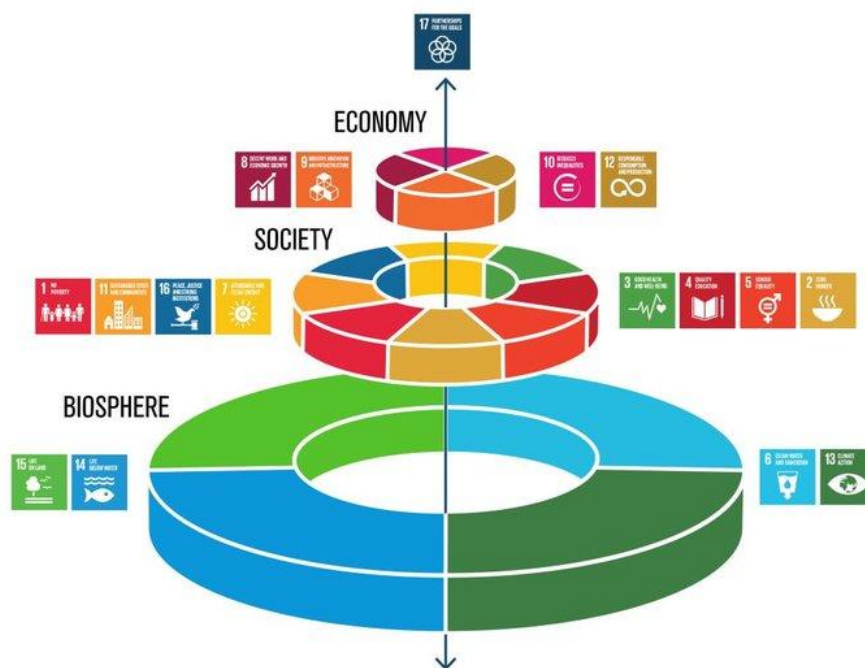
Op basis van de resultaten wordt teruggekeken naar de doelstellingen binnen het *bold idea* en gekeken welke kennisontwikkeling er is geweest en welke kennisontwikkeling in 2025 plaats zou moeten vinden. Aan deze doelstellingen wordt in hoofdstuk 6 aandacht gegeven.

# 3 Het belang van een gezonde bodem

## 3.1 Het belang voor Europa

Het belang van Europa bij gezonde bodems hangt samen met het behalen van de duurzame ontwikkelingsdoelen, ofwel de *Sustainable Development Goals* (SDG's) van de Verenigde Naties. De EU en haar lidstaten hebben zich in 2015 gecommitteerd aan het behalen van de SDG's. Onderdeel van deze toezegging is de een belofte om land- en bodemdegradatie in 2030 te stoppen en om te keren naar bodemherstel. De SDG's die zich richten op het realiseren van een gezond ecosysteem (SDG 6, 13, 14 en 15) zijn namelijk randvoorwaardelijk voor het behalen van de SDG's die zich richten op maatschappij en economie. De afhankelijkheid van de SDG's is schematisch weergegeven in Figuur 3-1. Duurzaam land- en bodembeheer dragen bij aan voedsel- en waterzekerheid, biodiversiteit, klimaatadaptatie en -mitigatie en is daarmee belangrijk voor het behalen van alle SDG's die focussen op meer werkgelegenheid, verbeterde gendergelijkheid en het vermijden van conflicten en migratie. Deze relatie is nog mooi samengevat in de quote van IPBES (2018):

*“Combatting land degradation, which is a pervasive, systemic phenomenon occurring in all parts of the world, is an urgent priority in order to protect the biodiversity and ecosystem services that are vital to all life on Earth and to ensure human well-being. Land degradation negatively impacts 3.2 billion people and represents an economic loss in the order of 10% of annual global gross product.”*



Figuur 3-1 De afhankelijkheid van het behalen van de duurzame ontwikkelingsdoelen van de VN. De sociale en economische doelen zijn afhankelijk van het behalen van de ontwikkelingsdoelen die zich richten op een gezond ecosysteem. Bron: Stockholm Resilience Center (2016)

De richting en de invulling van het Europese beleid zijn gebaseerd op het behalen van de SDG's. De bekende Europese Green Deal (EGD) is een belangrijke pijler van de strategie rondom het verankeren van de United Nation's 2030 agenda van de SDG's. De kern van het EGD beleid is de Europese Biodiversiteitsstrategie. De biodiversiteitsopgave wordt gezien als de grootste opgave die wij als mensheid kennen (Figuur 3-2). Er wordt ook wel gesproken van een biodiversiteitscrisis. De bodem en bodembiodiversiteit is ook onderdeel van de Europese Biodiversiteitsstrategie via de Europese bodemstrategie voor 2030 (EC, 2021b, zie Bijlage A). Deze strategie heeft als doel om de bodemgezondheid te verbeteren vanaf 2030 en te bereiken dat in 2050 alle Europese bodems gezond zijn.

De bodemstrategie is de basis voor het voorstel van de Europese bodemmonitoringsrichtlijn (EC, 2023). Deze richtlijn biedt de juridische verankering van het Europese bodembeleid. Naast dit Europese beleid heeft de Europese Commissie ook 5 vastgestelde missies, waaronder de missie 'A Soil Deal for Europe' (zie Bijlage B). Deze bodemmissie heeft als hoofddoel om 100 zogenoemde *Living Labs* en *Lighthouses* te realiseren voor 2030, waarmee de transitie naar gezonde bodems wordt ingezet. De bodemmissie heeft 8 doelen ("objectives", opgenomen in Hoofdstuk 4.2) en vier bouwstenen om te werken aan bodemgezondheid:

- Opzetten van *Living Labs* en *Lighthouses* om te experimenteren en *showcases* van maatregelen die de vitale bodem promoten;
- Een onderzoek & innovatieprogramma voor het leggen van de kennisbasis van bodemgezondheid en bodemstewardship (daarbinnen vallen o.a. de projecten uit Tabel 1-1);
- Het verbeteren van bodembewustzijn en het betrekken van burgers bij de bodemmissie (*Soil literacy*);
- Het monitoren van bodemgezondheid.



Figuur 3-2 Cartoon die de grootte impact van de verbeeld van de sociaal-economische opgaven versus de klimaatopgave en de biodiversiteitsopgave. Ontworpen door Mackay Cartoons, bron:

<https://mackaycartoons.net/tag/biodiversity-collapse/>

De omvang van bodemdegradatie in Europa wordt gemonitord en staat opgenomen in een dashboard<sup>3</sup> ontwikkeld door de EU Soil Observatory (EUSO). In het dashboard van EUSO kan worden gezien dat momenteel 62% van de bodems in Europa gedegradeerd/verminderd zijn. Indicatoren voor deze berekening zijn bodemerosie, verlies van organisch koolstof, bodemnutriënten, risico voor verzilting, verlies van biodiversiteit en bodemverdichting. Water- en winderosie beïnvloeden ongeveer 22% van de Europese bodems. 45% van de minerale bodems in Europa heeft een laag, of zeer laag, organische koolstofgehalte. Tot wel drie miljoen bodemlocaties zijn verontreinigd en 32-36% van de bodems wordt geclassificeerd als zeer gevoelig voor verdichting.

### 3.2 Het belang voor Nederland

In Nederland wordt al langere tijd gewerkt aan het verbeteren van de bodemgezondheid of -vitaliteit via nota's en programma's vanuit verschillende onderwerpen en thema's, veelal vanwege de waarde van de bodem als natuurlijk kapitaal dat ecosysteemdiensten levert die zorgen voor een gezonde leefomgeving<sup>4</sup> (Figuur 3-3). In de praktijk blijkt het lastig om bodemgezondheid te integreren in ruimtelijke planning en ruimtelijke ordening. Het is lastig om de waarde van bodemgezondheid (of van de ecosysteemdiensten die door de gezonde bodem worden geleverd) te bepalen, en het is nodig om anders te denken over de bodem dan hoe dat nu gebeurt. In het huidige beleidskader is bodem opgenomen onder de Omgevingswet. De Omgevingswet stelt dat bij het uitvoeren van activiteiten rekening gehouden dient te worden met de impact op de bodemkwaliteit. Let wel, de bodemkwaliteit zoals gezien in de Omgevingswet gaat over het beschermen van de milieuhygiënische bodemkwaliteit en niet over de het beschermen van ondergrondkwaliteiten en/of ecosysteemdiensten. Om de wetgeving aan te vullen ontwikkelt het Ministerie IenW het programma Bodem, Ondergrond en Grondwater (verwacht in 2025). Dit programma bevat een programmalijn voor vitale bodems en een programmalijn voor bodemherstel.

In november 2022 is door het Ministerie IenW een Kamerbrief opgesteld met de oproep om Water en Bodem Sturend te laten zijn bij de inrichting van het Nederlandse landschap (Kamerbrief November 2022). Een citaat over bodemgezondheid uit deze Kamerbrief is opgenomen in het kader hieronder (Kader 3). In oktober 2024 is in een aanvullende Kamerbrief de terminologie in het Water en Bodem Sturend denken gewijzigd naar 'rekening houden met water en bodem'. Het gedachtegoed blijft echter grotendeels ongewijzigd, waarbij aan het begin van het ruimtelijke afwegingsproces water- en bodemeigenschappen worden meegenomen. Naast het Ministerie van IenW werkt het Ministerie van LNV aan bodembeleid voor het agrarisch en landelijk gebied, zoals voorheen in het Nationaal Programma Landbouwbodems (inmiddels gestaakt). De bodemgezondheid staat echter op de agenda van diverse organisaties en overheden.

---

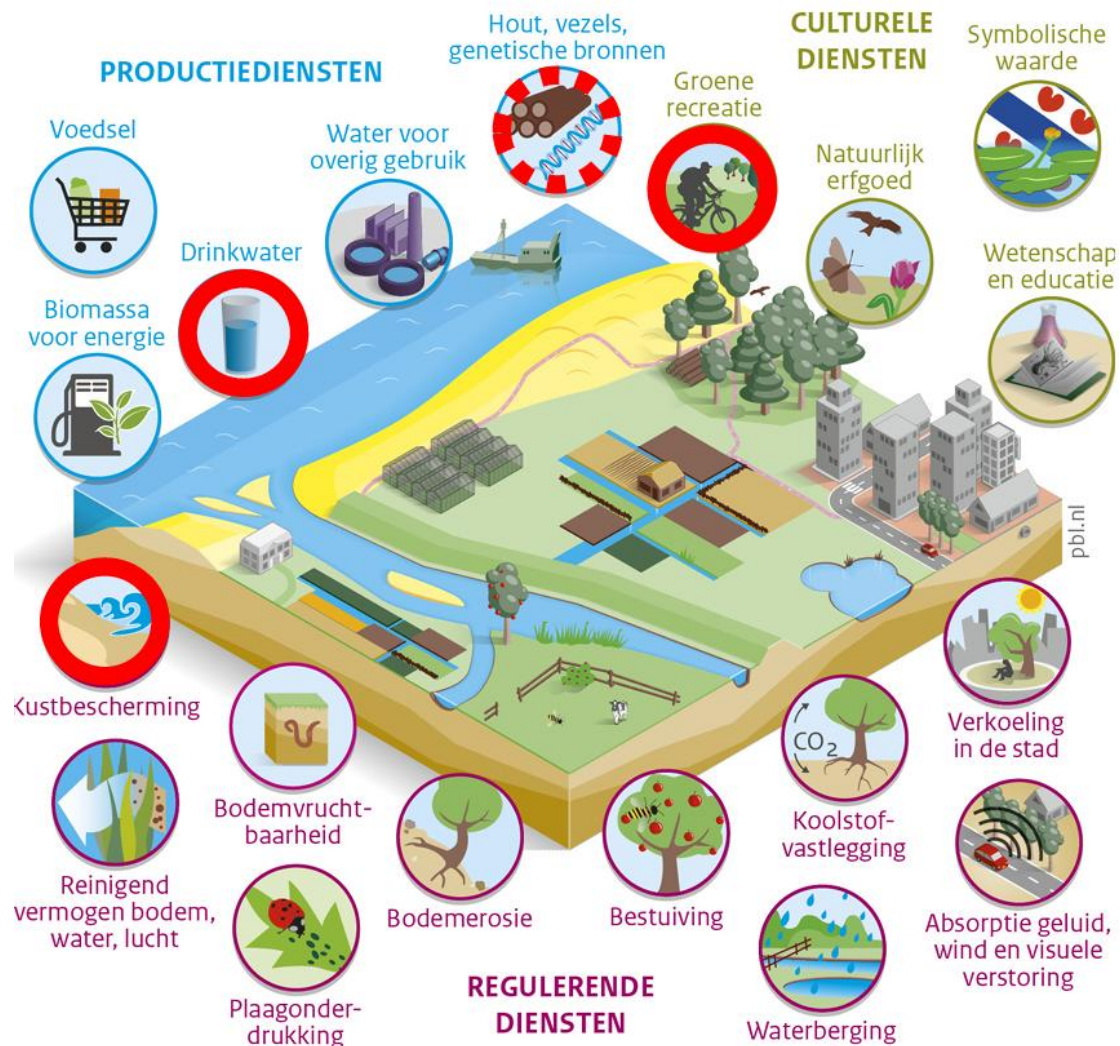
<sup>3</sup> Het dashboard <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dashboard/>

<sup>4</sup> De Atlas Natuurlijk Kapitaal (sinds 2017) en de Atlas Leefomgeving (sinds 2021) zijn de nationale verzamelplaats van digitale kaarten met informatie over het water en bodemsysteem van Nederland, onderhouden door het RIVM en te bereiken via <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/> en <https://www.atlasleefomgeving.nl/>. Daarnaast onderhoudt Stichting Climate Adaptation Services (CAS) in opdracht van het Ministerie IenW een Klimateffectatlas <https://www.klimateffectatlas.nl/>



**Kader 3: Citaat uit Kamerbrief WBS over bodemgezondheid**

*“We willen een vitale bodem bereiken. Een bodem die haar waardevolle diensten zoals onder andere waterbuffering, opname van stikstof en vruchtbare grond voor landbouw ongestoord aan ons en aan toekomstige generaties kan blijven leveren. Dat is een minimaal verstoorde bodem die in balans is en vol leven. Er is nog onderzoek en ontsluiting van kennis nodig om vitale bodems geheel te definiëren, dit wordt samen met kennisinstellingen uitgevoerd. Tegelijkertijd zijn er nu al veel dingen die we kunnen doen om de bodem vitaal te krijgen. Om onze bodems ook voor toekomstige generaties vruchtbaar en vitaal te houden, is het noodzakelijk ze duurzaam te beheren. Dit betekent dat we bij ontwikkelingen de bodem positief benutten en dat bij de inrichting en het gebruik de toestand van de bodem zoveel mogelijk verbeterd wordt. De inzet is dat natuurlijk kapitaal (de levende bodem) niet onnodig wordt weggegraven en vernietigd. Ook wordt door minder transport van grond minder CO2 uitgestoten en voorkomen we het verspreiden van verontreinigde grond. Herstel van de bodem en duurzaam bodembeheer helpen bij een toekomstbestendige landbouw en leefbare steden. Dat is nodig om te voldoen aan de grote opgaven op het gebied van klimaatadaptatie en -mitigatie, biodiversiteit, (grond)waterkwaliteit en stikstof. Tot slot hoort daar ook bij dat we de waardevolle bodems behouden en onnodige afdekking tegengaan. Een samenhangende visie (nationaal) op bodembeleid is nodig. Samen met stakeholders wordt dit vertaald in het Nationale Programma Bodem en Ondergrond.”*



Figuur 3-3 Voorbeelden van ecosysteemdiensten, gecategoriseerd in drie type diensten: productie, cultuur en regulerend. Bron: PBL, WUR, CICES (2014), via <https://www.pbl.nl/ecosysteemdiensten>

### 3.3 Het belang voor gemeenten

In Nederland zijn diverse gemeenten bezig met het werken naar gezonde en/of vitale bodems. Zo heeft de VNG een Werkgroep Bodem (WEB) met ca. 200 medewerkers van gemeenten en Omgevingsdiensten die de VNG adviseren over bodem en ondergrond, de vitale bodem is een programmaliijn binnen de WEB, maar daar wordt momenteel niet actief in gewerkt.

Voor dit onderzoeksproject zijn een viertal gemeentes (Amsterdam, Rotterdam, Utrecht en Zwolle) geïnterviewd die actief inzetten op bodemgezondheid in de stad (zie Hoofdstuk 2.1 voor de aanpak).

### 3.3.1 Amsterdam

In de stedelijke omgeving wordt de essentiële rol die de bodem speelt vaak onderschat; de bodem wordt niet gezien als sturend maar vooral als drager (voor gebouwen infrastructuur, kabels en leidingen). De gemeente Amsterdam ziet de bodem in de stad als een ecosysteem dat veel meer bodemfuncties levert. Amsterdam heeft daarom een Koersnota Gezonde Bodem 2023<sup>5</sup> opgesteld voor het bevorderen van de bodemgezondheid en de ecosysteemdiensten die de bodem levert. Daarbij is de gemeente bezig met het ontwikkelen van een monitoringsraamwerk waarbij bodemgezondheid beoordeeld wordt op basis van de gebruiksfunctie en het bijbehorende bodemgebruiksdoel (zie paragraaf 4.2.6 voor de analyse van dit raamwerk). Daarnaast wil Amsterdam proeftuinen (LLs) en burgerinitiatieven steunen. Met deze initiatieven wordt de focus gelegd op het bewust maken van burgers van de waarde van een stadsbodem voor de leefomgevingskwaliteit.

Hierop voortbouwend heeft de gemeente Amsterdam aan Wageningen Environmental Research (WEnR) gevraagd om in een samenwerking een bodemgezondheidsindex te maken; de bodemgezondheidsindex Amsterdam (BGI Amsterdam). De BGI Amsterdam is qua indicatoren en indeling vergelijkbaar met de systematiek voor Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (zie hoofdstuk 4.2.4). De BLN geeft echter geen score op basis van de sec beoordeling van bodemgezondheid. De index is daarom voorzien van zes landgebruiken en berekent voor alle indicatoren een dimensieloze score, zodat beoordeling van bodemgezondheid kan plaatsvinden aan de hand van een aantal indicatoren die zijn gedefinieerd per landgebruik en bodemgebruiksdoel. Voor bodems met een lage score worden er handelingsperspectieven beschreven om de score te verhogen. Het monitoringsraamwerk van Amsterdam baseert zich nu op de referentiewaarden voor het landgebruik 'akker op zand', aangezien er voor stedelijke bodems nog geen referentiewaardes zijn. Om de referentiewaarden te verbeteren valideerden gemeente Amsterdam en de WEnR in de zomer van 2024 de index door metingen per landgebruik te doen. Naar verwachting zijn (een deel van) de resultaten begin 2025 beschikbaar.

Wat heeft gemeente Amsterdam nodig?

- Streefwaardes die passen bij het stedelijk gebied (nu zijn deze gebaseerd op de BLN streefwaardes die zijn gebaseerd op landbouwgronden);
- Kennis, informatie en voorbeelden over hoe bodemgezondheid door kan werken in ander beleid en bij andere organisaties;
- Kennis, informatie en voorbeelden over hoe bodemgezondheid financieel kan worden verankerd in beleid.

### 3.3.2 Rotterdam

Gezonde bodem is een belangrijk onderwerp binnen de gemeente Rotterdam. Er wordt al veel gedaan rondom de aanpak van ernstige bodemverontreinigingen, maar er wordt ook steeds meer gekeken naar bodembioïologie. Rotterdam werkt aan het verwerken van circulaire organische (rest)stromen, waarbij ze in 2030 hopen 50% circulair te zijn en in 2050 100%. Om te onderzoeken hoe de reststromen het best kunnen worden verwerkt is een circulaire proeftuin opgezet bij het Ingenieursbureau Rotterdam met een aantal proefvakken waarin verschillende bodemverbeteraars worden getoetst, waaronder: biochar, rotterzwammen, bokashi, Soilicious, chitine en groenbemester. Metingen worden gedaan om aan te tonen dat organische reststromen de bodemgezondheid in de stad kunnen verbeteren. In de proefvelden worden onder andere continue vocht, pH, EC en temperatuur gemeten. Verwacht wordt dat de reststromen door het toevoegen van organische stof een positief effect hebben op de vegetatie (kwaliteit en kwantiteit) en het watervasthoudend vermogen van de bodem, waarmee de klimaatstress in de stad vermindert. Onder klimaatstress valt hittestress, overstromingsrisico, droogte en wateroverlast. Daarnaast organiseert de

<sup>5</sup> In te lezen via <https://openresearch.amsterdam/nl/page/103166/koersnota-gezonde-bodem-2023>

gemeente Rotterdam ieder jaar de maand van de ondergrond om het bodembewustzijn onder burgers te vergroten.

Gemeente Rotterdam werkt veel samen met andere stakeholders rondom gezonde bodems en deelt veel kennis. Ze sluiten aan op de nationale bokashi proef, op het nationaal onderzoek e-DNA van de bodem. Ze werken met kennisinstellingen zoals de WUR en Deltares, maar ze werken ook veel met studenten en trainees en dragen bij aan het 'Resilient Delta Initiatief' in samenwerking met Erasmus, Leiden en TU Delft.

Wat heeft gemeente Rotterdam nodig?

- Bodemkennis (praktijk en theorie);
- Relevante bodemdata (bodem-watersysteem kennis, bijvoorbeeld grondsoorten, infiltratie, dichtheid, humus/organische stof gehalte).

### 3.3.3 Utrecht

Utrecht is sinds kort bezig met bodemgezondheid in de stad. Het doel is om te onderzoeken hoe het gesteld is met de bodemgezondheid en of het verbeteren van de bodemgezondheid kan bijdragen aan bijvoorbeeld verbetering van waterberging, groei van groen in de stad of de biodiversiteit. Afgelopen jaar is gemeente Utrecht bezig geweest met een aantal bodem bemonsteringen. In een monitoringsronde zijn 26 monsters genomen binnen de gemeente volgens het meetprotocol van de Vlinderstichting (toegelicht in paragraaf 4.2.7). De uitkomsten van dit onderzoek worden gebruikt om de huidige situatie rondom de bodemgezondheid in kaart te brengen. Daarmee worden de resultaten gezien als nulmeting, maar zijn deze nog te weinig voor een statische analyse over de bodemgezondheid in Utrecht.

Naast de monitoringsinitiatieven worden in gemeente Utrecht ook veel initiatieven en bewustwordingsacties opgezet, zoals:

- Deelname aan de Bodemdierteldagen van het NIOO-KNAW, WUR en VU;
- Deelname aan de Geoweek voor het informeren van studenten (jaarlijks in mei);
- Deelname aan het *Citizen Science* onderzoek van Utrecht Natuurlijk, waarbij burgers hun onderbroek begraven en kijken in hoeverre deze wordt afgebroken en met welke snelheid (indicator voor bodemleven)
- Realiseren van groene daken op bushokjes in de gemeente;
- Deelname aan het *Citizen Science* project 'Pientere Tuinen' waarbij burgers in hun tuin een slimme meter plaatsen om bodemvocht en bodemtemperatuur te meten.

Wat heeft gemeente Utrecht nodig?

- Financiering voor vervolgonderzoeken naar bodemgezondheid;
- Het opzetten van een monitoringssystematiek met een standaard en compleet pakket aan indicatoren (denk aan pH, fysische bodemkwaliteit, bodemademhaling, CO<sub>2</sub> vastlegging/uitstoot);
- Een proeftuin / *Living Lab* om handelingsperspectieven aan te kunnen bieden.

### 3.3.4 Zwolle

Gemeente Zwolle werkte in 2024 samen met Witteveen+Bos aan het ontwikkelen van een raamwerk voor gezonde bodems voor Zwolle (toegelicht in paragraaf 4.2.8). Het raamwerk baseert zich op 7 bodemeigenschappen waarvan is beoordeeld of deze relevant zijn voor de bodemfuncties openbaar groen, woonwijken of natuurlijke bermen. Vervolgens is voor iedere bodemeigenschap een streefwaarde opgenomen, gebaseerd op beschikbare data.

Gemeente Zwolle is ook van plan om samen te werken met MBO studenten om veldmetingen te verzamelen. Hier zullen onder andere metingen worden gedaan naar de infiltratiecapaciteit van tuinen. Daarnaast organiseert Zwolle het programma Ondersteboven, een bewustwording initiatief voor burgers die laat zien hoe belangrijk de bodem is. Dit doen ze door in heel Zwolle tegels of stickers te plaatsen op verschillende plekken om de functie van de bodem op die plek in beeld te brengen. Ook laten ze zien wat de gemeente doet en hoe burgers zelf aan de slag kunnen gaan op de bodem gezond en duurzaam te houden.

Wat heeft gemeente Zwolle nodig?

- Streefwaardes voor stedelijke bodems voor in het raamwerk;
- Welke conclusies kunnen we trekken uit wat we meten.

### 3.3.5 **Samenvattend belang gemeenten**

De gemeenten die zijn gesproken zijn middelgrote tot grote gemeenten van Nederland met minimaal 2 vaste bodemmedewerkers in dienst. Veel gemeenten in Nederland hebben veel minder bodemkennis in huis. De opgehaalde informatie wordt daarom gezien als inspirerend voor andere gemeenten en deze gemeenten worden gezien als koplopers voor andere gemeenten. Er wordt aangenomen dat de vragen die deze gemeenten hebben in meer of mindere mate zullen gelden voor alle andere gemeenten in Nederland.

- 1 Er is behoefte aan een standaard monitoringsraamwerk met gevalideerde referentiewaarden waarop de bodemgezondheid kan worden getoetst. Hieraan ligt ten grondslag dat wordt bepaald wat bodemgezondheid betekent in de stad en hoe deze kan worden gemeten;
- 2 Er zijn veel verschillende mogelijkheden voor het verbeteren van het bodembewustzijn onder burgers van de gemeente. Het is mogelijk voor gemeenten om aan te sluiten bij al bestaande nationale initiatieven. Alle geïnterviewde gemeenten hebben minimaal een programma lopen om burgers te betrekken bij het onderwerp van bodemgezondheid;
- 3 Er is behoefte aan een centraal / nationaal punt met (gedeelde/openbare) data en informatie over bodemgezondheid;
- 4 De koplopers zijn bezig met het verankeren van bodemgezondheid in de gemeente. Het blijkt mogelijk om de ambities rondom bodemgezondheid vast te leggen in beleid. Deze ontwikkelingen kunnen andere gemeenten inspireren;
- 5 Er is behoefte om (meer) gezamenlijk op te trekken en uit te wisselen over de ontwikkelingen ter attentie van een gezonde bodem.

## 4 Definities en raamwerken

### 4.1 Definities voor bodemgezondheid

De eerste stap in het literatuuronderzoek is het zoeken naar verschillende definities voor bodemgezondheid. Daarbij is specifiek gezocht naar bodemgezondheid in de stad.

#### 4.1.1 Europese definities (*soil health*)

##### 1. Mission Soil (implementation plan)

Bodemgezondheid (*soil health*) wordt in de Europese bodemmissie 'A soil deal for Europe' gedefinieerd als "the continued capacity of soils to support ecosystem services" en wordt beoordeeld aan de hand van een set aan meetbare indicatoren (Bijlage B).

##### 2. Soil Monitoring law

Binnen de Bodemmonitoringsrichtlijn is nog geen definitieve definitie bepaald voor een gezonde bodem: "Om tot een gemeenschappelijke definitie van een gezonde staat van de bodem te komen, moet een gemeenschappelijke minimumreeks meetbare criteria worden vastgesteld waarvan de niet-naleving zou leiden tot een kritiek verlies van het vermogen van de bodem om als vitaal leefsysteem te functioneren en ecosysteemdiensten te leveren."

##### 3. Natural Resources Conservation Service (NRCS):

"Soil health is defined as the continued capacity of soil to function as a vital living ecosystem that sustains plants, animals, and humans."

##### 4. Food and Agriculture Organization (FAO) / The Intergovernmental Technical Panel on Soils (ITPS)

"The ability of the soil to sustain the productivity, diversity, and environmental services of terrestrial ecosystems."

Samenvattend: op Europees niveau wordt bodemgezondheid gedefinieerd volgens het leveren van ecosysteemdiensten. Er wordt geen onderscheid gemaakt naar landgebruik of voor bodemgezondheid in de stad of in het landelijk gebied.

#### 4.1.2 Nationale definities

##### 5. Koersnota Amsterdam

Gemeente Amsterdam gebruikt in haar Koersnota Gezonde Bodem 2023 de term gezonde bodem en definieert deze als: "een goed functionerende bodem die in evenwicht voldoet aan de chemische, fysische en biologische eisen voor het betreffende bodemgebruiksdoel en waarvan de duurzame/ecologische draagkracht niet overschreden of uitgeput wordt."

##### 6. Samen de diepte in

"Vitale bodems faciliteren voedselproductie, natuur, groenvoorzieningen, waterzuivering, watervasthouding, cultureel erfgoed, recreatie, en het opvangen en afvoeren van hemelwater."

##### 7. Provincie Noord-Brabant

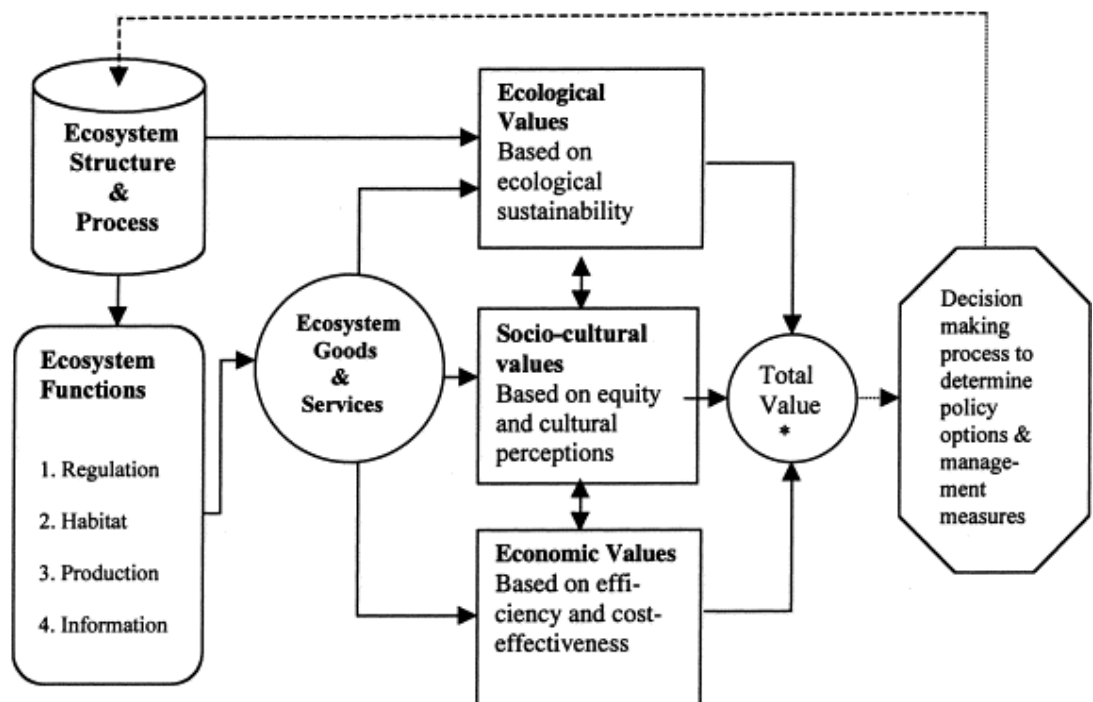
"Een vitale bodem kan klimaatverandering het hoofd bieden, de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater verbeteren, en wateroverlast en verdroging tegengaan."

Samenvattend: In Nederland hanteren organisaties en overheden verschillende termen rondom bodemgezondheid. De termen ‘gezonde bodem’, ‘bodemvitaliteit’, ‘bodemgezondheid’ en ‘vitale bodem’ worden door elkaar heen gebruikt. Veelal bevat de definitie een referentie naar het ecosysteemdenken en ecosysteemdiensten.

### 4.1.3 Samenvattend definitie bodemgezondheid

In paragraaf 4.1.1 en 4.1.2 staan diverse definities opgenomen van bodemgezondheid. In deze definities zitten een aantal elementen die in veelvoud terugkomen. Deze elementen willen wij graag aanhouden binnen deze rapportage:

- De bodem heeft biologische, chemische en fysische eigenschappen;
- De bodem heeft bodemfuncties en levert ecosysteemdiensten, waarvan het belang kan verschillen per landgebruik (Figuur 4-1);
- Een gezonde bodem betekent dat deze functioneert binnen grenzen van het bodemsysteem en binnen de planetaire grenzen (bodemherstel moet mogelijk blijven, de bodem is veerkrachtig)



Figuur 4-1 Schematische uitwerking van hoe (biotische en abiotische) eigenschappen van de bodem waarde leveren aan mens en maatschappij (De Groot et al., 2002).

## 4.2 Raamwerken en indicatoren voor bodemgezondheid

In dit onderzoek zijn diverse monitoringsraamwerken, inclusief bijbehorende indicatoren, met elkaar vergeleken. De indicatoren voor ieder raamwerk staan als ruwe data opgenomen in Bijlage C. Met dit onderzoek hebben we een eerste inventarisatie naar monitoringsraamwerken gedaan. Deze inventarisatie was niet uitputtend. Naast de beoordeelde raamwerken zullen er waarschijnlijk nog andere monitoringsraamwerken bestaan die niet zijn meegenomen in dit onderzoek.

#### 4.2.1 Europese Bodemmissie

De EU missie "A Soil Deal for Europe" heeft 8 doelstellingen gedefinieerd:

- 1 Terugdringen verwoestijning
- 2 Beschermen van de koolstofvoorraad in de bodem
- 3 Stoppen met het afdekken van de bodem en het verbeteren van hergebruik van stedelijke grond
- 4 Terugdringen van bodemverontreiniging en het verbeteren van bodemherstel
- 5 Voorkomen van bodemerosie
- 6 Verbeteren van de bodemstructuur door de bodembiodiversiteit te verbeteren
- 7 Terugdringen van de Europese footprint op bodems
- 8 Verbeteren van de bodemgeletterdheid (soil literacy) in de maatschappij

Hierbij zijn door de missie 8 bodemgezondheidsindicatoren geïdentificeerd (EC, 2021a):

- 1 Aanwezigheid van verontreinigingen, nutriënt- en zoutoverschot;
- 2 Bodemkoolstof ( $C_{org}$ )
- 3 Bodemstructuur, inclusief de bulkdichtheid van de bodem (het gewicht van de grond in een vast volume) en de afwezigheid van bodemafdekking en bodemerosie
- 4 Bodembiodiversiteit
- 5 Bodemnutriënten en zuurgraad
- 6 Vegetatiebedekking
- 7 Landschap variëteit (heterogeniteit)
- 8 Bosbedekking

Deze indicatoren zullen door R&I projecten over bodemmonitoring<sup>6</sup> binnen de Bodemmissie nog verder worden uitgewerkt en aangescherpt.

Zie Bijlage B voor een overzicht van de (combinatie van) indicatoren in de Europese bodemmissie en hoe bijdragen aan welke doelstelling(en).

#### 4.2.2 Europese Bodemmonitoringsrichtlijn

Op 5 juli 2023 heeft de EU Commissie een voorstel van de bodemmonitoringsrichtlijn gepresenteerd (Europese Commissie, 2023). De Commissie wil met de bodemmonitoringsrichtlijn de Europese bodem dezelfde beschermde status geven als water en lucht. Het voorstel voorziet in de invoering van een coherent kader voor bodemmonitoring dat gegevens oplevert over de gezondheid van de bodem in alle EU-lidstaten. De richtlijn maakt het verplicht voor lidstaten om de bodemgezondheid te monitoren en te beoordelen aan de hand van niet-bindende duurzame streefwaarden. De streefwaarden zijn gebaseerd op het behalen van de langtermijndoelstellingen uit de Europese Green Deal. Naast de streefwaarden stellen de lidstaten triggerwaarden voor de indicatoren, wanneer het nodig is om maatregelen te nemen voor een gezonde bodemgesteldheid. Tijdens het schrijven van deze rapportage is de bodemmonitoringsrichtlijn nog niet aangenomen door de lidstaten.

---

<sup>6</sup> <https://mission-soil-platform.ec.europa.eu/news-events/european-mission-soil-week/soil-monitoring>



De Europese bodemmonitoringsrichtlijn maakt onderscheid tussen: 1) bodemindicatoren met op het niveau van de Unie vastgestelde criteria voor een gezonde bodemgesteldheid, 2) bodemindicatoren met op het niveau van de lidstaten vastgestelde criteria voor een gezonde bodemgesteldheid, 3) bodemindicatoren zonder criteria en indicatoren voor ruimtebeslag en 4) bodemafdekking (Bijlage D). Met deze opzet geeft de Commissie de mogelijkheid om rekening te houden met lokale omstandigheden omtrent de bodemkwaliteit, waarbij de volgende vier delen zijn onderscheiden:

- Europese Unie niveau (deel A):
  - Verzilting
  - Bodemerrosie
  - Verlies van organische koolstof in de bodem
  - Verdichting van de ondergrond
- Nationaal niveau (deel B):
  - Overschot aan nutriënten in de bodem (specifiek fosfor)
  - Bodemverontreiniging
  - Vermindering van het vermogen van de bodem om water vast te houden
- Bodemdescriptoren zonder criteria (deel C)
  - Overschot aan nutriënten in de bodem (specifiek stikstof)
  - Verzuring
  - Verdichting van de bovenste laag van de bodem
  - Verlies van biodiversiteit van de bodem
- Indicatoren voor ruimtebeslag en bodemafdekking (deel D)
  - Ruimtebeslag en bodemafdekking

#### 4.2.3 SOILS4EU

In SOILS4EU is bekeken welke indicatoren in de literatuur bekend zijn voor verschillende ecosysteemdiensten die een bodem kan leveren (Van der Meulen & Maring, 2018) (Figuur 4-8 en Bijlage E). Er wordt onderscheid gemaakt tussen: productiediensten, regulerende diensten en culturele diensten. Per indicator is aangegeven:

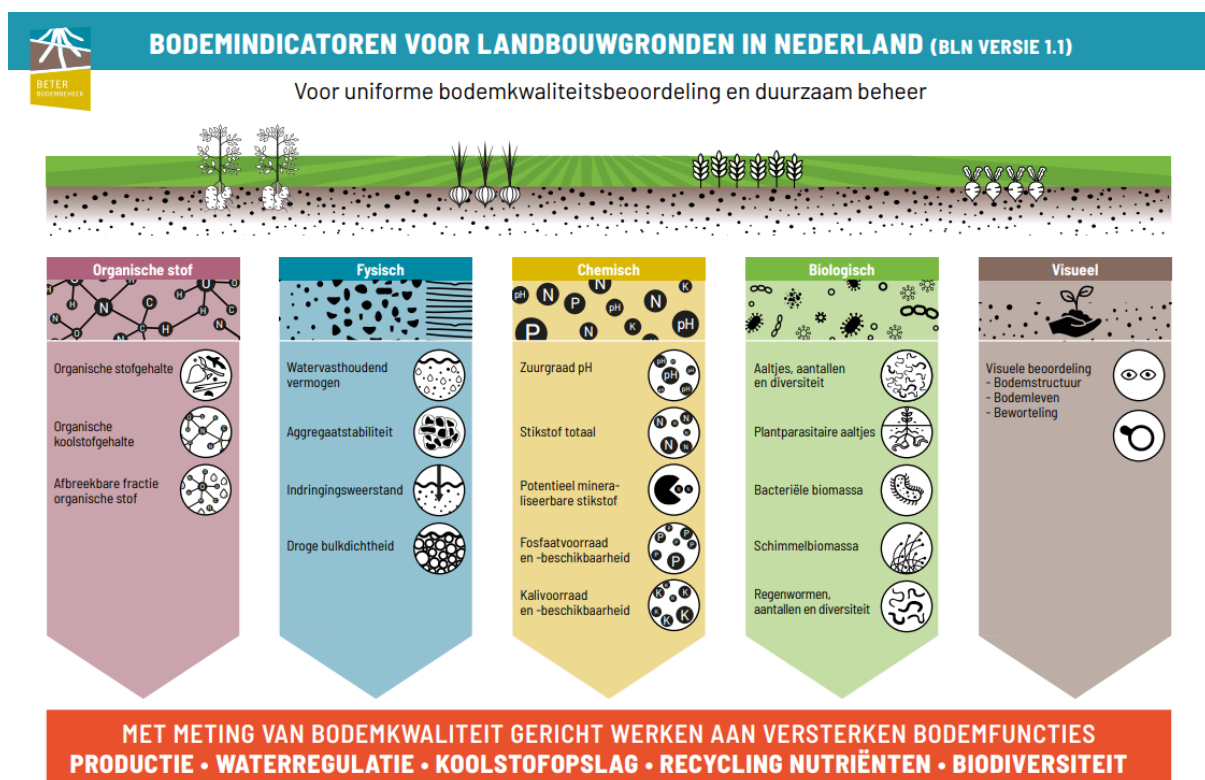
- wat de zekerheid is van de indicator voor de gekozen ecosysteemdienst. De zekerheid is beoordeeld afhankelijk van databeschikbaarheid en vermogen om informatie over te brengen naar beleid en praktijk;
- of de indicator bedoeld is om het *aanbod* of *gebruik* van de ecosysteemdienst aan te tonen;
- wat een relevante schaal is voor het gebruik van de indicator (regionaal of lokaal).

Ecosystem service			Indicator frame			
Ecosystem Service	CICES class	CICES class type	Indicator [unit] & Strength of indicator	Supply or Use	Relevant spatial extent	Availability of data
Biochemical and pharmaceuticals (1)	<i>No class provided in CICES (CICES Division= Materials)</i>	<i>No class type provided in CICES</i>	Raw materials for medicines [...]	S	Regional	European data for potential and use, as well as the role of soil are not found
Food, wood and fibre (1)	Cultivated terrestrial plants (incl. fungi, algae) grown for nutritional purposes or as a source of energy; Fibres and other materials from cultivated plants, fungi, algae and bacteria for direct use or processing.	Crops by amount, type	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Surface area of organic crops [ha]</li> <li>● Yields (ton/ha)</li> <li>● Forest biomass stock (tons)</li> </ul>	S	Regional	Data on production are available on European scale
Fresh water(1)	Ground (and subsurface) water for drinking or non-drinking purposes	By amount, type, source	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Water retention index [dimensionless, between 0-10]</li> <li>● Water abstraction (m<sup>3</sup>/yr)</li> </ul>	S U	Regional Regional	There are data on water retention and water abstraction available on European scale
Carrying capacity for infrastructure, buildings and animals [support of animals and infrastructure][carrier function] (1)	<i>No class provided in CICES</i>	<i>No class type provided in CICES</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Suitability classes for building [-]</li> </ul>	S	Local	There are no European data found but regional or national data may be used at the local level

Figuur 4-2 Voorbeeld in het SOILS4EU monitoringsraamwerk voor productiediensten (zie bijlage E voor de volledige lijst aan indicatoren uit SOILS4EU).

#### 4.2.4 Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN)

De WUR ontwikkelde in opdracht van het Ministerie LNV de “Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland” (BLN) in 2019 om bodemkwaliteit van landbouwbodems te beoordelen, bruikbaar voor het landgebruik 'akkerbouw' en 'grasland'. In de BLN worden de referentie- en streefwaarden gedifferentieerd naar twee bodemtypen: zandgronden en kleigronden. De BLN indicatoren worden gebruikt binnen de agrarische sector, en worden als standaard gebruikt binnen programma's als de Publiek-Private Samenwerking Beter Bodembeheer, onderzoeksprogramma Slim Bodemgebruik en voor de Open Bodem Index (OBI). In 2021 is de BLN1.0 geëvalueerd en geüpdatet naar BLN 1.1. De BLN 1.1 bestaat uit 18 indicatoren, verdeeld over 5 categorieën, zoals weergegeven in Figuur 4-3. Voor elke indicator is een klassieke meetmethode gegeven en een goedkope, laagdrempelige meetmethode (waar beschikbaar).

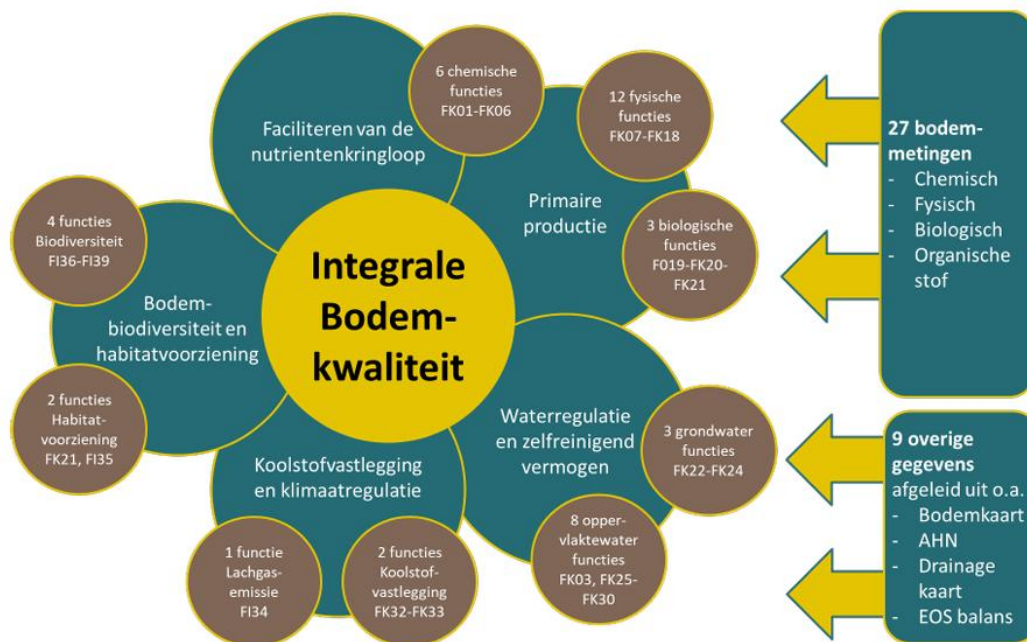


Figuur 4-3: Bodemindicatoren voor landbouwgronden in Nederland geselecteerd in de BLN, figuur uit overzichtsflyer van Beter Bodembeheer, via <https://edepot.wur.nl/550065>.

De update van BLN naar versie 2.0 zet een stap richting het integraal beoordelen van landbouwbodems, waarbij een set van 27 indicatoren wordt aangehouden aangevuld met gegevens uit openbare databases (Figuur 4-4). De 27 indicatoren worden vertaald naar bodemfuncties, die worden geïnterpreteerd als ecosysteemdiensten, zie ook Figuur 4-1 voor de grondslag van deze manier van denken. De beoordeling van bodems in BLN2.0 volgt de volgende 5 stappen (Ros et al., 2023):

1. Vaststellen van een set van doelen ofwel ecosysteemdiensten waar de bodem aan moet bijdragen;
2. Selectie van relevante bodemfuncties die deze ecosysteemdiensten beïnvloeden;
3. Selectie van de bodemeigenschappen en andere gegevens die nodig zijn om de geselecteerde bodemfuncties vast te stellen;
4. Vaststellen van de streefwaarden (of drempelwaarden) om de bodemfuncties te beoordelen en vaststellen van de indicatorwaarde op basis van de streefwaarde en de scoringsfunctie;

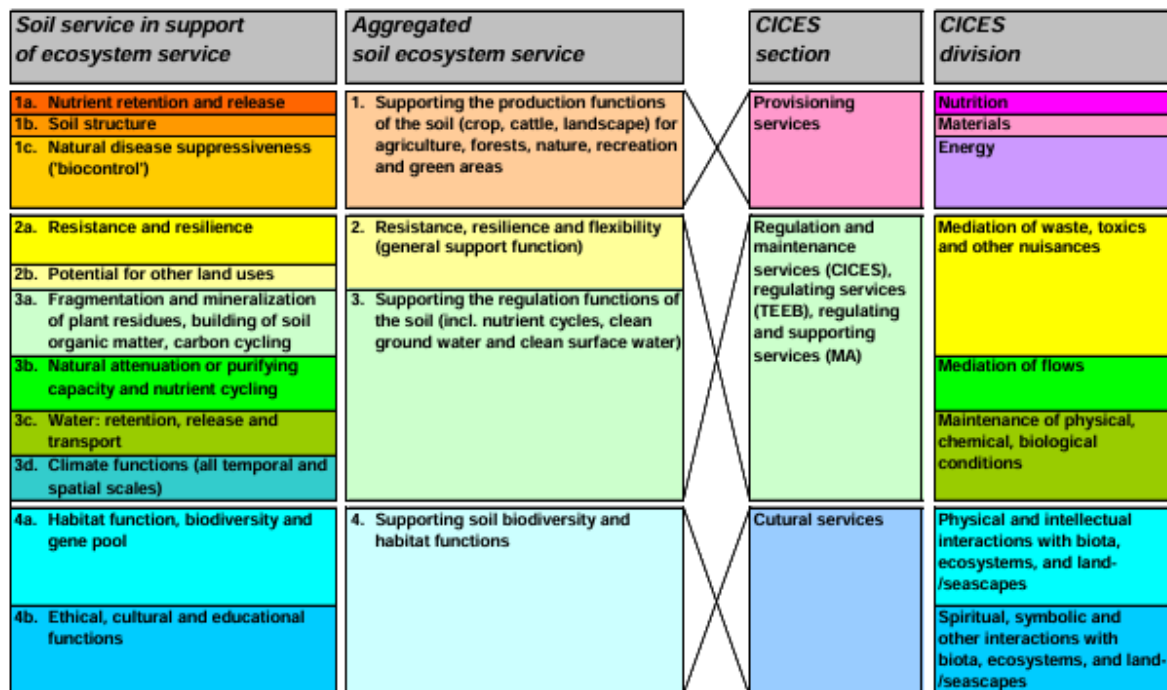
5. Aggregatie van prestaties per bodemfunctie in een gewogen index naar prestaties per geaggregeerde bodemfunctie, per (onderdeel van een) ecosysteemdienst en in ultimo naar een integrale bodembeoordeling over de gehele set van geselecteerde ecosysteemdiensten.



Figuur 4-4 Schematisch overzicht van de indicatoren van de BLN2.0 indicatorenset. Op basis van 27 indicatoren worden diverse bodemfuncties bepaald, waaruit het functioneren van de bodem wordt beoordeeld op basis van ecosysteemdiensten.

#### 4.2.5 Bodembologisch indicatorsysteem en meetnet (BoBi)

De Bodembologisch indicatorsysteem en meetnet (BoBi) is een bodembologische indicatorset ontwikkeld door het RIVM, het Louis Bolk Instituut en de WUR. Het is het oudste raamwerk wat in dit rapport is meegenomen (Rutgers et al. 2014). Net als de BLN focust de BoBi op landbouwbodems en het beheer. In het raamwerk wordt de link gelegd met diverse andere raamwerken om ecosysteemdiensten te beoordelen. Deze zijn vertaald naar de ecosysteemdiensten die de bodem kan leveren (Figuur 4-5). In BoBi zijn geen streefwaarden of referentiewaarden opgenomen.



Figuur 4-5 Onderbouwing bij het BoBi raamwerk ontwikkeld door het RIVM, het Louis Bolk instituut en de WUR op basis van de ecosystemediensten die de bodem kan leveren. Deze zijn in lijn gebracht met CICES<sup>7</sup> en andere kaders (TEEB<sup>8</sup> en MEA<sup>9</sup>). Via <https://orgprints.org/id/eprint/29453/1/2979.pdf>

#### 4.2.6 Bodemgezondheidsindex Amsterdam (BGI)

De methodiek voor de bodemgezondheidsindex Amsterdam (BGI) is gebaseerd op een raamwerk-definitie gezonde bodem. De raamwerkdefinitie is opgesteld door Amsterdam als basis voor de opdracht van de bodemindex. Binnen het raamwerk ziet de gemeente bodemgezondheid niet als een eigenschap op zichzelf, maar dat de mate van bodemgezondheid afhankelijk is van de lokale eisen verbonden aan de definitie van het geldende bodemgebruiksdoel. Daarnaast bepalen omgevingsfactoren en bijbehorende randvoorwaarden de functioneringspotentie van een bodem. Denk hier aan het grondwaterpeil en de (oorspronkelijke) bodemopbouw/-samenstelling. Het beheer speelt een belangrijke rol in de continuïteit van bodemgezondheid. Bij intensief gebruik moet ook vaak intensief onderhoud uitgevoerd worden. Door onjuist beheer of gebruik kan het functioneren van de bodem verstoord worden.

De bodemindex is vervolgens ontwikkeld door WEnR in opdracht van de gemeente Amsterdam. Het raamwerk bevat naast definities ook een afbakening, zoals bijvoorbeeld dat verontreinigde bodems niet worden meegenomen (deze bodems vallen onder het milieuhygiënisch bodembeleid). In het BGI raamwerk werkt gemeente Amsterdam met zes dominante bodemgebruiksdoelen (landgebruik): groen evenemententerrein (1), stadspark (2), tuin (geen moestuin) (3), moestuin/volkstuin/stadslandbouw (4), buurtgroen (5) en grond onder verharding (6).

<sup>7</sup> <https://cices.eu/>

<sup>8</sup> <https://www.unep.org/topics/teeb>

<sup>9</sup> <https://www.millenniumassessment.org/>

In de monitoringssystematiek worden meetresultaten gebruikt om de bodemgezondheid per gebruiksdoel te bepalen. Voor elk gebruiksdoel zijn er indicatoren en streefwaarden gedefinieerd, uit de indicatorenlijst die in Figuur 4-2 te zien is. Het systeem is gebaseerd op indicatoren uit de BLN 1.1 (zie paragraaf 4.2.4). Om kosten- en tijdefficiënt om te gaan met metingen, wordt er in twee niveaus gewerkt: (1) indicatoren die altijd gemeten moeten worden en (2) indicatoren die soms gemeten moeten worden, afhankelijk van landgebruik of specifieke problemen. De meetmethode en de frequentie van meten blijven een keuze van de initiatiefnemer op basis van de gewenste nauwkeurigheid, de behoefte om via een monitoring een trend in beeld te krijgen en het budget.

BGI Amsterdam indicatoren				
Nr	Indicator	Klassieke meetmethode	Snelle, goedkopere meetmethode (methode met * zijn geaccrediteerd)	Eenheid
<b>Organische stof indicatoren</b>				
1	Organische stofgehalte (OS)	Gloeiverlies 550 °C	NIRS*	%
<b>Fysische indicatoren</b>				
2	Textuur (of Korrelgrootteverdeling)	Pipetmethode	NIRS*	%
3	Indringingsweerstand	Penetrometer	niet beschikbaar	Mpa
4	Infiltratie capaciteit	Dubbele ring infiltrometer	METER Mini Disk Infiltrometer	mm m <sup>-2</sup> u <sup>-1</sup>
5	Porositeit	100CC ring methode	100CC ring methode	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
6	Watervasthoudend vermogen	Zandbak/drukpan	Pedotransferfunctie: textuur + OS%	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
7	Droge bulkdichtheid	100CC ring, massa na drogen 105 °C	Pedotransferfunctie: textuur + OS%	kg m <sup>-3</sup>
<b>Chemische indicatoren</b>				
8	Zuurgraad (pH)	Extractie in CaCl <sub>2</sub>	NIRS	-
9	Bodem Pb	Destructie Aqua Regia (Koningswater)	<a href="https://www.amsterdam.nl/wonen-leeftomgeving/bodem/lood-grond/">https://www.amsterdam.nl/wonen-leeftomgeving/bodem/lood-grond/</a>	mg kg <sup>-1</sup> bodem
10	Standaardstoffenpakket	Extractie Aqua Regia (Koningswater)	nvt	mg/kg bodem
11	Bodemvruchtbaarheid	-	-	-
12	EC (elektrische geleidbaarheid)	Soil saturated paste	-	dS/m
<b>Biologische indicatoren<sup>b</sup></b>				
13	Aaltjes, aantallen	Microscopie	PCR (alleen specifieke soorten beschikbaar)	Aantal 100 g <sup>-1</sup> droge grond
14	Aaltjes, planterparasieten	Microscopie	PCR (alleen specifieke soorten beschikbaar)	Aantal 100 g <sup>-1</sup> droge grond
15	Bacteriële biomassa	Microscopie	PLFA	µg PLFA g <sup>-1</sup>
16	Schimmel biomassa	Microscopie	PLFA	µg PLFA g <sup>-1</sup>
17	Wormen, aantallen	Mosterd extractie	n.b.	Biomassa (g)
<b>Overige indicatoren</b>				
18	Grondwaterniveau	Peilbuizen	<a href="https://www.waternet.nl/ons-water/grondwater/">https://www.waternet.nl/ons-water/grondwater/</a>	cm
19	Landgebruik- of management historie	(Tabblad Landgebruik & Mgmt)		

Figuur 4-6 Overzicht van indicatoren die samengesteld zijn voor BGI Amsterdam op basis van de BLN1.1.

De indicatoren krijgen via een scorefunctie een waarden tussen 0.0 en 1.0, waarbij 0.0 de slechts mogelijke indicatorscore is en 1.0 de best mogelijke score. Op deze manier kunnen indicatoren met elkaar vergeleken worden. Zo wordt het mogelijk om bodemgezondheid te beoordelen, zonder dat daar benodigde bodemkennis voor nodig is. Binnen BLN1.1 is per indicator gekozen uit vier type scoringen: twee type lineaire scoringen (een hogere waarde is beter of een lagere waarde is beter) en twee type parabolische scoringen (een optimaal hoge score of een optimaal lage score). De scorefunctie van iedere indicator is afhankelijk van het type scorefunctie en het type landgebruik. Per type landgebruik kunnen de grenzen van de scorefunctie namelijk anders zijn. De totaalscore, en daarmee de beoordeling van de bodemgezondheid, wordt vervolgens bepaald op basis van een thema gemiddelde van alle indicatoren scorefuncties (organische stof, fysisch, chemisch, biologisch en visueel) en een totaal gemiddelde.

#### 4.2.7 Onder het Maaiveld (Vlinderstichting)

In het programma Onder het Maaiveld is een waarderingsmechanisme voor de bodem ontwikkeld. Aan de hand van verschillende boven- en ondergrondse indicatoren, geeft deze methodiek een indicatie van de bodemtoestand op een bepaalde locatie (Figuur 4-7). Het raamwerk is specifiek ontworpen voor stedelijke bodems. Er is een dashboard gemaakt om alle verzamelde monitoringsresultaten te rapporteren en delen (door wetenschappers en / of burgers: *citizen science*). Per bemonsteringslocatie in de dashboard worden er ook maatregelen benoemd die het meest effectief zijn om op die locatie de bodemkwaliteit te verbeteren.

Algemeen / Diagnose	Sensoren	Dashboards
Naam	Grootheid - Eenheid	
Beheertype	Tekst - text	
Bodemleeftijd	Getal - number	
Bodemtype	Tekst - text	
C/N Ratio	Getal - number	
Coördinaten	Coördinaten - latlon	
Doorworteling	Tekst - text	
eurofins	Tekst - text	
Lutum	Getal - number	
Naam	Tekst - text	
Notities	Tekst - text	
Organische stof gehalte	Getal - number	
pH	Getal - number	
Plaats	Tekst - text	
Plaats details	Tekst - text	

Figuur 4-7 Bodemindicatoren van het monitoringsraamwerk van Onder het Maaiveld. Figuur is een snip van het dashboard, welke momenteel alleen onder een login beschikbaar is.

#### 4.2.8 Zwolle raamwerk integrale monitoring stadsbodems

De methodiek van Zwolle is gebaseerd op 6 bodemindicatoren: organisch stofgehalte, bodemleven, infiltratiecapaciteit/verdichting, nutriëntenconcentraties, zuurgraad, verontreiniging en draagkracht (Mathu et al., 2024). Voor iedere indicator is beoordeeld of deze gemeten moet worden voor een bepaalde bodemfunctie. Binnen Zwolle worden 3 bodemfuncties onderscheiden: openbaar groen, woonwijken en natuurlijke bermen.

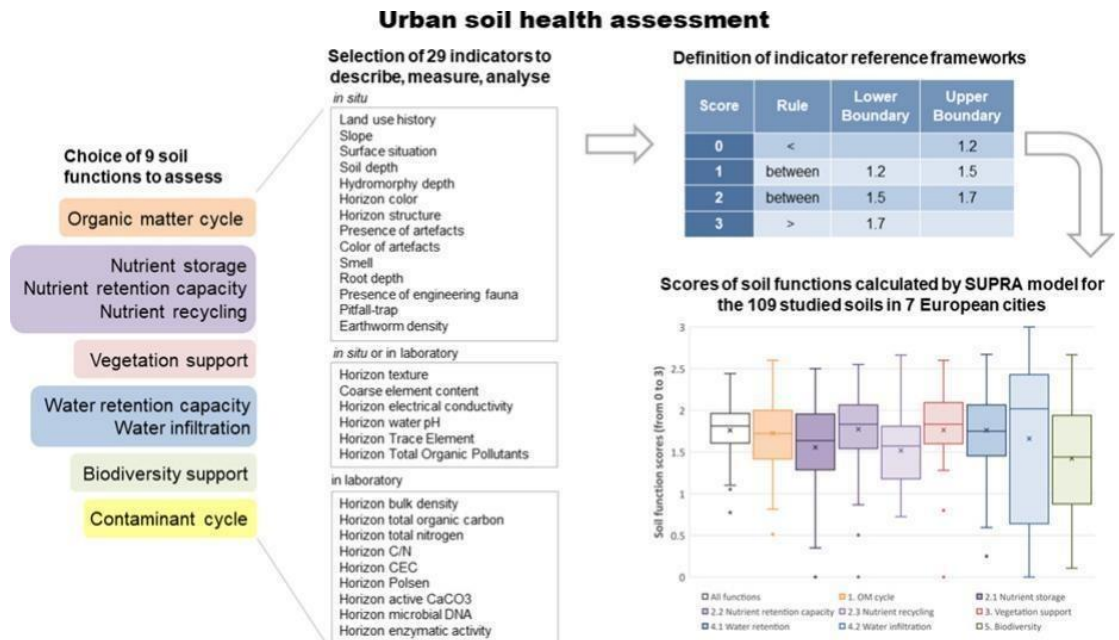
Daarnaast zijn er een aantal knelpunten beschreven, waaruit de ambitie voor de waarde van een indicator voortkomt. Voor iedere indicator is een streefwaarde opgenomen, waarbij rekening gehouden wordt met het bodemtype zand of klei. De streefwaarden zijn bepaald op basis van beschikbare informatie. In het geval van de streefwaarden van bodemleven, zuurgraad en nutriënten zijn streefwaarden gebruikt van landbouwbodems. Voor iedere bodemindicator is een meetmethode toegevoegd. Ook zijn maatregelen voor verbetering van de indicator toegevoegd. Een voorbeeld van de uitwerking van een indicator is weergegeven in Figuur 4-10.

Indicator	Te meten voor volgende functies	Waarom is het belangrijk om deze indicator te meten?	Meetmethode	Maatregelen voor verbetering
Organisch stofgehalte 	<b>Functies</b> - Openbaar groen - Woonwijken - Natuurlijke bermen  <b>Knelpunten:</b> - Ongezond openbaar groen - Wateroverlast en watertekort	Organische stof zorgt voor robuust groen, houdt water in de bodem vast en zorgt voor luchtige structuur waar water in kan infiltreren (klimaatadaptatie). Bovendien slaat het koolstof op in de bodem, wat bijdraagt aan klimaatmitigatie. In een bodem met veel organisch materiaal leeft veel bodemleven, maar op bodems met weinig organische stof kunnen juist bijzondere planten voorkomen.   Klimaatadaptatie   Robuust groen   Klimaatmitigatie   Biodiversiteit	- Labanalyse (loss on ignition LOI)  Inspanning: relatief makkelijk en goedkoop	- Toevoeging van: biochar, compost, bokashi of organisch materiaal zoals bladeren of maaisel (mulchen) - Bevordering open bodems (minder afdichten met tegels/asfalt) - Minimaliseren bodemverstoring - Bodem laten begroeien en het toevoegen van planten die diep wortelen - Gebruik van groenbemesters - Stimuleren van bodemleven - Bij moerige gronden of veengronden: verhogen van grondwaterstanden en geen grondroerende werkzaamheden

Figuur 4-8 De indicator organisch stofgehalte uitgelicht uit het monitoringsraamwerk van de gemeente Zwolle (Mathu et al., 2024).

#### 4.2.9 Raamwerk ontwikkeld door BRGM

De Franse geologische dienst BRGM heeft een raamwerk ontwikkeld om de potentie van bodems om ecosysteemdiensten te leveren in kaart te brengen (Séré et al., 2024). Per bodem wordt één van negen verschillende functies gekozen die een bodem zou moeten vervullen, zie Figuur 4-6. Per bodemfunctie zijn essentiële bodemindicatoren gesteld om de bodemgezondheid te beoordelen. Deze worden gekozen uit een lijst met totaalijst van 29 indicatoren. Vervolgens worden de indicatoren beoordeeld met een score tussen 0 tot 3 (0 = slecht, 3 = goed). De grenswaarden van deze score zijn gebaseerd op referentiewaarden uit de literatuur of kennis van experts. De methode is gevalideerd met datasets van 109 stadsbodems in Europa, waar gekeken is of op basis van het model de bodemfunctie ook daadwerkelijk aanwezig is. De uitkomsten van deze validatie waren positief.

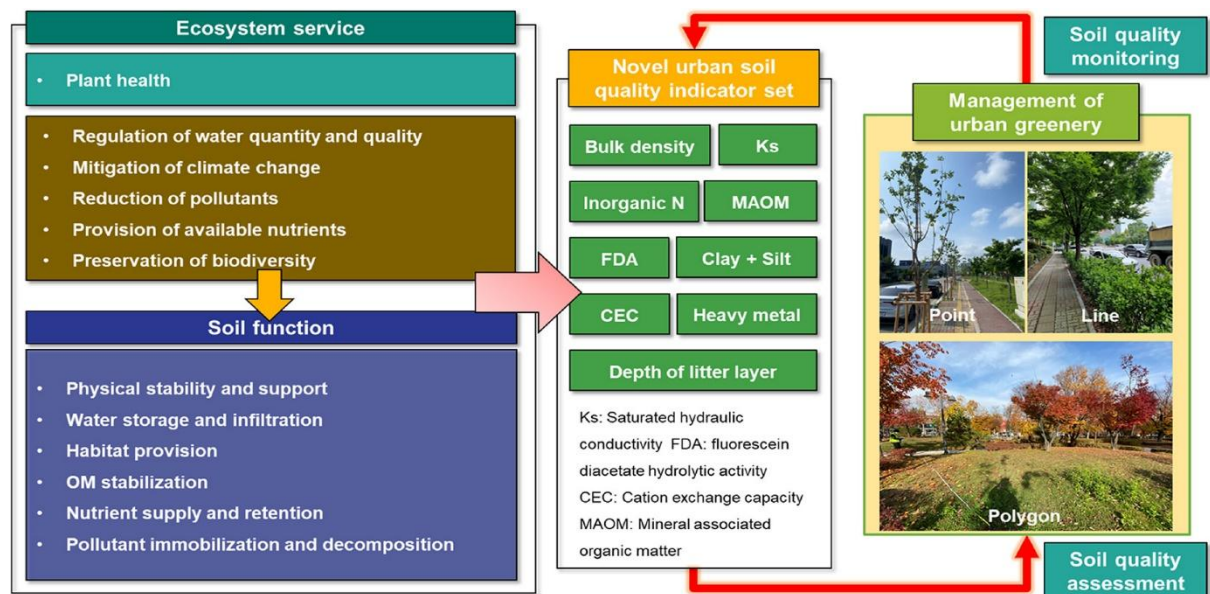


**Scores of soil functions calculated by SUPRA model for the 109 studied soils in 7 European cities**

Figuur 4-9: Overzicht van het raamwerk met: de 9 geïdentificeerde bodemfuncties, de lijst met 29 bodemindicatoren, een voorbeeld van de score beoordeling per indicator en een overzicht van de scores van proefmetingen bij 109 bodems (Séré et al., 2024).

#### 4.2.10 uSQI

uSQI (urban soil quality index) is een raamwerk dat opgesteld is om de bodemstatus van verschillende typen stedelijk groen in kaart te brengen (Hyun et al., 2023) (Figuur 4-9). De BRGM methode (paragraaf 4.2.9) bouwt op deze methode voort. Ook hier zijn zes stedelijke bodemfuncties geïdentificeerd. Om deze zes functies kwantitatief te kunnen beoordelen, is een set aan indicatoren gemaakt met verschillende typen streefwaarden, vergelijkbaar met de typen scoringsmethodieken van het BLN (een optimale hoge of lage waarde, meer is beter en minder is beter).



Figuur 4-10 Visualisatie van het uSQI raamwerk. Het begin punt zijn de ecosystemediensten van stedelijke bodems, die zes bodemfuncties moeten vervullen. De bodemfuncties kunnen aan de hand van een indicatoren set en streefwaardes gemonitord en beoordeeld worden.



## 5 Analyse monitoringsraamwerken

In Tabel 5-1 wordt aangegeven op welk niveau de bodemgezondheid wordt beoordeeld. Er zijn drie verschillende aanliegroutes voor monitoringsraamwerken voor wat betreft de aanpak en doelstelling:

- 1 Bodemgezondheid vanuit bepaling van bodemeigenschappen door de beoordeling van individuele bodemindicatoren (per indicator wordt een beoordeling gegeven, de beoordeling van een bodem is een (gewogen) optelsom van deze beoordelingen)
- 2 Vanuit bepaling voor geschiktheid voor een bepaald landgebruik (is de bodem geschikt voor een specifiek landgebruik? Bijvoorbeeld: landbouw, park of wonen)
- 3 Vanuit bepaling van de toestand van bodemfuncties om ecosysteemdiensten te kunnen leveren (levert de bodem belangrijke diensten? Bijvoorbeeld zelfreinigend vermogen, waterberging, weerstand en herstel of draagkracht).

Tabel 5-1 Uitkomsten analyse van 10 verschillende monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid op basis van doel, indicatoren en schaalniveau.

Raamwerk	Doel	Indicatoren	Schaalniveau
<b>Aanliegroute 1 Bodemgezondheid op basis van bodemeigenschappen</b>			
EU bodemmissie (DG Agri)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terugdringen verwoestijning</li> <li>2. Beschermen van de koolstofvoorraad in de bodem</li> <li>3. Stoppen met het afdekken van de bodem en het verbeteren van hergebruik van stedelijke grond</li> <li>4. Terugdringen van bodemverontreiniging en het verbeteren van bodemherstel</li> <li>5. Voorkomen van bodemerosie</li> <li>6. Verbeteren van de bodemstructuur door de bodembiodiversiteit te verbeteren</li> <li>7. Terugdringen van de Europese footprint op bodems</li> <li>8. Verbeteren van de bodembewustzijn (<i>soil literacy</i>) in de maatschappij</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanwezigheid van verontreinigingen, nutriënt- en zoutoverschot;</li> <li>• Bodemafdekking</li> <li>• Bodemkoolstof (C<sub>org</sub>)</li> <li>• Bodemstructuur, inclusief de bulkdichtheid van de bodem (het gewicht van de grond in een vast volume)</li> <li>• Bodembiodiversiteit</li> <li>• Bodemerosie</li> <li>• Bodemnutriënten en zuurgraad</li> <li>• Vegetatiebedekking</li> </ul>	Europees
Europese bodemmonitoringsrichtlijn	<p>De Europese bodemmonitoringsrichtlijn is onderdeel van de bredere Europese Bodemstrategie uit 2021, die ernaar streeft dat tegen 2030 75% van de bodem in Europa gezond is en in 2050, de bodemverontreiniging tot nul is teruggebracht.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verzilting</li> <li>2. Bodemerosie</li> <li>3. Verlies van organische koolstof in de bodem</li> <li>4. Verdichting van de ondergrond</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrisch geleidingsvermogen (deci-Siemens per meter)</li> <li>• Bodemerosie (ton per hectare per jaar)</li> <li>• Concentratie organische koolstof (SOC) in de bodem (g per kg)</li> <li>• Bulkdensiteit in de ondergrond (bovenste deel van het B- of E-horizont ); lidstaten mogen deze descriptor vervangen door een equivalente parameter (g per cm<sup>3</sup>)</li> <li>• Extraheerbaar fosfor (mg per kg)</li> <li>• Concentratie van zware metalen in de bodem: As,</li> </ul>	Europees en nationaal

	<p>5. Overschot aan nutriënten in de bodem</p> <p>6. Bodemverontreiniging</p> <p>7. Vermindering van het vermogen van de bodem om water vast te houden</p>	<p>Sb, Cd, Co, Cr (totaal), Cr (VI), Cu, Hg, Pb, Ni, Ti, V, Zn (µg per kg);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentratie van een aantal door de lidstaten vastgestelde organische verontreinigende stoffen, rekening houdend met de bestaande, in de wetgeving van de Unie vastgestelde concentratiegrenzen, bijvoorbeeld voor waterkwaliteit en emissies in de lucht</li> <li>• Bodemvochthoudend vermogen van het bodemonmonster (% van het volume water/volume verzadigde bodem)</li> </ul>	
Onder het Maaiveld (Vlinderstichting)	Herstel van het bodemleven in Nederland, als basis voor een gezonde natuur en een gezonde maatschappij.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beheertype</li> <li>• Bodemleeftijd</li> <li>• Bodemtype</li> <li>• C/N ratio</li> <li>• Coördinaten</li> <li>• Doorworteling</li> <li>• Eurofins</li> <li>• Lutum</li> <li>• Naam</li> <li>• Notities</li> <li>• Organische stofgehalte</li> <li>• pH</li> <li>• Plaats</li> <li>• Plaats details</li> <li>• Prognose</li> <li>• Regenwormen</li> <li>• Result</li> <li>• Schimmel/bacterie ratio</li> <li>• UserID</li> <li>• Vegetatie</li> <li>• Waterdoorlatendheid (min)</li> <li>• Zuurstofgehalte</li> </ul>	Lokaal
<b>Aanvliegroute 2. Geschiktheid voor landgebruik</b>			
Bodemgezondheidsindex Amsterdam + Koersnota Gezonde Bodem	<p>1. Het begrip 'gezonde bodem' volledig te integreren binnen de hele gemeentelijke organisatie, van planvorming tot uitvoering en beheer.</p> <p>2. Opgebouwde kennis en ervaringen worden actief gedeeld en beschikbaar gesteld</p>	<p>Bodemgezondheidsindex wordt ontwikkeld, op basis van BLN indicatoren. Verschil in te meten indicatoren per stadslandbouw en stadsgroen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textuur</li> <li>• Droge bulkdichtheid</li> <li>• Indringingsweerstand</li> <li>• Watervasthoudend vermogen</li> <li>• Doorlatendheid</li> <li>• Gehalten aan contaminanten (totaal - reactief - beschikbaar)</li> <li>• pH</li> <li>• Organische stof</li> <li>• Elektrische geleidbaarheid (EC)</li> <li>• textuur (%&lt;2µm)</li> <li>• N-min</li> <li>• N,P,K Nutriëntenstatus</li> <li>• Micronutriënten</li> <li>• Regenwormen aantallen en diversiteit</li> <li>• Aaltjes diversiteit en aantallen</li> </ul>	Lokaal, voor inter-gemeentelijke verschillen.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Bacterie en schimmelbiomassa</li> <li>Heet water extraheerbaar koolstof (HWC)</li> <li>Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN)</li> </ul>	
BLN 1.1 (voor landbouw-bodems)	<p>De BLN is ontwikkeld als onderdeel van het Nationaal Programma Landbouwbodems. Binnen dit programma is het doel dat we streven dat we in Nederland in 2030 landbouwbodems duurzaam beheren en daarnaast jaarlijks ook nog 0,5 Mton koolstof vastleggen in de bodem om de negatieve effecten van klimaatverandering tegen te gaan. Om dit doel te behalen is het nodig om de (veranderingen in) bodemkwaliteit, waaronder het koolstofgehalte, te meten.</p> <p>Het uniform en integraal meten van bodemkwaliteit is van belang voor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Nationale en regionale monitoring van de bodemkwaliteit door de indicatoren te bepalen op een selectie van percelen of punten.</li> <li>Toepassing door boeren om de bodemkwaliteit van hun percelen te monitoren en daarmee hun beheer te verbeteren.</li> </ol>	<p><b>Organische stof</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organisch stofgehalte</li> <li>Organisch koolstofgehalte</li> <li>Afbreekbare fractie organische stof</li> </ul> <p><b>Fysisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Watervasthoudend vermogen</li> <li>Aggregaatstabiliteit</li> <li>Indringingsweerstand</li> <li>Droge bulkdichtheid</li> </ul> <p><b>Chemisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zuurgraad pH</li> <li>Stikstof totaal</li> <li>Potentieel mineraliseerbare stikstof</li> <li>Fosfaatvoorraad en -beschikbaarheid</li> <li>Kalivoorraad en -beschikbaarheid</li> </ul> <p><b>Biologisch</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aaltjes, aantallen en diversiteit</li> <li>Plantparasitaire aaltjes</li> <li>Bacteriële biomassa</li> <li>Schimmelbiomassa</li> <li>Regenwormen, aantallen en diversiteit</li> </ul> <p><b>Visueel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemstructuur</li> <li>Bodemleven</li> <li>Beworteling</li> </ul>	Nationaal, alleen voor landbouwgronden
Zwolle raamwerk integrale monitoring stadsbodems	Het doel is om de vitaliteit van de Zwolse stadsbodem te kunnen meten. Per bodemindicator is gekeken of deze relevant is voor de bodemfuncties openbaar groen, woonwijken en natuurlijke bermen. Beoordeling is per indicator op basis van streefwaarden uit beschikbare literatuur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organisch stofgehalte</li> <li>Bodemleven</li> <li>Infiltratiecapaciteit/verdichting</li> <li>Nutriëntenconcentraties</li> <li>Zuurgraad</li> <li>Verontreinigingen</li> <li>Draagkracht</li> </ul>	Lokaal
<b>Aanvliegroute 3. Potentie om ecosysteemdiensten te kunnen leveren</b>			
BRGM raamwerk	<p>Het streven is om de potentiële ecosysteemdiensten van stedelijk bodems te evalueren en in kaart te brengen om zo slimme ruimtelijke ordening te stimuleren</p> <p><b>Focus is op deze ecosysteemdiensten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organic matter cycle</li> </ul>	<p><b>In situ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Land use history</li> <li>Slope</li> <li>Surface situation</li> <li>Soil depth</li> <li>Hydromorphy depth</li> <li>Horizon color</li> <li>Horizon structure</li> <li>Presence of artefacts</li> <li>Color of artefacts</li> <li>Smell</li> </ul>	Lokaal

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutrient storage</li> <li>Nutrient retention capacity</li> <li>Nutrient recycling</li> <li>Vegetation support</li> <li>Water retention capacity</li> <li>Water infiltration</li> <li>Biodiversity support</li> <li>Contaminant cycle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rooth depth</li> <li>Presence of engineering fauna</li> <li>Pitfall trap</li> <li>Earthworm density</li> </ul> <p><b>In situ of laboratorium</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizon texture</li> <li>Coarse element content</li> <li>Horizon electrical conductivity</li> <li>Horizon water pH</li> <li>Horizon trace element</li> <li>Horizon total organic pollutants</li> </ul> <p><b>In laboratorium</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizon bulk density</li> <li>Horizon total organic carbon</li> <li>Horizon C/N</li> <li>Horizon CEC</li> <li>Horizon Polsen</li> <li>Horizon active CaCO3</li> <li>Horizon microbial DNA</li> <li>Horizon enzymic activity</li> </ul>	
uSQI	<p><b>Focus op deze bodemfuncties:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Physical stability and support</li> <li>Water storage and infiltration</li> <li>Habitat provision</li> <li>Organic matter stabilization</li> <li>Nutrient supply and retention</li> <li>Pollutant immobilization and decomposition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bulk density (optimal value)</li> <li>Saturated hydraulic conductivity (optimal value)</li> <li>Bulk density (less is better)</li> <li>Litter-layer depth (more is better)</li> <li>Mineral-associated organic matter (more is better)</li> <li>Clay+silt content (more is better)</li> <li>Inorganic nitrogen concentration (more is better)</li> <li>Fluorescein diacetate hydrolytic activity (more is better)</li> <li>Cation exchange capacity (more is better)</li> <li>Concentrations of potentially toxic elements (less is better)</li> <li>Cation exchange capacity (more is better)</li> <li>pH (optimal value)</li> </ul>	Nationaal
BoBi (bodembioologische indicator netwerk)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ziekten en plaagwering</li> <li>Bodemstructuur</li> <li>Nutriënten</li> <li>Biodiversiteit</li> <li>Klimaatfuncties</li> <li>Waterretentie</li> <li>Zelfreinigend</li> <li>Omzetting OS</li> <li>Veranderbaarheid</li> <li>Weerstand en herstel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bacteriële biomassa (µg C/g droge grond)</li> <li>Bacteriële activiteit (thy-inbouw; pmol/g.h)</li> <li>Bacteriële diversiteit (aantal DNA-banden)</li> <li>Potentiële C-mineralisatie (mg C/kg.wk)</li> <li>Potentiële N-mineralisatie (mg N/kg.wk)</li> <li>Functionele diversiteit (helling awcd-curve)</li> <li>Functionele activiteit (µg grond/50%omz)</li> <li>Schimmel biomassa (µg C/g droge grond)</li> <li>Nematoden dichtheid (n/100g verse grond)</li> <li>Nematoden diversiteit (aantal taxa)</li> <li>Potwormen dichtheid (n/m<sup>2</sup>)</li> <li>Potwormen diversiteit (aantal taxa)</li> </ul>	Nationaal, alleen voor landbouwgronden

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenwormen dichtheid (n/m<sup>2</sup>)</li> <li>• Regenwormen diversiteit (aantal taxa)</li> <li>• Micro-arthropoden dichtheid (n/m<sup>2</sup>)</li> <li>• Micro-arthropoden diversiteit (aantal taxa)</li> <li>• Stabiliteit (allometrische M,N-regressie)</li> <li>• Biodiversiteit (integraal, aantal taxa)</li> <li>• Aandeel grasland (%)</li> <li>• Veebezetting (GVE/ha)</li> <li>• Zuurgraad (pH-KCl)</li> <li>• Organische stof (% droge stof)</li> <li>• Wateroplosbaar P (Pw, mgP205/l)</li> <li>• Extraheerbaar P (PAI, mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g)</li> <li>• Lutum (% droge stof)</li> </ul>	
SOILS4EU	<p><b>Productiediensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Food, wood and fibre</i></li> <li>• <i>Fresh water</i></li> <li>• <i>Carrying capacity for infrastructure, buildings and animals [support of animals and infrastructure][carrier function]</i></li> <li>• <i>Raw materials</i></li> <li>• <i>Thermal energy</i></li> </ul> <p><b>Regulerende diensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Water purification and soil contamination reduction</i></li> <li>• <i>Water regulation</i></li> <li>• <i>Pest and disease control</i></li> <li>• <i>Carbon Sequestration</i></li> <li>• <i>Regulation of greenhouse gasses</i></li> <li>• <i>Regulation of local climate/temperature</i></li> <li>• <i>Noise abatement</i></li> <li>• <i>Air quality regulation</i></li> </ul> <p><b>Culturele diensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recreation and tourism</i></li> <li>• <i>Knowledge/scientific research</i></li> <li>• <i>Cultural heritage and education</i></li> <li>• <i>Spiritual and symbolic experience</i></li> </ul>	<p><b>Productiediensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Raw materials for medicines [...]</i></li> <li>• <i>Surface area of organic crops [ha]</i></li> <li>• <i>Yields (ton/ha)</i></li> <li>• <i>Forest biomass stock (tons)</i></li> <li>• <i>Water retention index [dimensionless, between 0-10]</i></li> <li>• <i>Water abstraction (m<sup>3</sup> /yr)</i></li> <li>• <i>Suitability classes for building</i></li> <li>• <i>Raw material extraction (tons/yr)</i></li> <li>• <i>Suitability classes for ATES</i></li> <li>• <i>Demand based on above ground land use</i></li> </ul> <p><b>Regulerende diensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Nitrogen removal [dimensionless scale of 1-5]</i></li> <li>• <i>Concentration of pollutants in soil (mg/kg)</i></li> <li>• <i>Retention capacity of water in soils [dimensionless, between 0-10]</i></li> <li>• <i>For agricultural land: density of hedgerows (m / ha)</i></li> <li>• <i>Carbon Sequestration [ton/ha/yr]</i></li> <li>• <i>Net ecosystem productivity</i></li> <li>• <i>Water retention index if applied at the scale of e.g. a city</i></li> <li>• <i>Uncovered soil</i></li> <li>• <i>Leaf Area Index + distance to roads (m)</i></li> <li>• <i>Pollutants removed by vegetation (in leaves, stems)</i></li> </ul> <p><b>Culturele diensten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Number of visitors</i></li> <li>• <i>Distribution of sites</i></li> </ul>	Europees

Voor de indicatoren van alle 10 raamwerken is gecategoriseerd of deze fysisch, chemisch of biologisch van aard zijn. De verhouding tussen de type indicatoren (chemisch, fysisch en biologisch) verschilt, maar in alle raamwerken komt in ieder geval één indicator van iedere categorie voor. De hoeveelheid te analyseren parameters verschilt tussen 10 (paragraaf 4.2.1 Europese Bodemmissie) en 29 (paragraaf 4.2.9 Raamwerk ontwikkeld door BRGM ). De uitkomsten van deze categorisering van indicatoren is opgenomen in Bijlage C.

Bij alle drie de aanvliegroutes wordt een set aan indicatoren gemeten. Het verschil zit in hoe het raamwerk deze indicatoren al dan niet vertaalt naar een landgebruik en bodemfuncties en/of ecosysteemdiensten. Te zien is dat binnen verschillende monitoringsraamwerken dezelfde indicatoren worden gemeten (Tabel 5-1 en Bijlage C). Afhankelijk van de aanvliegroute van het monitoringsraamwerk worden de resultaten beoordeeld naar of een bodem wel of niet gezond is op basis van de individuele eigenschappen, de geschiktheid voor landgebruik of naar de capaciteit voor het leveren van ecosysteemdiensten. Niet alle monitoringsraamwerken zijn geschikt voor het beoordelen van bodemgezondheid in de stad. De focus van een aantal raamwerken ligt op landbouwbodems en de beoordeling van de bodemgezondheid op basis van de hoeveelheid landbouwproductie (zie Tabel 5-1).

De keuze voor het type monitoringsraamwerk bepaalt de uitkomst van de beoordeling. Met andere woorden, een bodem krijgt een andere beoordeling voor de bodemgezondheid aan de hand van de keuzes van het type monitoringsraamwerk en voor de keuze van indicatoren binnen het monitoringsraamwerk. Een onderbouwende analyse hiervan is nog niet uitgevoerd.

## 6 Vervolgonderzoek monitoren bodemgezondheid in de stad

Uit de analyse van de monitoringsraamwerken komt naar voren dat er drie verschillende typen monitoringsraamwerken bestaan voor het beoordelen van de bodemgezondheid. Het is nodig om een onderbouwende analyse uit te voeren:

- 1 Om te beoordelen wat de impact is voor de keuze van een type monitoringsraamwerk en;
- 2 Om te beoordelen welk monitoringsraamwerk vervolgens het meest geschikt is voor het beoordelen van de bodemgezondheid in de stad.

In 2025 wordt deze onderbouwende analyse als een vervolgonderzoek uitgevoerd. Op het campusterrein van Deltares in Delft is een terrein beschikbaar gesteld voor het monitoren van een geselecteerd aantal parameters (Figuur 6-1). Er worden vier pilotvelden ingericht waarbij de omgevingscondities worden beïnvloed op een vergelijkbare manier als in de stad: in een pilotveld wordt de bodem bedekt als een voetpad, de bodem wordt beplant om het bodemleven zoveel mogelijk te stimuleren en de bodem wordt onder water gezet om een wadi te simuleren. Vervolgens wordt gekeken welke van de gekozen parameters veranderen en daarmee een indicatie geven voor de bodemgezondheid.



*Figuur 6-1 Locatie en opzet voor het vervolgonderzoek van Deltares voor bodemgezondheid in de stad in 2025. Het blauwe vlak markeert het terrein (foto) voor het inrichten van een grootschalige bodempilot met vier 5 bij 5 meter velden waar de omgevingscondities worden beïnvloed door deze af te dekken, te beplanten of onder water te zetten (schematisch onder weergegeven).*

Van de 10 raamwerken is een deel geschikt om specifiek bodems in de stad te beoordelen. Een ander deel van de raamwerken is gebaseerd op het beoordelen van landbouwbodems voor het optimaliseren van landbouwproductie. Aangezien deze beoordeling niet relevant is voor bodems in de stad, worden deze monitoringsraamwerken buiten beschouwing gelaten. Voor het vervolgonderzoek is gekozen om parameters uit ten minste de volgende vier monitoringsraamwerken mee te nemen:

- BRGM raamwerk (paragraaf 4.2.9)
- Bodemgezondheidsindex Amsterdam (paragraaf 4.2.6)
- Onder het Maaiveld (paragraaf 4.2.7)
- Raamwerk Zwolle (paragraaf 4.2.8)

Daarnaast kijken we ook naar de Europese bodemmonitoringsrichtlijn (paragraaf 4.2.2), omdat deze richtlijn ook zal doorwerken in de lidstaten tot op regionaal / lokaal niveau.

In Tabel 5-2 zijn de indicatoren van de vier geselecteerde raamwerken samengevoegd en zijn de dubbelingen verwijderd. Vervolgens zijn de indicatoren op type gecategoriseerd (chemisch, fysisch, biologisch of beheer).



Tabel 6-1 Overzicht van bodemindicatoren uit bovengenoemde vier monitoringsraamwerken die geschikt zijn voor het beoordelen van bodemgezondheid in de stad, plus de indicatoren uit de Europese Bodemmonitoringsrichtlijn. De bodemindicatoren zijn gecategoriseerd per type (chemisch, biologisch, fysisch of beheer) en op basis van thema.

Bodemindicator	Type
<b>Koolstof</b>	
Afbreekbare fractie organische stof (heet water extraheerbaar koolstof (HWC))	Chemisch
Totaal organisch materiaal/koolstof (TOC/SOC)	Chemisch
Lutum (=textuur (%<2um))	Chemisch
C/N ratio	Chemisch
<b>Biodiversiteit</b>	
DNA (geen onderdeel van raamwerken)	Biologisch
Aaltjes diversiteit en aantallen	Biologisch
Regenwormen aantallen en diversiteit	Biologisch
Bodemademhaling (respiratie)	Biologisch
<b>Nutriënten</b>	
Beschikbaar K	Chemisch
Beschikbaar N = totaal N	Chemisch
Beschikbaar P (PO <sub>4</sub> )	Chemisch
Extraheerbare fosfor (P <sub>org</sub> )	Chemisch
Kationenuitwisseling/ Macronutriënten (Mg, S, Ca)	Chemisch
Natriumgehalte (sodicity/salinity)	Chemisch
Micronutriënten (B, Fe, Cu, Mn)	Chemisch
Totaal N	Chemisch
Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN)	Chemisch
<b>Fysische condities</b>	
Bodemerosie	Fysisch
Bodemleeftijd	Fysisch
Bodemtype	Fysisch
Grondwaterstand	Fysisch
Vegetatie (bedekking % en diversiteit)	Beheer
<b>Verontreinigingen</b>	
Concentratie van zware metalen in de bodem	Chemisch
<b>Textuur</b>	
Textuur/bodemtype	Fysisch
Dichtheid	Fysisch
Droge bulkdichtheid	Fysisch
Doorworteling	Fysisch
Electrische geleidbaarheid (EC)	Chemisch
pH	Chemisch
<b>Water</b>	
Bodemvochthoudend vermogen van het bodemmonster	Fysisch
Porositeit	Fysisch
Bodemvocht	Fysisch
Waterdoorlatendheid / infiltratie / hydrologische conductiviteit	Fysisch
<b>Stabiliteit</b>	

Indringingsweerstand	Fysisch
Aggregaatstabiliteit	Fysisch

## 7 Bodembewustwording

Bodembewustwording begint met kennis en ervaringen met betrekking tot bodemgezondheid. Met concrete voorbeelden van zichtbare en succesvolle maatregelen wordt het voor beleidsmakers duidelijk hoe en waarom stedelijke bodems in beleidsplannen meegenomen kunnen worden. Daarnaast kan de zichtbaarheid de meerwaarde van een gezonde bodem bestuurders bewegen om bodemgezondheid te erkennen en te borgen binnen de organisatie. En beheerders weten wat zij concreet kunnen doen om de bodemgezondheid te verbeteren en wat dat oplevert. Naast kennis over bodemleven, bodemprocessen en referentiewaarden zijn handelingsperspectieven en bewustzijn over gezonde stedelijke bodems (*soil literacy*) nodig bij diverse stakeholders (overheid, bedrijven en burgers).

Uit de interviews en workshops met gemeenten en kennispartijen kwam naar voren dat er geen centrale plek is met data, kennis en informatie over bodemgezondheid. Er is behoefte aan het samenbrengen van kennis op een manier dat deze voor iedereen vindbaar is, zie ook paragraaf 3.3.5. Idealiter gebruiken gemeenten in de praktijk getoetste handelingsperspectieven om veranderingen in beleid, beheer en uitvoering door te voeren.

Netwerken en bijeenkomsten kunnen ook een grote rol spelen in het delen van kennis, ervaringen en (succesvolle) maatregelen. Interessante netwerken en bijeenkomsten (die nu actief zijn) zijn onder andere:

- Platform Bodembeheer
- Bodembreedforum
- Symposium Bodembreed
- Wereld Bodem Dag
- Initiatief Bewust Bodemgebruik
- JongBodem
- Expertisenetwerk Bodem en Ondergrond
- Dutch Soil Platform
- Mission Soil Platform

Omdat een groot deel van het stedelijk gebied uit privaat grondbezit bestaat, is het naast beleidsmedewerkers ook essentieel om bodembewustwording onder burgers en bedrijven te vergroten. Veel gemeenten zijn al actief rond dit thema en hebben naast landelijke initiatieven ook eigen projecten opgezet. Een aantal voorbeelden van bewustwordingsinitiatieven gericht op burgers zijn:

- Bodemdierendagen (NIOO-KNAW, WUR en VU)
- Citizen science onderzoek voor het begraven van je onderbroek (Utrecht Natuurlijk)
- GeoWeek (Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap)
- Pientere Tuinen
- NK Tegelwippen

Tijdens dit onderzoek droegen verschillende activiteiten bij aan het vergroten van de bodembewustwording. Zo is een gezamenlijke workshop georganiseerd op het kantoor van Deltares, waarbij verschillende gemeenten en onderzoeksinstituten aanwezig waren (gemeente Amsterdam, gemeente Rotterdam, gemeente Utrecht, gemeente Zwolle, WenR en de Vlinderstichting). Het doel van de werksessie was het uitwisselen van kennis en ervaring met het monitoren van de bodemgezondheid in de stad. Het doel was daarbij om de koplopers op dit gebied met elkaar te verbinden. Deze groep aan koplopers op het gebied van bodemgezondheid in de stad zou als een netwerk kunnen dienen waarbinnen gemeenten van elkaar kunnen leren en geïnspireerd kunnen worden. Ook organiseerde

Deltares met gemeente Zwolle en gemeente Leiden een werksessie op Wereldbodemdag 2024, waarbij op een interactieve manier gediscussieerd werd over het kiezen van indicatoren van bodemgezondheid in de stad.

Daarnaast is Deltares onderdeel van de organisatie van het Platform Bodembeheer. In 2024 was het jaarthema van het Platform vitale bodems. Daarvoor zijn drie bijeenkomsten over vitale bodem georganiseerd, waaronder een specifieke sessie over stedelijke bodemgezondheid. Er was een diverse groep aan deelnemers, variërend van gemeentemedewerkers tot onderzoekers en rijksoverheid.

Ook heeft Deltares op internet enkele publicaties geplaatst over de gezonde bodem en de projecten die lopen:

- "Landingspagina" Vitale bodem: <https://www.deltares.nl/expertise/onze-expertises/water-bodem-en-gezondheid/vitale-bodems-nu-en-in-de-toekomst>
- "Start page" soil health: <https://www.deltares.nl/en/expertise/areas-of-expertise/water-soil-health/ensuring-soils-are-healthy-now-and-in-the-future>
- Blogpost vitale bodem: <https://www.deltares.nl/vitale-bodem-essentieel-voor-gezonde-leefomgeving>

En er is een advertorial over vitale bodem geplaatst in Land+Water (Deltares, 2024). De webpagina's zullen begin 2025 worden uitgebreid met aanvullende (project)informatie.

## 8 Conclusies

In deze studie is onderzoek gedaan naar bodemgezondheid in de stad. De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn:

### **Onderzoek naar definities & raamwerken voor gezonde bodems in de stad**

- 1 Op Europees, nationaal en regionaal niveau is er aandacht voor bodemgezondheid in de stad. Europa koppelt het belang voor een gezonde bodem aan het behalen van de duurzame ontwikkelingsdoelen. Nederland koppelt het belang van een gezonde bodem vooral aan het voorkomen van klimaatstress in de stad en houdt bij ruimtelijke inrichting rekening met het bodem- en watersysteem;
- 2 Het is belangrijk om dezelfde taal te spreken als er wordt gesproken over bodemgezondheid in de stad. Er zijn diverse definities van bodemgezondheid die worden aangehouden. In deze definities zitten een aantal elementen die in veelvoud terugkomen. Deze zijn:
  - De bodem heeft biologische, chemische en fysische eigenschappen;
  - De bodem heeft bodemfuncties en levert ecosysteemdiensten, waarvan het belang kan verschillen per landgebruik;
  - Een gezonde bodem betekent dat deze bepaalde functies en ecosysteemdiensten duurzaam kan blijven leveren.
- 3 Er zijn een aantal gemeenten in Nederland begonnen met het verankeren van het belang voor bodemgezondheid in beleid. Er is daarbij behoefte aan een centraal punt met kennis en informatie over bodemgezondheid. Ook is er behoefte aan een overzicht of een standaard aan monitoringsraamwerken voor het monitoren van bodemgezondheid in de stad, inclusief gevalideerde referentiewaarden waarop de bodemgezondheid kan worden getoetst;

### **Handelingsperspectieven t.b.v. bodemgezondheid**

- 4 Uit de beoordeling van 10 monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid zijn drie type monitoringsraamwerken onderscheiden: (1) voor het scoren van bodemgezondheid en beoordelen op basis van individuele bodemindicatoren, (2) voor het beoordelen van de geschiktheid voor een bepaald landgebruik, en (3) vanuit bepaling van de toestand van bodemfuncties om ecosysteemdiensten te kunnen leveren. De keuze voor het type monitoringsraamwerk bepaalt welke indicatoren worden meegenomen in het monitoringsraamwerk en dus ook de uitkomst als. Het is dus belangrijk om vooraf goed na te denken over de mogelijkheden bij het kiezen van een monitoringsraamwerk. Nog geen enkel raamwerk is perfect afgestemd op de gezonde stadsbodem;
- 5 Er zijn enkele raamwerken die ook het handelingsperspectief meenemen op basis van de uitkomst van het monitoringsraamwerk (gemeente Zwolle en Onder het Maaiveld). Door het meenemen van handelingsperspectief kan worden gestuurd op gezondere bodems;

### **Bodembewustzijn vergroten**

- 6 Het afgelopen jaar (mede-)organiseerde Deltares een aantal activiteiten die bijdroegen aan het vergroten van het bewustzijn voor de bodemgezondheid in de stad. Komend jaar heeft Deltares de ambitie om dit bewustzijn verder te vergroten onder een breed publiek door o.a. een grootschalige bodempilot aan te leggen op eigen campus in Delft. Bij deze pilot worden zo veel mogelijk parameters gemeten, met als doel om te beoordelen welke parameters indicatoren zijn voor het monitoren van de bodemgezondheid in de stad.

## 9 Referenties

- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological economics*, 41(3), 393-408.
- Deltares (2024). Borg vitale bodems. Advertorial in: Land+Water nr. 8, December 2024
- Directoraat-Generaal Milieu (2004). Beleidsbrief Bodem. [https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/beleidsbrief\\_bodem\\_dec2003.pdf](https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/beleidsbrief_bodem_dec2003.pdf)
- Europese Commissie (2013) Decision No 1386/2013/EU. Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet' <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013D1386>
- Europese Commissie (2020). Caring for soil is caring for life. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/af94d1bf-a363-4c24-a1e8-72688184864f\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/af94d1bf-a363-4c24-a1e8-72688184864f_en)
- Europese Commissie (2021a). A Soil deal for Europe, implementation plan. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/1517488e-767a-4f47-94a0-bd22197d18fa\\_en?filename=soil\\_mission\\_implementation\\_plan\\_final.pdf](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/document/download/1517488e-767a-4f47-94a0-bd22197d18fa_en?filename=soil_mission_implementation_plan_final.pdf)
- Europese Commissie (2021b). EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. COM/2021/699 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699>
- Europese Commissie (2023) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). COM (2023), 416. [https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience_en)
- Hyun, J., Kim, Y. J., & Yoo, G. (2023). A method for soil quality assessment in the metropolitan greenery: A comprehensive view of ecosystem services and soil functions. *MethodsX*, 10, 102102.
- IPBES (2018). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. R. Scholes, L. Montanarella, A. Brainich, N. Barger, B. ten Brink, M. Cantele, B. Erasmus, J. Fisher, T. Gardner, T. G. Holland, F. Kohler, J. S. Kotiaho, G. Von Maltitz, G. Nangendo, R. Pandit, J. Parrotta, M. D. Potts, S. Prince, M. Sankaran and L. Willemsen (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 44 pages
- Ministerie van Infrastructuur en waterstaat (2022) Kamerbrief over rol Water en Bodem bij ruimtelijke ordening. <https://open.overheid.nl/repository/ron/c35e65eba0903d738ae26dab222462337b0d8de7/1/pdf/water-en-bodem-sturend.pdf>
- Ros, G.H, de Haan, J.J., Fuchs, L.M. Molendijk, L. (2023). Bodembeoordeling van landbouwgronden voor diverse ecosysteemdiensten Ontwikkeling van de BLN, versie 2.0. <https://edepot.wur.nl/634579>

Mathu, L., van der Kwaak, B., Rits, D. (2024) Vitale stadsbodem Zwolle. Rapportage integrale monitoring stadsbodems.

Ros, G.H., J.J. de Haan, L.M. Fuchs, L. Molendijk (2023) Bodembeoordeling van landbouwgronden voor diverse ecosysteemdiensten : ontwikkeling van de BLN, versie 2.0 <https://doi.org/10.18174/634579>

Rutgers M, et al. (2014) Een indicatorsysteem voor ecosysteemdiensten van de bodem: life support functions revisited. Rapport 2014-0145, RIVM, Bilthoven.

Séré, G., Le Guern, C., Bispo, A., Layet, C., Ducommun, C., Clesse, M., ... & Vidal-Beaudet, L. (2024). Selection of soil health indicators for modelling soil functions to promote smart urban planning. *Science of the Total Environment*, 924, 171347.

Van der Meulen, S. and Maring, L. (2018). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Soil ecosystems *Soils4Eu Deliverable 1.2. Service contract for DG Environment, No 07.0201/2016/742739/SER/ENV.D.I* [https://cms.deltares.nl/assets/common/downloads/Soils4EU\\_D1.2\\_ecosystems\\_services\\_MAESversion\\_final-DEF-1.pdf](https://cms.deltares.nl/assets/common/downloads/Soils4EU_D1.2_ecosystems_services_MAESversion_final-DEF-1.pdf)

# A Europese bodemstrategie Factsheet





Europese  
Commissie

# EU-bodemstrategie voor 2030: naar gezonde bodems voor mens en planeet

17 november 2021  
#EUGreenDeal



*“De dunne laag die onder onze voeten ligt, is letterlijk de basis van ons bestaan: het is het fundament voor 95 % van ons voedsel. De bodem is een levend ecosysteem dat cruciaal is voor het leven op de planeet en voor onze toekomst. Het is hoog tijd dat de bodem de rechtsbescherming krijgt die zij verdient.”*

Frans **Timmermans**, uitvoerend vicevoorzitter voor de Europese Green Deal



*“Onze ambitie om tegen 2050 alle bodems gezond te maken is van essentieel belang om klimaatverandering te bestrijden en ervoor te zorgen dat onze bossen gezond zijn, ons water schoon is en ons land vruchtbaar en veerkrachtig. Wij treden nu doortastend op om deze niet-terugwinbare en onmisbare natuurlijke hulpbron te beschermen en te koesteren.”*

Virginijus **Sinkevičius**, commissaris voor Milieu, Oceanen en Visserij

Een gezonde bodem is essentieel om **klimaatneutraliteit** en een schone en **circulaire economie** te verwezenlijken, **biodiversiteitsverlies** ongedaan te maken, te voorzien in **gezond voedsel**, de **menselijke gezondheid** te beschermen en **woestijnvorming** en **bodemdegradatie** een halt toe te roepen.



## De visie van de bodemstrategie voor 2050:

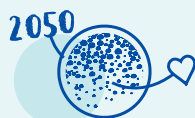
*Alle bodemecosystemen in de EU zijn gezond en veerkrachtiger en kunnen daarom hun cruciale diensten blijven leveren. Er is geen verder ruimtebeslag en de bodemverontreiniging wordt gereduceerd tot niveaus die niet langer schadelijk zijn voor ecosystemen of de gezondheid van mensen. De bescherming van de bodem, het duurzaam beheer ervan en het herstellen van een aangetaste bodem zijn een gemeenschappelijke norm.*

Milieu

## In de nieuwe bodemstrategie van de EU:



worden een kader en concrete maatregelen vastgesteld om **de bodem te beschermen, te herstellen en duurzaam te gebruiken**, in synergie met ander beleid van de **Europese Green Deal**;



worden een **visie en doelstellingen** vastgesteld om **tegen 2050 een gezonde bodem te bereiken, met concrete maatregelen tegen 2030**;

wordt een nieuwe **bodemgezondheidswet** tegen 2023 aangekondigd (om voor een gelijk speelveld en een hoog niveau van milieu- en gezondheidsbescherming te zorgen), als aanvulling op de komende wet natuurherstel.

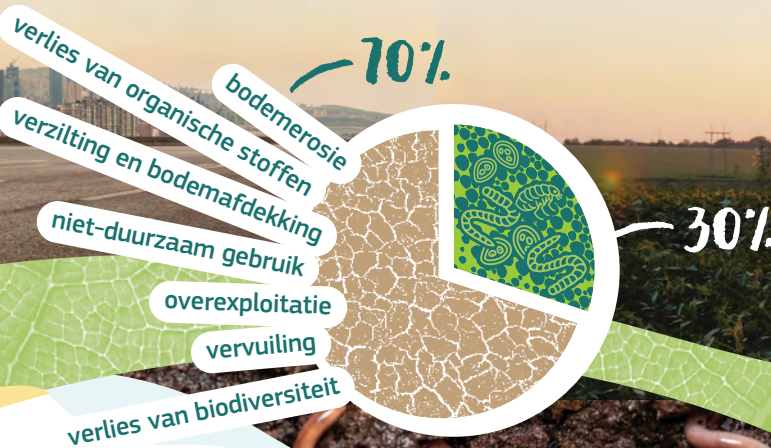


## Waarom het belangrijk is

**De bodem is een essentieel ecosysteem** waarin meer dan **25 % van alle levende organismen op aarde leven**. De bodem levert voedsel, biomassa en vezels en reguleert de water-, koolstof- en nutriëntenkringlopen, en maakt daarmee het leven op aarde mogelijk. Wij moeten de bodem **eenzelfde beschermingsniveau bieden als lucht en water**.

**Gezonde bodems** zijn een **belangrijke bondgenoot in de strijd tegen klimaatverandering**: zij vormen het grootste terrestrische koolstofreservoir op aarde. Door water te absorberen en vast te houden, verminderen gezonde bodems het risico op overstromingen, hittegolven en droogte.

**Bodemaantasting** leidt naar schatting tot een **verlies** van ongeveer 38 miljard EUR per jaar **aan ecosystemendiensten** in de EU. Erosie alleen al **kost de Europese landbouwers** 1,25 miljard EUR per jaar.



## Kernpunten van de bodemstrategie

- Van duurzaam bodembeheer de nieuwe norm maken:**
  - Een regeling voorstellen zodat grondeigenaren hun bodem gratis kunnen laten testen
  - Duurzaam bodembeheer via het gemeenschappelijk landbouwbeleid bevorderen en beste praktijken uitwisselen
- De circulaire economie een boost geven:**
  - Stromen afgegraven bodems onderzoeken en overwegen een **bodemspaspoort** voor te stellen
  - Een **"ruimtebeslaghiërarchie"** integreren om het hergebruik van land te bevorderen en het gebruik van nieuwe grond te verminderen, zodat er **tegen 2050 geen nettoruimtebeslag** meer is
- Aangetaste bodem herstellen en verontreinigde locaties saneren**
- Wet ter voorkoming van woestijnvorming**
- Meer gegevens over de bodem verzamelen, en onderzoek en monitoring ervan intensiveren**
- Overwegen juridisch bindende doelstellingen voor te stellen om de afwatering van wetlands en organische bodems een halt toe te roepen, en beheerde en ontwaterde veengebieden herstellen om **de klimaatverandering tegen te gaan en zich daaraan aan te passen**
- De nodige maatschappelijke betrokkenheid en financiële middelen mobiliseren**

Print ISBN 978-92-76-43177-0 | PDF ISBN 978-92-76-43069-8  
doi:10.2779/363464 | doi:10.2779/121882  
KH-01-21-387-NL-C | KH-01-21-387-NL-N

Bureau voor publicaties van de Europese Unie, 2021  
© Europese Unie, 2021  
Hergebruik is toegestaan, mits de bron correct wordt aangegeven.  
Alle afbeeldingen © Shutterstock — alle rechten voorbehouden



## B Europese bodemmissie 'A Soil Deal for Europe'



EUROPEAN UNION



# EU MISSIONS

## SOIL DEAL FOR EUROPE



July 2023

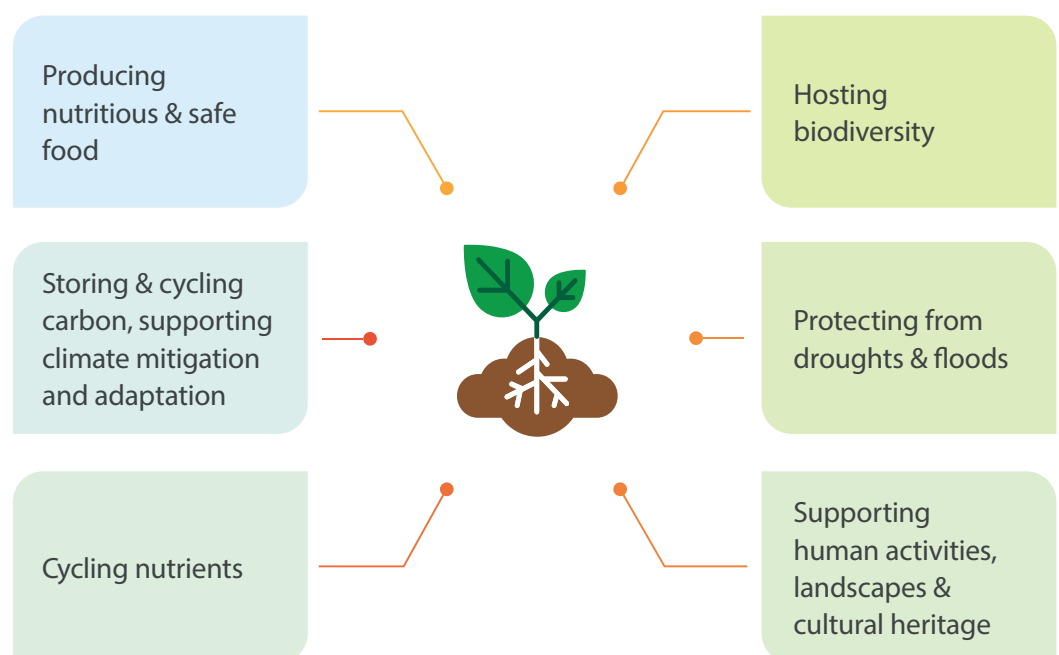
### WHAT IS THE EU MISSION: A SOIL DEAL FOR EUROPE

The Mission 'A Soil Deal for Europe' is an ambitious, innovative instrument launched in 2021<sup>1</sup> by the European Commission to accelerate the development and large-scale deployment of solutions for sustainable land and soil management as part of a wider, green transition. Together with the Soil Strategy, the upcoming Soil Health Law, the EU Soil Observatory and climate policies (such as for carbon farming) the Mission is part of a robust framework for soil protection in the EU.

While rooted in the EU research and innovation programme, Horizon Europe, the Mission serves as a mechanism to enhance synergies with other EU programmes such as the Common Agricultural Policy and to team up with stakeholders in Member States, EU Associated Countries and global partners.

#### WHY A MISSION ON SOIL

**Life on Earth depends on healthy soils:** they are the basis of our food and provide other vital ecosystem services.



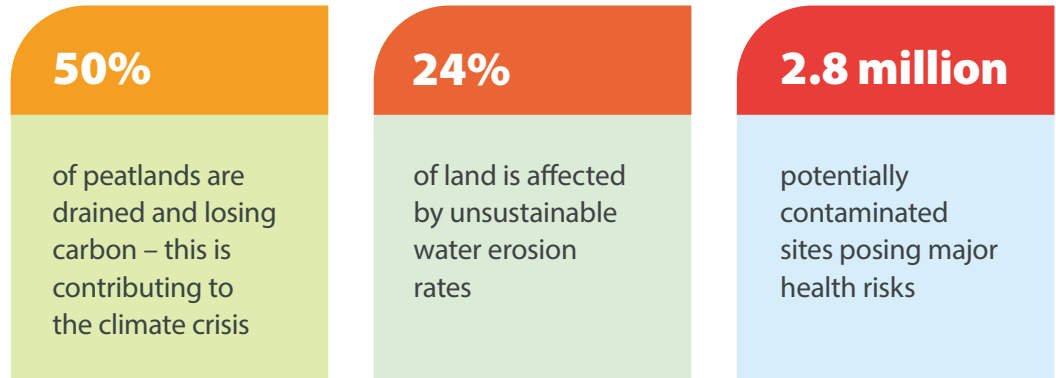
<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/info/files/communication-commission-european-missions\\_en](https://ec.europa.eu/info/files/communication-commission-european-missions_en)

**WE NEED TO  
ACT NOW!**

Soils are a scarce, threatened and non-renewable resource.

**About 60%<sup>2</sup> of soils in Europe are considered to be unhealthy** due to current management practices, pollution, urbanisation and the effects of climate change.

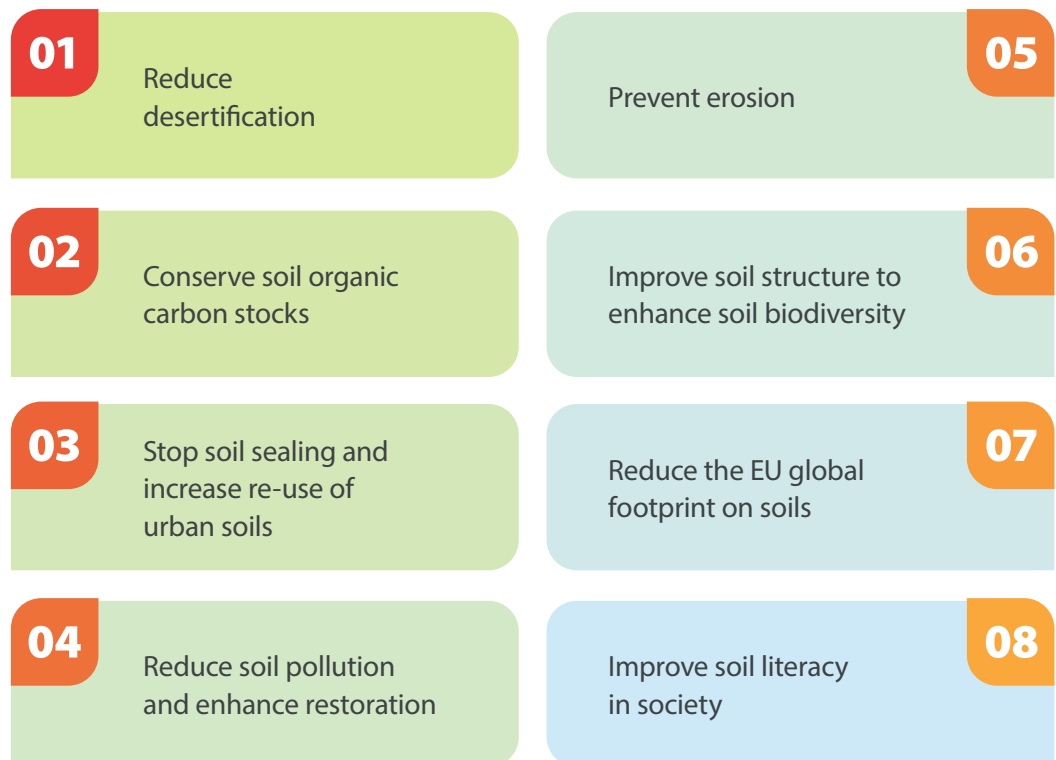
**Examples of the extent of soil degradation in the EU:**



**THE MISSION'S  
OVERALL GOAL**

**Create a network of 100 living labs and lighthouses to lead the transition towards healthy soils by 2030**

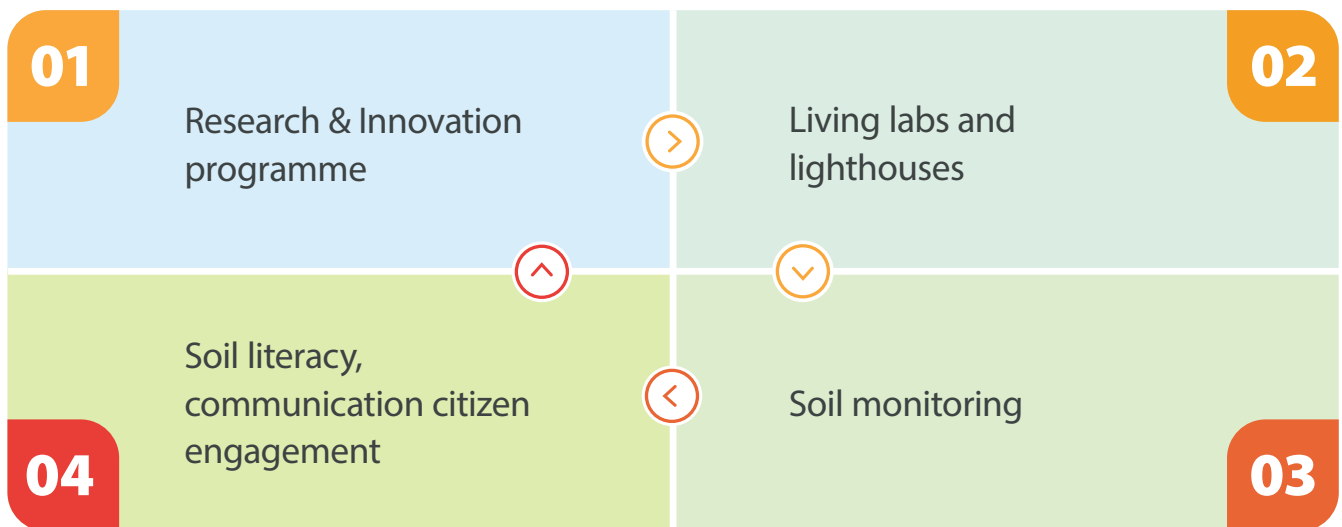
**THE MISSION'S  
SPECIFIC  
OBJECTIVES**



<sup>2</sup> Source: [EU Soil Observatory dashboard – JRC](#) data retrieved on 20/04/2023

Activities under the Mission's **four building blocks** address soil health and the drivers of soil health.

## HOW THE MISSION IS IMPLEMENTED



The mission will pioneer, showcase and accelerate the transition to healthy soils through ambitious actions in 100 living labs and lighthouses within territorial settings. This will be combined with an ambitious transdisciplinary R&I programme, a robust, harmonised soil monitoring framework and increased soil literacy and communication to engage with citizens.

**Living labs** are a core element of the Mission and key to accelerate the adoption of sustainable practices for soil management which are adapted to local conditions.

- Living Labs are real-life sites in rural or urban areas in which people from various sectors and backgrounds experiment and test solutions in a co-creative manner.
- Each living lab is composed of a group of sites (e.g. farms, forest stands, urban green areas) working together at regional or sub-regional level.

**Lighthouses** are individual sites of exemplary performance with regard to a certain practice.

The network of 100 living labs and lighthouses will be built up gradually, following call for proposals under the Mission's Horizon Europe Work Programmes - Search [Funding & Tenders \(europa.eu\)](#)

## LIVING LABS AND LIGHTHOUSES



*Everyone has a role in protecting and restoring our soils - Sign the Mission Soil Manifesto!*

THE MANIFESTO

Regional and local public authorities, private and public organisations, NGOs, philanthropic organisations, schools, universities, research institutes, associations, individuals.

WHO CAN SIGN?



To become part of a community, gain visibility, access to Mission-led knowledge, involvement in Mission activities beyond Horizon Europe calls.

WHY?

Visit the website for more info: [A Soil Deal for Europe](#)



## C Overzicht van monitoringsraamwerken voor bodemgezondheid met indicatoren



Raamwerk	Indicator	Eenheid (indien bekend)	Streefwaarde (indien bekend) n.a. = niet beschikbaar	Type indicator						
<b>Bodemgezondheidsindex Amsterdam</b>	Aaltjes aantallen	# 100 ml <sup>-1</sup> verse grond	Referentiewaarden: 1475 - 6331	Biologisch						
	Aaltjes plantenparasieten	# 100 ml <sup>-1</sup> verse grond	Afhankelijk van grondsoort, gewas en aaltjessoort, via <a href="https://www.best4soil.eu/database">https://www.best4soil.eu/database</a>	Biologisch						
	Bacteriële biomassa	µg PLFA g <sup>-1</sup>	Referentiewaarden: 25 – 145	Biologisch						
	Bodemvruchtbaarheid	n.a.	n.a.	Fysisch/ Biologisch/ Chemisch						
	Droge bulkdichtheid	kg m <sup>-3</sup>	Streefwaarden: 1.20 - 1.51	Fysisch						
	Electrische geleidbaarheid (EC)	dS/m	n.a.	Chemisch						
	Grondwaterniveau	cm	n.a.	Fysisch						
	Indringingsweerstand	MPa	Streefwaarde: < 3	Fysisch						
	Infiltratiecapaciteit	mm m <sup>-2</sup> u <sup>-1</sup>	n.a.	Fysisch						
	Landgebruik- of managementhistorie	(Tabblad Landgebruik & Mgmt)	n.a.	Beheer						
	Lood in de bodem	mg kg <sup>-1</sup> bodem	Streefwaarde: max. 100 mg/kg	Chemisch						
	Organische stof	%	Referentiewaarden: 1.6 - 10.9	Chemisch						
	Porositeit	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	n.a.	Fysisch						
	Regenwormen aantallen	Biomassa (g)	n.a.	Biologisch						
	Schimmel biomassa	µg PLFA g <sup>-1</sup>	Niet beschikbaar							
	Standaardstoffenpakket	mg/kg bodem	Op basis van milieuhygiënisch kader	Chemisch						
	Textuur (of korrelgrootteverdeling)	% <2µm	n.a.	Fysisch						
	Watervasthoudend vermogen	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Referentiewaarden: 0.19	Fysisch						
	Zuurgraad (pH)	-	Afhankelijk van lutum%, org. stof% en bouwplan	Chemisch						
<b>BLN1.1</b>	Aaltjes, aantallen en diversiteit	# 100 ml <sup>-1</sup> verse grond / # taxa 100 ml <sup>-1</sup> verse grond	<table border="1"> <tr> <td>Akkerbouw op klei</td> <td>660 - 2190 / 25 - 44</td> </tr> <tr> <td>Akkerbouw op zand</td> <td>1475 - 6331 / 19 - 32</td> </tr> <tr> <td>Melkveehouderij op klei</td> <td>2170 - 7260 / 21 - 36</td> </tr> </table>	Akkerbouw op klei	660 - 2190 / 25 - 44	Akkerbouw op zand	1475 - 6331 / 19 - 32	Melkveehouderij op klei	2170 - 7260 / 21 - 36	Biologisch
Akkerbouw op klei	660 - 2190 / 25 - 44									
Akkerbouw op zand	1475 - 6331 / 19 - 32									
Melkveehouderij op klei	2170 - 7260 / 21 - 36									

		Melkveehouderij op zand	2450 - 7760 / 27 - 42	
Afbreekbare fractie organische stof	mg kg <sup>-1</sup>	Akkerbouw op klei	500	Biologisch
		Akkerbouw op zand	500 - 2000	
		Melkveehouderij op klei	Niet beschikbaar	
		Melkveehouderij op zand	700 - 2300	
Aggregaatstabiliteit	Niet beschikbaar			Fysisch
Bacteriële biomassa	µg C g <sup>-1</sup> droge grond	Akkerbouw op klei	7.5 - 162	
		Akkerbouw op zand	25 - 145	
		Melkveehouderij op klei	38 - 844	
		Melkveehouderij op zand	40 - 293	
Droge bulkdichtheid	kg m <sup>-3</sup>	Akkerbouw op klei	1.15 - 1.41	Fysisch
		Akkerbouw op zand	1.20 - 1.51	
		Melkveehouderij op klei	0.76 - 1.38	
		Melkveehouderij op zand	1.17 - 1.47	
Fosfaatvoorraad en -beschikbaarheid	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g <sup>-1</sup>	Akkerbouw op klei	27 - 92	Chemisch
		Akkerbouw op zand	18 - 98	
		Melkveehouderij op klei	10 - 52	
		Melkveehouderij op zand	11 - 95	
Indringingsweerstand	MPa	Voor alle bodemgebruiken: <3		Fysisch
Kalivoorraad en -beschikbaarheid	mmol+ kg <sup>-1</sup> / mg K kg <sup>-1</sup>	Tabellen Handboek Bodem & Bemesting Kali Tabellen Adviesbasis Bemesting		Chemisch
Organisch koolstofgehalte	%	Akkerbouw op klei	0.9 - 2.8	Chemisch
		Akkerbouw op zand	0.7 - 6.2	
		Melkveehouderij op klei	1.3 - 8.8	
		Melkveehouderij op zand	1.3 - 5.4	
Organische stofgehalte	%	Akkerbouw op klei	2.5 - 7.6	Chemisch
		Akkerbouw op zand	1.6 - 10.9	

		Melkveehouderij op klei	3.5 - 19.9	
		Melkveehouderij op zand	2.6 - 9.6	
Plantparasitaire aaltjes	# 100 ml <sup>-1</sup> verse grond	Afhankelijk van grondsoort, gewas en aaltjessoort, <a href="http://www.aaltjesschema.nl">www.aaltjesschema.nl</a>		Biologisch
Potentieel mineraliseerbare stikstof	mg kg <sup>-1</sup>	Akkerbouw op klei	21 - 93	Chemisch
		Akkerbouw op zand	20 - 79	
		Melkveehouderij op klei	33 - 209	
		Melkveehouderij op zand	23 - 113	
Regenwormen, aantallen en diversiteit	# m <sup>-2</sup> / # taxa m <sup>-2</sup>	Akkerbouw op klei	12 - 440 / 1.3 - 7.9	Biologisch
		Akkerbouw op zand	0 - 118 / 0.0 - 4.7	
		Melkveehouderij op klei	126 - 804 / 5.0 - 9.0	
		Melkveehouderij op zand	24 - 388 / 3.0 - 7.0	
Schimmelbiomassa	Niet beschikbaar			Biologisch
Stikstof totaal	g kg <sup>-1</sup>	Akkerbouw op klei	0.9 - 2.8	Chemisch
		Akkerbouw op zand	0.7 - 2.9	
		Melkveehouderij op klei	1.3 - 8.1	
		Melkveehouderij op zand	0.9 - 3.3	
Visuele beoordeling	Beworteling Bodemleven Bodemstructuur	<a href="https://www.goedbodembeheer.nl/graaf-een-kuil">https://www.goedbodembeheer.nl/graaf-een-kuil</a> <a href="https://www.cosunleden.nl/unitip/handleiding-bodemconditie">https://www.cosunleden.nl/unitip/handleiding-bodemconditie</a> , <a href="http://mijnbodemconditie.nl/">http://mijnbodemconditie.nl/</a>		
Watervasthoudend vermogen	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	Akkerbouw op klei	0.24	Fysisch
		Akkerbouw op zand	0.19	
		Melkveehouderij op klei	0.24	
		Melkveehouderij op zand	0.19	
Zuurgraad (pH)	-	Akkerbouw op klei	6.4 - 7.6	Chemisch
		Akkerbouw op zand	4.5 - 7.4	
		Melkveehouderij op klei	5.5 - 7.6	
		Melkveehouderij op zand	4.4 - 6.4	

<b>BoBi</b>	Aandeel grasland	%	n.a.	Beheer
	Bacteriële activiteit	thy-inbouw; pmol/g.h	n.a.	Biologisch
	Bacteriële biomassa	µg C/g droge grond	n.a.	Biologisch
	Bacteriële diversiteit	aantal DNA-banden	n.a.	Biologisch
	Biodiversiteit	integraal, aantal taxa	n.a.	Biologisch
	Extraheerbare fosfor	PAI, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g	n.a.	Chemisch
	Functionele activiteit	µg grond/50% omz	n.a.	Biologisch
	Functionele diversiteit	helling awcd-curve	n.a.	Biologisch
	Lutum	% droge stof	n.a.	Chemisch
	Micro-arthropoden dichtheid	n/m <sup>2</sup>	n.a.	Biologisch
	Micro-arthropoden diversiteit	aantal taxa	n.a.	Biologisch
	Nematoden dichtheid	n/100g verse grond	n.a.	Biologisch
	Nematoden diversiteit	aantal taxa	n.a.	Biologisch
	Organische stof (% droge stof)	% droge stof	n.a.	Chemisch
	Potentiële C-mineralisatie	mg C/kg.wk	n.a.	Chemisch
	Potentiële N-mineralisatie	mg N/kg.wk	n.a.	Chemisch
	Potwormen dichtheid	n/m <sup>2</sup>	n.a.	Biologisch
	Potwormen diversiteit	aantal taxa	n.a.	Biologisch
	Regenwormen dichtheid	n/m <sup>2</sup>	n.a.	Biologisch
	Regenwormen diversiteit	aantal taxa	n.a.	Biologisch
	Schimmel biomassa	µg C/g droge grond	n.a.	Biologisch
	Stabiliteit	allometrische M,N-regressie	n.a.	Fysisch
	Veebezetting	GVE/ha	n.a.	Beheer
	Wateroplosbaar P	Pw, mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l	n.a.	Chemisch
Zuurgraad (pH-KCl)	ph-HCl	n.a.	Chemisch	

**Raamwerk ontwikkeld door BRGM**

Color of artefacts (function: contaminant support)	[beschrijving]	0 = Violet, burgundy, blue (Prussian blue) 1= Black (not peat) 2 = Orange, rust, grey dark 3 = anders	Fysisch
Earthworm density (function: biodiversity support)	# m <sup>-2</sup>	0 = <25 1= 50-150 2 = 150-300 3 = >300	Biologisch
Horizon color (functions: nutrient retention capacity; vegetation support)	Type or Munsell code read vertically	0 = Light grey/white/white (1) 1= Brown to light red brown (2) 2 = Brown to dark red brown (3 or 4) 3 = Very dark/blackish (6 or 8)	Fysisch
Horizon structure (functions: organic matter cycle; nutrient retention capacity; nutrient recycling; vegetation support; water retention capacity; biodiversity support)	[beschrijving]	0 = "Compact or lamellar" OR "columnar (5–15 cm)" OR "columnar/prismatic (>15 cm)" 1 = Structureless 2 = "Coarse crumbly"OR "Polyhedral (2–5 cm)" 3 = "Fine crumbly" OR "Polyhedral (<2 cm)"	Fysisch
Hydromorphy depth (functions: nutrient retention capacity; water infiltration)	[beschrijving]	0 = <25 1= 25-60 2 = >60 3 = Absence	Fysisch
Land use history (function: contaminant support)	[beschrijving]	0 = "Potential source of pollution with high impact" OR "Confirmed pollution" 1= "Residual pollution not compatible with sensitive use" OR "Potential source of pollution with medium impact" 2 = "Residual pollution compatible with sensitive use" OR "Potential source of pollution with low impact" 3 = "No source of potential contamination" OR "No pollution verified"	Beheer
Pitfall trap (function: biodiversity support)	Group number	0 = 0 1= 0-2 2 = 2-10 3 = >10	Biologisch
Presence of artefacts (function: contaminant support)	[beschrijving]	0 = T4 = asphalt, bitumen, tar, coal 1= T0.5 = Micascists and other rocks susceptible to lead to natural trace element anomalies 2 = T3 = rubble, bricks, concrete, plaster, paving stones, blocks, building demolition	Fysisch

			3 = Pedological materials	
Presence of engineering fauna (function: nutrient recycling; biodiversity support)	#		0 = No 1 = Low 2 = Medium 3 = High	Biologisch
Root depth (function: nutrient recycling)	cm		0 = <25 1 = 25-50 2 = 50-100 3 = >100	Biologisch
Slope (function: water infiltration)	%		0 = >15 1 = 5-15 2 = 2-5 3 = 0-2	Fysisch
Smell (function: contaminant support)	[beschrijving]		0 = Strong hydrocarbon or bitter almond or solvent 1 = Moderate hydrocarbon or bitter almond or solvent 2 = Light hydrocarbons or bitter almond or solvent or sulfur or H <sub>2</sub> S 3 = No or mud or peat or organic matter or iron	Chemisch
Soil depth (functions: soil matter cycle; nutrient storage; vegetation support; water retention support)	cm		0 = <10 1 = 10-50 2 = 50-100 3 = >100	Fysisch
Surface situation (% sealing, % vegetation cover) (functions: vegetation support; water infiltration; biodiversity support)	[beschrijving]		0 = Battance crust or sedimentary crust 1 = Massive clay or structural crust >70 % 2 = Equilibrate texture and medium structure and structural crust <70 % 3 = Sandy or no crust  0 = Bare soil OR Sealed soil 1 = Sparse vegetation (surface cover <25%) 2 = Cultivation (surface cover over 50 %) OR Meadow (surface cover over 75 %) 3 = Dense vegetation (surface cover >90 %)	Beheer
<b>Europese bodemmissie</b>	Aanwezigheid van verontreinigingen, nutriënt- en zoutoverschot;	[concentrations]	<i>"When present in higher concentrations than allowed by health regulations or plant requirements: soils are unhealthy. A reduction in levels below recognized threshold values indicates an improvement in soil health."</i>	Chemisch

	Bodemkoolstof (Corg)	%	"An increase in SOC concentration and stock allows drawing down CO2 from the atmosphere and an improvement in soil health."	Chemisch			
	Bodemstructuur, inclusief de bulkdichtheid van de bodem (het gewicht van de grond in een vast volume)	n.a.	"Good soil structure as indicated by reduced bulk density, the absence of soil sealing and erosion allows for healthy root growth, reaching all parts of the soil and allowing infiltration of rainwater to prevent runoff and soil loss."	Fysisch			
	Bodembiodiversiteit	Presence of functional diversity of appropriate bacteria and fungi and of soil animal communities	n.a.	Biologisch			
	Bodemnutriënten en zuurgraad	Essential nutrients for plant growth in part at least, derived from soils include N, P, K, S, Ca	n.a.	Chemisch			
	Vegetatiebedekking	The annual duration and diversity of the vegetation cover and its net primary productivity	n.a.	Beheer			
	Landschap variëteit (heterogeniteit)	Including farmland (field size, fragmentation, presence of natural green elements), forestry (types of forest, monocultures, clear-cuts with bare land) and urban green infrastructures (adequate presence)	n.a.	Beheer			
	Bosbedekking	Number of species, the share of non-native tree species, and the proportion of natural and artificial regeneration	n.a.	Beheer			
<b>Europese bodemmonitoringsrichtlijn</b>	Bodemerrosie	Ton per hectare per jaar	≤ 2 t ha <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup>	Fysisch			
	Bodemvochthoudend vermogen van het bodemmonster	% van het volume water/volume verzadigde bodem	De geraamde waarde van het totale vochthoudend vermogen van een bodemdistrict per (deel)stroomgebied moet boven de minimumdrempel liggen. De minimumdrempel (in ton) wordt door de lidstaat op het niveau van het bodemdistrict en (deel)stroomgebied zodanig vastgesteld dat de effecten van overstromingen na intense regenbuien of van perioden met een lage bodemvochtigheid als gevolg van droogte worden beperkt.	Fysisch			
	Bulkdensiteit in de ondergrond (bovenste deel van het B- of E-horizont ); lidstaten mogen deze	g per cm <sup>3</sup>	<table border="1"> <tr> <td>Bodemtextuur</td> <td>Bereik</td> </tr> <tr> <td>Zand, lemig zand, zandleem, leem</td> <td>&lt; 1,80</td> </tr> </table>	Bodemtextuur	Bereik	Zand, lemig zand, zandleem, leem	< 1,80
Bodemtextuur	Bereik						
Zand, lemig zand, zandleem, leem	< 1,80						

descriptor vervangen door een equivalente parameter		<table border="1"> <tr> <td>Zanderige kleileem, leem, kleileem, silt, silteem</td> <td>&lt; 1,75</td> </tr> <tr> <td>Silteem, siltige kleileem</td> <td>&lt; 1,65</td> </tr> <tr> <td>Zanderige klei, siltige klei, klei met 35-45 % klei</td> <td>&lt; 1,58</td> </tr> <tr> <td>Klei</td> <td>&lt; 1,47</td> </tr> </table> <p>Lidstaten die de bodemdescriptor "bulkdichtheid in de ondergrond" door een gelijkwaardige parameter vervangen, moeten voor de gekozen bodemdescriptor een criterium voor een gezonde bodemgesteldheid vaststellen dat gelijkwaardig is aan het criterium voor "bulkdichtheid in de ondergrond".</p>	Zanderige kleileem, leem, kleileem, silt, silteem	< 1,75	Silteem, siltige kleileem	< 1,65	Zanderige klei, siltige klei, klei met 35-45 % klei	< 1,58	Klei	< 1,47	
Zanderige kleileem, leem, kleileem, silt, silteem	< 1,75										
Silteem, siltige kleileem	< 1,65										
Zanderige klei, siltige klei, klei met 35-45 % klei	< 1,58										
Klei	< 1,47										
Concentratie organische koolstof (SOC) in de bodem	g per kg	<p>Voor organische bodems: de voor dergelijke bodems op nationaal niveau overeenkomstig artikel 4, lid 1, artikel 4, lid 2, artikel 9, lid 4, van Verordening (EU) .../... 1+ vastgestelde streefdoelen respecteren</p> <p>Voor minerale bodems: SOC/klei-verhouding &gt; 1/13; De lidstaten kunnen een correctiefactor toepassen wanneer specifieke bodemtypen of klimatologische omstandigheden dit rechtvaardigen, rekening houdend met het werkelijke SOC-gehalte in blijvend grasland.</p>	Chemisch								
Concentratie van een aantal door de lidstaten vastgestelde organische verontreinigende stoffen, rekening houdend met de bestaande, in de wetgeving van de Unie vastgestelde concentratiegrenzen, bijvoorbeeld voor waterkwaliteit en emissies in de lucht	µg/kg	<p>Redelijke zekerheid, verkregen door puntbemonstering van de bodem, identificatie en onderzoek van verontreinigde locaties en alle andere relevante informatie, dat er geen onaanvaardbaar risico voor de menselijke gezondheid of het milieu bestaat als gevolg van bodemverontreiniging.</p> <p>De in bijlage I bij Richtlijn 92/43/EEG van de Raad opgenomen habitats met een natuurlijk hoge concentratie zware metalen blijven beschermd.</p>	Chemisch								
Concentratie van zware metalen in de bodem: As, Sb, Cd, Co, Cr (totaal), Cr (VI), Cu, Hg, Pb, Ni, Tl, V, Zn	µg/kg	<p>Redelijke zekerheid, verkregen door puntbemonstering van de bodem, identificatie en onderzoek van verontreinigde locaties en alle andere relevante informatie, dat er geen onaanvaardbaar risico voor de menselijke gezondheid of het milieu bestaat als gevolg van bodemverontreiniging.</p> <p>De in bijlage I bij Richtlijn 92/43/EEG van de Raad opgenomen habitats met een natuurlijk hoge concentratie zware metalen blijven beschermd.</p>	Chemisch								



Electrische conductiviteit (EC)	deci-Siemens per meter	< 4 dS m <sup>-1</sup> bij gebruik van een methode om het elektrisch geleidingsvermogen ("EC") van een extract ("e") van een verzadigde bodempasta (ECe) te meten, of een gelijkwaardig criterium indien een andere meetmethode wordt gebruikt	Chemisch
Overschot aan nutriënten in de bodem (extraheerbaar fosfor)	mg/kg	Minder dan de door de lidstaat vast te stellen maximumwaarde, die tussen 30-50 mg kg <sup>-1</sup> mag variëren.	Chemisch
Overschot aan nutriënten in de bodem	Stikstof in de bodem (mg g <sup>-1</sup> )	Geen vastgestelde criteria	Chemisch
Ruimtebeslag en bodemafdekking	Totaal aan kunstmatig land (in km <sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat) Ruimtebeslag, negatief ruimtebeslag, nettoruimtebeslag (gemiddelde per jaar in km <sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat) Bodemafdekking (totaal in km <sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat) De lidstaten kunnen ook andere gerelateerde optionele indicatoren meten, zoals: - versnippering van land - recyclingpercentage land - ruimtebeslag voor commerciële activiteiten, logistieke knooppunten, hernieuwbare energie, luchthavens, wegen, mijnen - gevolgen van ruimtebeslag, zoals kwantificering van het verlies van ecosysteemdiensten, verandering in de intensiteit van overstromingen	Geen vastgestelde criteria	
Verzuring	Zuurgraad (pH) van de bodem	Geen vastgestelde criteria	Chemisch
Verdichting van de bovenste laag van de bodem	Bulkdichtheid in de bovengrond (A-horizont 5 ) (g cm <sup>-3</sup> )	Geen vastgestelde criteria	
Verlies van biodiversiteit van de bodem	Basisademhaling van de bodem (mm <sup>3</sup> O <sub>2</sub> g <sup>-1</sup> hr <sup>-1</sup> ) in droge bodem De lidstaten kunnen ook andere optionele bodemdescriptorren voor biodiversiteit kiezen, zoals: - metabarcodering van bacteriën, schimmels, protisten en dieren; - abundantie en diversiteit van nematoden;	Geen vastgestelde criteria	

		- microbiële biomassa; - abundantie en diversiteit van aardwormen (in landbouwgrond); - invasieve uitheemse soorten en plantenplagen.		
<b>Onder het maaiveld (Vlinderstichting)</b>	Beheertype	[beschrijving]	n.a.	Beheer
	Bodemleeftijd	Jaar	n.a.	Beheer
	Bodemtype	Klei – zand – leem – veen	n.a.	Beheer
	C/N ratio	-	n.a.	Chemisch
	Coördinaten	RDW of WGS84	n.a.	Beheer
	Doorworteling	Goed Matig Gering	n.a.	Biologisch
	Lutum	n.a.	n.a.	Chemisch
	Organische stof gehalte	n.a.	n.a.	Chemisch
	pH	n.a.	n.a.	Chemisch
	Plaats	n.a.	n.a.	Beheer
	Regenwormen	# regenwormen per get 25 x 25 x 30 cm	n.a.	Biologisch
	Schimmel/bacterie ratio	-	n.a.	Biologisch
	Vegetatie	Voedselrijk grasland/gazon Kruidenrijk grasland Ruderaal terrein Open grond	n.a.	Beheer
	Waterdoorlatendheid	Min / 500 ml	n.a.	Fysisch
	Zuurstofgehalte	n.a.	n.a.	Chemisch
<b>SOILS4EU</b>	Carbon Sequestration	ton/ha/yr	n.a.	Fysisch
	Concentration of pollutants in soil	mg/kg	n.a.	Chemisch

	Demand based on above ground land use	PJ	n.a.	Beheer
	For agricultural land: density of hedgerows	m/ha	n.a.	Beheer
	Forest biomass stock	tons	n.a.	Beheer
	Leaf Area Index + distance to roads (m)	m	n.a.	Beheer
	Net ecosystem productivity	carbon/storage per unit of area	n.a.	Biologisch
	Nitrogen removal	dimensionless scale of 1-5	n.a.	Chemisch
	Number of visitors	n.a.	n.a.	Beheer
	Pollutants removed by vegetation (in leaves, stems)	n.a.	n.a.	Chemisch
	Raw material extraction	tons/yr	n.a.	Fysisch
	Retention capacity of water in soils	dimensionless, between 0-10	n.a.	Fysisch
	Suitability classes for ATES	n.a.	n.a.	Fysisch
	Suitability classes for building	n.a.	n.a.	Fysisch
	Surface area of organic crops	ha	n.a.	Beheer
	Uncovered soil	n.a.	n.a.	Beheer
	Water abstraction	m <sup>3</sup> /yr	n.a.	Fysisch
	Water retention index	dimensionless, between 0-10	n.a.	Fysisch
	Water retention index if applied at the scale of e.g. a city	0-1	n.a.	Fysisch
	Yields	ton/ha	n.a.	Beheer
<b>Urban soil quality index (uSQI)</b>	Bulk density	n.a.	Physical stability and support: Optimal value = n.a. Habitat provision: Less is better	Chemisch
	Cation exchange capacity	n.a.	Nutrient supply and retention: More is better Pollutant immobilization and decomposition: More is better	Chemisch
	Clay+silt content	n.a.	Organic matter stabilization: More is better	Chemisch

Concentrations of potentially toxic elements	n.a.	Pollutant immobilization and decomposition: Less is better	Chemisch
Fluorescein diacetate hydrolytic activity	n.a.	Nutrient supply and retention: More is better	Chemisch
Inorganic nitrogen concentration	n.a.	Nutrient supply and retention: More is better	Chemisch
Litter-layer depth	n.a.	Habitat provision: More is better	Fysisch
Mineral-associated organic matter	n.a.	Organic matter stabilization: More is better	Chemisch
pH	n.a.	Pollutant immobilization and decomposition: Optimal value = n.a.	Chemisch
Saturated hydraulic conductivity	n.a.	Water storage and infiltration: Optimal value = n.a.	Fysisch

# D Indicatoren Europese bodemmonitoringsrichtlijn (Bijlage I Bodemdescriptoren)

## BIJLAGE I

### BODEMDESCRIPTOREN, CRITERIA VOOR EEN GEZONDE BODEMGESTELDHEID EN INDICATOREN VOOR RUIMTEBESLAG EN BODEMAFDEKKING

Voor de toepassing van deze bijlage wordt verstaan onder:

- 1) "negatief ruimtebeslag": de omzetting van kunstmatig land in natuurlijk of halfnatuurlijk landschap;
- 2) "nettoruimtebeslag": ruimtebeslag minus negatief ruimtebeslag.

Aspect van bodemaantasting	Bodemdescriptor	Criteria voor een gezonde bodemgesteldheid	Gebieden die worden ontheven van de plicht om aan het desbetreffende criterium te voldoen
<b>Deel A: bodemdescriptoren met op het niveau van de Unie vastgestelde criteria voor een gezonde bodemgesteldheid</b>			
Verziltig	Elektrisch geleidingsvermogen (deci-Siemens per meter)	< 4 dS m <sup>-1</sup> bij gebruik van een methode om het elektrisch geleidingsvermogen ("EC") van een extract ("e") van een verzadigde bodempasta (ECe) te meten, of een gelijkwaardig criterium indien een andere meetmethode wordt gebruikt	Gebieden die van nature ziltig zijn; gebieden die rechtstreeks door de stijging van de zeespiegel worden getroffen
Bodemerosie	Bodemerosie (ton per hectare per jaar)	≤ 2 t ha <sup>-1</sup> y <sup>-1</sup>	Badland en andere niet-beheerde natuurlijke grondgebieden, behalve indien zij een aanzienlijk rampenrisico inhouden
Verlies van organische koolstof in de bodem	Concentratie organische koolstof (SOC) in de bodem (g per kg)	Voor organische bodems: de voor dergelijke bodems op nationaal niveau overeenkomstig artikel 4, lid 1, artikel 4, lid 2, artikel 9, lid 4, van Verordening (EU) .../... 1+ vastgestelde streefdoelen respecteren	Geen ontheffing
		Voor minerale bodems: SOC/klei-verhouding > 1/13; De lidstaten kunnen een correctiefactor toepassen wanneer specifieke bodemtypen of klimatologische omstandigheden dit rechtvaardigen, rekening houdend met het werkelijke SOC-gehalte in blijvend grasland.	Niet-beheerde bodems in natuurlijke grondgebieden

Verdichting van de ondergrond	Bulkdensiteit in de ondergrond (bovenste deel van het B- of E-horizont <a href="#">2</a> ); lidstaten mogen deze descriptor vervangen door een equivalente parameter (g per cm <sup>3</sup> )	Bodemtextuur <a href="#">3</a>	Bereik	Niet-beheerde bodems in natuurlijke grondgebieden
		Zand, lemig zand, zandleem, leem	< 1,80	
		Zanderige kleileem, leem, kleileem, silt, siltleem	< 1,75	
		Siltleem, siltige kleileem	< 1,65	
		Zanderige klei, siltige klei, klei met 35-45 % klei	< 1,58	
		Klei	< 1,47	
Lidstaten die de bodemdescriptor "bulkdichtheid in de ondergrond" door een gelijkwaardige parameter vervangen, moeten voor de gekozen bodemdescriptor een criterium voor een gezonde bodemgesteldheid vaststellen dat gelijkwaardig is aan het criterium voor "bulkdichtheid in de ondergrond".				
Deel B: bodemdescriptoren met op het niveau van de lidstaten vastgestelde criteria voor een gezonde bodemgesteldheid				
Overschot aan nutriënten in de bodem	Extraheerbare fosfor (mg per kg)	Minder dan de door de lidstaat vast te stellen maximumwaarde, die tussen 30-50 mg kg <sup>-1</sup> mag variëren.		Geen ontheffing
Bodemverontreiniging	- Concentratie van zware metalen in de bodem: As, Sb, Cd, Co, Cr (totaal), Cr (VI), Cu, Hg, Pb, Ni, Tl, V, Zn (µg per kg); - concentratie van een aantal door de lidstaten vastgestelde organische verontreinigende stoffen, rekening houdend met de bestaande, in de wetgeving van de Unie vastgestelde concentratiegrenzen, bijvoorbeeld voor waterkwaliteit en emissies in de lucht	Redelijke zekerheid, verkregen door puntbemonstering van de bodem, identificatie en onderzoek van verontreinigde locaties en alle andere relevante informatie, dat er geen onaanvaardbaar risico voor de menselijke gezondheid of het milieu bestaat als gevolg van bodemverontreiniging. De in bijlage I bij Richtlijn 92/43/EEG van de Raad <a href="#">4</a> opgenomen habitats met een natuurlijk hoge concentratie zware metalen blijven beschermd.		Geen ontheffing
Vermindering van het vermogen van de bodem om water vast te houden	Bodemvochthoudend vermogen van het bodemmonster (% van het volume water/volume verzadigde bodem)	De geraamde waarde van het totale vochthoudend vermogen van een bodemdistrict per (deel)stroomgebied moet boven de minimumdrempel liggen. De minimumdrempel (in ton) wordt door de lidstaat op het niveau van het bodemdistrict en (deel)stroomgebied zodanig vastgesteld dat de effecten van overstromingen na intense regenbuien of van perioden met een lage		Geen ontheffing

		bodemvochtigheid als gevolg van droogte worden beperkt.	
<b>Deel C: bodemdescriptoren zonder criteria</b>			
Aspect van bodemaantasting	Bodemdescriptor		
Overschot aan nutriënten in de bodem	Stikstof in de bodem (mg g-1)		
Verzuring	Zuurgraad (pH) van de bodem		
Verdichting van de bovenste laag van de bodem	Bulkdichtheid in de bovengrond (A-horizont <a href="#">5</a> ) (g cm-3)		
Verlies van biodiversiteit van de bodem	<p>Basisademhaling van de bodem (mm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> g-1 hr-1) in droge bodem</p> <p>De lidstaten kunnen ook andere optionele bodemdescriptoren voor biodiversiteit kiezen, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- metabarcodering van bacteriën, schimmels, protisten en dieren;</li> <li>- abundantie en diversiteit van nematoden;</li> <li>- microbiële biomassa;</li> <li>- abundantie en diversiteit van aardwormen (in landbouwgrond);</li> <li>- invasieve uitheemse soorten en plantenplagen.</li> </ul>		
<b>Deel D: Indicatoren voor ruimtebeslag en bodemafdekking</b>			
Aspect van bodemaantasting	Indicatoren voor ruimtebeslag en bodemafdekking		
Ruimtebeslag en bodemafdekking	<p>Totaal aan kunstmatig land (in km<sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat)</p> <p>Ruimtebeslag, negatief ruimtebeslag, nettoruimtebeslag (gemiddelde per jaar in km<sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat)</p> <p>Bodemafdekking (totaal in km<sup>2</sup> en % van de oppervlakte van de lidstaat)</p> <p>De lidstaten kunnen ook andere gerelateerde optionele indicatoren meten, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- versnippering van land</li> <li>- recyclingpercentage land</li> <li>- ruimtebeslag voor commerciële activiteiten, logistieke knooppunten, hernieuwbare energie, luchthavens, wegen, mijnen</li> <li>- gevolgen van ruimtebeslag, zoals kwantificering van het verlies van ecosystemendiensten, verandering in de intensiteit van overstromingen</li> </ul>		

# E Indicatoren uit de literatuur voor bodemecosysteemdiensten

Onderstaande tabellen komen uit Van de Meulen en Maring (2018)

*Indicator frame for provisioning soil ecosystem services*

Ecosystem service			Indicator frame			
Ecosystem Service	CICES class	CICES class type	Indicator [unit] & Strength of indicator*	Supply or Use	Relevant spatial extent	Availability of data
<b>Biochemical and pharmaceuticals (1)</b>	<i>No class provided in CICES (CICES Division= Materials)</i>	<i>No class type provided in CICES</i>	● Raw materials for medicines [...]	S	Regional	European data for potential and use, as well as the role of soil are not found
Food, wood and fibre (1)	Cultivated terrestrial plants (incl. fungi, algae ) grown for nutritional purposes or as a source of energy; Fibres and other materials from cultivated plants fungi, algae and bacteria for direct use or processing.	Crops by amount, type	● Surface area of organic crops [ha] ● Yields (ton/ha) ● Forest biomass stock (tons)	S	Regional	Data on production are available on European scale
Fresh water(1)	Ground (and subsurface) water for drinking or non-drinking purposes	By amount, type, source	● Water retention index [dimensionless, between 0-10] ● Water abstraction (m <sup>3</sup> /yr)	S U	Regional Regional	There are data on water retention and water abstraction available on European scale
Carrying capacity for infrastructure, buildings and animals [support of animals and infrastructure][carrier function] (1)	<i>No class provided in CICES</i>	<i>No class type provided in CICES</i>	● Suitability classes for building [-]	S	Local	There are no European data found but regional or national data may be used at the local level
Raw materials (1)	Mineral substances used for nutritional or material purposes or as energy source	Amount by type	● Raw material extraction (tons/yr)	S	Regional	Current EU-covering projects did not yet deliver



						data on potential delivery or actual flow.
Thermal energy (1)	Ground water (and subsurface) used as an energy source; Geothermal	By amount & source, amount by type	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Suitability classes for ATEs [-]</li> <li>● Demand based on above ground land use [PJ]</li> </ul>	S U	Local Local	There are indicative data on suitability and demand on European scale

*Indicator frame for Regulation and maintenance soil ecosystem services*

Ecosystem service			Indicator frame			
Ecosystem Service	CICES class	CICES class type	Indicator [unit] & Strength of indicator* ●●●●	Supply or Use	Relevant spatial extent	Availability of data
Water purification and soil contamination reduction (1)	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals; Filtration /sequestration /storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals; Mediation of waste toxics and other nuisances by non-living processes	By type of living system or by waste or substance type; amount by type	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nitrogen removal [dimensionless scale of 1-5]</li> <li>● Concentration of pollutants in soil (mg/kg)</li> </ul>	S U	Regional Local	No EU-wide data found
Water regulation (1)	Hydrological cycle and water flow regulation (including flood control and coastal protection);	By depth/volumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Retention capacity of water in soils [dimensionless, between 0-10]</li> </ul>	S	Regional	No EU-wide data found
<b>Pest and disease control (2)</b>	Pest control (including invasive species); Disease control	By reduction in incidence, risk, area protected	<ul style="list-style-type: none"> <li>● For agricultural land: density of hedgerows (m / ha)</li> </ul>	S	Regional	No European maps on biological control of pests and diseases. European map of threats to soil biodiversity may be relevant for future changes in soil biodiversity as indicator for pest and disease control
<b>Carbon Sequestration (1)</b>	Weathering processes and Decomposition and fixing processes and their effect on soil quality	By amount/concentration and source	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Carbon Sequestration</b> [ton/ha/yr]</li> <li>● Net ecosystem productivity</li> </ul>	S S	Regional Regional	insufficient EU-wide data found. C storage in forests are available, but not for other land uses (storage per unit of area)
<b>Regulation of greenhouse gasses (2)</b>	<b>Regulation of chemical composition of atmosphere and oceans</b>	<b>By contribution of type of living system to amount,</b>				

		concentration and climatic parameter				
Regulation of local climate/temperature (2)	Regulation of temperature and humidity, including ventilation and transpiration	By contribution of type of living system to amount, concentration and climatic parameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Water retention index if applied at the scale of e.g. a city</li> <li>● Uncovered soil</li> </ul>	U U	Local Local	Data on a local scale might be available
Noise abatement (2)	Noise attenuation	By type of living system	● Leaf Area Index + distance to roads (m)	S	Local	data provision on local level
Air quality regulation (2)	Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals; Mediation of waste toxics and other nuisances by non-living processes	By type of living system or by water or substance type; amount by type	● Pollutants removed by vegetation (in leaves, stems)	S	Local	data provision on local level

*Indicator frame for cultural soil ecosystem services*

Ecosystem service			Indicator frame			
Ecosystem Service	CICES class	CICES class type	Indicator [unit] & Strength of indicator* ●●●●	Capacity or Demand	Relevant spatial extent	Availability of data
Recreation and tourism (2)	Characteristics of living systems that enable activities promoting health recuperation or enjoyment through active or immersive interactions; or through passive or observational interactions; natural abiotic characteristics of nature that enable active or passive and experiential interactions	By type of living system or environmental setting; amount by type	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Number of visitors</li> <li>● Distribution of sites</li> </ul>	U S	Local Regional	No data on European scale
Knowledge/scientific research, Cultural heritage and education (1)	Characteristics of living systems that: enable scientific investigation or the creation of traditional ecological knowledge; enable education and training; are resonant in	By type of living system or environmental setting; amount by type				

	<p>terms of culture or heritage; enable aesthetic experiences; natural abiotic characteristics of nature that enable intellectual interactions.</p>					
<p>Spiritual and symbolic experience (2)</p>	<p>Elements of living systems: that have symbolic, sacred or religious meaning; used for entertainment or representation; natural abiotic characteristics or features of nature that enable spiritual, symbolic and other interactions.</p>	<p>By type of living system or environmental setting; amount by type</p>				

\* Schaal voor de indicatorsterkte (volgens MAES werkgroep)

The indicators that are suggested here were each evaluated according to 2 criteria: i) data availability and ii) ability to convey information to the policy making and implementation processes (4).

- available indicator to measure the condition of an ecosystem, or the quantity of an ecosystem service at a given CICES level for which harmonised, spatially-explicit data at European scale is available and which is easily understood by policy makers or non-technical audiences. Spatially-explicit data in this context refer to data that are at least available at the regional NUTS2 level or at a finer spatial resolution. CICES classifies ecosystem services at 4 hierarchical levels. Sometimes, it is more cost-effective to consider an assessment of ecosystem services at a higher CICES level than at class level, especially if aggregated indicators are available. Indicators that aggregate information at higher hierarchical CICES level can therefore also have a green label.

- available indicator to measure the condition of an ecosystem, or the quantity of an ecosystem service at a given CICES level but for which either harmonised, spatially-explicit data at European scale is unavailable or which is used more than once in an ecosystem assessment, which possibly results in different interpretations by the user. This is typically the case for indicators that are used to measure ecosystem condition, which are reused to assess particular ecosystem services. This colour also includes indicators that capture partially the ecosystem service assessed.

- available indicator to measure the condition of an ecosystem, or the quantity of an ecosystem service at a given CICES level but for which no harmonised, spatially-explicit data at European scale is available and which only provides information at aggregated level and requires additional clarification to non-technical audiences. This category includes indicators with limited usability for an ecosystem assessment due to either high data uncertainty or a limited conceptual understanding of how ecosystems deliver certain services or how ecosystem condition can be measured. The ability to convey information to end-users is limited and further refined and/or local level assessments should be used for verifying the information provided by this type of indicators.

- unknown availability of reliable data and/or unknown ability to convey information to the policy making and implementation processes.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)