

Good Soil IBKB professionals

Gids: Index voor bodemkwaliteit in
Brussel (IBKB)



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



Good Soil

Inhoudsopgave

WAT IS DE IBKB ?	3
WAAROM EEN IBKBPro ?	4
1. Enkele concepten en definities	4
IBKBPro -METHODOLOGIE	5
1. Terreinwerk	5
1.1. <i>Bepaling van de homogene zones</i>	5
1.2. <i>Veldwerk – Monsterneming</i>	6
1.3. <i>Aanvullende opmerkingen</i>	8
2. Te meten parameters	9
2.1. <i>Terreinmetingen</i>	9
2.2. <i>Parameters van het laboratorium</i>	12
3. Bepaling van de IBKBPro	14
3.1. <i>Berekeningsmethode</i>	14
3.2. <i>Interpretatie</i>	17
4. Interpretatie van de IBKBPro	18
5. Analyses van de diensten en bedreigingen	19
5.1. <i>Analyses van de ecosysteemdiensten</i>	19
5.2. <i>Analyse van de degradaties (of de bedreigingen van degradatie)</i>	22
5.3. <i>Toewijzing van subindexcijfers per perceel</i>	24
6. Advies	25
Bijlage: Referenties	26

WAT IS DE *IBKB*?

De Index voor bodemkwaliteit in Brussel is een **bewustmakingsindex** rond het belang van de bodem en de rollen die de bodem speelt in de goede werking van ons leefmilieu en dus ook van onze samenleving.

De bodem verleent zowel onze samenleving als het leefmilieu een hele waaier aan diensten: denk maar aan het substraat waarop de planten groeien die aan de basis liggen van onze voedselketen, de filtratie van regenwater of de opslag van atmosferische koolstof. De bodemkwaliteitsindex past binnen de Good Soil-strategie. Het doel van die strategie is de kwaliteit van de bodems in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest te beschermen en te verbeteren.



De *IBKB* is een unieke en globale score die wordt toegekend aan elk onderzocht kadastraal perceel. Ze is gebaseerd op een kwantitatieve analyse van een tiental bodemparameters. De globale index wordt verkregen door het gemiddelde te berekenen van alle parameters die op verschillende plaatsen op een perceel zijn gemeten. Het doel is om te beoordelen of de bodem in staat is om één of meerdere ecosysteemdiensten te kunnen leveren.

WAAROM EEN *IBKB^{Pro}*?

De *IBKB^{Pro}* wil projectdragers, landschapsarchitecten, studiebureaus, stedenbouwkundigen enz. bewustmaken van het feit dat de bodem een niet-hernieuwbare natuurlijke hulpbron is waarmee rekening moet worden gehouden van bij het ontwerp van een project. De index is een aanvulling op de verplichtingen die voortvloeien uit de geldende wetgeving inzake bodemvervuiling.



Via deze index wil Leefmilieu Brussel ervoor zorgen dat de projectdragers het begrip **bodemkwaliteit** zo vroeg mogelijk integreren in het ontwerp van hun stedenbouwkundige projecten. **Het idee daarbij is om een zo goed mogelijk evenwicht te vinden tussen het toekomstige gebruik van de bodem en de huidige kwalitatieve toestand ervan.** Op die manier kunnen de bodems van betere kwaliteit gebruikt worden voor *de ontwikkeling van de natuur en de biodiversiteit, de landbouw, koolstofsekwestratie of regenwaterinfiltratie*. De bodems van minder goede kwaliteit¹ kunnen dan weer worden gebruikt voor gebouwen, wegen enz. Dat alles vormt de basis van een duurzaam bodembeheer, zoals reeds bestaat in landen als Zwitserland, Duitsland enz.

1. Enkele concepten en definities

Alvorens in detail te treden over de *IBKB^{Pro}*, verduidelijken we enkele definities zodat alle lezers van dit document de verschillende concepten op dezelfde manier begrijpen.

Bodem: de bodem vormt het raakvlak tussen gesteente, lucht en water. De bodem bestaat uit verschillende horizontale lagen van organische en minerale materie. Die organisatie is het resultaat van de verwerking van het moedergesteente en de afbraak van organisch materiaal dat op het oppervlak is afgezet. De dikte van de bodem varieert van enkele centimeters tot meerdere meters, afhankelijk van het klimaat, de topografie, de samenstelling en de leeftijd. De bodem herbergt meer dan een kwart van de levende soorten op aarde en het merendeel daarvan bevindt zich in de eerste 30 centimeter van de bodem, d.w.z. het meest zuurstofrijke deel.

Bodemkwaliteit: de bodemkwaliteit is de toestand van de bodem waarmee hij alle ecosysteemfuncties die hij ondersteunt kan vervullen. De bodemkwaliteit omvat chemische, fysische en biologische aspecten.

Kwaliteitsbodem: een bodem wordt als kwaliteitsbodem beschouwd als hij in staat is om een maximaal aantal ecosysteemdiensten te verlenen.

Ecosysteemdiensten van de bodem: dit zijn alle diensten die de bodem levert aan het leefmilieu en dus ook aan onze samenleving. Zonder deze diensten zou het leefmilieu zoals wij het vandaag kennen niet bestaan. De bodem zorgt voor productverstrekking (productie van drinkwater, voedingsmiddelen), heeft een regulerende functie (filteren van oppervlaktewater, sekwestratie van

¹ Verwijst niet naar de mechanische kwaliteit van de bodems. Zie definitie op pagina 2.

atmosferische koolstof), verleent culturele diensten (behoud van archeologisch erfgoed, ondersteuning van groene ruimten) en ondersteunende diensten (voor de fauna en flora, de verschillende cycli van elementen zoals water, koolstof, enz.).

IBKB^{Pro}-METHODOLOGIE

Voor elk **onderzocht terrein** van een of meerdere percelen dient de deskundige die de **IBKB^{Pro}** moet bepalen de volgende aanpak te volgen:

- a. Bepaling **van de homogene zones** op de site, vanuit het standpunt van de bodem, op basis van de geofysische, pedologische en historische parameters van de zone;
- b. **Monsterneming** van de bodem en overzicht van de waarnemingen op het terrein voor elke homogene zone van de site;
- c. **Metingen op het terrein en laboratoriumanalyses** van de bodemstalen;
- d. **Berekening** van de **IBKB^{Pro}** voor elke zone en interpretatie van de **IBKB^{Pro}**;
- e. **Berekening van de IBKB^{Pro} globaal voor elk perceel**
- f. **Analyse** van de ecosysteemdiensten (via de **IE_i**) en de bedreigingen (via de **ID_i**) op de site op basis van de ingezamelde gegevens.

1. Terreinwerk

1.1. Bepaling van de homogene zones

Bij deze eerste stap worden op de te onderzoeken site zones met relatief homogene bodemeigenschappen bepaald. Het terreinbezoek is essentieel om de bodem waar te nemen, te zien en te voelen. Daarnaast kan de expert zich baseren op wat de buurtbewoners vertellen of op lucht- en satellietbeelden van de zone. Hij dient zijn keuzes te motiveren.

Hierna volgt een niet-exhaustieve reeks criteria die kunnen helpen bij het bepalen van de homogene zones op een kadastraal perceel:

- a) Op basis van terreinwaarnemingen
 - Topografie
 - accumulatiezone, valleibodem
 - erosiezone, helling
 - stabiele zone, relatief vlakke zone
 - Oppervlaktegebruik
 - bos, woud
 - het type vegetatie kan een aanwijzing geven over het type bodem
 - vochtige zone, moerassige zone
 - graszone
 - antropogene zone (grind, bestrating, dolomiet ...)
 - Op basis van waarnemingen (visueel en manueel) van de eerste centimeters van de bodem
 - bodemtextuur
 - bodemkleur
 - bodemstructuur

- b) Raadpleging van kaarten
- Inventaris van de bodemtoestand
 - BruGIS
 - BruCiel
 - Topografische kaarten

Eén enkele homogene zone moet worden voorzien voor onbebouwde ondoorlaatbare delen.

1.2. Veldwerk – Monsterneming

Voor een volledig onderzoek van het terrein moeten verschillende soorten strategieën op het terrein worden toegepast.

- a) Kluit aarde (0-30 cm diep)
- Extractie met (steek)spade (35 cm op ± 15 cm);
 - Extractie op een representatieve plek van de homogene zone;
 - Van elke kluit aarde moet de geografische locatie worden bepaald;
 - Bij de extractie van de kluit aarde moet de structuur ervan bewaard blijven;
 - De meeste testen/analyses gebeuren op kluiten aarde;
 - De deskundige streeft ernaar om per perceel minstens één kluit aarde te nemen, tenzij dit een wijziging van de strategie inhoudt wat zou leiden tot een aanzienlijke toename of een slechte verdeling van de bemonsteringspunten (vb. terrein bestaande uit meerdere te kleine percelen, kleine eilandpercelen op een groter terrein, enz.).

Aantal te nemen kluiten aarde:

	Per homogene zones		
	<1Ha	1-10 Ha	>10Ha
Aantal kluiten aarde	1/1000m ² Met een minimum van 1	1/3500m ²	1/5000m ²

NB: Het aantal kluiten aarde wordt naar boven afgerond op de dichtstbijzijnde eenheid

- Voorbeeld: op een perceel met een oppervlakte van 17Ha (beschouwd als één homogene zone) worden maximaal 34 kluiten genomen.

- b) Sondering (tot maximaal 1 m)
- Enkel met grondboor;
 - Uitgevoerd op een representatieve plaats van de homogene zone;
 - Van elke boring moet de geografische locatie worden bepaald;
 - De deskundige streeft ernaar om per perceel minstens één sondering uit te voeren, tenzij dit een wijziging van de strategie inhoudt wat zou leiden tot een aanzienlijke toename of een slechte verdeling van de bemonsteringspunten (vb. terrein bestaande uit meerdere te kleine percelen, kleine eilandpercelen op een groter terrein, enz.).

- Elke boring moet worden omschreven per bodemhorizont en eventueel gefotografeerd worden:
 - Textuur² (beoordeling op het terrein) en grove elementen (stenen);
 - Kleur;
 - Vochtigheid;
 - Sporen van hydromorfie;
 - Percentage aan bodemvreemd materiaal aanwezig in het profiel en zijn aard (puin, bakstenen, schroot, kunststoffen, sintels, etc.) ;
 - Aanwezigheid van een gecompacteerd laag;
 - Diepte van de bodem.

Aantal uit voeren sonderingen:

	Per homogene zones		
	<1Ha	1-10 Ha	>10Ha
Aantal sonderingen	1/2000m ² Met een minimum van 1	1/5500m ²	1/7000m ²

NB: Het aantal sonderingen wordt naar boven afgerond op de dichtstbijzijnde eenheid

- Voorbeeld: op een perceel van 17Ha (beschouwd als 1 homogene zone) worden maximaal 25 monsternemingen verricht.

Indien de expert het nodig acht, kan hij afwijken van de hierboven vermelde regels en het aantal monsters en boringen aanpassen aan het type en de omvang van het project.

c) Samengestelde monsters aan de oppervlakte

- Met behulp van een Edelmanboor of elke andere bemonsteringsapparatuur voor een oppervlaktetaal.
- Een samengesteld monster per homogene zone
- De deskundige streeft ernaar om de elementaire monsters zo te verdelen dat er minstens één per perceel wordt genomen, tenzij dit een wijziging van de strategie inhoudt wat zou leiden tot een aanzienlijke toename of een slechte verdeling van de bemonsteringspunten (vb. terrein bestaande uit meerdere te kleine percelen, kleine eilandpercelen op een groter terrein, enz.).
- Het aantal individuele monsters waaruit het samengesteld monster is samengesteld moet in overeenstemming zijn met de volgende voorschriften:

	Per homogene zone		
	<1 ha	1-10 ha	>10 ha
Aantal individuele monsters	12	12 minimum + 1/3500m ²	12 minimum + 1/5000m ²

N.B.: Het aantal individuele monsters wordt afgerond naar boven

² Textuur: relatieve verhouding van de verschillende minerale elementen (gekenmerkt door hun grootte) die aanwezig zijn in de fijne aarde. De textuur en het kleigehalte kunnen in situ worden gerealiseerd op basis van organoleptische waarnemingen en eenvoudige manipulaties (bijv. worsttest)

Ondoorlaatbare homogene zone

- a) Monsters genomen in de bodem, net onder de zone met gestabiliseerd zand of net onder de fundering
- Aan de hand van een Edelmanboor of desbetreffend een andere meer geschikte methode
 - De deskundige streeft ernaar om per perceel minstens één monsternamen uit te voeren, tenzij dit een wijziging van de strategie inhoudt wat zou leiden tot een aanzienlijke toename of een slechte verdeling van de bemonsteringspunten (vb. terrein bestaande uit meerdere te kleine percelen, kleine eilandpercelen op een groter terrein, enz.).

	Homogene ondoorlaatbare zone			
	<200 m ²	200-500 m ²	500-1000 m ²	>1000 m ²
Aantal staalnames	1	2	3	4+1 per 1000 m ² aanvullend

1.3. Aanvullende opmerkingen

De expert dient er eveneens voor te zorgen dat ook de volgende punten worden aangehaald:

- Oppervlakte volle grond³ op niveau van het perceel;
- Verharde⁴ onbebouwde oppervlakte op niveau van het perceel;
- Tijdens de verdichtingstest, de hoogst gemeten waarde in 'psi' en het plafond van de verdichte zone indien aanwezig ;
- Eventuele aanwezigheid van een korst aan de oppervlakte;
- Organoleptische aanwijzingen in de boorprofielen of kluiten;
- Beschrijving van de wortelontwikkeling en -dichtheid in de kluiten grond en bioturbatie;
- Als het perceel is opgenomen in de inventaris van de bodemtoestand is het noodzakelijk om de categorie ervan te kennen, en, indien verontreinigd, eveneens de resultaten van het risico-onderzoek (aanwezigheid van risico's voor het standaard gebruik of niet);
- Aanwezigheid van invasieve planten.
- Typologie van het landgebruik op perceelniveau volgens de volgende indeling :
 - Bosbodem
 - Landbouwbodem
 - Parkbodem
 - Graslandbodem
 - Wetland bodem
 - Vestigingsbodem⁵

³ Volle grond volgens volgende definitie: « terrein vrij van elke constructie inclusief in de ondergrond » Bijvoorbeeld vrij van elk gebouw, bovengrondse of ondergrondse plaat, oppervlaktebedekking (inclusief de aanleg van oppervlakte in grind of dolomiet), muur, kelder of ondergrondse barrière, etc.

⁴ Elke (grond)oppervlakte afgedekt met een ondoorlaatbare laag of een gebouw.

⁵ Vestigingsbodem: deze categorie omvat alle ontwikkelde gronden, inclusief transportinfrastructuur en menselijke vestigingen van elke omvang, tenzij al opgenomen in andere categorieën. De categorie landgebruik als vestigingsbodem omvat bodems, meerjarige kruidachtige vegetatie zoals gazons en tuinplanten, bomen in

- Andere

Deze aanvullende punten kunnen worden gebruikt om de uitleg in het deel Analyses van lokale ecosysteemdiensten te ondersteunen en te contextualiseren (punt 4).

Belangrijke opmerking:

Om ervoor te zorgen dat de waarnemingen, de metingen ter plaatse en de monsternemingen zo representatief mogelijk zijn, is het belangrijk om ze in de juiste **weersomstandigheden** uit te voeren. Concreet betekent dit dat de vochtigheid van de bodem dicht bij de **maximale watercapaciteit** van de bodem moet liggen (minstens 48 uur na overvloedige regenval). Is de bodem te droog, dan zal het moeilijk zijn om de monsters te nemen en zal de biologische activiteit waarschijnlijk sterk vertraagd zijn. Als de bodem te nat is, bestaat het risico dat men de bodem verdicht en moeite heeft om de structuur te achterhalen.

2. Te meten parameters

De fysische, biologische en chemische parameters die moeten worden gemeten, werden in twee categorieën ingedeeld: metingen uitgevoerd op het terrein op een kluit en metingen uitgevoerd in een laboratorium op een mengmonster.

Alle parameters die moeten worden gemeten worden in het kader van de berekening van de verschillende gevraagde indices, worden opgesomd in de volgende tabel:

2.1. Terreinmetingen

Indicator	Eenheid	Diepte, type monster en methode	Weging
Structuur	/	Kluit aarde Waarnemingen: 0-30 cm Methode: Vess-test of spatetest (zie nuttige links)	Broos , aggregaten vallen zeer gemakkelijk uit elkaar tussen de vingers: 5 pt Intact , aggregaten vallen gemakkelijk uit elkaar tussen de vingers: 4 pt Stevig , een groot deel van de aggregaten valt gemakkelijk uit elkaar tussen de vingers: 3 pt Compact , de kluit is moeilijk te breken met één hand: 2 pt Zeer compact , de kluit is zeer moeilijk te breken met één hand: 1 pt -

landelijke nederzettingen, boerentuinen en stedelijke gebieden. Voorbeelden van dergelijke inrichtingen zijn grond gelegen langs straten, of het nu gaat om commerciële of residentiële (landelijke of stedelijke) gazons, privétuinen, golfbanen, sportvelden, begraafplaatsen, indien deze gronden functioneel of administratief verbonden zijn met steden, dorpen of andere soorten nederzettingen en niet meegeteld worden in een andere categorie van grondgebruik.

			Ondoorlaatbare zone , geen meting: 1 pt
Stabiliteit van de aggregaten	/	Kluit aarde Waarnemingen: 0-30 cm Methode: Slake-test (p.35 + zie nuttige links FR)	Stabiele aggregaten , de kluit is nauwelijks gedegradéerd, vorm van gevallen aggregaten intact, helder water: 5 pt Matig stabiele aggregaten , minder dan 1/3 van de kluit is gedegradéerd en de aggregaten op de bodem van de pot hebben hun vorm behouden, licht troebel water: 3 pt Onstabiele aggregaten , de kluit is grotendeels afgebroken, troebel water en fijne deeltjes op de bodem van de pot: 1 pt - Ondoorlaatbare zone , geen meting: 1 pt
Verdichting	/	Met behulp van een penetrometer voorzien van een manometer (zie nuttige links) ⁶ . Onderzoeksstrategie die overeenstemt met de 'kluit aarde' Indien geblokkeerd op exogeen materiaal, herhalen zo vaak als nodig op 1 m indien mogelijk Eveneens de hoogst gemeten waarde die tijdens de test werd opgemeten in 'psi' en de diepte van het plafond van de laag	Geen verdichtingszone gediagnosticeerd: 5 pt Verdichte zone gediagnosticeerd: 1 pt - Ondoorlaatbare zone , geen meting: 1 pt
Hydraulische geleidbaarheid	K (m/s)	In situ in de 50 eerste centimeters van de grond ter plaatse (Tests <i>INFOFICHES</i> : Matsuo , Porchet , Porchet Tube), de dubbele ring-methode	$\geq 10^{-4}$: 5 pt $10^{-5} \leq X < 10^{-4}$: 4 pt $10^{-6} \leq X < 10^{-5}$: 3 pt $10^{-7} \leq X < 10^{-6}$: 2 pt $< 10^{-7}$: 1 pt

⁶ Bepaling en lokalisering van een compacte laag naargelang de diepte, te vergelijken met profiel- en terreinwaarnemingen voor interpretatie.

		Opgelet! Het aantal uit te voeren onderzoeken komt overeen met de 'kluit aarde'-strategie gedeeld door 3 (naar boven afgerond) gelijkmatig verdeeld over de gehele homogene zone	Ondoorlaatbare zone , geen meting: 1 pt
Waterhuishouding van de bodem	/	Kluit aarde Waarnemingen: 0-30 cm Hydromorfievlakken ⁷	Geen waarnemingen: 5 pt Roestvlekken (slick): 3 pt Blauwgrijze tot groene vlekken (permanente grondwaterlaag): 1 pt
Aanvullende terreinparameters specifiek voor de berekening van de sub-indexen			
Invasieve uitheemse soorten (planten)	/	Visuele waarneming op de schaal van de homogene zone	Niet aanwezig : 5pt Aanwezig op een oppervlakte kleiner dan 15% van de homogene zone: 3pt Aanwezig op een oppervlakte groter of gelijk aan 15% van de homogene zone: 1pt
Helling	/	Visuele waarneming van de helling op de homogene zone : indien meerdere observaties dient de meest representatieve genomen te worden	Niet aanwezig: 5pt Matige of korte lichte helling: 3pt Sterke of lange lichte helling: 1pt
Plantenbedekking	/	Visuele waarnemingen van de meest representatieve plantenbedekking van de homogene zone	Moestuin, Weide of massief: 5pt Gazon of intensieve landbouw: 3pt Gebrek aan bodembedekker: 1pt

Legende:

- Structuur: organisatie van de vaste componenten van een bodem;
- Stabiliteit van de aggregaten: deze wordt gewaarborgd door de exsudaten van het bodemleven, die werken als een natuurlijk bindmiddel van de aggregaten ertussen;
- Verdichting: toename van de dichtheid en afname van de porositeit (lucht en water) van de bodem. Een verdichte bodem belemmert de wortelontwikkeling, vermindert de waterinfiltratie...
- Hydraulisch geleidingsvermogen: meet het vermogen van water om door de bodem te stromen;
- Waterhuishouding van de bodem: beoordeelt de mate van hydromorfie van de bodem;
- Invasieve uitheemse soorten (planten) : plantensoorten die door de mens in het territorium en buiten hun natuurlijk verspreidingsgebied zijn geïntroduceerd. Hun ontwikkeling bedreigt de bestaande natuurlijke ecosystemen;
- Helling : de schuinite van het terrein;
- Plantenbedekking : type bodembedekkende vegetatie (weide, massief, moestuin, gazon, intensieve landbouw);
- Het aantal verdichtings- en hydraulische geleidbaarheidsproeven wordt bepaald naar gelang de oppervlakte van de homogene zones van het terrein:

⁷ Index die in aanmerking moet worden genomen met uitzondering van natuurlijke wetlands.

2.2. Parameters van het laboratorium:

Indicator		Eenheid	Diepte, type monster en analysemethode	Weging	
pH		/	Monsterneming: 0-30 cm Mengmonster pH-KCl in het laboratorium	$6,5 \leq X < 7,5$: 5 pt $6 \leq X < 6,5$ of $7,5 \leq X < 8$: 4 pt $5,5 \leq X < 6$ of $8 \leq X < 8,5$: 3 pt $5 \leq X < 5,5$ of $8,5 \leq X < 9$: 2 pt $5 \geq$ of $9 \leq$: 1 pt	
CEC tot pH neutraal		cmol/kg	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Cobaltihexamine (norm ISO 23470)	≥ 35 : 5 pt $25 \leq X < 35$: 4 pt $15 \leq X < 25$: 3 pt $8 \leq X < 15$: 2 pt < 8 : 1 pt	
Fertiliteits-parameters ⁸	P	mg/100g droge materie	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Extractie met ammoniumacetaat + EDTA bij pH 4,65 (methode van Lakanen en Erviö)	$\geq 10,9$: 5 pt $8,2 \leq X < 10,9$: 4 pt $6,1 \leq X < 8,2$: 3 pt $4 \leq X < 6,1$: 2 pt < 4 : 1 pt	
	K	mg/100g droge materie	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Extractie met ammoniumacetaat + EDTA bij pH 4,65 (methode van Lakanen en Erviö)	$\geq 24,4$: 5 pt $19,6 \leq X < 24,4$: 4 pt $16,4 \leq X < 19,6$: 3 pt $12,9 \leq X < 16,4$: 2 pt $< 12,9$: 1 pt	
	Mg	mg/100g droge materie	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Extractie met ammoniumacetaat + EDTA bij pH 4,65 (methode van Lakanen en Erviö)	$\geq 19,8$: 5 pt $14,8 \leq X < 19,8$: 4 pt $12 \leq X < 14,8$: 3 pt $9,7 \leq X < 12$: 2 pt $< 9,7$: 1 pt	

**De laagste
parameter-
score**

⁸ Deze puntenberekening is gebaseerd op de meest voorkomende situaties; bij aanwezigheid van bodems met extreme kenmerken (zeer zandige of zeer kleiige, zeer zure of zeer basische bodems, enz.) zullen deze punten moeten worden genuanceerd. Het betreft hier dan de **biologisch beschikbare** fertiliteitsparameters.

	Ca	mg/100 g droge materie	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Extractie met ammoniumacetaat + EDTA bij pH 4,65 (methode van Lakanen en Erviö)	≥317: 5 pt 261≤X<317: 4 pt 225≤X<261: 3 pt 189≤X<225: 2 pt < 189: 1 pt	
Verhouding C/N	/		Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster N totaal: Methode door droge verbranding ISO 13878 C: zie totaal organisch koolstof Specificeer ook afzonderlijk de koolstof- en stikstofwaarden (mg/100 g)	8≤X<10: 5 pt 10≤X<12: 4 pt 12≤X<15 of 6≤X<8: 3 pt 15≤X<20: 2 pt ≥20 of <6: 1 pt	
Microbiële biomassa		mg C/kg	Monsterneming: 0-30 cm Samengesteld monster Techniek: chloroform fumigatie, inschatting aan de hand van een berekening vanaf het gehalte aan microbieel stikstof	≥643: 5 pt 465≤X<643: 4 pt 340≤X<465: 3 pt 242≤X<340: 2 pt < 242: 1 pt	
Totaal organische koolstof		% m.s.	Monsterneming: 0-30cm Samengesteld monster Droge verbranding (ISO 10694)	≥ 3,3: 5 pt 1,6≤X<3,3: 4 pt 1,3≤X<1,6: 3 pt 1,2≤X<1,3: 2 pt < 1,2: 1 pt	
Aanvullende laboratoriumparameter specifiek voor de berekening van sub-indexen					
Textuur	U, E, L G A, P, Z S		0-30 cm Kluit aarde Analyse van de deeltjesgrootte in het laboratorium Pedologische classificatie Lefebure et al., 2018	Z S : 5pt P : 4pt L G A : 3pt E : 2pt U : 1pt	

Legende:

- CEC: deze waarde beschrijft het vermogen van de bodem om de mineralen voor de planten op te slaan. Hoe hoger deze waarde, hoe hoger het aantal kationen dat wordt vastgehouden (grootte van de "koelkast" neemt toe). De CEC-waarde van een bodem hangt af van de hoeveelheid klei en organische stof die hij bevat, maar ook van de aard van deze elementen en de pH-waarde van de bodem.
- Verhouding C/N: beschrijft het relatieve gehalte aan koolstof en stikstof in de bodem en wordt gebruikt om de mate van afbraak (mineralisatie) van organisch materiaal door levende organismen te beoordelen;
- Microbiële biomassa: hoeveelheid koolstof van levende organismen die zich in de bodemmicroben (bacteriën, schimmels) bevinden;
- TOK: Meting van de organische koolstof in de bodem. Maakt een indirecte beoordeling mogelijk van de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem. Ook een indicator van het vermogen van de bodem om koolstof op te slaan (door de werking van micro-organismen);
- Textuur: de verdeling van minerale deeltjes in de bodem (klei, leem en zand) naar grootteklasse;
- De vruchtbaarheidsparameters worden hier beoordeeld aan de hand van de concentratie fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg) en calcium (Ca) in de bodem. De resultaten moeten bij de interpretatie worden genuanceerd in het licht van de andere factoren die van invloed zijn op de vruchtbaarheidsparameters (textuur, pH en CEC).

3. Bepaling van de IBKB^{Pro}

3.1. Berekeningsmethode

Berekening van de referentiewaarden

Op basis van de verschillende resultaten van de analyses (kluit aarde, samengestelde monsters) kunnen de referentiewaarden voor elke parameter per homogene zone worden bepaald (ondoorlaatbaar en doorlaatbaar).

Specifiek geval van terreinparameters

In het geval van meerdere waarnemingen voor dezelfde kluit aarde, een gewogen gemiddelde maken volgens de dikte van elke waarneming en deze waarde afronden naar de dichtstbijzijnde eenheid. Deze waarde is de representatieve waarde voor de parameter van deze kluit aarde.

In het geval van een homogene zone die meerdere onderzoekpunten omvat, moet per parameter een gemiddelde worden genomen om de referentiewaarde voor de zone te verkrijgen.

Deze referentiewaarden kunnen vervolgens worden gebruikt om de IBKB^{Pro} en de sub-indexen te berekenen.

Keuze van relevante parameters volgens het type homogene zone

Er dient opgemerkt te worden dat een homogene ondoorlaatbare zone *de facto* een degradatie inhoudt van de fysieke parameters van de bodem: structuur, stabiliteit van aggregaten en verdichting. Deze parameters moeten automatisch als onvoldoende worden beschouwd en er moet een score van 1 punt aan worden toegekend zonder veldmetingen uit te voeren.

De parameters die moeten worden gemeten per type homogene zones worden in de volgende tabel vermeld:

TERREINMETINGEN	Homogene doorlaatbare zones	Homogene ondoorlaatbare zones
Structuur	X	Geen meting (1pt)
Stabiliteit van de aggregaten	X	Geen meting (1pt)
Verdichting	X	Geen meting (1pt)
Hydraulische geleidbaarheid	X	Geen meting (1pt)
Waterhuishouding van de bodem (hydromorfie)	X	X
METINGEN IN HET LABO	Homogene doorlaatbare zones	Homogene ondoorlaatbare zones
pH KCl	X	X
CEC	X	X
Fertiliteitsparameters (P, K, Mg, Ca)	X	X
Verhouding C/N	X	X
Microbiële biomassa	X	X
COT	X	X

Berekening van de index per homogene zone

De berekening van de index per homogene zone wordt hieronder uitgelegd:

Deze formule moet worden toegepast binnen elke homogene zone (*i*), zowel ondoorlaatbaar als doorlaatbaar

$$IBKB_i^{Pro} = \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Waarbij

- $IBKB_i^{Pro}$: Index voor de Brusselse bodemkwaliteit binnen een homogene zone *i*
- P_i : Referentiewaarde voor elke parameter van de homogene zone *i*
- N_p : Totaal aantal gemeten parameters

De aanwezigheid van ophogingen van slechte kwaliteit kan de intrinsieke kwaliteit van de bodem negatief beïnvloeden, of het nu gaat om bijvoorbeeld een verontreiniging, of om de aanwezigheid van potentieel afval. Hoe groter het gehalte aan bodemvreemd materiaal, hoe meer de kwaliteit van de ophoging wordt aangetast.

In die zin dient per homogene zone een penaliteitsfactor in de vorm van een percentage te worden toegepast op de index van de bodemkwaliteit ($IBKB_i^{Pro}$) in functie van de hoeveelheid bodemvreemd materiaal waargenomen per zone volgens, en dit volgens volgende tabel:

Percentage waargenomen bodemvreemd materiaal	Penaliteitspercentage toegepast op de index
< 1 %	Geen penaliteit
Tussen 1 en 10 %	-15 %
Tussen 10 en 25 %	-25%
>25 %	-35%

Het percentage aan bodemvreemd materiaal wordt bepaald per homogene zone en is een gemiddelde van de percentages bepaald in de metingen voor deze zone.

Eveneens dient bij een aangetoonde bodemverontreiniging volgens de ordonnantie bodem (perceel in de categorie 3 of 4), op de index voor de bodemkwaliteit per homogene zone een penaliteitsfactor in de vorm van een percentage te worden toegepast ($IBKB_i^{Pro}$) volgens de volgende tabel:

Risico	Penaliteitspercentage toegepast op de index
Risico-onderzoek (standaard gebruik) toont de afwezigheid van risico's aan	-25%
Geen risico-onderzoek, of risico-onderzoek (standaard gebruik) toont de aanwezigheid aan van een risico, of unieke verontreiniging in (afwachting van) behandeling	-35 %

De toegekende penaliteiten voor ophogingen en verontreinigingen zijn niet cumulatief. Indien in een zone zowel bodemvreemd materiaal als een aangetoonde verontreiniging aanwezig is, wordt enkel de belangrijkste penaliteit behouden.

Berekening van de globale index per perceel

De globale $IBKB^{Pro}$ van het perceel wordt verkregen via de volgende formule:

$$IBKB_G^{Pro} = \frac{\sum (IBKB_i^{Pro} * A_i)}{A_I}$$

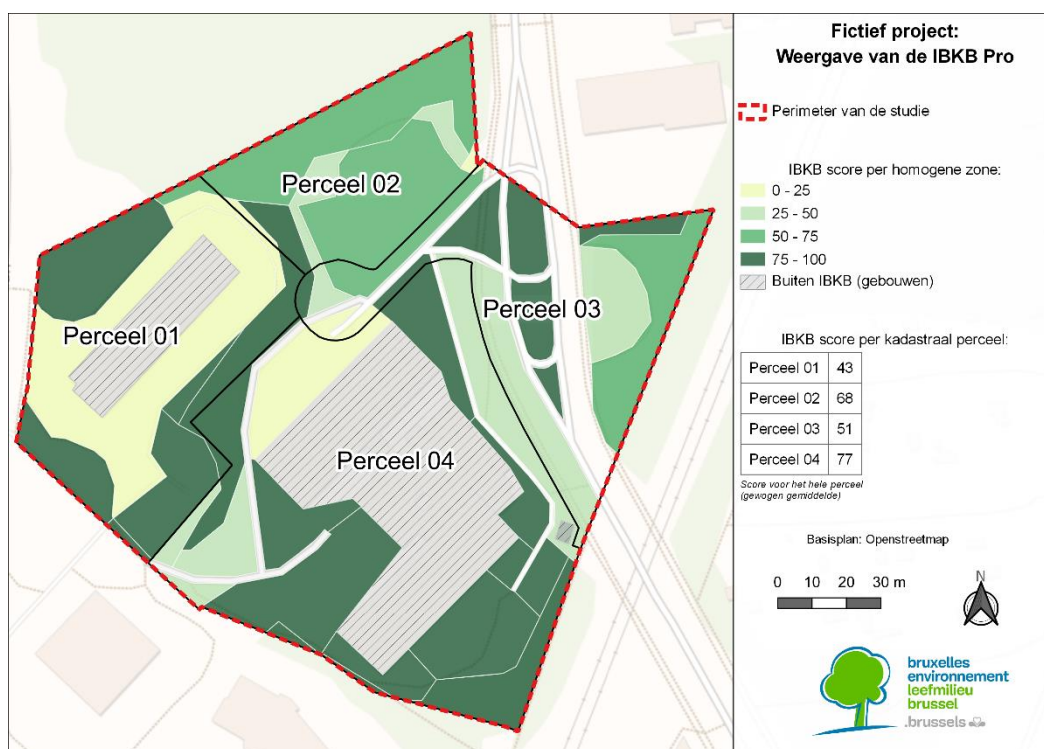
Waarbij

- $IBKB_G^{Pro}$: algemene Brusselse bodemkwaliteitsindex voor het hele perceel
- A_i : oppervlakte van de homogene zone i op het perceel
- A_I : oppervlakte van alle homogene zones van het perceel

Om het jullie gemakkelijker te maken kunnen jullie het “[Excel](#)” bestand downloaden dat beschikbaar is op onze webpagina $IBKB^{Pro}$.

3.2. Interpretatie

De *IBKB^{Pro}* is een bewustmakingsinstrument waarmee projectdragers het begrip bodemkwaliteit zo vroeg mogelijk kunnen integreren in het ontwerp van hun stedenbouwkundige projecten. Om de interpretatie van de index voor de opdrachtgever van de studie te vergemakkelijken, gebruikt de expert een kaart van dit type:



Afbeelding 1: voorbeeldweergave van een fictief geval

Belangrijke opmerking:

De expert spreekt zich uit over de betrouwbaarheid van de index, met name op basis van het aantal parameters dat werd opgenomen in de analyse of op basis van de omvang van de bebouwde zone van het perceel.

4. Interpretatie van de *IBKB^{Pro}*

De interpretatie van de IBKB Pro gebeurt per perceel, op basis van de "berekening van de globale index". Deze score maakt het dusdanig mogelijk om, op basis van onderstaande tabel, een klasse toe te wijzen aan het perceel in kwestie:

<i>IBKB^{Pro}</i>	Klasse	Interpretatie
Tussen 100 en 75	Bodem van klasse A	Bodem van goede tot zeer goede kwaliteit zonder gebruiksbeperking Bodems van klasse A zijn bodems van goede tot zeer goede kwaliteit zonder beperkingen wat het gebruik betreft. Dit zijn gronden met optimale fysische, chemische en biologische parameters die een maximum aan ecosysteemdiensten kunnen leveren. Bodems van klasse A zijn bodems die behouden en behandeld moeten worden met veel zorg. Deze bodems moeten zo goed mogelijk doorlatend, niet verdicht en begroeid blijven. Ook is het eveneens wenselijk om deze gronden niet af te graven, of, indien dit wel het geval is, ze ter plaatse te hergebruiken.
Tussen 74 en 50	Bodem van klasse B	Bodem van een middelmatige tot goede kwaliteit met weinig gebruiksbeperkingen Bodems van klasse B zijn bodems van een middelmatige tot goede kwaliteit met een aantal beperkingen wat de ecosysteemdiensten betreft die zij kunnen leveren. Voor deze bodems moeten conservatieve maatregelen worden genomen om de achteruitgang ervan in de toekomst te beperken/voorkomen en/of de bodem-water- en bodem-luchtverhoudingen te verbeteren/optimaliseren indien de bodems worden gecultiveerd. Afgezien van de specifieke gevallen die verband houden met de natuurlijke processen/omgeving, hebben deze bodems nog een potentieel voor verbetering met betrekking tot hun fysische, chemische en biologische parameters. Het verdient de voorkeur deze bodems zo doorlatend mogelijk te houden, hun vegetatie te behouden of te stimuleren en de verdichting ervan te voorkomen. Indien deze gronden zouden worden afgegraven, moet er worden nagegaan of ze ter plaatse kunnen worden hergebruikt of vooraf kunnen worden verbeterd.
Lager dan 50	Bodem van klasse C1	Bodem van een middelmatige kwaliteit maar met hoge toegevoegde waarde Bodems van klasse C1 zijn bodems met (grote) beperkingen voor de ecosysteemdiensten die ze kunnen leveren, maar waarvan het huidige gebruik moet worden behouden vanwege hun bijzondere bijdrage aan het behoud van bepaalde interessante ecosysteemdiensten (bijvoorbeeld: waterkringloop, biodiversiteit). Deze bodems hebben over het algemeen lagere parameters, maar zijn niet noodzakelijkerwijs het gevolg van degradatie door menselijke activiteiten of slecht beheer. Het kunnen bijvoorbeeld bepaalde van nature armere bodems zijn met een unieke biodiversiteit voor deze omgevingen die behouden moet

		blijven, of zelfs bosomgevingen die van nature neigen tot verzuring en een verlies van nutriënten.
	Bodem van klasse C2	Bodem van een zwakke kwaliteit en gedegradeerd waarvoor een behandeling vereist is, maar waarvoor de behandeling momenteel niet realiseerbaar is Bodems met een kwaliteitsklasse C2 zijn vergelijkbaar met klasse C1-bodems in hun vermogen om ecosysteemdiensten te kunnen leveren, maar hun verbetering wordt momenteel als weinig relevant of zelfs onmogelijk beschouwd, bijvoorbeeld vanwege een technische onmogelijkheid of onverenigbaarheid met de huidige functie of het gebruik van het terrein. Bijvoorbeeld, voor een terrein dat momenteel ondoorlaatbaar is door het gebruik van het terrein en indien er geen intentie is om dit gebruik te veranderen, is het niet mogelijk om de bodem te verbeteren. Dit is ook het geval voor intensief gebruikte terreinen (zoals bv. een sportveld), zolang dit gebruik niet verandert, is het eveneens niet relevant om deze bodem te behandelen want hij zou nadien weer snel degraderen.
	Bodem van klasse D	Bodem van een zwakke en gedegradeerde kwaliteit waarvoor een behandeling vereist is Klasse D-bodems zijn vergelijkbaar met klasse C1 en C2-bodems in termen van hun lage capaciteit om ecosysteemdiensten te kunnen leveren. Behandeling is echter mogelijk en moet worden uitgevoerd. Deze bodems zullen verbeterd moeten worden zodat ze op korte, middellange of lange termijn waardevolle ecosysteemdiensten kunnen leveren.

5. Analyses van de diensten en bedreigingen

5.1. Analyses van de ecosysteemdiensten

Met behulp van de metingen en waarnemingen op het terrein zal de prestatie van elke ecosysteemdienst binnen elke homogene doorlaatbare zone kunnen worden beoordeeld (IE_i).

Om relevantieredenen worden de indices van de ecosysteemdiensten van de ondoorlaatbare homogene zone niet berekend.

Hoewel de te overwegen diensten talrijk zijn, hebben we er vier prioritaire geselecteerd, dit in overeenstemming met de plannen die verdedigd worden door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en gevalideerd in het kader van onze Good Soil-strategie. Het gaat om de volgende diensten:

- de dienst ter ondersteuning van plantengroei en habitats voor biodiversiteit (herbergen van fauna en flora);
- de dienst inzake voedselvoorziening (productie van voedingsmiddelen);
- de dienst voor regulering van de watercyclus (filteren van oppervlaktewater, sekwestratie van atmosferische koolstof);
- de dienst voor regulering van het klimaat (koolstofopslag).

Meer informatie vindt u op onze internetpagina: [de diensten die geleverd worden door de bodems](#).

Met elke ecosysteemdienst stemmen parameters overeen die specifiek zijn voor de kwaliteit ervan en die moeten worden opgenomen in de berekening van de sub-indexen per ecosysteemdienst.

Deze indicatoren zijn opgenomen in de volgende tabel:

TERREINMETINGEN	Ondersteuning voor plantengroei en habitats voor biodiversiteit ⁹	Voedselvoorziening	Regulering van de watercyclus	Regulering van het klimaat
Structuur	x	x	x	x
Stabiliteit van de aggregaten	x	x	x	x
Verdichting	x	x	x	
Hydraulische geleidbaarheid			x	
Waterhuishouding van de bodem (hydromorfie)	x	x	x	
Invasieve planten	x			
LABORATORIUMMETINGEN	Ondersteuning voor plantengroei en habitats voor biodiversiteit	Voedselvoorziening	Regulering van de watercyclus	Regulering van het klimaat
pH-KCl	x	x		
CEC	x	x		
Voedingsstoffenstatus (P, K, Mg, Ca)	x	x		
Verhouding C/N	x	x		
Microbiële biomassa	x	x		
COT	x	x		x
Textuur			x	

De berekening van de prestatie-index voor elke ecosysteemdienst (IE_i) gebeurt op gelijkaardige wijze als de $IBKB^{Pro}$:

$$IE_i = \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Waarbij

- IE_i : Prestatie-index van de Brusselse bodem van de Ecosysteemdienst X voor de homogene zone i
- P_i : Referentiewaarde voor elke parameter van de betreffende ecosysteemdienst voor de homogene zone i
- N_p : Aantal parameters gemeten voor de betreffende ecosysteemdienst

Naar analogie met de IBKB per homogene zone, kan de aanwezigheid van ophogingen van slechte kwaliteit de capaciteit van de bodem om ecosysteemdiensten te leveren negatief beïnvloeden.

⁹ Pas op: er kunnen voor gebieden van ecologisch belang lage indicatoren voorkomen. Deze gebieden kunnen echter een specifieke biodiversiteit hebben, aangepast aan een specifieke (gedegradeerde) omgeving.

Dezelfde penaliteitfactor wordt dusdanig toegepast op de ecosysteemdiensten in het geval van de aanwezigheid van bodemvreemd materiaal, en dit volgens de volgende tabel:

Percentage waargenomen bodemvreemd materiaal	Penaliteitpercentage toegepast op de index
< 1 %	Geen penaliteit
Tussen 1 en 10 %	-15%
Tussen 10 en 25 %	-25%
>25 %	-35%

Het percentage aan bodemvreemd materiaal wordt bepaald per homogene zone en is een gemiddelde van de percentages bepaald in de metingen voor deze zone.

Wat een bodemverontreiniging betreft, wordt de penaliteitfactor enkel toegepast in het geval van een verontreiniging in (afwachting van) behandeling (inclusief risico-onderzoek) of in geval van een verontreiniging die een risico inhoudt in het standaard scenario, en dit volgens de volgende tabel:

Statuut van de verontreiniging	Ondersteuning voor plantengroei en habitats voor biodiversiteit	Voedselvoorziening	Regulering van de watercyclus	Regulering van het klimaat
Geen risico-onderzoek, of risico-onderzoek (standaard gebruik) toont de aanwezigheid aan van een risico, of unieke verontreiniging in (afwachting van) behandeling	-20%	Verminderd tot maximum 49%	Verminderd tot maximum 49%	-20%

De toegekende penaliteiten voor ophogingen en verontreinigingen zijn niet cumulatief. Indien in een zone zowel bodemvreemd materiaal als een aangetoonde verontreiniging aanwezig is, wordt enkel de belangrijkste penaliteit behouden.

Om u te helpen met deze formules, kan u het Excel-bestand downloaden dat beschikbaar is op de internetpagina van de *IBKB^{Pro}*.

De door de bodem geleverde ecosysteemdiensten worden beoordeeld op basis van de volgende drempelwaarden:

IE_i	Beoordeling
$\geq 70\%$	Bereikt
$40\% \leq X < 70\%$	Toereikend
$X < 40\%$	Onvoldoende

De expert vat deze informatie samen in een overzichtstabel voor elke homogene zone (zie voorbeeld hieronder). In die tabel kan de lezer via een kleurensysteem snel de ecosysteemdiensten achterhalen

die door een bodem ofwel worden bereikt, of daarentegen toereikend of onvoldoende behaald worden.

Bovendien zal de expert ook **één of meerdere kaarten van de studiezone** maken om de ruimtelijke variabiliteit (tussen de homogene zones) aan te tonen van de ecosysteemdiensten.

Ecosysteemdienst	IE_i	Beoordeling	Verantwoording
1. Ecosyst. Dienst	X	<i>Bereikt</i>	<i>Bijvoorbeeld: De resultaten van test X in combinatie met die van test Y ondersteunen onze interpretatie. Daarom is de Ecosyst. Dienst 1 bijzonder goed vervuld in deze zone</i>
2. Ecosyst. Dienst	X	<i>Onvoldoende</i>	...
3. Ecosyst. Dienst	X	<i>Niet van toepassing</i>	...
4. Ecosyst. Dienst	X	<i>Toereikend</i>	...

5.2. Analyse van de degradaties (of de bedreigingen van degradatie)

Op vergelijkbare wijze als de indices van ecosysteemdiensten en met behulp van metingen en waarnemingen in het veld of in het laboratorium, is het mogelijk om de degradaties (of de bedreigingen van degradatie) die de bodem aantasten of er op wegen te beoordelen en om representatieve indices te berekenen voor de mate van bodemdegradatie voor elke homogene zone.

Deze degradaties kunnen worden beoordeeld aan de hand van een index die is vastgesteld op basis van specifieke indicatoren. De degradaties die door deze index worden beschouwd, zijn de volgende :

- Verlies van organische stof
- Verlies van biodiversiteit
- Erosie
- Verlies van voedingsstoffen
- Verdichting

De volgende tabel toont de lijst met indicatoren voor het evalueren van de degradatie-index per homogene doorlaatbare zone:

TERREINMETINGEN	Tekort aan organische stof	Verlies van biodiversiteit	Erosie	Verlies van voedingsstoffen	Verdichting
Structuur		X	X		X
Stabiliteit van de aggregaten		X	X		
Verdichting		X	X		X
Hydraulische geleidbaarheid			X		
Waterhuishouding van de bodem (hydromorfie)		X			
Invasieve planten		X			
Plantenbedekking			X		
Helling			X		
LABORATORIUMMETINGEN	Tekort aan organische stof	Verlies van biodiversiteit	Erosie	Verlies van voedingsstoffen	Verdichting
pH-KCl		X		X	
CEC		X		X	
Voedingsstoffenstatus (P, K, Mg, Ca)		X		X	
Verhouding C/N		X		X	
Microbiële biomassa		X			
COT	X	X		X	
Textuur			X		

De berekening van de index van elke degradatie (ID_i) wordt op dezelfde manier berekend als de $IBKB^{Pro}$ -index, maar is omgekeerd evenredig met de quotering van de parameters (hoe lager de quotering per parameter, hoe groter de degradatie-index en hoe meer dus de bodem gedegradeerd is):

$$ID_i = 100 - \frac{\sum(P_i)}{N_p} * \frac{100}{5}$$

Waar,

- ID_i : Index voor de degradatie van de bedreiging X van de Brusselse bodem binnen een homogene zone i
- P_i : Referentiewaarde voor elke parameter van de bedreiging in acht genomen voor de homogene zone i
- N_p : Totaal aantal gemeten parameters voor de in acht genomen bedreiging

Een tabel met oplijsting van de degradaties (of de bedreigingen van degradatie) die de bodems beïnvloeden, wordt bij het verslag van de *IBKB^{Pro}* gevoegd. Deze tabel zal gebaseerd zijn op de degradatie-indexen en op eventuele andere waarnemingen om de meest gevoelige degradaties (of bedreigingen van degradaties), hun intensiteit en hun locatie te bepalen. Indien nodig kan ook een kaart met de locatie van de bedreigingen worden opgesteld.

Degradatie	ID	Locatie	Verantwoording
1. Degradatie		Zone A	<i>Waarnemingen op het terrein (zie foto's) + analyseresultaat van de parameters X en Y</i>
2. Degradatie		Zone B	...
3. Degradatie		-	<i>Niet van toepassing</i>
4. Degradatie		Zone D	...
5. Degradatie		-	<i>Niet van toepassing</i>

Meer informatie vindt u op onze website: [De bodem onder druk](#).

5.3. Toewijzing van sub-indexen per perceel

Om de sub-index voor een ecosysteemdienst X op niveau van het perceel toe te wijzen: neem de maximale waarde van deze dienst voor alle zones aanwezig op het perceel als volgt:

Bijvoorbeeld	Ondersteuning voor plantengroei en habitats voor biodiversiteit	Voedselvoorziening	Regulering van de watercyclus	Regulering van het klimaat
Zone A	25	49	60	75
Zone B	50	60	65	70
Perceel X	50	60	65	75

Om de sub-index van een degradatie X op niveau van het perceel toe te wijzen: neem de maximale waarde van deze degradatie voor alle zones op het perceel aanwezig als volgt:

Bijvoorbeeld	Tekort aan organische stof	Verlies van biodiversiteit	Erosie	Verlies van voedingsstoffen	Verdichting
Zone A	0	60	20	80	10
Zone B	50	35	40	10	25
Perceel X	50	60	40	80	25

6. Advies

De deskundige kan indien nodig een advies formuleren om de bodemkwaliteit te verbeteren, de ontwikkeling van een ecosysteemdienst te bevorderen en/of de strijd aan te binden tegen een bedreiging voor de bodem.

De deskundige zal aanbevelingen doen wat betreft de te bebouwen zones (bodems van slechtere kwaliteit), in voorkomend geval, betreffende zones die doorlaatbaar moeten worden gemaakt (bodem met een hoger potentieel om ecosysteemdiensten te vervullen) en betreffende de bodems die behouden moeten worden voor ecosysteemdiensten (bodems van betere kwaliteit).

Dit punt is afhankelijk van het niveau van concretisering van het lopende project en de wensen van de opdrachtgever van de studie.

Bijlage: Referenties

Test	Français
VESS test	Guimarães, R.M.L., Ball, B.C., and Tormena, C.A. (2011) adaptée de Boizard, H. et al., in Baize, D. et al., (2013), Evaluation Visuelle de la Structure des horizons de surface des sols cultivés (VESS) , Canton de Vaud, INRA, Hepia, 2018
Slake test	Lambert, M., Vlamincq, N., Maughan, N., Richelle, L., Visser, M., (2018), Guide d'observation et pistes d'action pour des sols vivants en maraîchage , Laboratoire d'Agroécologie de l'Université Libre de Bruxelles
Verdichting: penetrometrische staaf	Tomis, V., Turillon, C., Duparque, A., (2018), Guide méthodique de la tige « pénétro » , projet Sol-D'Phy
	Nederlands
	English