

INDICATOR:

ONDOORLAATBAARHEID VAN DE BODEM

THEMA: WATER EN AQUATISCH MILIEU

1

BELANG VAN DE INDICATOR EN ELEMENTEN VOOR INTERPRETATIE

Vraag achter de indicator:

Wat is het aandeel ondoorlatende oppervlakken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest?

Context van de indicator:

- Milieuproblematiek die aan de basis ligt van de indicator: impact van verstedelijking op de watercyclus, de bodemgezondheid, de vergroening, het klimaat (hitte-eilanden)
- Keuze van de indicator: Europa heeft zichzelf strategische doelen gesteld als het gaat om het ruimtebeslag van de bodem (zie de 'te behalen kwantitatieve doelstellingen' hieronder). In het daaruit voortvloeiende voorstel voor een richtlijn inzake bodemmonitoring en -veerkracht is de mate van ruimtebeslag en ondoorlaatbaarheid van de bodem één van de indicatoren voor de gezondheidstoestand van de bodem.
- Brusselse context: De mate van ondoorlaatbaarheid van de bodem in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd in kaart gebracht tijdens een studie in 2006, evenals de evolutie ervan sinds 1955. Een update van deze kaart was nodig, niet alleen om de **overstromingsrisicobeoordeling** te herzien, maar ook om de stadsuitbreiding en de andere **milieueffecten** ervan te beoordelen.
De opvolging van deze indicator is ook nodig om de uitvoering van maatregelen tegen de ondoorlaatbaarheid van de bodem te beoordelen, met name in het kader van geïntegreerd regenwaterbeheer (GRW), de Brusselse Good Soil-strategie, die in 2024 is aangenomen in toepassing van de Europese strategie en de toekomstige richtlijn inzake bodemgezondheid, en de Europese wet inzake natuurherstel die in 2024 is aangenomen.

Te bereiken kwantitatieve doelstellingen en, desgevallend, statuut van de streefdoelen:

- Op mondiaal niveau:

Een van de Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen van de Verenigde Naties (15.3) is om tegen 2030 'de woestijnvorming tegen te gaan, aangetast land en gedegradeerde bodem te herstellen, ook land dat wordt aangetast door woestijnvorming, droogte en overstromingen, en te streven naar een wereld die qua landdegradatie neutraal is'.

- Op Europees niveau:

Europa heeft zichzelf **tegen 2050 'nul netto ruimtebeslag'** van bodems tot doel gesteld. De Bodemstrategie voor 2030 van de Europese Commissie neemt deze doelstelling over en **verplicht de lidstaten om ambitieuze doelen te stellen voor het terugdringen van het netto ruimtebeslag tegen 2030** op nationaal, regionaal en lokaal niveau en om verslag uit te brengen over de geboekte vooruitgang. Dit heeft geresulteerd in een voorstel voor een richtlijn inzake bodemmonitoring en -veerkracht. In dat voorstel wordt het concept 'ruimtebeslag' omschreven als de omzetting van natuurlijk en half natuurlijk landschap in kunstmatig land, evenals het verlies van het vermogen van de bodem om ecosysteemdiensten te leveren.

Daarnaast verplicht de Europese Natuurherstelwet, die in 2024 is aangenomen, de lidstaten om tegen 2030 20% van de terrestrische habitats te herstellen en tegen 2050 alle ecosystemen die hersteld moeten worden. Stedelijke gebieden moeten hun groene ruimten en bomenbestand in stand houden.

- Op Brussels niveau:

Op gewestelijk niveau is er nog geen kwantitatieve doelstelling vastgelegd.

De in 2024 goedgekeurde Brusselse Good Soil-strategie voorziet in een verminderingstraject tegen 2050, voorafgegaan door een studie. Ze voorziet ook in compensatie van ruimtebeslag van nieuwe grond door de bescherming en het herstel van bodems van hoge kwaliteit.



De herziening van het gewestelijk bestemmingsplan (GBP), die nog lopende is, zou ervoor kunnen zorgen dat groene gebieden die nu bebouwbaar zijn, niet bebouwbaar worden, in toepassing van de wet op natuurherstel.

2 METHODOLOGISCHE FUNDERINGEN

Definitie:

Deze kaart toont de ondoorlatende oppervlakken waar regenwater niet of moeilijk in de bodem kan infiltreren.

Ondoorlatende oppervlakken bestaan uit kunstmatige verhardingen (zoals straten, pleinen, parkeerplaatsen enz.), gebouwen en verdichte bodems.

Doorlatende oppervlakken komen overeen met vegetatie bedekte bodems, naakte bodems en waterzones.

De methode kan echter geen onderscheid maken tussen halfdoorlatende verhardingen (zie 'moeilijkheden eigen aan de methodologie').

Eenheid:

Binaire classificatie van pixels (1 m x 1 m) doorlatende/ondoorlatende oppervlakken

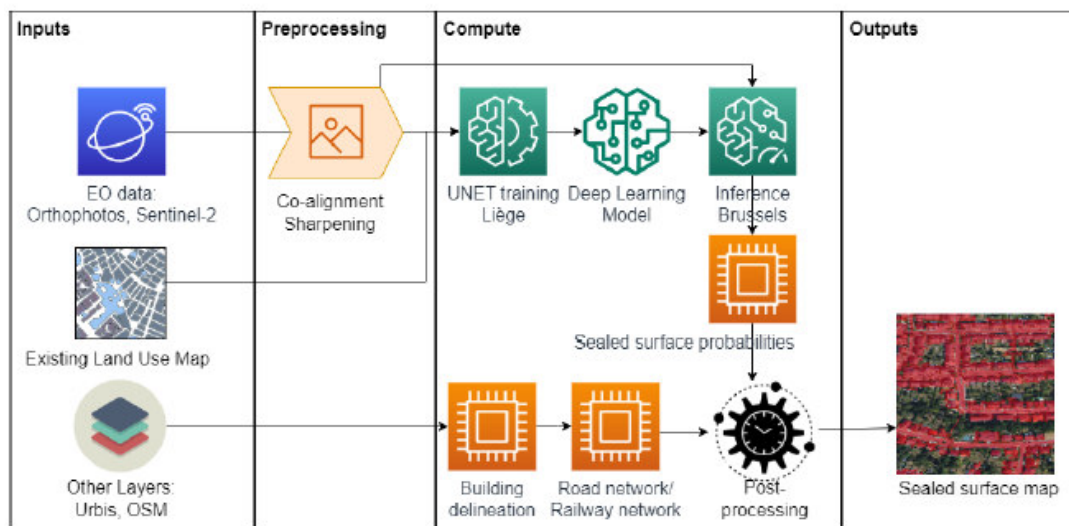
Vervolgens kan een cartografische behandeling worden toegepast om het ondoorlaatbaarheidspercentage (%) van een bepaalde zone te berekenen, zoals een straat, stadsblok, wijk, gemeente, enz. (het aandeel ondoorlaatbare pixels ten opzichte van het totale aantal pixels in de afgebakende zone).

Berekeningswijze en aangewende gegevens:

De methodologie wordt gedetailleerd beschreven in het WEO-studieverslag 2023 (deel 1 en 2 van het verslag - zie bibliografische referenties). Ze maakt gebruik van artificiële intelligentie: een **deep learning-model**.

De verschillende modelvormingsfasen zijn:

- Voorverwerking (*preprocessing*)
- Training (*compute/training*)
- Toepassing of voorspelling (*compute/inference*)
- Nabewerking (*compute/post-processing*).



Schema van de methodologie (uit het WEO-verslag, 2023)

De gebruikte **brongegevens** (om het model toe te passen) zijn:

- **Opensource satellietbeelden van Sentinel-2** (resolutie 10 m), een satelliet van het Europees Ruimteagentschap die elke 5 dagen een beeld van Europa produceert en geoptimaliseerd is voor het monitoren van bodembedekking en vegetatie. Alle beschikbare beelden met minder dan 80% bewolking tijdens de volgende perioden werden gebruikt:
 - Tussen juni en juli 2022 voor de zomer,
 - Tussen januari en maart 2022 voor de winter.

- **Twee orthofoto's** van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest:
 - Een zomerorthofoto van UrbIS (19 juli 2022 - resolutie 40 cm),
 - Een winterorthofoto van Digitaal Vlaanderen (7 maart 2022 - resolutie 15 cm).
- De volledige kenmerken en herkomst van deze gegevens staan in het studieverslag.

De uiteindelijke kaart moest een resolutie hebben van minder dan 5 meter. Opensource satellietbeelden hebben het voordeel dat ze gratis zijn, maar het nadeel dat ze een lagere resolutie hebben dan commerciële beelden. Om de gewenste resolutie te bereiken, moeten deze worden gecombineerd met beelden met een zeer hoge resolutie van minder dan 1 m, d.w.z. orthofoto's (voorverwerkingsfase).

In eerste instantie werden twee voorspellingsmodellen geproduceerd: 'Sentinel-2 zomer' en 'Sentinel-2 winter' (na toepassing).

Vervolgens werd een eindmodel gemaakt dat de 2 voorgaande modellen combineerde (nabewerkingsfase): 'Sentinel-2 gecombineerd'. Door gegevens van 2 seizoenen (zomer/winter) te combineren, valt te profiteren van de voordelen van elk seizoen:

- In de zomer staat de zon hoger en zijn schaduwen dus veel minder groot;
- In de winter is de vegetatie minder ontwikkeld, waardoor het gemakkelijker is om de bodem onder hoge vegetatie (onder de boomkronen) te zien.

Alle leermodellen (**deep learning-model**) vereisen een **trainingsfase** voordat ze worden ingezet. Het model werd getraind op de zones Luik en Charleroi, die werden gekozen omdat ze vergelijkbaar zijn met Brussel en omdat er gegevens van de vereiste kwaliteit beschikbaar zijn. De voor de trainingsfase gebruikte brongegevens zijn:

- Sentinel-2 satellietbeelden: alle beelden beschikbaar tussen juni en juli voor 2018, 2019 en 2020.
- Orthofoto's van Wallonië (resolutie 25 cm) van de Service public de Wallonie: 5 mei - 4 augustus 2018, 5 mei - 4 augustus 2019, 1 april - 24 april 2020.
- Een kaart van het bodemgebruik in Wallonië in 2018, 2019 en 2020 (resolutie 1 m - WALOUS-project), waarvan 93,4% in stedelijke zones.

De **voorverwerking** bestond voornamelijk uit:

- Het maken van een wolkschaduwmasker voor de satellietbeelden,
- Het uitlijnen van orthofoto's met satellietbeelden en vervolgens de combinatie van satellietbeelden uit elke periode tot één beeld (met behulp van het gemiddelde signaal per spectrale band),
- Het verhogen van de scherpte van alle satellietbeeldbanden naar een resolutie van 1 m.

Nabewerking werd toegepast om de nauwkeurigheid van de voorspellingen van het model te verhogen. Dit werd echter bewust beperkt om ervoor te zorgen dat de studie kon worden gereproduceerd met satellietbeelden en dat het resultaat weinig afhankelijk was van andere gegevens. Het is niet altijd gemakkelijk of gegarandeerd om alle historische gegevens te vinden die tijdens deze fase zijn gebruikt.

De nabewerking bleef daarom **beperkt** tot:

- Een combinatie van de ondoorlaatbare oppervlakken van het Sentinel-2 winter- en zomermodel,
- Het behoud van alleen de ondoorlaatbare oppervlakken van het zomermodel in schaduwrijke zones,
- Het gebruik van de laag waterzones (UrbIS) om slecht geclassificeerde pixels om te zetten (van ondoorlatend naar doorlatend).

Deze nabewerking is veel lichter dan de nabewerking die werd toegepast op de 2e kaart die tijdens de studie werd geproduceerd en die werd gebruikt om de evolutie van de ondoorlaatbaarheid in kaart te brengen.

Bron van de aangewende gegevens:

WEO-studie uit 2023, uitgevoerd voor rekening van Leefmilieu Brussel (zie bibliografische referenties)

Aanbevolen periodiciteit voor het bijwerken van de indicator:

Een update zou binnen 5 jaar moeten plaatsvinden.



3 OPMERKINGEN AANGAANDE DE METHODOLOGIE OF DE INTERPRETATIE VAN DE INDICATOR

Beperking van de indicator en gebruiksvoorzorgen:

Prestatie van het model

De nauwkeurigheid van het uiteindelijke model (Sentinel-2 gecombineerd) is **92,3% (f-score)**. Met andere woorden, het model voorspelt de pixelclassificatie in 92,3% van de gevallen correct.

Deze nauwkeurigheid werd beoordeeld door handmatig 7.600 pixels te classificeren in 19 willekeurig geselecteerde verificatieblokken van 20 m * 20 m (400 pixels/blok) uit orthofoto's, Google Street View en UrbIS-lagen.

De f-score is het harmonisch gemiddelde:

- van de nauwkeurigheid (model -> werkelijkheid): 96,0% van de pixels die door het model als ondoorlatend worden geclassificeerd, zijn ook echt ondoorlatend.
- en de recall (realiteit -> model): 88,8% van de werkelijk ondoorlaatbare zones werden correct geclassificeerd in het model.

Bovendien werd 95,3% van de werkelijk doorlatende zones correct gemarkeerd in het model, wat hoger is dan de recall: met andere woorden, **het model heeft de neiging om de werkelijke ondoorlaatbaarheid te onderschatten**.

Voorzorgsmaatregelen voor gebruik

De kaart van de ondoorlatende oppervlakken van 2022 moet NIET worden vergeleken met de kaarten die zijn opgesteld voor de jaren tussen 1955 en 2006. Hiervoor is een andere kaart gemaakt (zie de methodologische fiche voor de indicator voor de evolutie van de ondoorlatende oppervlakken). De modellen verschillen wat betreft:

- De methodologie (brongegevens voor teledetectie, met name nabewerking), De nauwkeurigheid (beter in het geval van de kaart van 2022),
- De resolutie (1 m voor de kaart van 2022, 60 cm en 2,4 m voor de kaart van 2006, 30m voor de evolutiekaarten van 1985 tot 2006 en 1 ha voor de evolutiekaarten van 1955 tot 1985),
- De studiezone (100% vs. 97,7% van het gewestelijke oppervlak).

Moeilijkheden eigen aan de methodologie:

Op het terrein bestaat er een **spectrum van klassen tussen 'volledig doorlatend' en 'volledig ondoorlatend'**.

Een van de belangrijkste doelstellingen van de studie was de reproduceerbaarheid: ze moest dus zo dicht mogelijk gebaseerd zijn op de resultaten van het model (met zo min mogelijk nabewerking). Pixels worden gecategoriseerd volgens de voorspellingen van het model voor bepaalde complexe oppervlakken:

- Spoorweggebieden.
- Zones rond straatbomen (ondoordringbaar als er grind ligt of de bodem sterk verdicht is, doorlatend als er vegetatie is).

Het model maakt echter geen onderscheid tussen ondoorlatende en halfdoorlatende verhardingen. Drie soorten objecten zijn moeilijk te classificeren:

- **Sportterreinen:** het model maakt geen goed onderscheid tussen natuurlijke sportterreinen, die doorlatend zijn (bv. voetbalvelden van natuurgras), en kunstmatige velden, die een variabele doorlatendheid kunnen hebben afhankelijk van de aard van de onderlaag (bv. kunstgrasvelden), halfdoorlatend (bv. tennispleinen van gras of gravel) of ondoorlatend kunnen zijn (bv. tennispleinen van beton). Dit heeft tot gevolg dat kunstgrasvelden als doorlatend worden geklasseerd en tennisvelden van gravel en beton, ondoorlatend worden geklasseerd. Het zou echter wenselijk zijn dat kunstgrasvelden als ondoorlatend worden weergegeven, aangezien hun afvloeiing aanzienlijk hoger en sneller is dan die van natuurlijke grasmatten (zie deel 3 van het WEO-verslag, 2023).
- **Trottoirs of parkeerterreinen met specifieke bodembedekkingen om hun doorlaatbaarheid te verhogen** (bv. drainerend asfalt, honingraattegels, straatstenen met brede voegen) worden door het model geclassificeerd als ondoorlatend.
- **Groendaken:** hun vermogen om regen te absorberen is beperkt, maar is groter bij intensieve groendaken (die over het algemeen als waterdoorlatend worden beschouwd) dan bij extensieve (die als ondoorlatend worden beschouwd). Aangezien het model de diepte van het substraat niet kan zien, worden groendaken geclassificeerd volgens de voorspellingen van het model: over het algemeen als ondoorlatend. Groendaken met moestuinen worden doorlatend geklasseerd, maar zijn eerder zeldzaam in Brussel.

Aanvullende of alternatieve indicatoren ("ideale" indicator):

- Types en doorlaatbaarheid van bodembedekkingen
- Bodemgebruik (gebouwen, wegen, groene zones, waterzones, enz.)

Gegevens ter aanvulling (voor de interpretatie of verfijning van de analyse...):

- Vergroeningspercentage
- Vegetatiebedekking
- Voorzieningen voor GRB (geïntegreerd regenwaterbeheer)

4 VERBANDEN MET ANDERE INDICATOREN OF GEGEVENS (UIT HET RAPPORT OVER DE STAAT VAN HET LEEFMILIEU)

- Groene ruimten en biodiversiteit – Vegetatiebedekking in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- Groene ruimten en biodiversiteit – Fragmentatie van de natuurlijke habitats
- Klimaat – De hitte-eilanden van Brussel in kaart gebracht
- Kartering - Beoordeling en beheer van de overstromingsrisico's

5 VOORNAAMSTE INSTELLINGEN BETROKKEN BIJ HET ONTWIKKELEN VAN GELIJKAARDIGE INDICATOREN (EUROPESE UNIE, BELGIË, ANDERE INDIEN PERTINENT)

- Europees Milieuagentschap – Indicator 'Imperviousness and imperviousness change in Europe' <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/imperviousness-and-imperviousness-change-in-europe>
- Waals Gewest: Etat de l'environnement wallon - 'Imperméabilisation des sols' <http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/SOLS%20Focus%201.htm>
- Vlaams Gewest: Departement Omgeving, Indicator 'Verharding' <https://indicatoren.omgeving.vlaanderen.be/indicatoren/verharding> en Jaarlijkse bodemafdekkingskaart Vlaanderen <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/jaarlijkse-bodemafdekkingskaart-vlaanderen-jaarbak>

6 BIBLIOGRAFISCHE REFERENTIES (METHODOLOGIE, INTERPRETATIE)

- WEO, juli 2023. 'Kaart van de ondoorlatende oppervlakken van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 2022'. Studie in opdracht van Leefmilieu Brussel. Deel 1 en 2. 54 pp. Beschikbaar (enkel in het Frans) op: https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Rapport_Partie_1-2_Carte_Impermeable_Bruxelles_vf.pdf
Deel 3 - Waterdoorlatende bekledingen, groendaken, sportterreinen. 20 pp. Beschikbaar (enkel in het Frans) op: https://document.environnement.brussels/opac_css/doc_num.php?explnum_id=11044
- ULB-IGEAT (S. Vanhuysse, J. Depireux en E. Wolff), oktober 2006. 'Etude de l'évolution de l'imperméabilisation du sol en Région de Bruxelles-Capitale'. Studie in opdracht van het ministerie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – AED – Directie Water. Beschikbaar (enkel in het Frans) op: https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/STUD_2006_ImpermeabiliteSolsRB_C
- VERORDENING (EU) 2024/1991 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 24 juni 2024 inzake natuurherstel en tot wijziging van Verordening (EU) 2022/869. P.B. van 29.7.2024. 93 pp. Beschikbaar op: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991
- EUROPESE COMMISSIE, november 2021. 'EU-bodemstrategie voor 2030 - profiteren van de voordelen van een gezonde bodem voor mens, voedsel, natuur en klimaat'. COM/2021/699 def. Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's. 30 pp. Beschikbaar op: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0699>
- Voorstel voor een RICHTLIJN VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake bodemmonitoring en -veerkracht, juli 2023. COM/2023/416 def. 75 pp+21 pp bijlagen. Beschikbaar op: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0416>
- LEEFMILIEU BRUSSEL, aangenomen in mei 2024. 'Good Soil-strategie. Naar een geïntegreerd en duurzaam beheer van de Brusselse bodems'. 17 pp. Beschikbaar op: <https://leefmilieu.brussels/goodsoil>



7 DEKKING IN TIJD EN RUIMTE

Beschikbare tijdreeks:

2022

Belangrijke opmerking: Er zijn kaarten beschikbaar voor 1955, 1970, 1985, 1993 en 2006 (ULB-IGEAT, 2006), maar die kunnen niet worden vergeleken met deze indicator; hiervoor werd een andere kaart gemaakt: zie 'beperking van de indicator en gebruiksvoorzorgen' en de andere methodologische fiche.

Ruimtelijke dekking van de gegevens:

Gewest, raster van 1m x 1m

Datum waarop de indicator voor het laatst werd bijgewerkt:

Juli 2024

Datum waarop deze methodologische fiche voor het laatst werd bijgewerkt:

Juli 2024