Vlaanderen
is omgeving

Gebiedsgerichte impactanalyse voor bodemerosie op basis van een integraal afwegingskader

Eindrapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgeving.vlaanderen.be

Gebiedsgerichte impactanalyse voor bodemerosie op basis van een integraal afwegingskader

Deze studie heeft tot doel de gebieden in Vlaanderen aan te duiden waar de impact van erosie en sedimentstromen het hoogst is omwille van zowel de negatieve on-site gevolgen (verlies van bodemkwaliteit) als off-site gevolgen (sedimentaanvoer naar waterlopen, waterbekkens, grachten, riolering, wegen, woonkernen, kwetsbare natuur, …). Hiertoe werd samen met alle betrokken stakeholders een integraal afwegingskader opgesteld en toegepast.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid en leden van de stuurgroep.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
omgeving.vlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving, Afdeling Vlaams Planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs
Team Bodem en Omgeving, Departement Omgeving

Alexander De Ruijter, Siemon Mart, Stijn Loose en Ateeq Ur Rehman Sardar – Antea Group
Sacha Gobeyn - Fluves

Publicatiedatum
Maart 2025

Depotnummer
D/2025/3241/101

Wijze van citeren
De Ruijter, A., Mart, S., Loose, S., Ur Rehman Sardar, A. en Gobeyn, S. (2025). Gebiedsgerichte impactanalyse voor bodemerosie op basis van een integraal afwegingskader. Studie uitgevoerd in opdracht van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving. 115 pp.

PARTNERS

MANAGEMENTSAMENVATTING

Dit rapport presenteert een gedetailleerde analyse van de impact van bodemerosie en sedimentstromen op basis van een integraal afwegingskader. De studie, uitgevoerd door Antea Group en Fluves, in opdracht van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving, heeft als primair doel de gebieden in kaart te brengen waar erosie en sedimentatie de grootste impact hebben, zowel on-site (verlies van bodemkwaliteit) als off-site (sedimentaanvoer naar waterlopen en andere kritische zones).

Aanpak en methodologie
Het onderzoek benadert de erosie- en sedimentproblematiek op een holistische wijze, waarbij een uitgebreide data-inventarisatie en multi-criteria analyse (MCA) centraal staan. Het project volgt een gefaseerde aanpak:

1. **Data-inventarisatie:** Identificatie en analyse van relevante data, zowel vanuit modelresultaten als waarnemingen, om inzicht te verkrijgen in de gebiedsdekkende erosie- en sedimentdynamiek binnen Vlaanderen.
2. **Opstellen afwegingskader:** Ontwikkeling van een afwegingskader door een combinatie van expert-input en stakeholder-feedback, waarmee de impactgebieden voor erosie en sedimentatie worden bepaald.
3. **Modelopbouw en analyse:** Ontwikkeling van een conceptueel model, vervolgens uitgewerkt in Python, dat de samenvoeging van data en criteria mogelijk maakt voor een integrale impactbeoordeling.

Belangrijkste bevindingen en resultaten
De uitvoering van de studie heeft geleid tot de ontwikkeling van geavanceerde GIS-kaarten, die de gebieden met de hoogste impact van erosie en sedimentstromen in Vlaanderen visualiseren. De analyse onderscheidt vier hoofdcriteria - Ecologie, Infrastructuur, Watersystemen en Landbouw - elk met specifieke sub-criteria en deelaspecten die bijdragen aan de integrale evaluatie van de erosie-impact.
De bevindingen benadrukken de noodzaak voor gerichte acties in gebieden waar erosie en sedimentatie significante gevolgen hebben voor zowel de natuurlijke omgeving als de menselijke infrastructuur. Het rapport biedt een fundamentele basis voor een doelgerichte implementatie van effectieve erosiebestrijdingsmaatregelen.

Aanbevelingen en vervolgstappen
Het rapport adviseert een voortgezette samenwerking met stakeholders en de toepassing van het ontwikkelde afwegingskader als één van de aspecten voor de planning en uitvoering van erosiebestrijdingsprojecten. Verdere verfijning van het model en de integratie van aanvullende data worden aanbevolen om de nauwkeurigheid van de impactanalyse te vergroten.

Conclusie
Dit rapport vormt een belangrijke bijdrage in de aanpak van erosie- en sedimentproblematiek in Vlaanderen. Door de integratie van multidisciplinaire inzichten en geavanceerde modellering biedt het project een solide basis voor de identificatie van kritieke gebieden en de ontwikkeling van doeltreffende erosiebestrijdingsstrategieën. De finale impactkaart kan worden gebruikt als ondersteunend aspect voor het bepalen van prioritaire locaties door de belanghebbenden en

bevoegde instanties. Het dient echter afgewogen te worden naast bijkomende aspecten zoals bijvoorbeeld financiële en politieke overwegingen.

INHOUDSTAFEL

1 Inleiding 6
2 Integraal afwegingskader 7
2.1 Data inventarisatie 7
2.1.1 Databronnen 7
2.1.2 Waarnemingen 8
2.2 Multi Criteria Analyse 12
2.2.1 Expert gedreven opzet 12
2.2.2 Integraal verfijnen 13
2.2.3 Uitwerking Criteria 13
2.3 Modelopbouw 32
2.3.1 Conceptueel model 32
2.3.2 Methode 35
2.3.3 Detail uitwerking 40
2.3.4 Python Scripts 65
2.3.5 Uitwerking 65
3 Toepassing integraal afwegingskader 69
3.1 Rasterkaarten impact locaties 69
3.1.1 Infrastructuur 69
3.1.2 Watersystemen 73
3.1.3 Landbouw 76
3.1.4 Ecologie 79
3.2 Logica afbakening impactgebieden 82
3.3 Integratie met waarnemingen 85
3.4 kwaliteitscontrole 86
4 Resultaten 87
5 Conclusies 96
6 Afkortingen 98

Bijlagen
Bijlage 1: Stakeholderlijst 100
Bijlage 2: Datalagen 102
Bijlage 3: Vragenlijst waarnemingenportaal 105
Bijlage 4: Enquête vragen en overzicht gewichten 107
Bijlage 5: Model nota 114

1 INLEIDING

Bodemerosie en sedimentafstroming vormen een urgente problematiek in Vlaanderen die nog zal toenemen door de klimaatverandering. De mate van urgentie is echter sterk gebiedsafhankelijk. Dit geldt zowel voor de on-site gevolgen (verlies van bodemkwaliteit) als voor de off-site gevolgen (sedimentaanvoer naar het watersysteem, modderstromen op wegen en in woonkernen, slibafzetting in natuurgebieden, …). Naast de mate van bodemerosie en sedimentafstroming zijn ook andere factoren bepalend voor de urgentie, zoals de aanwezigheid van beschermde natuur of erfgoed, het aantal getroffen woningen, gebiedsafhankelijke waterdoelstellingen en de afname van de bodemkwaliteit.

Om een compleet beeld te krijgen over de totale impact van erosie en de urgentie per gebied worden gebieden afgebakend en gewogen. Hiertoe wordt binnen dit project, samen met alle betrokken belanghebbenden, een integraal afwegingskader opgesteld en toegepast.

In een eerste fase worden alle gegevens verzameld die inzicht bieden in de erosie- en sedimentproblematiek en in relevante gebiedskenmerken die bepalend zijn voor de mate van urgentie. Op basis van historische probleempunten uit de gemeentelijke erosiebestrijdingsplannen gecombineerd met de uitrol van een meldingenportaal en een bevraging van de erosie coördinatoren wordt een waarnemingenkaart opgesteld die locaties van effectieve erosie en sedimentschade bevat. Daarnaast zullen ook modelresultaten van het CN-WS model mee als basis dienen voor de afweging. Tenslotte worden ook gebieden in kaart gebracht die bijzondere aandacht vragen, zoals de gebiedsgerichte prioritering van het integraal waterbeleid, speciale beschermingszones van het natuurbeleid of drinkwaterwingebieden. Op basis van de relevante gegevens uit de data inventarisatie en analyse wordt in een tweede fase een integraal afwegingskader opgesteld. Een eerste uitwerking hiervan wordt voorgesteld aan alle betrokken stakeholders via workshops voor verdere input. Na het verwerken van de verworven input van de stakeholders wordt via een enquête en laatste workshop nogmaals feedback gevraagd waarna een finaal afwegingskader werd ontwikkeld.

De resultaten uit het afwegingskader zijn in de vorm van GIS-kaarten in een 20m x 20m raster formaat. Deze kunnen vervolgens worden geaggregeerd binnen de gewenste grenzen en definiëren de impact gebieden. In deze studie is een aggregatie op de A1 afstroomgebieden uitgevoerd waarvan de resultaten worden gepubliceerd op de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV).

2 INTEGRAAL AFWEGINGSKADER

Om tot een impact weging voor gebieden ten gevolge van de erosieproblematiek te komen, werden vier fases doorlopen. Een uitgebreide data inventarisatie (fase 1) gaf inzichten in welke gegevens beschikbaar, gebiedsdekkend en bruikbaar zijn. Tegelijkertijd werd een Multi Criteria Analyse (MCA) opgebouwd (fase 2) als kapstok voor het afwegingskader waarin de verschillende criteria werden afgebakend door middel van een combinatie van experten en stakeholder input. Op basis van de MCA werd vervolgens een conceptueel model ontwikkeld (fase 3) waarin de verschillende stappen in het afwegingskader uiteengezet werden. Tot slot is het conceptueel model omgebouwd tot een functioneel model (fase 4) in de vorm van een python script dat de grote hoeveelheid aan datalagen samenvoegt en combineert om tot een integrale afweging te komen van welke gebieden een hogere impact ondervinden op basis van de in acht genomen criteria.

Om de uitvoering van de vier fases te faciliteren werden fases één en twee parallel en iteratief uitgevoerd. Zodoende werden eerst 4 hoofdcriteria gedefinieerd om de data inventarisatie richting te geven. Deze hoofdcriteria, afgebakend tijdens het eerste stuurgroep overleg, hadden als doel om de integraliteit van het afwegingskader te faciliteren en zodoende duiding te geven bij de verschillende aspecten die werden overwogen als onderdeel van het afwegingskader. De 4 hoofdcriteria zijn (in alfabetische volgorde):

- Ecologie
- Infrastructuur
- Landbouw
- Watersystemen

2.1 DATA INVENTARISATIE

Het doel van de data inventarisatie fase was om de impact gebieden wat betreft bodemerosie en sedimenttransport in Vlaanderen af te lijnen. In deze analyse werden de beschikbare data geïnventariseerd en geanalyseerd die gebruikt kunnen worden in het model ter bepaling van de impact gebieden. Hierbij werden zowel on-site als off-site effecten geanalyseerd.

- On-site effecten zijn effecten waarbij een verlaging van de bodemkwaliteit optreedt, dit door bodemverlies als gevolg van netto bodemerosie.
- Off-site effecten zijn effecten waarbij er hinderlijke effecten – naar mens en milieu - optreden als gevolg van sedimentstromen en/of sedimentatie.

2.1.1 Databronnen

In de inventarisatie fase werden de verschillende databronnen getoetst op twee criteria om hun bruikbaarheid te evalueren: i) Is het onderwerp van de data relevant voor één van de vier hoofdcriteria? ii) Zijn de data gebiedsdekkend beschikbaar voor Vlaanderen?

Verder kunnen de data ook worden opgedeeld in twee delen:

- Problematiek (erosie, sedimentatie, sedimenttransport of sedimentaanvoer) en

- Gevolg (de impact op één van de 4 hoofdcriteria).

De 'problematiek' data bestaat uit de resultaten van het CN-WS model (2022) welke gepubliceerd staan op de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). Deze datalagen geven een gemodelleerde waarde van de hoeveelheid erosie, sedimentatie, sedimenttransport of sedimentaanvoer (naar VHA, grachten en riolering) op een specifieke locatie. Er is gekozen om de resultaten van het CN-WS model te gebruiken omdat deze data Vlaanderen volledig dekken en bestaan uit uniforme rasterinformatie. Potentiële alternatieven zoals bijvoorbeeld de potentiële erosiekaart, overlappen niet met bepaalde belangrijke socio-economische criteria. Gezien de CN-WS outputdata bestaan uit een rasterformaat van 20x20 meter, werd besloten om deze resolutie te gebruiken voor de verdere modelberekeningen voorafgaand aan de aggregatie tot impact gebieden.

De 'gevolg' data bevat de geselecteerde data die onderdeel uitmaken van de vier hoofdcriteria. Voor **infrastructuur** zijn verschillende datalagen opgenomen van het Grootschalig Referentiebestand (GRB), waaruit informatie over verschillende types infrastructuur (wegen, gebouwen, sporen, …) geëxtraheerd kan worden. Deze worden verder aangevuld met aspecten als de rioolinventaris, erfgoed data en andere infrastructuur gerelateerde datasets. Om de impact op de **ecologie** in te schatten wordt onder andere informatie over beschermingszones, habitattypes, de Biologische Waarderingskaart (BWK), het Vis Informatie Systeem (VIS), etc… gebruikt. Voor **watersystemen** worden datalagen gebruikt van de afbakening van de beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewateren. Tot slot wordt voor **landbouw** gekeken naar de landbouwpercelen en de mate van gevoeligheid voor het verlies van de bodemvruchtbaarheid door toedoen van erosie.

Een compleet overzicht van de gebruikte 'gevolg' data wordt weergegeven gekoppeld aan de uitwerking van de afwegingscriteria in de tabellen in 2.2.3, met een motivatie voor het gebruik per specifieke datalaag en een link naar de bron indien beschikbaar. De meeste opgenomen datalagen zijn publiek beschikbaar met enkele uitzonderingen. Deze laatste werden opgevraagd met behulp van het departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving (VPO). Een totaaloverzicht van al de gebruikte input datalagen, zowel de oorzaak als gevolg lagen, is raadpleegbaar in Bijlage 2: .

2.1.2 Waarnemingen

Een andere bron van informatie wordt verkregen op basis van de Gemeentelijke Erosiebestrijdingsplannen (GEBP). Dit zijn plannen voor (een deel van) het grondgebied van een gemeente waarin de probleemstelling van bodemerosie is opgenomen op lokale schaal.

In het kader van een GEBP wordt een omgevingsanalyse en historische analyse opgesteld ter inventarisatie van de erosieoverlast binnen de gemeente. Op basis hiervan en van de potentiële of actuele bodemerosiekaart wordt een knelpuntanalyse uitgevoerd om impact gebieden te definiëren. Voor deze gebieden wordt vervolgens een planning van mogelijke maatregelen opgesteld om brongericht (de impact van) bodemerosie te reduceren.

De beschikbare data uit de GEBP bestaan onder meer uit resultaten van enquêtes met bewoners/landbouwers, knelpuntgebieden, meldingen van schadegevallen, meldingen van gemeente/brandweer, bodembewerking, gewasrotatie, landgebruik, grachten, waterlopen, afwatering, bestaande maatregelen, potentiële maatregelen, …. Hieruit worden de verschillende lagen geselecteerd die als 'waarneming' (schadegevallen, resultaten enquêtes, meldingen

gemeenten/brandweer, …) geklasseerd kunnen worden en bijgevolg gecombineerd tot één waarnemingen-laag.

De verschillende knelpuntgebieden die in de GEBP zelf werden gedefinieerd worden niet opgenomen in het model aangezien deze voornamelijk gebaseerd zijn op inputparameters die al in rekening worden gebracht. Op deze manier wordt een dubbeltelling van bepaalde criteria vermeden.

Gezien de GEBP door verschillende organisaties werden opgesteld, bestaan er heel wat verschillen tussen deze databronnen. Een eerste verschil is het type geometrie dat gebruikt werd om een waarneming aan te duiden. Dit varieert van eenvoudige puntwaarnemingen tot lijnen en polygonen die grotere gebieden afbakenen. Door deze verschillen in geometrie werden uiteindelijk drie waarnemingenkaarten bekomen, één per geometrie-type. Dit verschil brengt met zich mee dat er een groot verschil ontstaat in de omvang van de waarnemingen tussen gemeenten. Zo zijn er polygonen die grote gebieden afbakenen, terwijl de meeste waarnemingen als punten werden aangeduid. Verder is er ook een verschil te zien tussen het aantal waarnemingen per gemeente. Of dit effectief te wijten is aan minder waarnemingen of een verschil in respons tijdens het opstellen van het GEBP is onduidelijk. De waarnemingenkaart op deze manier integreren in het model zal dan ook een bias introduceren. Daarnaast beschrijven bepaalde waarnemingen zuivere wateroverlast zonder melding van sedimentatie of erosie. Deze punten werden uit de dataset gefilterd wanneer deze informatie aanwezig was. Verder is er een groot verschil per gemeente als men kijkt naar de achterliggende informatie die deze datalagen bevatten. Voor enkele gemeenten is er heel wat extra informatie beschikbaar, o.a. een beschrijving van het probleem, de locatie, de bron, …, terwijl dit voor de meeste gemeenten slechts gedeeltelijk of helemaal niet beschikbaar is. Tenslotte zijn er enkele gemeenten die een GEBP hebben, maar waarvan de GIS-data niet beschikbaar waren.

Om deze problemen omtrent de waarnemingenkaart aan te pakken werd besloten een meldingsportaal op te zetten. Op deze manier konden erosiecoördinatoren, gemeenten en andere actoren waarnemingen aanvullen, valideren en actualiseren om de data over de gemeenten heen homogener te maken. Hiervoor werd een vragenlijst opgesteld om dezelfde informatie uit de meldingen te halen. Ook werd de data in de aanwezige waarnemingen uit de GEBP samengevoegd en vertaald naar drie hoofdattributen, nl. 1_Type_probleem, 2_Beschrijving_probleem, 3_Locatie_waarneming. Voor een uitgebreide beschrijving van wat deze attributen bevatten, wordt verwezen naar de vragen van het waarnemingenportaal. Daarnaast werd voor gemeenten met ontbrekende data een bijkomende rondvraag gedaan bij gemeenten en erosiecoördinatoren naar GIS-data of kaarten. Hierbij werden de ontbrekende gemeenten aangevuld op basis van kaarten en info uit het GEBP, uit zowel digitale als fysieke plannen, die manueel gedigitaliseerd werden.

De combinatie van de GEBP-waarnemingen, samen met de waarnemingen uit het meldingsportaal en bijkomende inventarisaties van gemeentes en erosiecoördinatoren om hiaten in de waarnemingen op te vullen, zorgde voor een verfijnde kaart met waarnemingen dewelke kan worden meegenomen in het afwegingskader. Na overleg met verschillende erosiecoördinatoren tijdens 3 werksessies die georganiseerd werden, werd besloten dat de erosiecoördinatoren de actuele punten voor hun gemeenten zouden inventariseren en doorgeven om waarnemingen zo uniform mogelijk mee te nemen in het afwegingskader. Dit gaat om de belangrijkste actuele en urgente knelpunten waar de komende jaren aan gewerkt zal worden. Deze punten werden

toegevoegd aan de datalaag met punten onder een aparte categorie. Finaal werd beslist om volgende categorieën te hanteren voor de waarnemingenkaart:

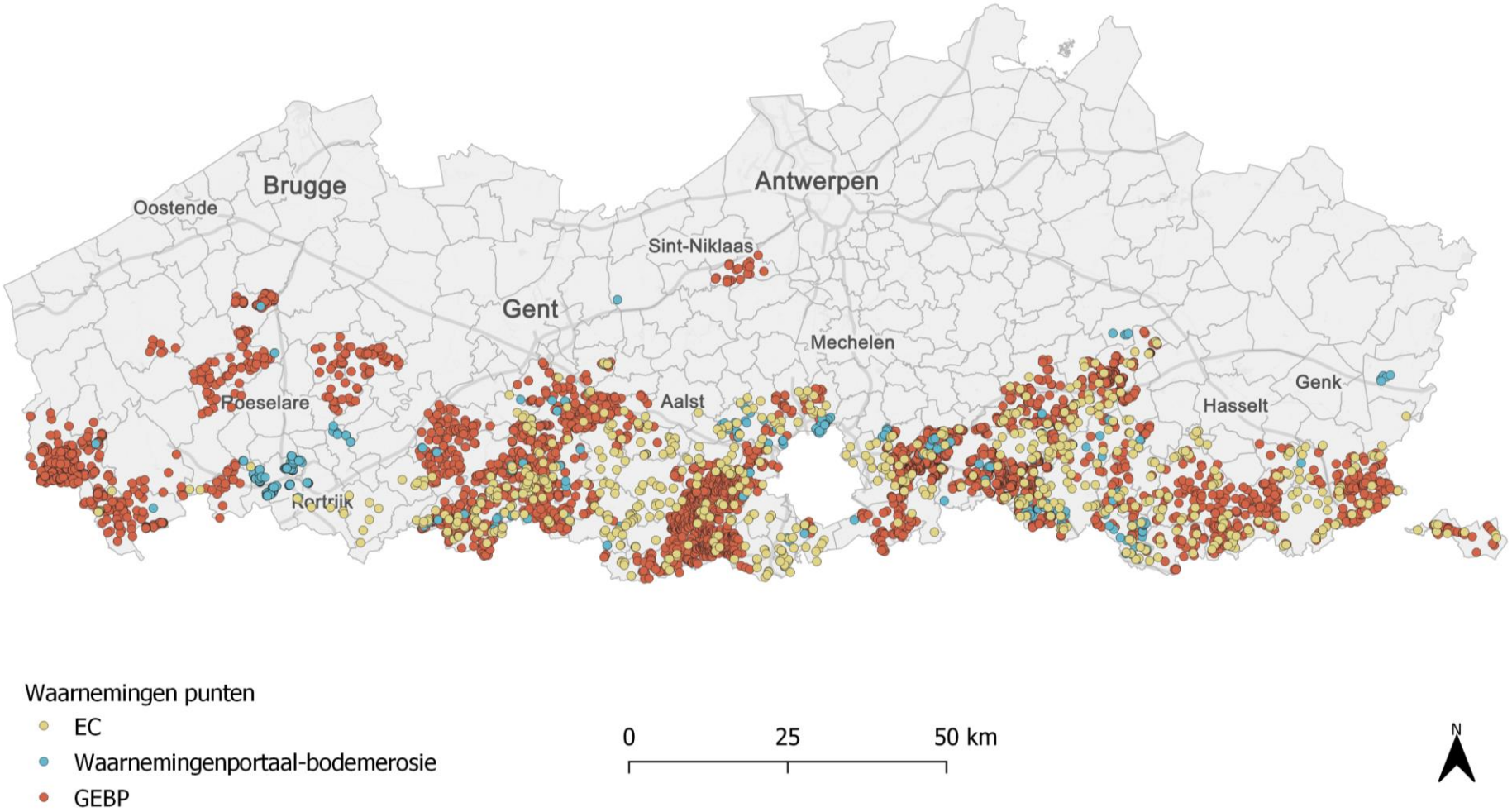
- Historische probleempunten (punten uit de GEBP)
- Gemelde probleempunten (waarnemingenportaal, rechtstreeks bezorgde bestanden, …)
- Urgente probleempunten: (zoals doorgegeven door de erosiecoördinatoren (EC))

Op deze manier worden de historische datapunten uit de GEBP bewaard en kunnen deze worden weergegeven. Omdat het echter moeilijk te achterhalen is welke hiervan vandaag de dag nog actueel zijn, worden deze niet integraal opgenomen in het afwegingskader. Hiervoor dienen de actuele knelpunten, zoals aangegeven door de erosiecoördinatoren. Meldingen worden apart geclassificeerd. Het is de bedoeling dat deze dataset actueel gehouden zal worden door meldingen van het portaal te blijven toevoegen. Deze kunnen, wanneer nodig geacht door een erosiecoördinator, worden opgenomen in de categorie met urgente probleempunten.

Het probleem met verschillen in omvang en geometrie, nl. punten versus lijnen en polygonen die in een aantal GEBP voorkomen, werd eveneens besproken. Hier werd in het algemeen aangegeven dat het ook voor de erosiecoördinatoren moeilijk is om een vertaling naar punten te maken voor de meerderheid van deze gemeenten. De gemeenten waarbij dit mogelijk is, zullen worden omgezet naar punten. Wanneer dit niet mogelijk is, zullen de polygonen en lijnen worden weggelaten uit de waarnemingenkaart. Voor deze gemeenten zullen er dan geen gegevens uit de GEBP te zien zijn, maar uiteraard wel de meldingen en actuele knelpunten.

Het resultaat van de waarnemingenkaart op basis van de verkregen info via de erosiecoördinatoren, gemeentes, het waarnemingenportaal en de GEBP wordt weergegeven in Figuur 1. Hier valt te zien dat voor gemeenten in Limburg, waar wel historische punten voorkomen, geen urgente knelpunten werden aangebracht omdat er geen overzicht hiervan beschikbaar was bij de erosiecoördinator.

Deze data, meer bepaald de urgente probleempunten, werden geïntegreerd in het finale model ter bepaling van de impact gebieden. In tegenstelling tot de (theoretische) gemodelleerde datasets wordt er op deze manier ook rekening gehouden met locaties waar op terrein (effecten van) bodemerosie werden waargenomen.

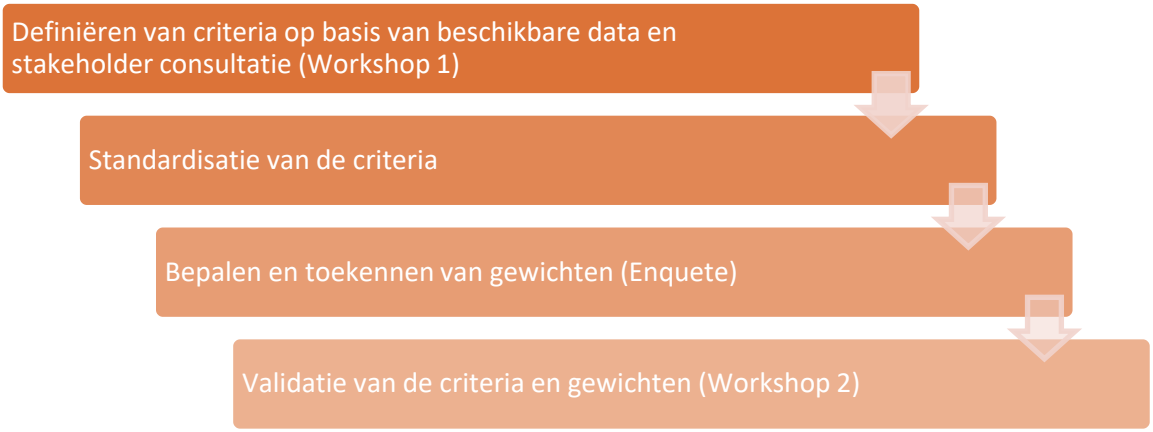


Figuur 1: Waarnemingenkaart opgesteld op basis van informatie uit de GEBP, het waarnemingenportaal en de ontvangen input van gemeentes, en erosiecoördinatoren (EC).

2.2 MULTI CRITERIA ANALYSE

Voor het opstellen van de impact analyse op basis van verschillende criteria wordt gestart vanuit het principe van een Multi Criteria Analyse (MCA). Dit is een systematische analyse om alternatieve oplossingen voor een probleem te rangschikken op basis van verschillende criteria, factoren of indicatoren waaraan een gewicht wordt toegekend. Op basis van de MCA kan bijgevolg een weloverwogen keuze, beslissing of prioritering worden opgesteld en uitgewerkt in een python model.

In het kader van dit project is de eerste stap het definiëren van de criteria (on- en off-site) die in rekening moeten worden gebracht voor de toewijzing van de grootteorde van de impact. Hierbij werden criteria overwogen op basis van de verschillende databronnen en via de input van de stakeholders. Tijdens de eerste workshops werden de criteria, opgesteld in een eerste expert gedreven fase, voorgesteld en afgetoetst met de aanwezige stakeholders en zo nodig aangevuld. In een volgende stap werden de verschillende criteria gestandaardiseerd waar nodig (zie 2.3.2). Dit maakt het mogelijk de data en criteria met verschillende grootteordes later met elkaar te vergelijken en te combineren. Ten derde werden gewichten toegekend aan de voorgestelde criteria. Dit gebeurde in samenspraak met de stakeholders tijdens de workshops en via een enquête om zodoende de uiteenlopende belangen van stakeholders met betrekking tot de verschillende criteria op elkaar af te stemmen. Op basis van de verkregen info over de toe te kennen gewichten werd een nieuw overzicht van toegewezen gewichten voorgesteld aan de stakeholders in een volgende workshop die diende ter finale validatie. Ten slotte werd op basis van de finaal afgestelde MCA een conceptueel model opgesteld dat tot een python model werd omgebouwd. Een overzicht van de MCA-methode voor dit project wordt weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2: Stappenplan van de Multi Criteria Analyse voor het opstellen van een integraal afwegingskader

2.2.1 Expert gedreven opzet

Voor de opbouw van het integraal afwegingskader werd vertrokken van een expert gedreven methode. De methode zelf en de input werden vervolgens afgestemd en verfijnd samen met de belanghebbenden.

Op basis van overleg met de stuurgroep werden de vier eerder vernoemde **hoofdcriteria** afgebakend. Hierbij werd binnen het hoofdcriterium landbouw gefocust op de on-site effecten, zoals

erosie en een lagere bodemkwaliteit, terwijl de drie andere hoofdcriteria telkens de off-site impact van erosie (sedimentatie) per domein vertegenwoordigen.

Elk hoofdcriterium werd verder onderverdeeld in **sub-criteria** op basis van stakeholder input en de beschikbare data om de verschillende impacts per domein in rekening te brengen. Zo werd bijvoorbeeld het hoofdcriterium ecologie opgedeeld in een impactscore voor terrestrische habitat, aquatische habitat en (aquatische) biodiversiteit. Tot slot bestaan een aantal van de sub-criteria uit **deelaspecten**. De deelaspecten zijn een verdere onderverdeling van een sub-criterium en zijn in essentie telkens een aparte dataset. Zo wordt bijvoorbeeld het sub-criterium gebouwen onderverdeeld in private gebouwen, publieke gebouwen en kritieke infrastructuur.

De impact van erosie, sedimentatie, sedimenttransport en sedimentaanvoer op elk van deze deelaspecten en sub-criteria wordt berekend en geaggregeerd per hoofdcriterium. Ten slotte worden alle hoofdcriteria gecombineerd tot een geaggregeerde impactscore die de totale impact van erosie weergeeft. Een gedetailleerde uitwerking van deze procedure en de volledige onderverdeling in sub-criteria worden respectievelijk besproken in hoofdstukken 2.2.3 en 2.3.2. Het conceptuele model en de volledige beslissingsboom worden besproken in hoofdstuk 2.3.1.

2.2.2 Integraal verfijnen

Om de criteria integraal op te stellen werden de voorgestelde (hoofd- en sub-) criteria afgetoetst bij de verschillende stakeholders tijdens workshops en een online bevraging op basis van een enquête. De belanghebbenden die betrokken werden kunnen gegroepeerd worden in lokale overheden, regionale en provinciale overheden en instellingen, waterbeheer en infrastructuurorganisaties, milieu- en natuurbehoudinstanties, landbouw- en erosiebeheerorganisaties en onderzoek en ontwikkelingsinstituten.

2.2.2.1 Eerste workshop

Hierbij werden een reeks opgestelde criteria gevalideerd en was er ruimte om nieuwe (sub)criteria toe te voegen op basis van verder inzicht. De input van deze workshop is verwerkt in 2.2.3. De lijst van stakeholders is te vinden in Bijlage 1: Stakeholderlijst.

2.2.2.2 Enquête

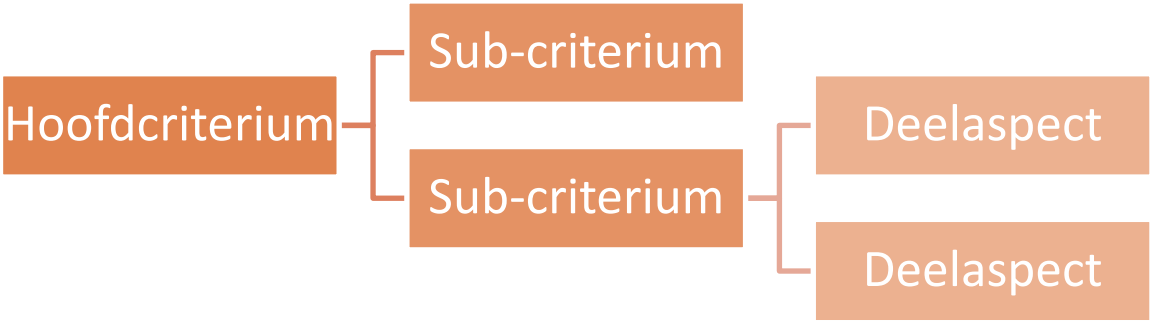
Bevraging van de gewichten voor de (sub)criteria (bepaald en afgebakend tijdens de eerste workshop) is gedaan door middel van een enquête, afgenomen bij de belanghebbenden. De output van de enquête geldt als rechtstreekse input voor het bepalen van de gewichten. Hierbij wordt rekening gehouden met de affiliaties van de bevraagde stakeholders om zodoende gebalanceerde gewichten te bekomen.

2.2.2.3 Tweede workshop

Hierin werden de resultaten van de enquête voorgelegd aan de stakeholders en de bekomen gewichten gevalideerd. Daarbij werd ook dieper ingegaan op het gebruik van de resultaten van de enquête voor het bepalen van de gewichten. Verder werd gebrainstormd over de manier van gebiedsafbakening om van een rasterkaart met een finale impactscore een vectorkaart met impact gebieden te maken. De input van deze workshop werd verwerkt in hoofdstuk 3.

2.2.3 Uitwerking Criteria

Op basis van de combinatie van de expert gedreven en stakeholder input werd een finale onderverdeling van elk hoofdcriterium opgesteld (zie Tabel 1 t.e.m. Tabel 6). Theoretisch kan dit als volgt worden voorgesteld:



Figuur 3: Theoretische voorstelling van de opbouw van een hoofcriterium uit sub-criteria en deelaspecten

De volgende paragrafen geven zowel duiding bij de gekozen sub-criteria en deelaspecten per hoofdcriterium als de redenering om bepaalde mogelijke sub-criteria niet op te nemen. Aan de sub-criteria opgesomd in voorgenoemde tabellen kunnen gewichten worden toegekend. Voor deze oefening is dat op basis van de enquête die gedeeld werd met al de betrokken stakeholders om een bottom-up score te bekomen. Het is in de toekomst echter mogelijk om deze gewichten aan te passen om de grootte van de impact gericht te herverdelen. De enquêtevragen zijn raadpleegbaar in Bijlage 5.

2.2.3.1 Infrastructuur

Tabel 1 geeft de onderverdeling van het hoofdcriterium Infrastructuur weer. Dit hoofdcriterium werd verder onderverdeeld in vijf sub-criteria, nl. gebouwen, wegen, spoorwegen, rioolinfrastructuur en erfgoed.

Binnen gebouwen wordt een onderscheid gemaakt tussen openbare en private gebouwen en kritische infrastructuur (bv. ziekenhuizen, brandweerkazernes, …) op basis van de verschillende datalagen zoals beschreven in Tabel 1. Op deze manier kunnen de verschillende types gebouwen ook onderling een prioriteit toegekend krijgen.

Wegen worden ingedeeld op basis van de hoeveelheid transport en of de weg uitsluitend bedoeld is voor een zwakke weggebruiker (voetgangers, fietsers). Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de wegsegmenten binnen het wegenregister, meer bepaald het attribuut wegcategorie (WEGCAT), zoals gedefinieerd in het Ruimtelijke Structuurplan Vlaanderen[1]. De hoeveelheid transport wordt afgeleid van de wegcategorie.

[1] Departement Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed, Vlaamse Overheid (2011), Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen.

Spoorwegen, zoals opgenomen in het GRB, vormen een aparte categorie en worden niet verder onderverdeeld.

Voor het sub-criterium rioolinfrastructuur werd gekeken naar rioolstrengen en rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI). Er werd besloten dat bij de rioolstrengen enkel regenwaterafvoer (RWA) en gemende riolering worden opgenomen, terwijl droogweerafvoer (DWA) niet wordt opgenomen. Voor de RWZI wordt gekeken naar de impact van sediment op de RWZI-werking door middel van een interne ruimtelijke analyse van Aquafin omtrent de sedimentlast op de RWZIs. Specifiek geven deze data door Aquafin geïdentificeerde knelpunten weer doorheen Vlaanderen, relevant binnen deze opdracht waren de locaties waar leeminspoeling werd geïdentificeerd.

Verder werd erfgoed dat gevrijwaard van erosie en sedimentatie moet blijven omwille van de erfgoedwaarde, toegevoegd. Beschermd erfgoed dat in rekening wordt gebracht bevat o.a. cultuurhistorische landschappen, archeologische sites, monumenten, wetenschappelijk inventaris archeologisch erfgoed, stads- en dorpsgezichten en overgangszones. Deze selectie werd gemaakt op basis van stakeholder input en de tussentijdse versie van de studie 'Bouwstenen voor de analyse van de socio-economische impact van bodemerosie'[2].

[2] Liekens Inge, Van Loo Maarten en Broosens Liesa (2023) Bouwstenen voor de analyse van de socio-economische impact van bodemerosie: een literatuuronderzoek. VITO 2023/RMA/R/2974

Tabel 1: Sub-criteria voor het hoofdcriterium Infrastructuur met verdere opdeling in deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Omschrijving	Motivering	Datalaag	Specifieke attributen (indien van toepassing)	Bron (link)
Gebouwen	**Openbare gebouwen**	Openbare gebouwen die niet onder kritieke infrastructuur vallen.	Sedimentstromen kunnen schade aanrichten aan gebouwen en voor overlast zorgen. De impact verschilt mogelijk in functie van het type gebouw.	Doordruk gebouwen	Openbare gebouwen omvatten faciliteiten die eigendom zijn of beheerd worden door de overheid.	Niet publiek ontsloten – Archief Omgeving Vlaanderen
	Private gebouwen	Private gebouwen die niet onder kritieke infrastructuur vallen.		Doordruk gebouwen	Private gebouwen concentreert zich op gebouwen en voorzieningen die in privaat beheer zijn.	Niet publiek ontsloten – Archief Omgeving Vlaanderen
	Kritieke infrastructuur (gebouwen)	Onder kritieke infrastructuur vallen ziekenhuizen, scholen, etc, maar ook gebouwen met opslag van gevaarlijke stoffen.		Doordruk gebouwen	Kritieke infrastructuur focust op gebouwen met een zorg, onderwijs of disaster response functie, alsook locaties met opslag van gevaarlijke stoffen.	Niet publiek ontsloten – Archief Omgeving Vlaanderen
				Terreinen van Seveso-inrichtingen	*Een volledige index van de classificatie kan worden opgevraagd bij VPO.*	metadata.omgeving.vlaanderen.be

Wegen	**Hoeveelheid transport over weg**	De hoeveelheid transport over een weg duidt aan hoeveel deze weg gebruikt wordt. Dit loopt grotendeels samen met de grootte van de weg (wegcategorie).	Sedimentstromen kunnen schade aanrichten aan wegen, verkeer verstoren of veilig gebruik van wegen inperken. De impact kan verschillen afhankelijk van hoeveel de weg gebruikt wordt.	Wegenregister	WEGCAT in wegenregister: wegcategorieën H, P, S, L en O (zie Tabel 8).	Wegenregister, 23/06/2023 | Downloadtoepassing Digitaal V... (vlaanderen.be)
	Wegen voor zwakke weggebruiker	Wegen die uitsluitend gebruikt worden door zwakke weggebruikers, zoals voetgangers en fietsers.	Zwakke weggebruikers ondervinden hinder van sedimentstromen op de weg, bv. fietspaden, wandelwegen, …	Wegenregister	MORF in wegenregister: morfologische wegklasse = 114; wandel- of fietsweg, niet toegankelijk voor andere voertuigen.	Wegenregister, 23/06/2023 | Downloadtoepassing Digitaal V... (vlaanderen.be)
Spoorwegen	**-**	Spoorlijnen.	Sedimentstromen kunnen spoorlijnen versperren, de ballast verplaatsen of grondverzakkingen veroorzaken en zo sporen beschadigen.	GRB Sbn - spoorbaan		GRB - Sbn - spoorbaan - Catalogus - download.vlaanderen.be
Rioolinfrastructuur	**Riool-strengen**	Regenwaterafvoer (RWA) en gemengde rioolstrengen.	Alleen RWA en gemengde strengen worden beschouwd omdat hier sedimentinstroom mogelijk is. Sediment kan de capaciteit/doorvoer van de riolering doen afnemen. Infiltratiestrengen en bekkens kunnen dichtslibben wat hun infiltrerende werking tenietdoet.	Afvalwater Informatiesysteem (AWIS)	water_af: gemengd en regenwater	Nutsdiensten en overheidsdiensten - Rioleringsnet | Vlaanderen.be
	Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI)	Een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) zuivert het afvalwater	Grotere hoeveelheden sedimentlast in de RWZIs hebben een meerkost tot	Afvalwater Informatiesysteem (AWIS)		Nutsdiensten en overheidsdiensten -

		en hemelwater uit de riolering voor het in het oppervlaktewater terecht komt.	gevolg voor Aquafin. De hoeveelheid sediment in de RWZIs werd door Aquafin geanalyseerd en een overzicht met knelpunten werd opgemaakt door Aquafin waar leem inspoeling werd geïdentificeerd.			Rioleringsnet | Vlaanderen.be
				Interne analyse Aquafin rond de sedimentlast in RWZIs	Uit de Knelpunten rioolinventaris van Aquafin – Categorie omschrijving (Cat_Omschr) - Leeminspoeling	Aquafin knelpunten
Erfgoed	-	Erfgoed dat in rekening wordt gebracht bevat cultuurhistorische landschappen, archeologische sites, monumenten, wetenschappelijke inventaris archeologisch erfgoed (gehelen), stads- en dorpsgezichten en overgangszones.	Erosie en/of sedimentatie vormt een aantasting van de erfgoedwaarde.	Overgangszones bij beschermd onroerend erfgoed		Overgangszones bij beschermd onroerend erfgoed | Vlaanderen.be
				Beschermde stads- en dorpsgezichten		Beschermde stads- en dorpsgezichten | Vlaanderen.be
				Beschermde archelogische sites		Beschermde archeologische sites | Vlaanderen.be
				Beschermde monumenten		Beschermde monumenten | Vlaanderen.be
				Beschermde cultuurhistorische landschappen		Beschermde cultuurhistorische landschappen | Vlaanderen.be
				Wetenschappelijke inventaris archeologisch erfgoed - gehelen		Wetenschappelijke inventaris archeologisch erfgoed - gehelen | Vlaanderen.be

Andere aspecten welke zijn overwogen voor het hoofdcriterium Infrastructuur, maar niet gebruikt zijn:

- Onderscheid tussen hoofdgebouw en bijgebouw: uit het stakeholder overleg is gebleken dat bijgebouwen verschillende doeleinden hebben en vaak ook een belangrijke functie dienen (bv. een beroep uitoefenen), en dat deze daarom niet als minder belangrijk beschouwd mogen worden. Beide zitten dus samen onder desbetreffend private of publieke gebouwen.
- Er werd overwogen om de regenwaterafvoer (RWA) verder op te splitsen en infiltratieleidingen en voorzieningen als apart sub-criterium te beschouwen doordat sedimentatie hun infiltrerende werking kan beïnvloeden. Hiervoor waren echter geen gebiedsdekkende data beschikbaar.
- Droogweerafvoer (DWA): na overleg tijdens de 1e workshop wordt van de theoretische aanname uitgegaan dat er geen sediment in het DWA stelstel terechtkomt aangezien dit huisaansluitingen betreft i.p.v. straatkolken waarin sediment zou kunnen terechtkomen.

2.2.3.2 Watersystemen

Tabel 2 geeft de onderverdeling van het hoofdcriterium watersystemen weer. Hierbinnen werden de sub-criteria waterlichamen, grachten en beschermde drinkwatergebieden opgenomen.

Onder waterlichamen worden al de gebruikelijke categorieën verstaan (onbevaarbaar categorie 1, onbevaarbaar categorie 2, onbevaarbaar categorie 3 en bevaarbaar). plus grotere wateren, zoals meren en vijvers, die opgenomen zijn in de VHA. Daarnaast worden ook grachten die buiten de VHA vallen, apart in rekening gebracht.

Tenslotte worden ook de beschermde gebieden in functie van drinkwaterwinning uit oppervlaktewater meegenomen in de analyse. De impact van sediment op de waterkwaliteit door meegevoerde nutriënten en pesticiden maakt dat dit belangrijke gebieden zijn om te beschermen.

Tabel 2: Sub-criteria voor het hoofdcriterium Watersystemen (geen verdere opdeling in deelaspecten)

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Omschrijving	Motivering	Data laag	Specifieke attributen (indien van toepassing)	Bron (link)
Waterlichamen	-	Bevaarbare waterlopen (waterwegen), onbevaarbare geklasseerde en een aantal niet-geklasseerde waterlopen, alsook meren en vijvers, zoals opgenomen in de Vlaamse Hydrografische Atlas.	Sedimentaanvoer naar waterlopen, waterlichamen en grachten heeft een impact op onder andere de waterkwaliteit en de bufferende werking van het watersysteem. Bovendien moeten bevaarbare waterlopen geruimd worden in functie van scheepvaart en overstromingsgevaar. De impact verschilt mogelijk tussen deze onderdelen van het watersysteem.	Sedimentaanvoer naar VHA (2022) Sedimentaanvoer naar grachten (2022) *Anders dan in de andere datalagen voor de criteria zit de overlap tussen de VHA en grachten, en de sedimentaanvoer al vervat in de problematiek lagen. Bijgevolg worden deze hier wel aangehaald in tegenstelling tot de andere criteria waar enkel de lagen die impact ondervinden worden gegeven.*		Sedimentaanvoer naar VHA-waterlopen (2022) | Vlaanderen.be Sedimentaanvoer naar grachten (2020) | Vlaanderen.be
Grachten	-	Een (baan)gracht is een kleine waterloop, een beek of een sloot, bedoeld voor de af- of aanvoer of het tijdelijk ophouden van oppervlaktewater die niet in de VHA is opgenomen.				

Beschermde drinkwater-gebieden	-	Oppervlaktewaterlichamen die aangewezen zijn voor de onttrekking van water bestemd voor menselijke consumptie en de voor dat toekomstig gebruik bestemde waterlichamen, met inbegrip van de beschermingszones voor die oppervlaktewater-lichamen	Sediment kan drinkwatergebieden verontreinigen door nutriënten en pesticiden vanuit landbouwpercelen mee te voeren. Deze gebieden kunnen daardoor als belangrijker geacht worden t.o.v. andere binnen het watersysteem. Enkel oppervlaktewaterwingebieden worden beschouwd.	Kaderrichtlijn Water: beschermde gebieden ifv de winning van drinkwater uit oppervlakte- en grondwater	Attribuut LOCALID met selectie op OWxxx gebieden.	Geopunt | Digitaal Vlaanderen

Andere aspecten welke zijn overwogen voor het hoofdcriterium Watersystemen, maar niet gebruikt zijn:

- Onderverdeling tussen waterlopen: tijdens de eerste workshop is overeengekomen dat al de waterlopen als even belangrijk worden gezien. Een onderscheid tussen bevaarbaar/onbevaarbaar en de verschillende categorieën wordt dus niet gemaakt.
- Ruimingstrajecten gebruiken om waterlopen een gewicht toe te kennen: ook data over ruimingstrajecten werden overwogen, maar niet opgenomen in de analyse. Voor heel Vlaanderen zijn deze data enkel digitaal beschikbaar voor waterlopen van categorie 1. Er zou een gewicht kunnen worden toegevoegd aan stroomopwaartse waterlopen van deze trajecten, maar dit zou te grote gebieden afbakenen en een vertekend beeld geven. Bijgevolg worden ruimingstrajecten niet meegenomen in de analyse.
- Hydraulische kunstwerken: er werd vastgesteld dat kunstwerken/hydraulische constructies vaak knelpunten voor sedimentatie zijn. Aangezien er veel constructies voorkomen op zowat elke waterloop, geeft het toevoegen van deze aan het model, in het kader van de impact analyse, weinig meerwaarde. Elke waterloop zou op deze manier als prioritair gezien worden met een hoge impact.
- Beschermde grondwaterwingebieden: naast oppervlaktewaterwingebieden werden ook grondwaterwingebieden aangebracht als potentiële impact laag. De impact van de nutriënten/chemicaliën die gepaard gaat met sedimentatie in een gebied met grondwaterwinning, wordt echter ingeschat als niet significant. Bijgevolg wordt deze laag niet gebruikt.

2.2.3.3 Landbouw

Tabel 3 geeft de onderverdeling van het hoofdcriterium Landbouw weer. Dit werd verder onderverdeeld in de sub-criteria blijvend grasland, boomgaarden en akkers. Teeltrotatie doorheen de jaren bemoeilijkt het strikt afbakenen van deze verschillende percelen, dus hierbij wordt gewerkt met een meerjarig gemiddelde van 5 jaar (m.a.w. welk van het subcriteria het meest voorkomt op een perceel in de laatste 5 jaar) voor boomgaarden en akkers. Daarnaast wordt blijvend grasland geïdentificeerd, wat gedesigneerd is als een perceel dat langer dan 5 jaar grasland is.

Verder werd het sub-criterium bodemvruchtbaarheid toegevoegd dat kijkt naar de gevoeligheid van de bodem voor een afname van de bodemvruchtbaarheid bij voortschrijdende erosie (langetermijnseffect). Deze indicator werd vastgesteld o.b.v. de aard en diepte van het substraat en de profielontwikkeling. (Librecht I. & Van Orshoven J., 2003).

Tabel 3: Sub-criteria voor hoofdcriterium Landbouw (geen verdere opdeling in deelaspecten)

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Omschrijving	Motivering	Data laag	Specifieke attributen (indien van toepassing)	Bron (link)
Blijvend Grasland	-	Percelen worden als blijvend grasland (grassen of kruidachtige voedergewassen) beschouwd wanneer ze minimaal vijf jaar niet in de vruchtwisseling van een bedrijf werden opgenomen.	De mate van overlast/schade door erosie en sedimentafzetting op blijvend grasland i.v.m. boomgaarden en akkerland.	Landbouwgebruikspercelen LV, -2022	*Een volledig overzicht van de index en verdeling van de attributen tussen Blijvend Grasland, Boomgaard en Akkerland kan worden opgevraagd bij VPO.*	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2019 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2020 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2021 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2022 | Vlaanderen.be
Boomgaard	-	Percelen met fruit- en notenbomen.	De mate van overlast/schade door erosie en sedimentafzetting in boomgaarden i.v.m. grasland en akkerland.	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018-2022		
Akkerland	-	Percelen met andere gewassen dan deze beschouwd als grasland of boomgaard (bv. maïs, aardappelen, suikerbieten, …).	De mate van overlast/schade van erosie en sedimentafzetting op akkerland i.v.m. grasland en boomgaarden.	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018-2022		
Bodemvruchtbaarheid	-	De gevoeligheid van de bodem voor een daling van de bodemvruchtbaarheid bij voortschrijdende erosie.	Het bodemtype, zoals aangeduid op de Belgische bodemkaart, bepaalt de langetermijnimpact van erosie op de bodemvruchtbaarheid. Het bodemtype wordt onder meer bepaald door de	Bodemkundige erosiegevoelighei dskaart 2003, indicator 3	INDIC3 = -4, -3, -2, of -1 (Zie Tabel 4 en Tabel 5 voor extra info).	Niet publiek - Aandachtzones voor erosiebestrijding Auteur(s): Ireen Librecht, Jos Van Orshoven (2003)

			bodemtextuur en de aard en diepte van het substraat en de profielontwikkeling			

Tabel 4: Beoordelingsfactoren van de mate van bodemvruchtbaarheidsverlies t.g.v. erosie: O : geen of verwaarloosbaar effect op de bodemvruchtbaarheid, - : significante daling van de bodemvruchtbaarheid en + : significante toename van de bodemvruchtbaarheid (bron: Librecht I. & Van Orshoven J., 2003).

		Textuurklasse								
		Z	S	P	L	A	E	U	G	V
Substraat	Zandig <40cm	-	- -	- - -	- - -	- - -	- - -	-	- - -	- - -
	Zandig 40-80cm	O	-	- -	- -	- -	- -	O	- -	- -
	Zandig >80cm	O	O	-	-	-	-	+	-	-
	Kleïig < 40cm	- -	- -	- - -	- - -	- - -	-	-	- -	- -
	Kleïig 40-80cm	-	-	- -	- -	- -	O	O	-	-
	Kleïig > 80cm	O	O	-	-	-	O	O	O	O
	Lemig < 40cm	+++	+++	+ +	+	O	++	++	++	+++
	Lemig 40-80 cm	++	++	+	O	O	+	+	+	++
	Lemig > 80cm	+	+	O	O	O	O	O	O	+
Profiel	a	+	+	+	+	O	O	-	+	+
	b	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	c	+	+	+	+	O	O	-	+	+
	f	+	+	+	O	-	-	O	O	O
	g	+	+	+	O	-	-	O	O	O
	h	+	+	+	O	-	-	O	O	O
	m	+	+	+	+	+	+	+	+	O
	p	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	p(c)	+	+	+	+	O	O	-	+	+
	x	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	B	+	+	+	+	O	O	O	+	+

Tabel 5: Integrale beoordeling van het bodemvruchtbaarheidsverlies t.g.v. erosie (bron: Librecht I. & Van Orshoven J., 2003).

Combinatie (+)		**Invloed substraat**						
		- - -	- -	-	O	+	+ +	+ + +
Invloed profiel	-	-4	-3	-2	-1	O	+1	+2
	O	-3	-2	-1	O	+1	+2	+3
	+	-2	-1	O	+1	+2	+3	+4

Andere aspecten welke zijn overwogen voor het hoofdcriterium Landbouw, maar niet gebruikt zijn:

- Specifieke gewassen: een meer gedetailleerde indeling per gewas werd overwogen, maar verworpen. Een verschil in impact bepalen per gewas is zeer gedetailleerd, heeft duidelijke data over de impact van sedimentatie per gewas nodig en door de uitgebreide uiteenzetting van deelaspecten die nodig zou zijn om ieder gewas te representeren zal een apart gewicht slechts weinig impact hebben op het uiteindelijke eindresultaat. Daarnaast is hier ook een discrepantie in de tijdsschaal die wordt gehanteerd en zou dit als gevolg hebben dat de kaart enkel geldig zou zijn voor het teeltjaar/seizoen waarnaar gekeken werd.
- Ook de impact van het type zaad en het tijdstip in de groeicyclus van het gewas werden aangehaald tijdens de eerste workshop, maar gezien deze moeilijk zijn te begroten gezien de (on)beschikbaarheid van data, zijn ook deze verworpen.

2.2.3.4 Ecologie

Tabel 6 geeft de onderverdeling van het hoofdcriterium Ecologie weer. Dit hoofdcriterium wordt verder onderverdeeld in respectievelijk terrestrische habitat, aquatische habitat en aquatische biodiversiteit. Terrestrische habitat focust op het identificeren en beschermen van gebieden gevoelig voor sedimentatie, waarbij bijzondere aandacht wordt besteed aan terrestrische habitattypes die van belang zijn volgens de Europese Habitatrichtlijn, vogelbroedplaatsen en gebieden met een hoge natuurwaarde. Aquatische habitat richt zich op aquatische habitats die eveneens kwetsbaar zijn voor sedimentaanvoer, waarbij ook gekeken wordt naar de Europese Habitatrichtlijn gebieden en de zoekzones voor instandhoudingsdoelen. De Aquatische biodiversiteit concentreert zich op het beschermen van de leefgebieden van specifieke, door de Habitatrichtlijn beschermde, (dier)soorten. Het gaat om soorten waarvoor in Vlaanderen een soortenbeschermingsprogramma (SBP) is opgezet, met specifieke maatregelen voor het behouden en bevorderen van hun populaties. Hierbij wordt rekening gehouden met de gevoeligheid van deze soorten voor sedimentaanvoer.

De brondata bestaan uit gegevens van habitatrichtlijngebied, vogelrichtlijngebied, VEN-IVON gebieden, de biologische waarderingskaart en de Natura 2000 habitatkaart, zoekzones Instandhoudingsdoelstellingen (IHD) en Soortenbeschermingsprogramma's (SBP). Een uitgebreide motivatie per laag toegekend aan een deelaspect is te vinden in Tabel 6.

Tabel 6: Sub-criteria voor het hoofdcriterium Ecologie met verdere opdeling in deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Omschrijving	Motivering	Data laag	Specifieke attributen (indien van toepassing)	Bron (link)
Terrestrisch habitat	**Sedimentgevoelige terrestrische habitats**	Gevoelige terrestrische habitats worden geselecteerd op basis van expertise m.b.t. de Europese Habitatrichtlijngebieden en de Biologische Waarderingskaart (BWK). Hierbij wordt ook rekening gehouden met belangrijke fauna-elementen en de Natura 2000 habitattypen. De BWK wordt gecombineerd met de BWK-HAB, een vertaling van de Vlaamse vegetatietypes uit de BWK naar de Europese habitattypes.	Terrestrische habitattypes, die beschermd zijn binnen de Europese Habitatrichtlijn, dienen in een goede staat van instandhouding gebracht en gehouden te worden. Een aantal van die types ondervindt rechtstreeks of onrechtstreeks schade door erosie en sedimentatie. De Biologische Waarderingskaart toont binnen Vlaanderen een vlakdekkende beschrijving van de voorkomende vegetatietypes. Bepaalde vegetatietypes zijn verboden te wijzigen en ondervinden een negatieve invloed van erosieverschijnselen. De vertaling naar BWK-HAB dient als input voor de	SBZ-H		Habitatrichtlijn(deel)gebieden | Vlaanderen.be
				Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020	Bwk1 (Hp*, Hpr, mr, so, sf, Hf, Hc)	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 | Vlaanderen.be
				Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 - Hab attribuut	Hab1 attributen: 6510, 6430, 91, F0, 91E0, rbbvos, rbbmr, rbbso, rbbsf, rbbhf, rbbhc	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 | Vlaanderen.be

			selectie van habitattypes die een negatieve invloed ondervinden van erosieverschijnselen.			
	Vogelbroedplaatsen	Het Europees Vogelrichtlijngebied inzake het behoud van de vogelstand.	Binnen de Europese Vogelrichtlijn zijn bepaalde habitattypes aangeduid omwille van het belang voor het voortbestaan van bepaalde soorten (broedvogels). Binnen deze zones dient dus extra aandacht aan deze habitattypes besteed te worden.	Vogelrichtlijn-gebieden		Vogelrichtlijngebieden | Vlaanderen.be
	Gebieden met hoge natuurwaarde	Het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) is het geheel van gebieden met een actuele of potentiële hoge natuurwaarde waarin een specifiek beleid inzake natuurbehoud gevoerd wordt. Het Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk (IVON) voorziet in de instandhouding, ondersteuning, versterking en	Het VEN en IVON beschermen binnen Vlaanderen bepaalde vegetatietypes en kleine landschapselementen die een negatieve impact kunnen ondervinden van erosieverschijnselen.	Gebieden van het VEN en het IVON		Gebieden van het VEN en het IVON | Vlaanderen.be

		verbinding van de natuurkernen d.m.v. natuurverwevingsgebieden en natuurverbindingsgebieden.				
	Historisch Permanent Grasland (HPG)	Alle Historisch Permanente Graslanden (HPG) in Vlaanderen die beschermd zijn door de natuurwetgeving, door een verbod of vergunningsplicht.	Sediment kan een negatief effect hebben op de beschermde graslanden door de bodemzuurtegraad, waterhuishouding en bodemverdichting van het grasland aan te tasten. Deze graslanden vallen onder strengere natuurwetgeving dan blijvend grasland binnen het hoofdcriterium Landbouw.	Historisch permanente graslanden (HPG) en andere permanente graslanden in Vlaanderen beschermd door de natuurwetgeving		Historisch permanente graslanden (HPG) en andere permanente graslanden in Vlaanderen beschermd door de natuurwetgeving | Vlaanderen.be
Aquatische habitat	**Sedimentgevoelige aquatische habitat**	Gevoelige aquatische habitats worden geselecteerd op basis van de Europese Habitatrichtlijngebieden en de Biologische Waarderingskaart (BWK). Hierbij wordt ook rekening gehouden met belangrijke fauna-elementen en de Natura	Aquatische habitattypes, die beschermd zijn binnen de Europese Habitatrichtlijn, dienen in een goede staat van instandhouding gebracht en gehouden worden. Een aantal van die types ondervindt rechtstreeks of onrechtstreeks schade	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020	Bwk1 (Kn, AO en AOn)	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 | Vlaanderen.be
				Biologische Waarderingskaart en Natura 2000	Hab1 attributen: 3270, 3260, 3130, 3140, 3150.	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart -

		2000 habitattypen. De BWK wordt gecombineerd met de BWK-HAB, een vertaling van de Vlaamse vegetatietypes uit de BWK naar de Europese habitattypes.	door erosie en sedimentatie. De Biologische Waarderingskaart toont binnen Vlaanderen een vlakdekkende beschrijving van de voorkomende vegetatietypes. Bepaalde vegetatietypes zijn verboden te wijzigen en ondervinden negatieve invloed van erosieverschijnselen. De vertaling naar BWK-HAB dient als input voor de selectie van habitattypes die negatieve invloed ondervinden van erosieverschijnselen.	Habitatkaart - Toestand 2020 - Hab attribuut		Toestand 2020 | Vlaanderen.be
	Zoekzones Instandhoudings-doelen (IHD)	Teneinde de nog te realiseren doelen binnen de habitatrichtlijngebieden te alloceren, is een kaart met zoekzones opgesteld waarbinnen bepaalde habitattypes kunnen gerealiseerd worden. Deze kaart is in het bijzonder van belang voor de locaties	Gebieden waar natuurdoelstellingen aan verbonden zijn om habitatrichtlijnen te realiseren moeten eveneens beschermd worden van de negatieve invloed van erosieverschijnselen.	Voorlopige zoekzones instandhoudingsdoelen Natura 2000 versie 2	Habtype: 3260	Voorlopige zoekzones instandhoudingsdoelen Natura 2000 versie 2 | Vlaanderen.be

		waar de aquatische types dienen ontwikkeld te worden.				
Aquatische biodiversiteit		Voor de (dier)soorten die binnen de Habitatrichtlijn zijn opgenomen als te beschermen soorten, is er binnen Vlaanderen een Soortenbeschermingsprogramma (SBP) opgemaakt. Dit programma voorziet de maatregelen (en de locaties waar deze moeten uitgevoerd worden) die noodzakelijk zijn om voor de betrokken soorten een stabiele populatie te ontwikkelen.	Het leefgebied van beschermde vissoorten die negatieve invloed ervaren van erosieverschijnselen moet beschermd worden. Binnen het SBP-vissen zijn de soorten kleine modderkruiper, beekprik en rivierdonderpad het meest kwetsbaar voor erosieverschijnselen omwille van het type waterloop die ze prefereren. Ook het SBP van de grote modderkruiper wordt, om dezelfde reden, in rekening gebracht.	Soorten-Beschermings Programma's	Soort (Kleine modderkruiper, beekprik, rivierdonderpad) Soort (grote modderkruiper)	SoortenBeschermingsProgramma's | Vlaanderen.be

Andere aspecten welke zijn overwogen voor het hoofdcriterium Ecologie, maar niet gebruikt zijn:

- Ecologische kwetsbaarheidskaart droogte waterlopen (VMM): deze datalaag is veelal gebaseerd op data die al opgenomen zijn in het model, nl. het voorkomen van een bepaalde habitat en bepaalde vissoorten. Om dubbeltellingen te vermijden werd deze niet als extra modelinput gebruikt.
- Koolstofopslag in de bodem, kaart fysische geschiktheid voor soil organic carbon (SOC) opslag (Soil Organic Carbon Stock Maps for Belgium: mean (40 m grid) | Vlaanderen.be): Deze laag werd voorgesteld door belanghebbenden, ervan uitgaande dat bodemerosie impact zou kunnen hebben op de koolstofopslag van een bodemDit verband is echter niet helemaal sluitend. De data in de SOC kaart werd gemodelleerd op basis van bodemtextuur en bodemdrainageklasse en beschrijft dus eerder de potentie voor koolstofopslag, dan de werkelijke koolstof opslag. De werkelijke opslag hangt van meerdere factoren zoals vegetatie en landgebruik af. De mogelijke assumptie dat erosie de koolstofopslag in de bodem zou verminderen wordt hierdoor verder bemoeilijkt en is daardoor niet opgenomen.
- Terrestrische biodiversiteit: dit wordt in theorie wel meegenomen, maar er zijn geen soorten geïdentificeerd waarvoor een SBP bestaat en die direct last ondervinden van erosie of sedimentatie. Bijgevolg zit het dus niet in het model.

2.3 MODELOPBOUW

De conceptuele uitwerkingen van het model toont hoe de deelaspecten, sub-criteria en de vier hoofdcriteria, nl. Infrastructuur, Watersystemen, Landbouw en Ecologie, worden geaggregeerd tot een eindproduct (Figuur 4 en Figuur 5). Hieronder wordt voor het conceptuele model beschreven hoe de input datalagen worden vertaald naar een modeloutput.

2.3.1 Conceptueel model

Eerst wordt een conceptueel model opgesteld dat de beslissingsboom weergeeft waarop het python-model gebaseerd wordt. Het model bestaat uit 3 fases: Input, Modelweging en Output.

De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in drie categorieën:

- de problematiek: erosie, sedimentatie, sedimenttransport, sedimentaanvoer naar VHA, sedimentaanvoer naar grachten, sedimentaanvoer naar riolering;
- per hoofdcriterium: de gedefinieerde sub-criteria en deelaspecten;
- waarnemingen: probleempunten GEBP, meldingen, actuele urgente probleempunten.

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

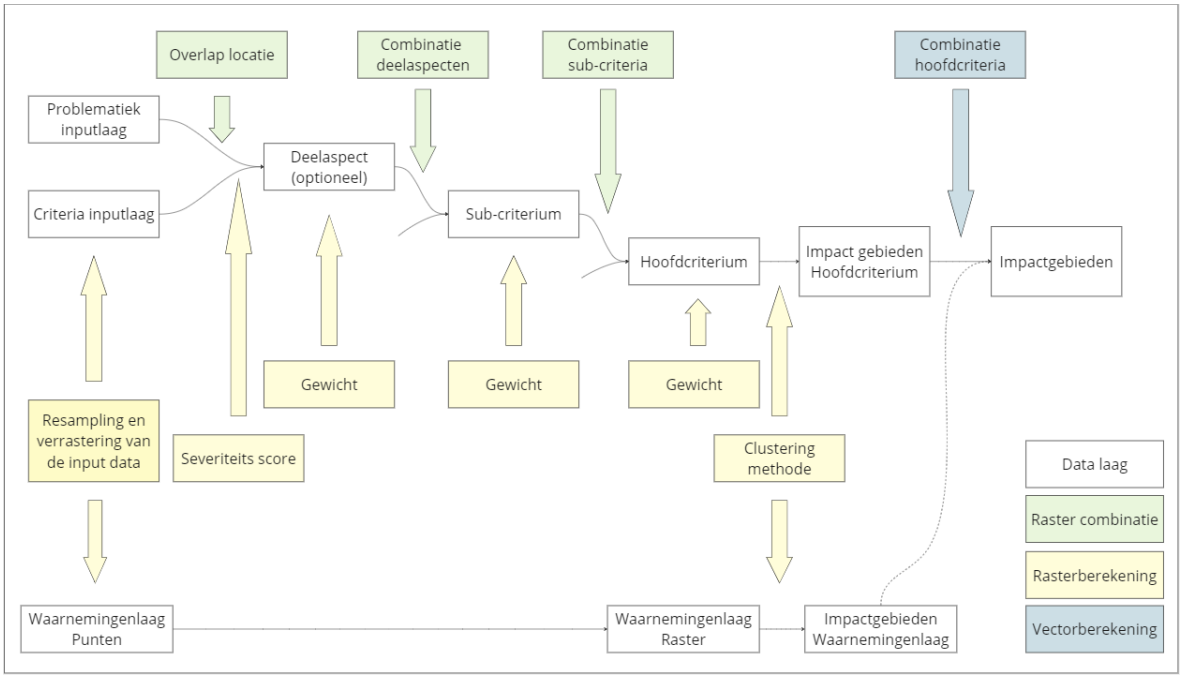
- de overlap locatie tussen de problematiek en de gedefinieerde sub-criteria en deelaspecten; (bv. sedimenttransport over een straat)
- de score voor de severiteit van de problematiek (bv. verschil tussen veel versus weinig sediment);

- het gewicht voor het belang van de gedefinieerde sub-criteria en deelaspecten (bv. mogelijks verschil tussen kritieke infrastructuur en een gewoon huis);

- de trapsgewijze combinatie van de verschillende criteria (hoofdcriteria, sub-criteria en deelaspecten) zoals in Figuur 3.

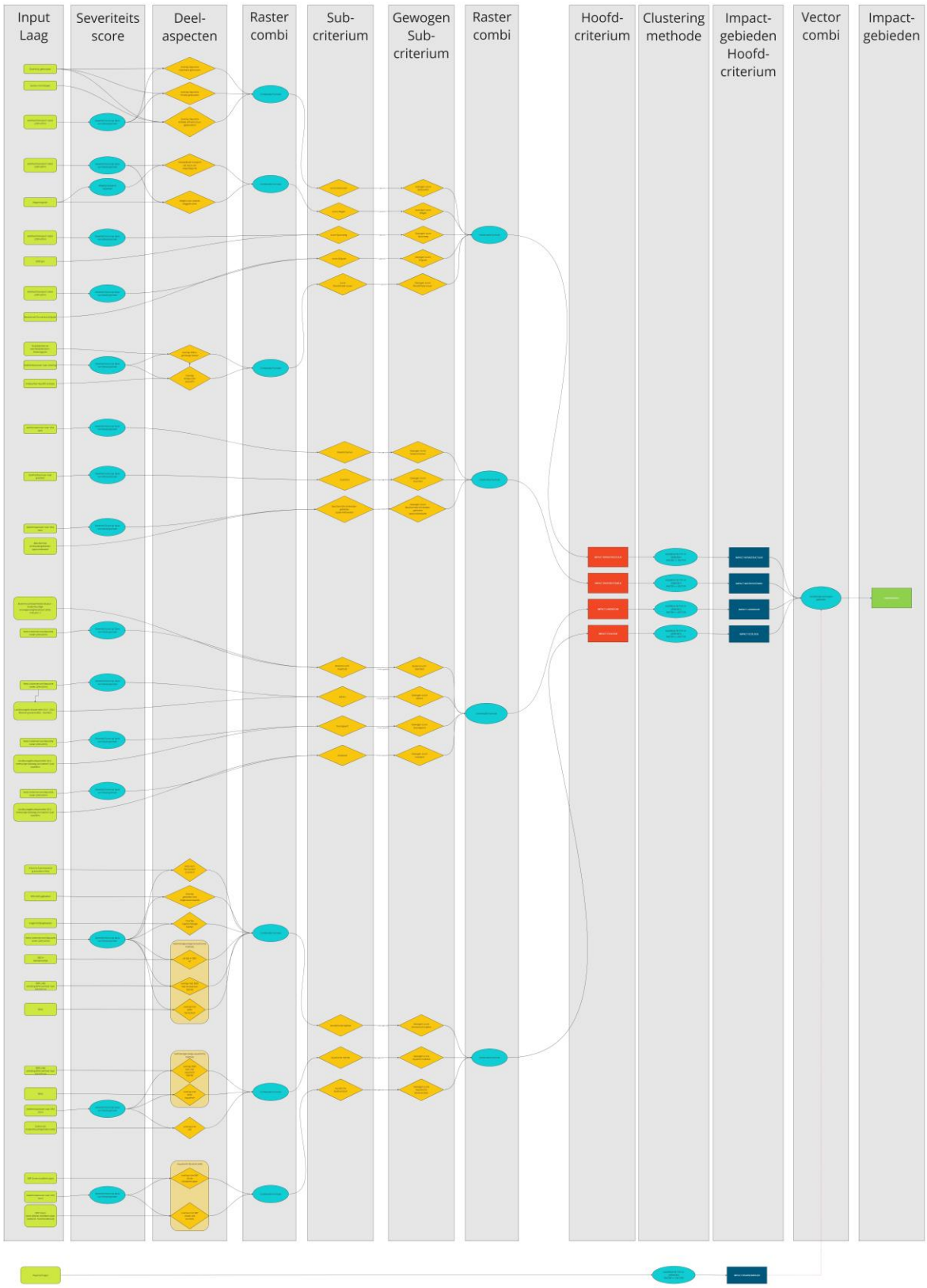
De **output** bestaat uit de clustering van de berekende celwaarde naar de impactgebieden.

Een theoretische voorstelling hiervan kan als volgt worden weergegeven:



Figuur 4: Theoretische voorstelling van het conceptueel model

Het volledige conceptuele model bestaat uit de vier hoofdcriteria, een totaal van 15 sub-criteria, en 14 ondersteunende deelaspecten. De hoofdcriteria worden berekend op basis van de input datalagen, een severiteitsscore voor de mate van de problematiek (erosie en sedimentatie, zie 2.3.2), en een toegekend gewicht om het socio-economisch belang van de criteria in rekening te brengen (zie 2.2.2.2).
Eens de vier hoofdcriteria zijn berekend, worden deze ook gewogen en samengevoegd tot een rasterlaag met één impact score voor elke cel. Om tot slot tot een kaart met impactgebieden te komen, worden de cellen samengevoegd tot de uiteindelijke polygonen. Deze polygonen kunnen bijvoorbeeld afstroomgebieden of statistische sectoren zijn. De schaal van deze impactgebieden was onderdeel van de laatste workshop en werd besproken binnen de stuurgroep. Op basis van de feedback tijdens de workshop en stuurgroep vergaderingen is besloten dat de uiteindelijke afbakening binnen deze opdracht gebeurt op afstroomgebieden met een A1 classificatie (intermediaire afstroomgebieden, zoals afgebakend in het kader van de Stroomgebied-beheerplannen), zoals verder besproken wordt in § 3.1.4.
Het uiteindelijke conceptuele model met al de verschillende criteria wordt hieronder weergegeven in Figuur 5 en opgenomen per onderdeel van de detailuitwerking 2.3.3.

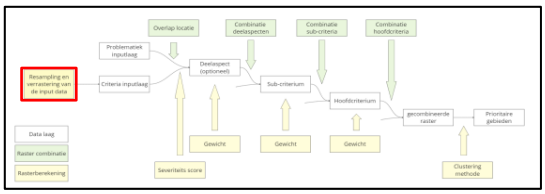


Figuur 5: Totaaloverzicht van het conceptuele model

2.3.2 Methode

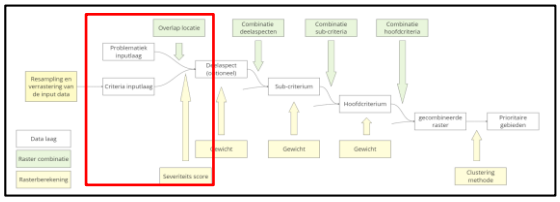
De raster en vector datasets zoals beschreven in 2.2.3worden vertaald naar modelinputs. Deze raster en vector datasets worden vertaald naar verschillende rasters (Lambert 72, EPSG:31370) op een resolutie van 20x20 meter (gekozen op basis van de resolutie van de modelresultaten van het CN-WS model). De resolutie kan in de toekomst echter aangepast worden in functie van nodige rekenkracht en het nodige detail van de resultaten.

De workflow vereist enerzijds de **vertaling van vector elementen naar rasters** ('ALL_TOUCHED'-algoritme) en de **re-sampling van rasters** naar de correcte resolutie. De vector elementen zijn bepaald op basis van de analyse van de beschikbare datasets en in samenwerking met de stuurgroep en stakeholders zoals beschreven in 2.2. De rasters worden resampeld naar de nodige resolutie ('nearest neighbour'-algoritme). Verder wordt de vertaling gedaan naar een gelijke schaal en omvang zodat gelijkaardige geografische definities van de model randvoorwaarden worden bekomen.



De vertaling van de datasets verloopt via het diagram in Figuur 4Figuur 4: Theoretische voorstelling van het conceptueel model Op basis van deze modelinput worden de rasterlagen ontwikkeld waarbij de severiteit van de problematiek bepaald wordt door de hoeveelheid erosie of sediment (vb. hoeveelheid sediment op weg -> score). Dit komt overeen met de **severiteitsscore** van de problematiek.

Omdat de hoeveelheid erosie of sediment van belang is, wordt de severiteit score berekend voor iedere cel op basis van vooraf bepaalde **absolute klassegrenzen** (in ton ha^{-1} $jaar^{-1}$). Deze klassen worden gehanteerd om aan te duiden wat als veel erosie of sedimentatie kan beschouwd worden. Hiervoor wordt een onderscheid gemaakt tussen de gemodelleerde resultaten voor netto erosie en sedimentatie en voor sedimenttransport en sedimentaanvoer. De netto erosie en sedimentatie klassegrenzen zijn gebaseerd op de klassen gehanteerd in het eindrapport Bodemerosierisico-indicator Vlaanderen (Swerts *et al.*,2020). De klassegrenzen voor sedimenttransport en sedimentaanvoer zijn conform de klassen van deze datalagen, zoals weergegeven op de DOV, en werden in samenspraak met VPO vastgesteld.



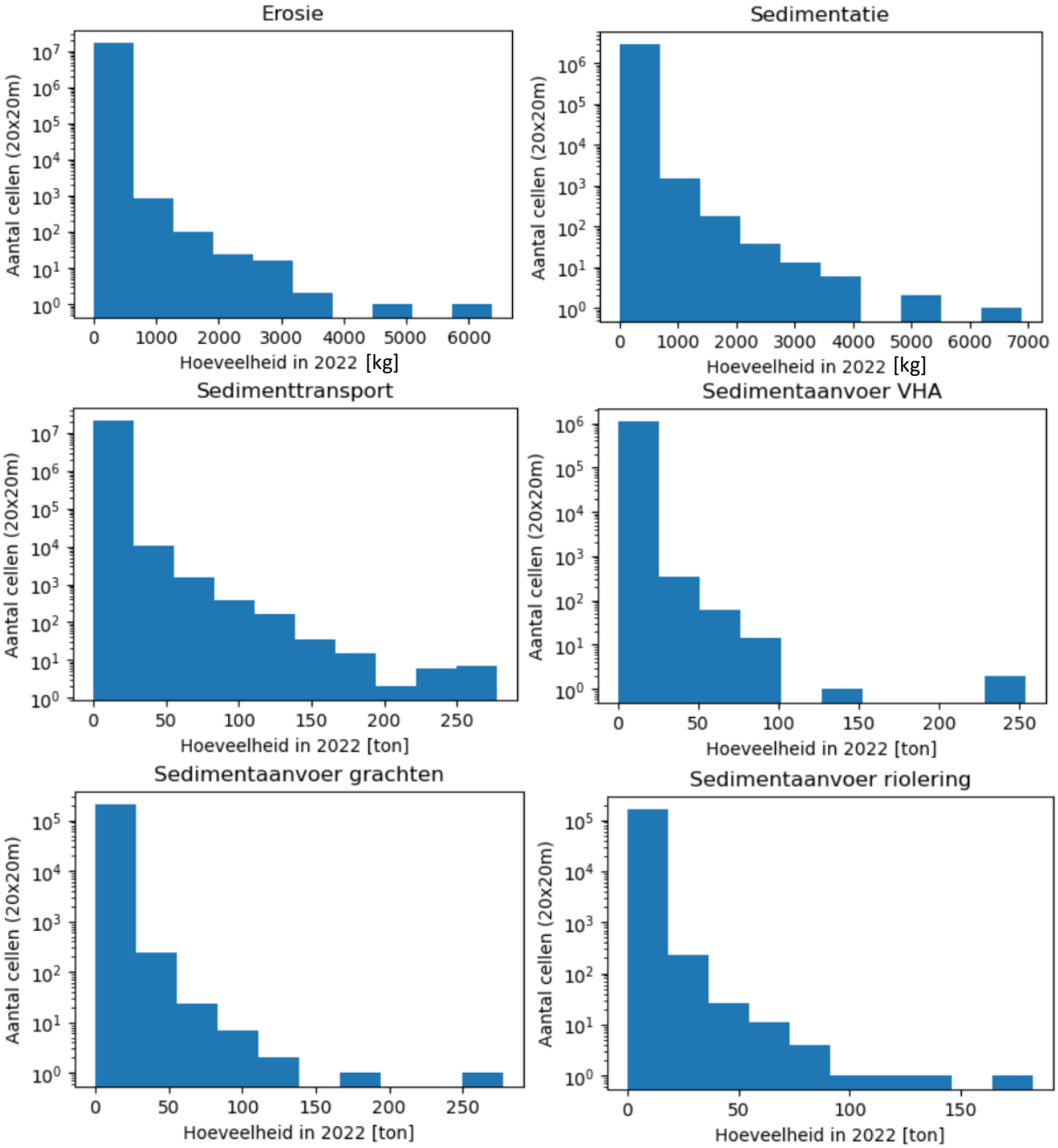
Netto erosie en sedimentatie

- 0-5 ton/ha/jaar: 0.2
- 5-10 ton/ha/jaar: 0.4
- 10-15 ton/ha/jaar: 0.6
- 15-20 ton/ha/jaar: 0.8
- >20 ton/ha/jaar : 1.0

Sedimenttransport en sedimentaanvoer

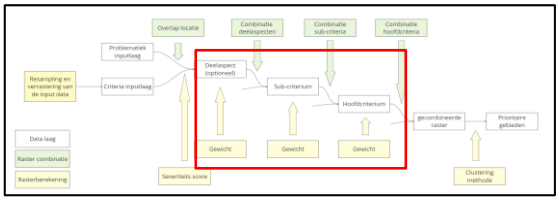
- 0-10 ton/ha/jaar: 0.2
- 10-20 ton/ha/jaar: 0.4
- 20-40 ton/ha/jaar: 0.6
- 40-80 ton/ha/jaar: 0.8
- >80 ton/ha/jaar: 1.0

De verschillende criteria hebben dus hun severiteitsscores te danken aan de probleemlagen. Figuur 6 toont de histogrammen voor deze verschillende gemodelleerde inputrasters van het 2022 CN-WS model (Databank Ondergrond Vlaanderen), nl. netto erosie, netto sedimentatie, sedimenttransport (3) en sedimentaanvoer. Er blijkt een groot verschil in de gemodelleerde hoeveelheid erosie en sedimentatie t.o.v. sedimenttransport en sedimentaanvoer. Hierdoor werden dan ook de verschillende klassegrenzen voor deze data gedefinieerd.



Figuur 6: Histogrammen van het aantal cellen en hun waarde (percelen, 20m x20m) voor de verschillende gemodelleerde inputrasters voor erosie, sedimentatie, sedimentaanvoer en transport.

De gewichten uit de enquête worden toegepast door middel van het gebruik van een aparte notebook. Dit stelt VPO in staat om desgewenst de gewichten voor de bepaling van de impactgebieden aan te passen. Een overzicht van de gewichten bekomen uit de enquête is te raadplegen in Bijlage 6. De gewichten, met een score tussen 0 en 1, worden geïmplementeerd door de desbetreffende rasterlagen te vermenigvuldigen met hun respectievelijke gewicht. Op basis van de enquêteresultaten en na overleg met de stakeholders is besloten om voor deze studie gelijke gewichten (d.w.z. 1.0) te gebruiken voor iedere categorie. De optie om deze gewichten aan te passen is wel ingebouwd in het model.



Tot slot worden al de deelaspecten en sub-criteria rasters die worden samengevoegd, telkens herleid tot een enkele raster met waardes tussen 0 en 1 door middel van een '**Combinatie' formule**. Sommige van de sub-criteria bestaan uit een enkele raster, terwijl anderen uit een combinatie van 2 of meerdere rasters bestaan. Het toepassen van een standaard normalisatie is hierdoor niet gewenst omdat de 'enkele' rastercellen in waarde zouden afnemen naargelang de hoeveelheid rasterlagen. In plaats daarvan is er gekozen om de waardes van de 'enkele rastercellen' in de laag te scheiden van de 'samengevoegde' rastercellen. Om het effect van erosie of sedimentatie op meerdere criteria wel te laten meetellen, wordt bij overlappende cellen iedere bijkomende rasterlaag meegerekend rekening houdende met de hoeveelheid overlappende rasterlagen. Met andere woorden, elke bijkomende laag [$K_{x,y}$] weegt door afhankelijk van de maximale hoeveelheid rasterlagen. Zodoende is de maximaal mogelijke waarde voor een locatie met overlappende cellen het dubbele van de enkelvoudige celwaarde. De formules hieronder geven de berekeningen die worden toegepast voor het combineren van de verschillende rasterlagen.

1) Niet overlappende cellen: normalisatie van cel waarde (zie klassegrenzen) naar lineaire verdeling tussen 0 en 0.5.

$$Celwaarde(enkelvoudig) = \frac{X_{x,y}}{2}$$

Waarbij $X_{x,y}$ = celwaarde geherclasificeerd volgens de hierboven benoemde klassengrenzen.

2) Overlappende cellen: normalisatie van celwaarde naar lineaire verdeling tussen 0 en 0,5 + bijkomende waarde op basis van het aantal overlappende lagen [0,0-0,5].

$$Celwaarde_{x,y} = ScoreA_{x,y} + ScoreB_{x,y}$$

$$ScoreA_{x,y} = KalibratieParameterA \times \frac{\sum_{i=1}^{R} Xi_{x,y}}{R_{x,y}}$$
$$where\ 1 \leq R_{x,y} \leq R_{max}$$

$$ScoreB_{x,y} = KalibratieParameterB \times \frac{K_{x,y}}{R_{max} - 1}$$

$$K_{x,y} = \sum_{i=1}^{R} Xi_{x,y} - \frac{1}{KalibratieParameterA} \times ScoreA_{x,y}$$

$$R_{max} = max \sum_{i=1}^{R} Ri$$

$$KalibratieParameterB = 1 - KalibratieParameterA$$

Waarbij:
$R_{x,y}$ = het aantal overlappende rasterlagen met een celwaarde > 0 op locatie x,y.
R_{max} = het maximaal aantal mogelijks overlappende rasterlagen
$Xi_{x,y}$= de celwaarde van cel X op locatie x,y van rasterlaag i
KalibratieParameter A = 0,5.

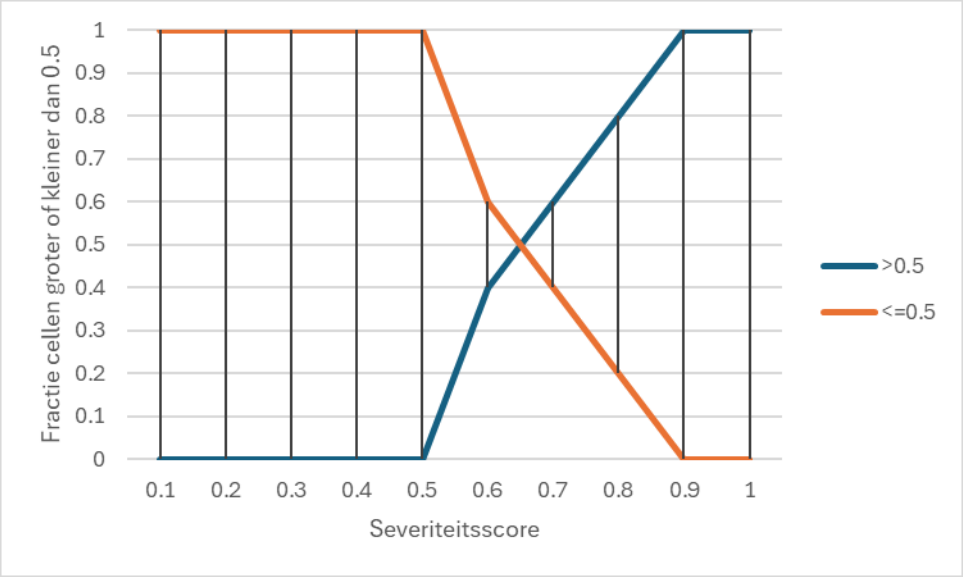
Een voorbeeld:

- *Een sub-criteria bestaande uit 1 rasterlaag (bijvoorbeeld spoorweg) zal een severiteitsscore ontvangen volledig op basis van de voorgestelde klassegrenzen * 0.5.*
- *Een sub-criteria bestaande uit 6 samengevoegde rasterlagen (bijvoorbeeld Terrestrische habitat, Figuur 25). In een bepaalde cel [151991.74,233085.82] van Terrestrisch habitat overlappen 5 van de 6 gecombineerde lagen (cel waarde 0.2) waarbij de score op de volgende manier word berekend:*
  *ScoreA = 0.5 * [0.2+0.2+0.2+0.2+0.2]/5= 0.1*
  *K=(0.2+0.2+0.2+0.2+0.2)-(2*0.1)=0.8*
  R_{max}=6
  ScoreB=0.5 * (0.8/[6-1]) = 0.08
  Celwaarde[151991.74,233085.82]$_{Terrestrisch\_habitat}$ = 0.1 + 0.08 = 0.18

De rastercel waardes zijn dus te interpreteren als volgt:

- Waarde tussen 0 en 0,5
  - Enkelvoudige cel
  - Meervoudige cel bestaande uit erosie of sedimentatie hoeveelheden respectievelijk lager dan 10 en 20 ton/ha/jaar, of een kleine fractie overlappende cellen met een celwaarde tussen de 10 en 15 ton/ha/jaar (erosie) en 20 en 40 ton/ha/jaar (sedimentatie)
- Waarde tussen 0,5 en 1
  - Meervoudige cel met erosie en sedimentatie of sedimenttransport en sedimentaanvoer hoeveelheden respectievelijk hoger dan 15 ton/ha/jaar en 40 ton/ha/jaar, of een grote fractie overlappende cellen met een celwaarde tussen de 10 en 15 ton/ha/jaar (erosie en sedimentatie) en 20 en 40 ton/ha/jaar (sedimenttransport en sedimentaanvoer)

De verdeling met grotere of kleinere fractie overlappende cellen kan voor een criteria bestaande uit 6 gecombineerde lagen, zoals het voorbeeld van Terrestrische habitat hierboven, weergegeven worden als volgt (Figuur 7).

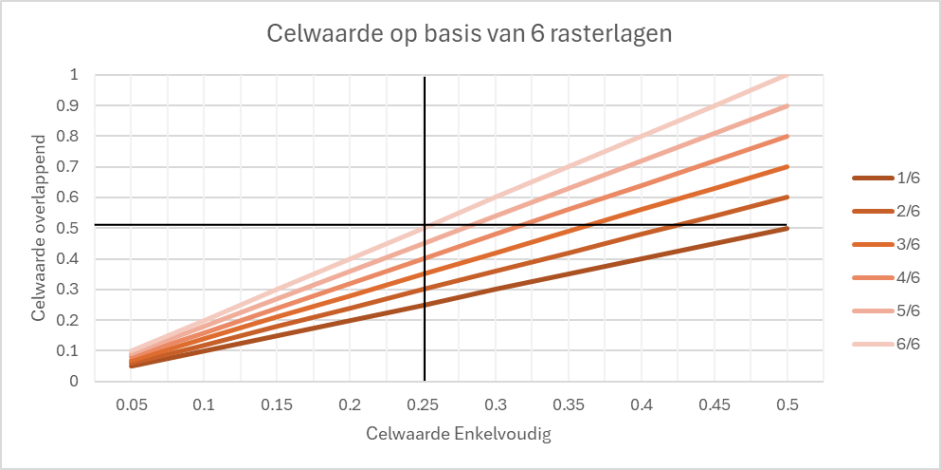


Figuur 7: Weergave van het aantal cellen boven of onder de 0.5 in een gecombineerde rasterlaag bestaande uit 6 overlappende lagen

De figuur laat zien dat zolang de overlappende cellen een severiteitsscore hebben lager dan 0,5, wat overeenkomt met een celwaarde voor in de combinatie formule van 0,25, dat onafhankelijk van hoeveel van de 6 rasterlagen overlappen, de score die uit de combinatie formule komt nooit hoger zal zijn dan 0,5 en dus de fractie cellen kleiner of gelijk aan 0,5 = 1. Dit is logisch gezien score B enkel gelijk kan zijn aan score A als al de cellen overlappen. Stel dat dit gebeurt, dan zou de celwaarde 0,25 + 0,25 = 0.5 zijn. Pas als de severiteitsscore groter is dan 0,5 (en dus de berekende celwaarde van 0,25), dan kan het dat de celwaarde groter wordt dan 0,5. Dit blijft echter afhankelijk van het aantal overlappende cellen. Bijvoorbeeld, bij een celwaarde van 0,3 (severiteitsscore 0,6), is een fractie van 0,4, dus 40% van de cellen, groter dan 0,5, afhankelijk van het aantal overlappende lagen. 60% daarentegen is kleiner dan 0,5. Of in andere woorden, als er maar 2, 3 of 4 van de 6 lagen overlappen, dus 3/5 of 60% (laag 1 telt niet mee gezien er geen overlap is), dan is de celwaarde kleiner of gelijk aan 0,5. Als er 5 of 6 lagen overlappen (2/5 of 40%), dan is de celwaarde groter dan 0,5. De celwaardes kunnen bijgevolg als volgt worden opgelijst en gevisualiseerd.

Celwaarde overlappend **Aantal overlappende cellen (6 rasterlagen)**						**Celwaarde Enkelvoudig**	**Severiteitsscore**
1/6	**2/6**	**3/6**	**4/6**	**5/6**	**6/6**		
0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	**0.05**	**0.1**
0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	**0.1**	**0.2**
0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.3	**0.15**	**0.3**
0.2	0.24	0.28	0.32	0.36	0.4	**0.2**	**0.4**
0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	**0.25**	**0.5**
0.3	0.36	0.42	0.48	0.54	0.6	**0.3**	**0.6**
0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.7	**0.35**	**0.7**
0.4	0.48	0.56	0.64	0.72	0.8	**0.4**	**0.8**
0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.9	**0.45**	**0.9**
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	**0.5**	**1**

Tabel 7: Berekening van de celwaarde voor overlappende cellen door de combinatie formule voor 6 overlappende lagen.



Figuur 8: Grafiek van de celwaardes voor een laag berekend op basis van 6 overlappende lagen.

2.3.3 Detail uitwerking

Dit hoofdstuk geeft de volledige uitwerking van het conceptueel model zoals weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5. De uitwerking wordt onderverdeeld in vijf stappen: de input en modelweging fases volgens de 4 hoofcriteria (Infrastructuur, Watersystemen, Landbouw en Ecologie), en de output fase.

Volgende definities worden gebruikt:

- Dataset: brondata die gebruikt worden voor de data flow.
- Modelinput: brondata verwerkt tot bruikbare input voor het wegingsmodel.
    - Inputdata met betrekking tot de problematiek (Bijlage 2).
    - Deelaspecten: onderdelen die bestaan uit een aparte data laag en een aparte weging kunnen krijgen binnen een sub-criterium
    - Sub-criteria: onderdelen die een aparte weging kunnen krijgen binnen een hoofdcriterium en zijn opgebouwd uit deelaspecten of één input data laag.
- Score: severiteitsscore op basis van de eerder vermelde klassegrenzen.
- Gewicht: totaal resultaat van wegingen, in de uiteindelijke kaarten is dit met een universeel gewicht van 1. Er is dus geen verdere weging gezien alles in zeker mate als even belangrijk gezien werd door de belanghebbenden.
- Combinatie: het combineren van de verschillende lagen op basis van de combinatie formule.
- Modeloutput: output in de vorm van finale raster- en vectorlagen

Meer informatie over de deelaspecten en sub-criteria zoals de omschrijving, motivering en gebruikte data laag wordt gegeven in de tabellen in 2.2.3 en Bijlage 2: .

2.3.3.1 **Infrastructuur**

Het hoofdcriterium infrastructuur bestaat uit 5 sub-criteria (gebouwen, wegen, spoorwegen, rioolinfrastructuur en erfgoed (Figuur 9) waarvan er een aantal zijn opgebouwd uit een gecombineerd totaal van 7 deelaspecten. De verschillende onderdelen, waaronder het hoofdcriterium zelf en de sub-criteria lagen, worden als volgt bekomen.

1. Infrastructuur - Hoofdcriterium

De **Input** bestaat uit de input datalagen welke worden omgevormd tot sub-criteria zoals hierboven beschreven. Voor het hoofdcriterium infrastructuur worden volgende input lagen gebruikt om deelaspect of sub-criterium rasterlagen te creëren.

- De problematiek
  - Sedimenttransport (modelresultaten CN-WS)
  - Sedimentaanvoer naar riolering (modelresultaten CN-WS)
- De gedefinieerde sub-criteria (5)
  - 4 binaire raster van type gebouwen (openbare gebouwen, private gebouwen,kritieke infrastructuur en 'other') (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig) .
  - 6 binaire rasters transport infrastructuur, 1 per wegcategorie en 1 voor zwakke weggebruikers (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster RWA stelsel (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster gemengd stelsel (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster knelpunten Aquafin (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)

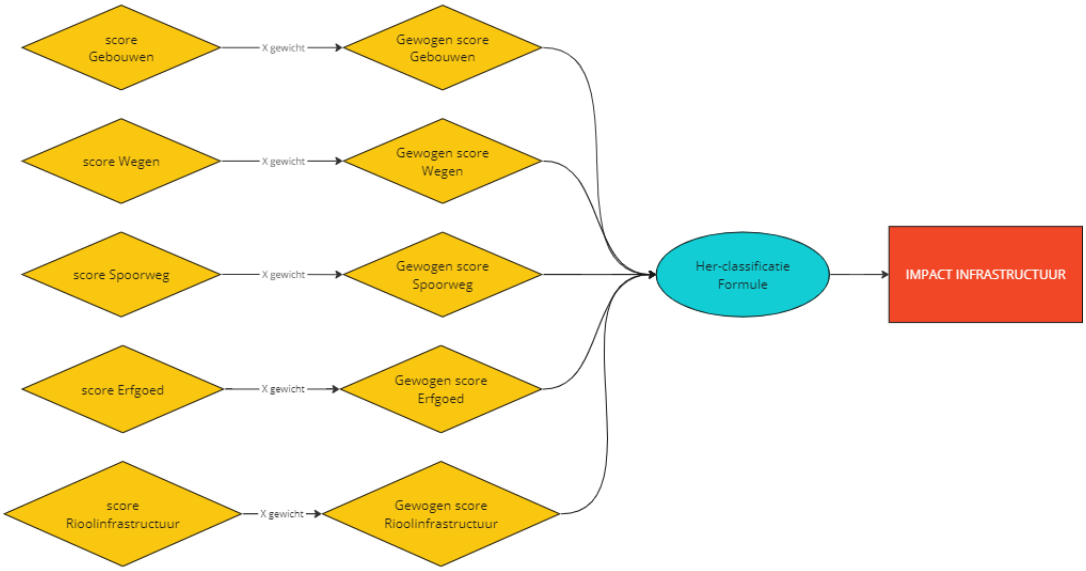
De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van inputdata tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties zoals aangegeven per sub-criterium.

- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor elk sub-criterium berekend op basis van de relevante vooropgestelde klassegrenzen en formule.

- De gewichten voor het belang van de gedefinieerde sub-criteria worden toegepast voor elk sub-criterium binnen het hoofdcriterium Infrastructuur.

De combinatie van de sub-criteria vormt de raster laag voor Infrastructuur. Hierbij worden de 5 sub-criteria rasters bij elkaar samengevoegd zoals beschreven in 2.3.2 en gevisualiseerd in Figuur 9.



Figuur 9: Schematische voorstelling van de combinatie van sub-criteria tot het hoofdcriterium Infrastructuur

1.1. Gebouwen

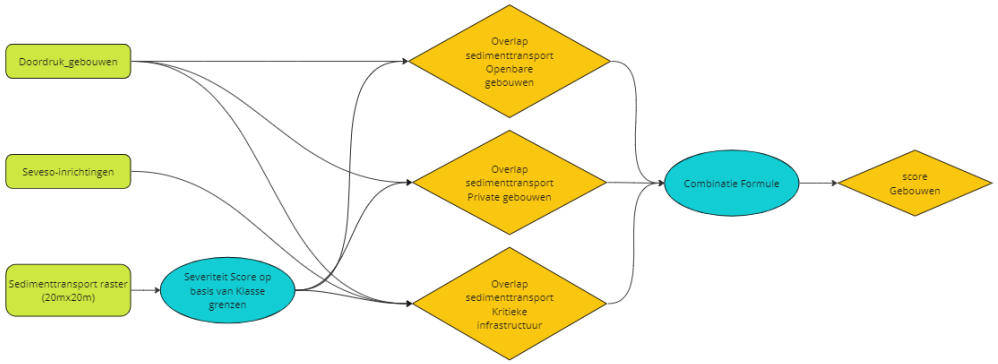
De **Input** bestaat uit de input datalagen, en kan verdeeld worden in twee categorieën:

- De problematiek: sedimenttransport
- De gedefinieerde deelaspecten (3): openbare gebouwen, private gebouwen en kritieke infrastructuur
    - *Opmerking: Een overzicht van hoe de classificering is opgemaakt voor elk deelaspect kan worden opgevraagd bij VPO. Het betreft +400 klassen die herleid zijn tot de 3 deelaspecten. Het resultaat van de classificering in de gebruikte dataset heeft geleid tot een 4e klasse 'andere'. Deze is in de berekeningen en weging ondergebracht onder private gebouwen, maar is in het model afzonderlijk gehouden voor traceerbaarheid.*

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Gebouwen	**Openbare gebouwen**	Doordruk gebouwen
	Private gebouwen	Doordruk gebouwen
	Kritieke infrastructuur (gebouwen)	Doordruk gebouwen
		Terreinen van Seveso-inrichtingen

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimenttransport en elk van de deelaspecten.
- De score voor de severiteit van het sedimenttransport wordt per deelaspect berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen en formule.
- De combinatie van de deelaspecten waarbij de drie deelaspecten worden samengevoegd bij elkaar en herleid tot een score tussen 0 en 1 (zie 2.3.2) tot het sub-criterium gebouwen.



Figuur 10: Schematische voorstelling van de combinatie van deelaspecten tot het sub-criterium Gebouwen

1.2. Wegen

De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimenttransport
- De gedefinieerde deelaspecten (2): hoeveelheid transport, wegen voor zwakke weggebruiker.

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Wegen	**Hoeveelheid transport over weg**	Wegenregister
	Wegen voor zwakke weggebruiker	Wegenregister

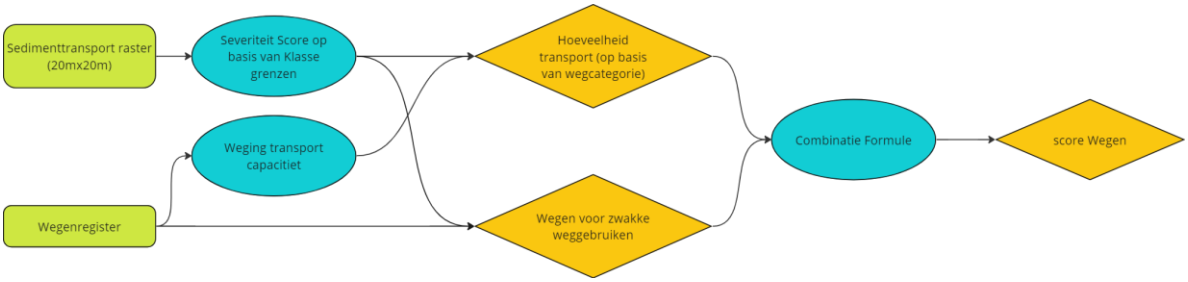
De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimenttransport en elk van de deelaspecten.
    - *Opmerking: een bijkomende weging is intern ingebouwd in het model voor het deelaspect Hoeveelheid Transport. Deze data laag is opgebouwd uit de verschillende wegencategorieën Hoofdweg, Primaire weg, Secundaire weg, Lokale weg en "Other"* Tabel 8*. Voor deze categorieën bestaan er theoretische maximale capaciteit gegevens die gebruikt worden bij mobiliteitsplannen. Op basis van deze theoretische capaciteit is de datalaag intern gewogen.*

Tabel 8: Opsplitsing deelaspecten voor sub criterium wegen met overeenkomende capaciteit (personenauto-equivalent (pae) per rijstrook) en gewicht.

Categorie	**Theoretische capaciteit (pae/rijstrook)**	Gewicht
H	2000	1
P	1800	0.9
S	1200	0.6
L	1000	0.5
O	800	0.4

- De score voor de severiteit van de problematiek wordt per deelaspect berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten waarbij de deelaspecten worden samengevoegd bij elkaar en herleid tot een score tussen 0 en 1 (zie 2.3.2) tot het sub-criterium wegen.



Figuur 11: Schematische voorstelling van de combinatie van deelaspecten tot het sub-criterium Wegen

1.3. Spoorweg

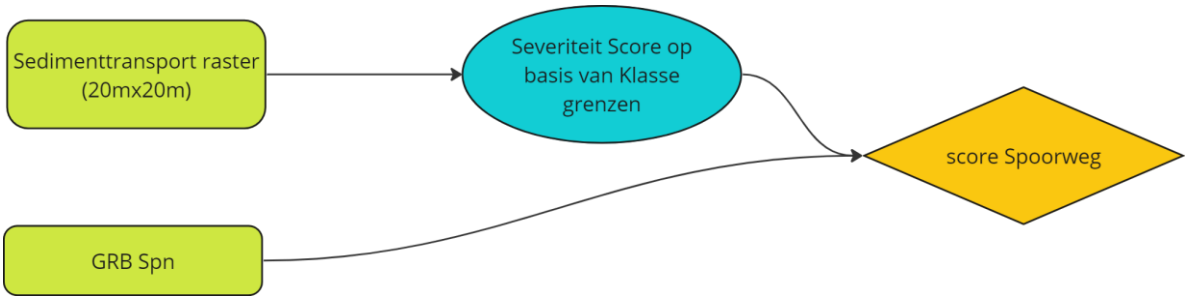
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimenttransport
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criterium heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Spoorweg	-	GRB Sbn - spoorbaan

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimenttransport en het sub-criterium.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 12: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Spoorweg.

1.4. Rioolinfrastructuur

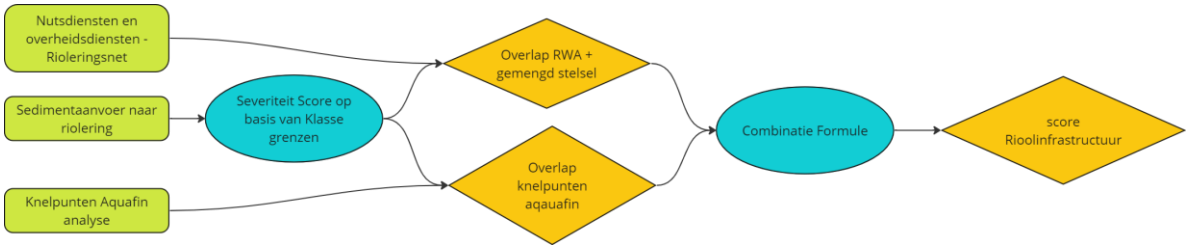
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: Sedimentaanvoer naar riolering
- De gedefinieerde deelaspecten (2): RWA + gemengd stelsel, knelpunten RWZI

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Rioolinfrastructuur	**RWA/gemengde riolering**	AWIS
	Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI)	AWIS
		Interne analyse Aquafin rond de sedimentlast in RWZIs

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentaanvoer naar riolering en elk van de deelaspecten.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten waarbij de deelaspecten worden samengevoegd bij elkaar en herleid tot een score tussen 0 en 1 (zie 2.3.2) tot het sub-criterium rioolinfrastructuur.



Figuur 13: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Rioolinfrastructuur.

1.5. Erfgoed

De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimenttransport
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criterium heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Erfgoed	-	Inventaris Beschermd Onroerend Erfgoed (cultuurhistorische landschappen, archeologische sites, monumenten, wetenschappelijk archeologisch erfgoed, stads- en dorpsgezichten en overgangszones.)

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van inputdata tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimenttransport en het sub-criterium.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.

Figuur 14: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Erfgoed.

2.3.3.2 **Watersystemen**

Het hoofdcriterium Watersysteem bestaat uit 3 sub-criteria (Waterlichamen, Grachten en Beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewater). Geen van deze sub criteria zijn opgebouwd uit deelaspecten. De verschillende onderdelen, waaronder het hoofdcriterium zelf en de sub-criteria lagen, worden als volgt bekomen.

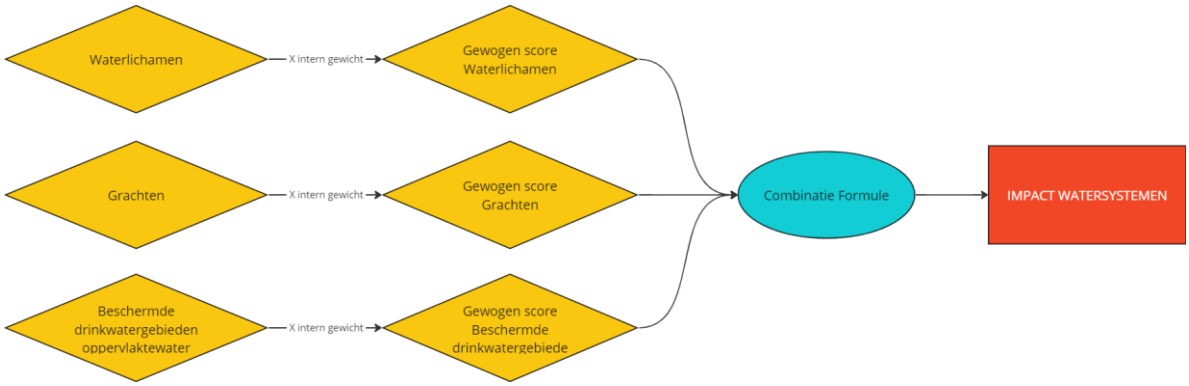
1. <u>Watersystemen – Hoofdcriteria</u>

De **Input** bestaat uit de input datalagen welke worden omgevormd tot sub-criteria zoals hierboven beschreven. Voor het hoofdcriterium Watersystemen worden drie inputrasters gebruikt:

- De problematiek:
  - Sedimentaanvoer naar VHA raster (modelresultaten CN-WS)
  - Sedimentaanvoer naar grachten raster (modelresultaten CN-WS)
- De gedefinieerde sub-criteria (3):
  - Binair raster beschermde drinkwatergebieden (oppervlaktewater), Waterlichamen *en grachten zitten vervat in de problematiek datalagen.*

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van inputdata tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De <u>overlap locaties</u> zoals aangegeven per sub-criteria.
- De <u>score</u> voor de severiteit van de problematiek werd voor elk sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De <u>gewichten</u> voor het belang van de gedefinieerde sub-criteria kunnen worden toegepast voor elk sub-criterium binnen het hoofdcriterium Watersystemen.
- De <u>combinatie</u> waarbij de sub-criteria worden samengevoegd bij elkaar en herleid tot een score tussen 0 en 1 (zie 2.3.2) tot het hoofdcriterium Watersystemen.



Figuur 15: Schematische voorstelling van de combinatie van sub-criteria tot het hoofdcriterium Watersystemen

1.1. Waterlichamen

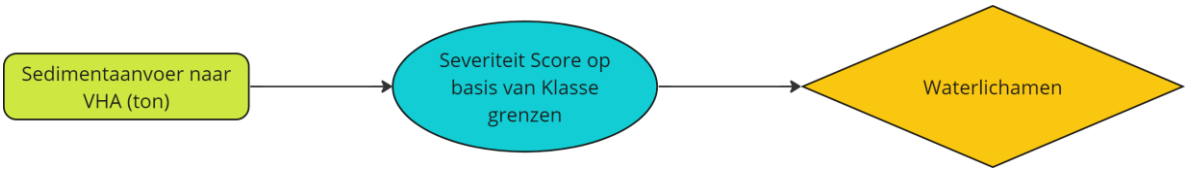
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentaanvoer naar VHA
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criterium heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Waterlichamen	-	Sedimentaanvoer naar VHA

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentaanvoer en het sub-criteria. (integraal aan dataset sedimentaanvoer naar VHA)
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 16: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Waterlichamen

1.2. Grachten

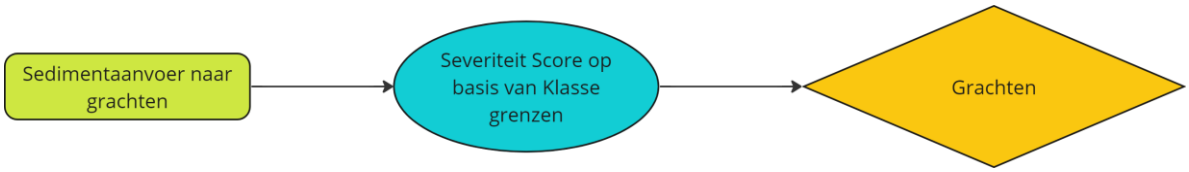
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentaanvoer naar grachten
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criterium heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Grachten	-	Sedimentaanvoer naar grachten

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentaanvoer en het sub-criteria (integraal aan dataset sedimentaanvoer naar grachten)
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 17: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Grachten

1.3. Beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewater

De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentaanvoer naar VHA
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Beschermde drinkwatergebieden	-	Kaderrichtlijn Water: beschermde gebieden ifv winning drinkwater uit oppervlakte- en grondwater - OW

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentaanvoer en het sub-criteria.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.

Figuur 18: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewater.

2.3.3.3 **Landbouw**

Het hoofdcriteria landbouw bestaat uit 4 sub-criteria (Blijvend Grasland, Boomgaarden, Akkerland en Bodemvruchtbaarheid). Geen van deze sub criteria zijn opgebouwd uit deelaspecten. De verschillende onderdelen, waaronder het hoofdcriteria zelf en de sub-criteria lagen, worden als volgt bekomen.

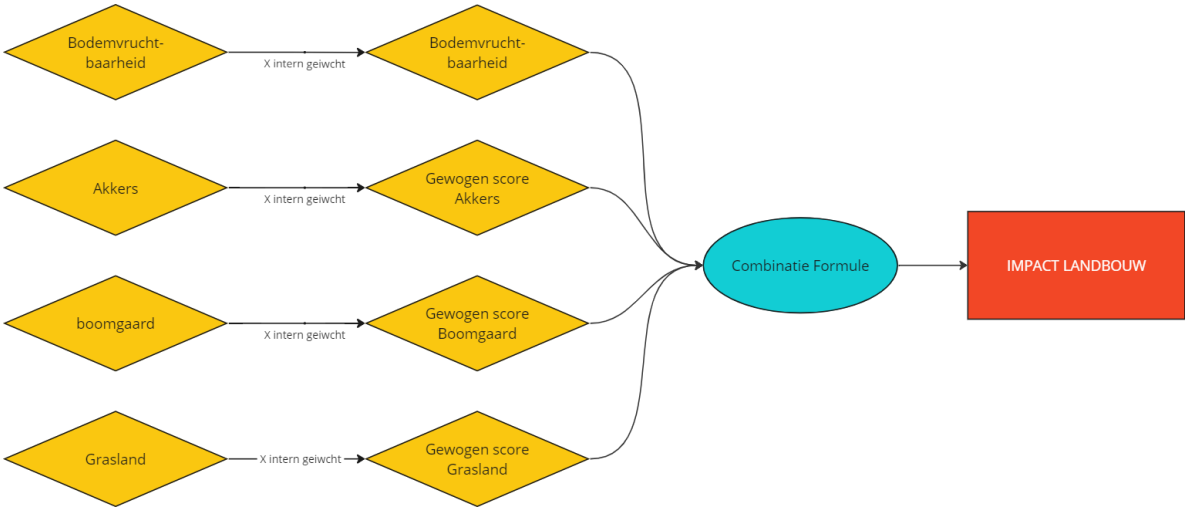
1. Landbouw – Hoofdcriteria

De **Input** bestaat uit de input datalagen welke worden omgevormd tot sub-criteria zoals hierboven beschreven. Voor het hoofdcriterium landbouw worden vijf inputrasters gecreëerd:

- De problematiek:
    - Erosie raster (kg) (modelresultaten CN-WS)
- De gedefinieerde sub-criteria (4):
    - Binair raster akkers (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
    - Binair raster boomgaard (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
    - Binair raster blijvend grasland (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
    - Binair raster bodemvruchtbaarheid ((1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties zoals aangegeven per sub-criteria.
- De score voor de severiteit van de problematiek werd voor elk sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De gewichten voor het belang van de gedefinieerde sub-criteria worde toegepast voor elke sub-criteria binnen het hoofdcriteria watersystemen.
- De combinatie waarbij de sub-criteria worden samengevoegd bij elkaar en herleid tot een score tussen 0 en 1 (zie 2.3.2) tot het hoofdcriterium Landbouw.



Figuur 19: Schematische voorstelling van de combinatie van sub-criteria tot het hoofdcriterium Landbouw.

1.1. Blijvend Grasland

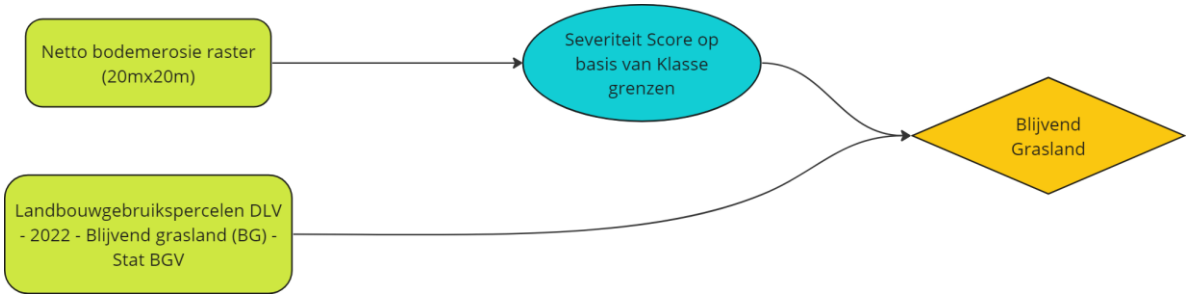
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: erosie
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Blijvend Grasland	-	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018-2022

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor erosie en het sub-criteria.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 20: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Blijvend Grasland.

1.2. Boomgaarden

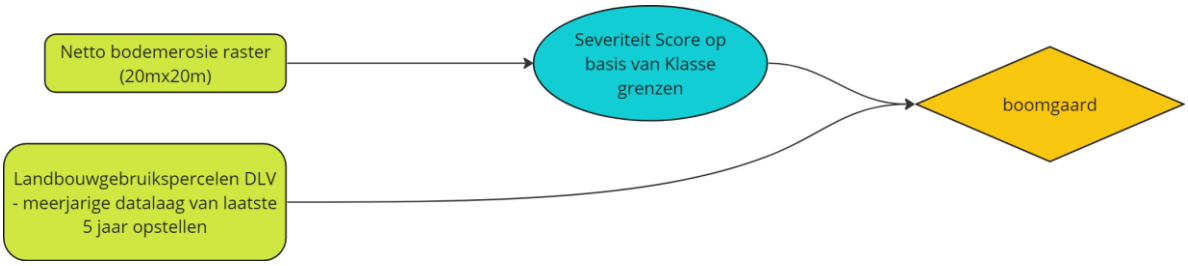
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: netto erosie en sedimentatie
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Boomgaard	-	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018-2022

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van inputdata tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor erosie en het sub-criteria.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 21: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Boomgaarden.

1.3. Akkerland

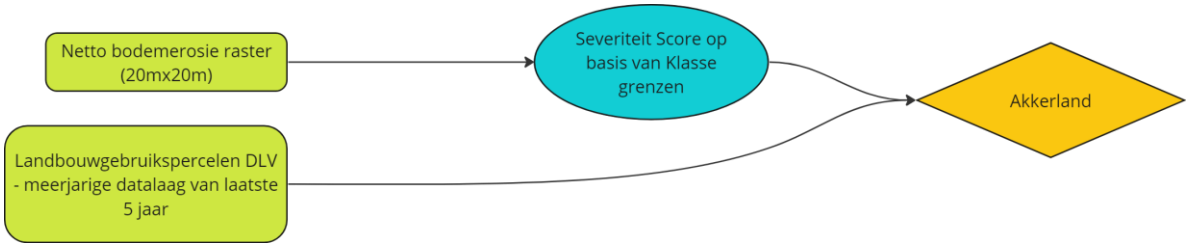
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: erosie
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Akkerland	-	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018-2022

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor erosie en het sub-criteria.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 22: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Akkerland.

1.4. Bodemvruchtbaarheid

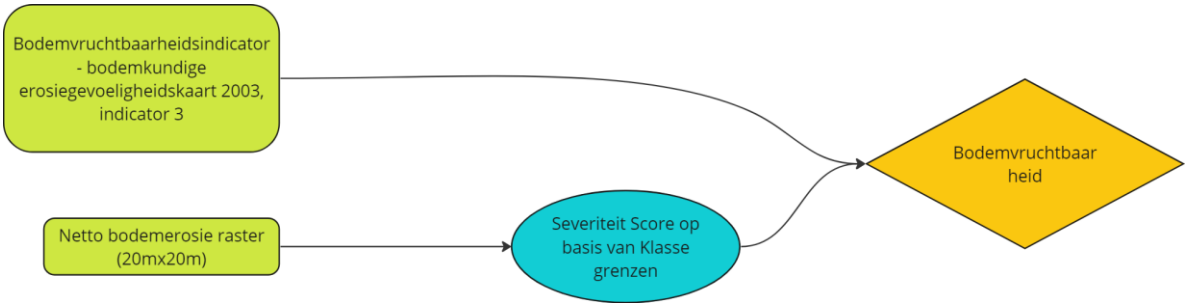
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: erosie
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Bodemvruchtbaarheid	-	Bodemkundige erosiegevoeligheidskaart 2003, indicator 3 (-4, -3, -2, -1). De bodemvruchtbaarheidsindicator werd vastgesteld o.b.v. de aard en diepte van het substraat en de profielontwikkeling.

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor erosie en het sub-criteria bodemvruchtbaarheid. Dit criteria doelt op de intrinsieke erosiegevoeligheid van de bodem met een effect op de bodemvruchtbaarheid.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de vooropgestelde klassegrenzen.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 23: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Bodemvruchtbaarheid.

2.3.3.4 **Ecologie**

Het hoofdcriterium Ecologie bestaat uit 3 sub-criteria (Terrestrische habitat, Aquatische habitat en Aquatische biodiversiteit) waarvan er een aantal zijn opgebouwd uit een gecombineerd totaal van 6 deelaspecten. De verschillende onderdelen, waaronder het hoofdcriteria zelf en de sub-criteria lagen, worden als volgt bekomen.

1. Ecologie – Hoofdcriteria

De **Input** bestaat uit de input datalagen welke worden omgevormd tot sub-criteria zoals hierboven beschreven. Voor het hoofdcriterium ecologie worden volgende inputrasters gecreëerd:

- De problematiek:
  - Netto sedimentatie raster (kg) (modelresultaten CN-WS)
  - Sedimentaanvoer naar VHA raster (modelresultaten CN-WS)
- De gedefinieerde sub-criteria (3):
  - Binair raster VEN en IVON gebieden (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster vogelrichtlijngebieden (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster habitatrichtlijngebied (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster terrestrisch habitat uit biologische waarderingskaart (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster terrestrisch habitat uit biologische waarderingskaart Hab (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster Historisch Permanente Graslanden (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster aquatisch habitat uit biologische waarderingskaart (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster zoekzones instandhoudingsdoelen (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster ‘grote modderkruiper’ uit soortbeschermingsprogramma’s (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)
  - Binair raster ‘SBP vissen’ uit soortbeschermingsprogramma’s (1 = aanwezig / 0 = niet-aanwezig)

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

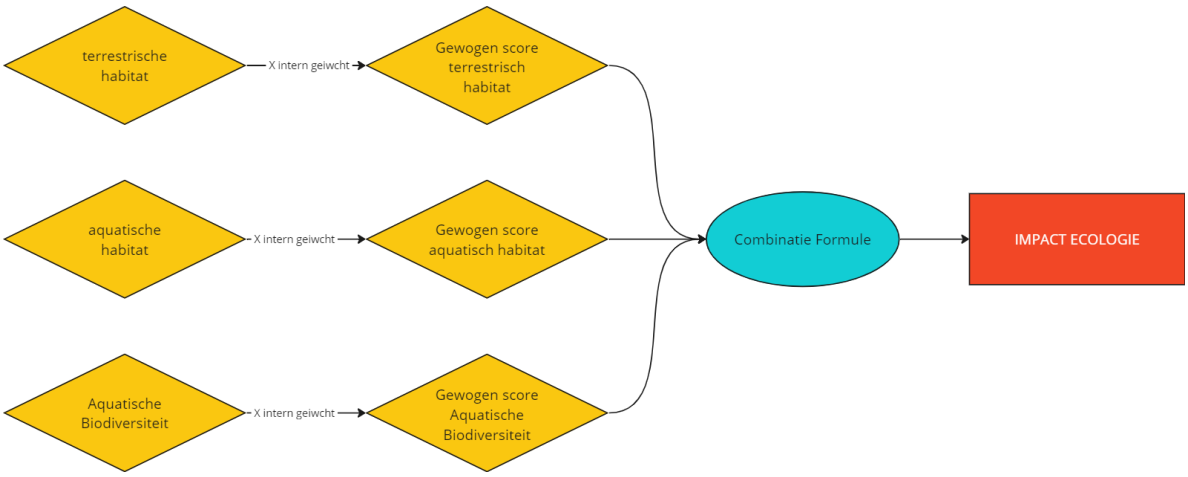
- De overlap locaties zoals aangegeven per sub-criteria.

- De score voor de severiteit van de problematiek werd voor elk sub-criterium berekend op basis van de sedimentatie hoeveelheid.

- De gewichten voor het belang van de gedefinieerde sub-criteria worden toegepast voor elke sub-criteria binnen het hoofdcriteria Infrastructuur.

-

- De <u>combinatie</u> van de sub-criteria vormt de raster laag voor ecologie. Hierbij worden de 3 sub-criteria rasters bij elkaar opgeteld en genormaliseerd.



Figuur 24: Schematische voorstelling van de combinatie van sub-criteria tot het hoofdcriterium Ecologie

1.1. Terrestrische habitat

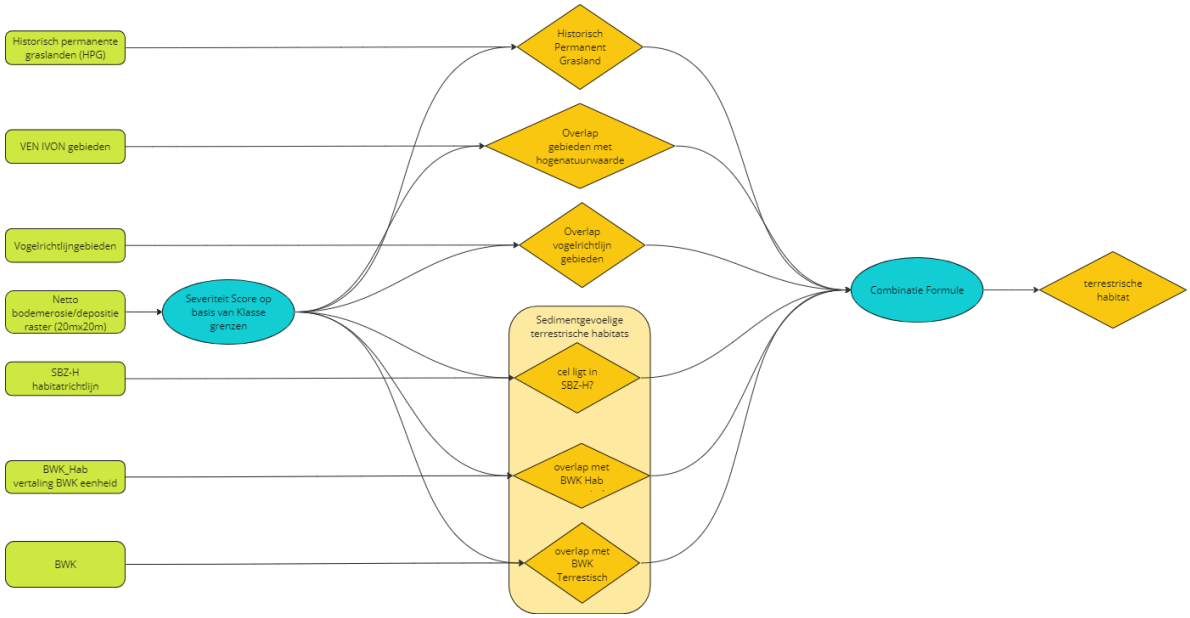
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentatie
- De gedefinieerde deelaspecten (4): Sedimentgevoelige terrestrische habitats, vogelbroedplaatsen, gebieden met hoge natuurwaarde, historisch permanent grasland.

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Terrestrische habitat	**Sedimentgevoelige terrestrische habitats**	SBZ-H
		Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020
		Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 - Hab attribuut
	Vogelbroedplaatsen	Vogelrichtlijn-gebieden
	Gebieden met hoge natuurwaarde	Gebieden van het VEN en het IVON
	Historisch Permanent Grasland (HPG)	Historisch Permanente Graslanden (HPG) en andere permanente graslanden in Vlaanderen beschermd door de natuurwetgeving

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van inputdata tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentatie en elk van de deelaspecten.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt per deelaspect berekend op basis van de sedimentatie hoeveelheid.
- De combinatie van de deelaspecten waarbij de vier deelaspecten worden opgeteld bij elkaar en genormaliseerd tot het sub-criteria terrestrische habitat.



Figuur 25: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Terrestrische Habitat.

1.2. Aquatische habitat

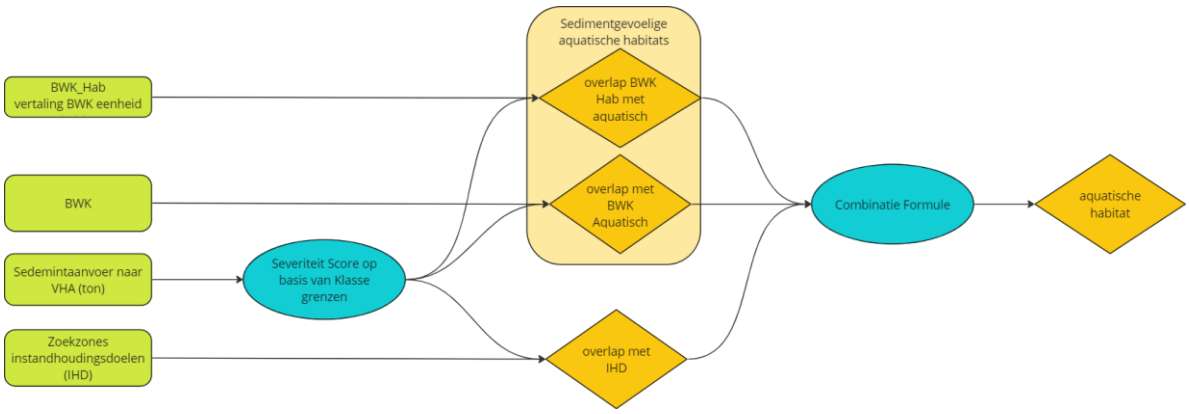
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentaanvoer naar VHA
- De gedefinieerde deelaspecten (2): Sedimentgevoelige aquatische habitat, zoekzones instandhoudingsdoelen

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Aquatische habitat	**Sedimentgevoelige aquatische habitat**	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020
		Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 - Hab attribuut
	Zoekzones Instandhoudingsdoelen (IHD)	Voorlopige zoekzones instandhoudingsdoelen Natura 2000 versie 2

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentaanvoer en elk van de deelaspecten.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt per deelaspect berekend op basis van de sedimentaanvoer hoeveelheid.
- De combinatie van de deelaspecten waarbij de vier deelaspecten worden opgeteld bij elkaar en genormaliseerd tot het sub-criteria aquatische habitat.



Figuur 26: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium aquatische habitat.

1.3. Aquatische biodiversiteit

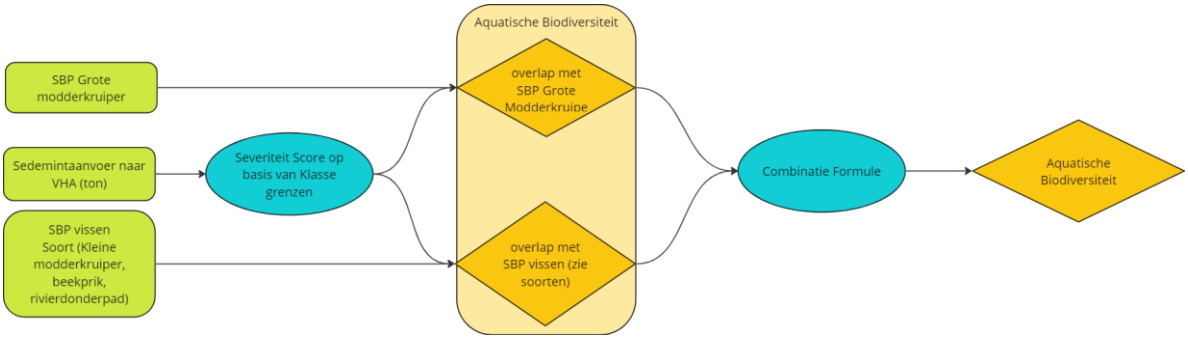
De **Input** bestaat uit de input datalagen en kan verdeeld worden in twee categorieën

- De problematiek: sedimentaanvoer
- De gedefinieerde deelaspecten (0), sub-criteria heeft geen deelaspecten

Sub-criterium	Deelaspecten (optioneel)	Data laag
Aquatische biodiversiteit	-	Soorten Beschermings Programma's

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output data laag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De overlap locaties tussen de modelinput lagen voor sedimentataanvoer en het sub-criteria aquatische biodiversiteit.
- De score voor de severiteit van de problematiek wordt voor het sub-criterium berekend op basis van de sedimentaanvoer hoeveelheid.
- De combinatie van de deelaspecten is niet van toepassing.



Figuur 27: Schematische voorstelling van de combinatie van datalagen tot het sub-criterium Aquatische Biodiversiteit.

Impactgebieden

Tot slot wordt aan elk van de hoofdcriteria een gewicht toegekend en worden de 4 hoofdcriteria samengevoegd en genormaliseerd tot de impact raster. Deze raster wordt geaggregeerd tot de gewenste schaal en omgevormd tot een vectorlaag met impactgebieden.

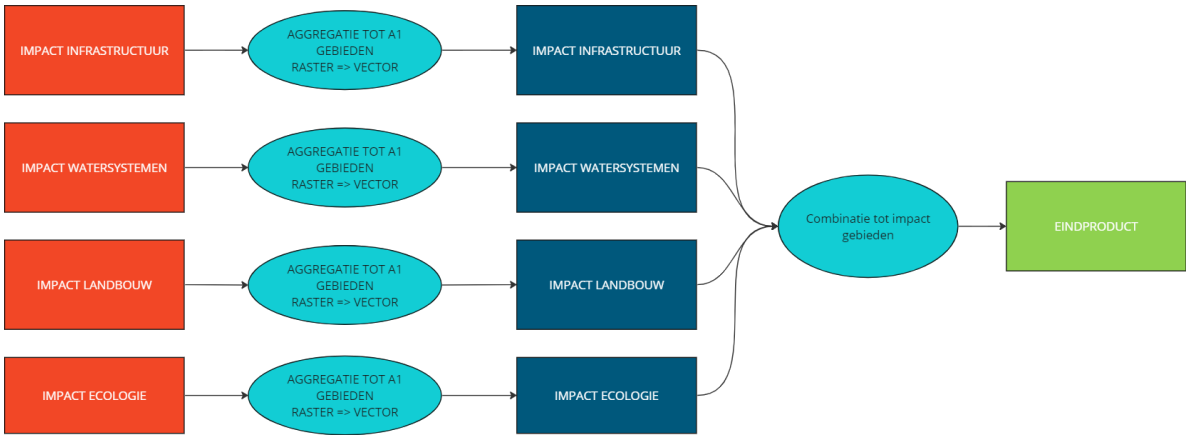
De **Input** bestaat uit de datalagen opgebouwd in de voorgaande stappen:

- De gedefinieerde hoofdcriteria (4): Infrastructuur, Watersystemen, Landbouw en Ecologie

De **Modelweging** is een reeks van opeenvolgende berekeningen om van input data tot een output datalaag te komen en bestaat uit het berekenen van:

- De aggregatie van de rasterlagen tot impact gebieden (zie 3.1.4)
- Het scoren van de verschillende gebieden (zie 3.1.4)
- Het optellen van de scores van de -impactgebieden per hoofdcriterium vormt de totaalscore voor de impact gebieden.

Uiteindelijk wordt de impact raster van elk hoofdcriteria geaggregeerd tot de respectievelijke impact kaart van dat hoofdcriteria. De logica voor de afbakening en aggregatie van de impact gebieden wordt beschreven in 3.1.4.



Figuur 28: Schematische voorstelling van de combinatie van hoofdcriteria tot het eindproduct.

2.3.4 Python Scripts

De vertaling van de verschillende datasets naar modelinput, en het wegingsmodel werden uitgewerkt in Python. Hiervoor werd een klein pakket opgebouwd, dat een gebruiker in staat moet stellen om:

- de nodige tools voor uitvoering te installeren;
- de applicatie te runnen in een jupyter notebook;
- bronscripts aan te passen.

Er is gekozen om de applicatie modulair te maken als alternatief voor de uitwerking in één 'masterscript'. Dit stelt gebruikers (profiel: data science) in staat op een eenvoudige wijze de datapipeline te wijzigen en aan te vullen. Dit maakt de applicatie future-proof en transparanter.

De code werd tijdens ontwikkeling gehost op GitHub door Antea Group waarna ze is overgezet naar de GitHub pagina van DOV: https://github.com/DOV-Vlaanderen.

De brondata zelf werd tijdens ontwikkeling op een FTP server gehost (file-based) en wordt in de applicatie gedefinieerd in een environmental variable (via python-dotenv, enkel tijdens de sessie). Alle verwijzingen in de code zijn echter relatief waardoor de bron folder met gemak kan worden geherdefinieerd.

Het is belangrijk om op te merken dat de ontwikkelaars tot doel hebben de pipeline niet-memory of -cpu intensief te maken, zodat er geen zware computationele noden zijn voor reproductie door VPO. Een volledige run van het model op een reguliere server vraagt ongeveer 4 uur. Om kwaliteitscontroles uit te voeren worden naast de eindresultaten ook alle tussenresultaten (deelaspecten, sub-criteria, etc.) als rasterlaag opgeslagen zodat deze met gebruik van GIS-software kunnen worden gecontroleerd.

> *Let op: gezien de grote hoeveelheid cellen met lage waardes en kleine hoeveelheid cellen met hoge waardes is het nodig om in QGIS de nauwkeurigheid aan te passen van 'Schatten' naar 'Werkelijke' om het volledige waarde-bereik te krijgen. (Laageigenschappen – Symbologie – Instellingen min-/max-waarden – Nauwkeurigheid – Werkelijke)*

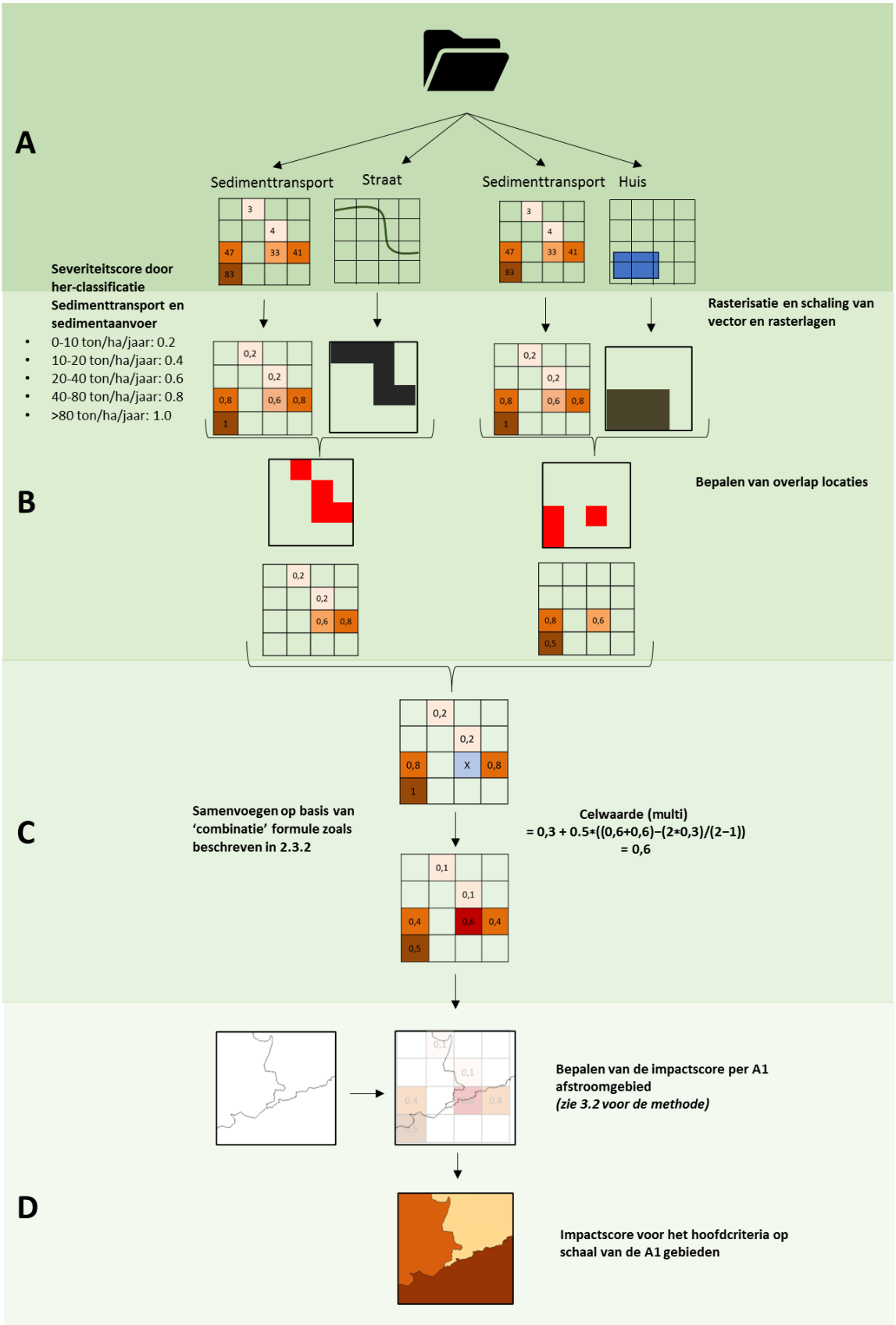
2.3.5 Uitwerking

In deze sectie wordt kort de uitwerking per sub-criterium toegelicht. In principe wordt altijd de structuur beschreven in sectie 2.3.1 en 2.3.2 overgenomen. Er wordt verwezen naar Figuur 4 en Figuur 5 voor deze structuur. De opbouw van het python model is de volgende:

- **Model Setup** voor het importeren van de benodigde packages, het opzetten van de link naar de database en het definiëren van de input data.
- **4 Clusters**, één per hoofdcriterium, voor het berekenen van de overlap locaties zoals beschreven in 2.3.3 voor al de 1-lagige deelaspecten en sub-criteria.
    - *Met 1-lagig wordt bedoeld: bestaande uit 1 oorzaak en 1 gevolg laag. Sub-criteria bestaande uit meerdere deelaspecten (en dus ook meerdere gevolg lagen), net als de hoofdcriteria bestaande uit meerdere sub-criteria, worden opgemaakt in een volgende stap.*

    - *Al de rasterlagen opgemaakt in de clusterfase geven de effectieve absolute hoeveelheid erosie, sedimentatie, sedimenttransport en sedimentaanvoer weer op de locatie van de respectievelijke criteria.*
- Het **Model** dat de combinatie van rasterlagen en de benodigde her-classificatie stappen uitvoert. Hierbij worden de lagen, opgemaakt in de cluster fase, samengevoegd en de gewichten worden toegekend om de respectievelijke sub-criteria en vervolgens hoofd-criteria te berekenen.
- Tot slot wordt in het onderdeel **Eindproduct** voor de 4 hoofdcriteria een finale raster laag bekomen welke wordt omgevormd tot een shapefile met de impact per afgebakend gebied. De eindlaag met een overzicht van de impact voor de A1 gebieden is de score per gebied, berekend op basis van de scores van de gebieden voor de 4 hoofdcriteria.
    - *De transformatie van de rasterlaag naar de shapefile met impact gebieden gebeurt in post-processing via enkele GIS bewerkingen zoals beschreven in 3.1.4.*

Een representatief voorbeeld voor het model is hieronder visueel uitgewerkt waarbij de bovenstaande modelstructuur wordt gevolgd.



Figuur 29: Conceptuele weergave van de modelstructuur. A: Model setup met identificatie van inputlagen. B: Cluster onderdeel waar de overlap locaties worden berekend. C: Model onderdeel waarbij de verschillende rasters worden samengevoegd en opnieuw geclassificeerd. D: Eindproduct onderdeel waarbij de rasterlagen worden omgevormd tot een vectorlaag met impact scores op A1 afstroomgebied schaal.

2.3.5.1 Waarnemingenkaart

De waarnemingenkaart (vector) wordt eveneens omgezet naar een binair raster met dezelfde resolutie als de modelresultaten (20x20m). Hiervoor worden enkel de actuele knelpunten, zoals gedefinieerd door de erosiecoördinatoren, in rekening gebracht. Er wordt voorlopig geen verder onderscheid gemaakt tussen de verschillende types waarnemingen, bv. een waarneming van sediment op een weg vs. naar een waterloop.

- Binair raster waarnemingen (1 = aanwezig, 0 = afwezig)

Het resulterend raster wordt op dezelfde manier omgevormd tot een impact kaart op de A1 gebieden en samen gewogen en gecombineerd met de hoofdcriteria om de finale modeloutput te bekomen.

3 TOEPASSING INTEGRAAL AFWEGINGSKADER

Het afwegingskader, uiteengezet in hoofdstuk 2, werd eerst uitgewerkt tot een conceptueel model dat later vertaald werd naar een bruikbaar python-model. De praktische toepassing en tussenliggende resultaten worden in dit hoofdstuk besproken.

3.1 RASTERKAARTEN IMPACT LOCATIES

Voor elk hoofdcriterium is een rasterkaart gecreëerd met een cumulatieve impactscore per cel, gebaseerd op de verschillende sub-criteria en, indien van toepassing, deelaspecten. Hier worden de resultaten per hoofdcriterium toegelicht. De rasterkaarten met de impactscore van de vier hoofdcriteria worden besproken en telkens toegelicht met een voorbeeld. De impactscore is vertaald naar een kwalitatieve impact beoordeling op basis van de severiteitscore zoals besproken in 2.3.2 en om in lijn te zijn met de impactscore berekening voor de gebieden (3.2.). De legende voor de kwalitatieve beoordeling is als volgt:

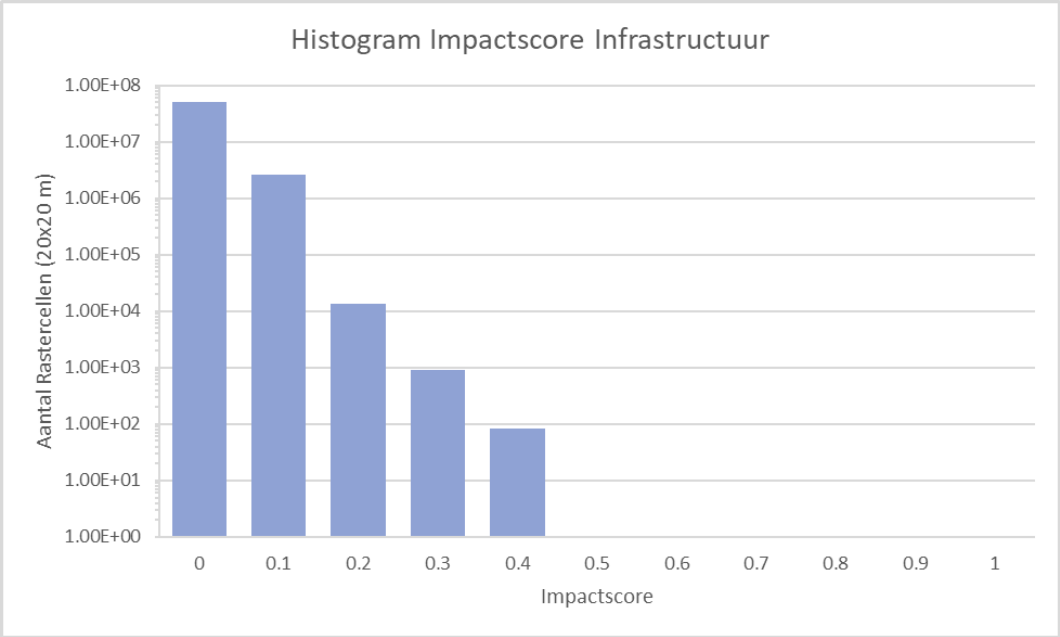
- Zeer laag = 0.1
- Laag = 0.2
- Matig = 0.3
- Hoog = 0.4
- Zeer Hoog = 0.5 - 1

3.1.1 Infrastructuur

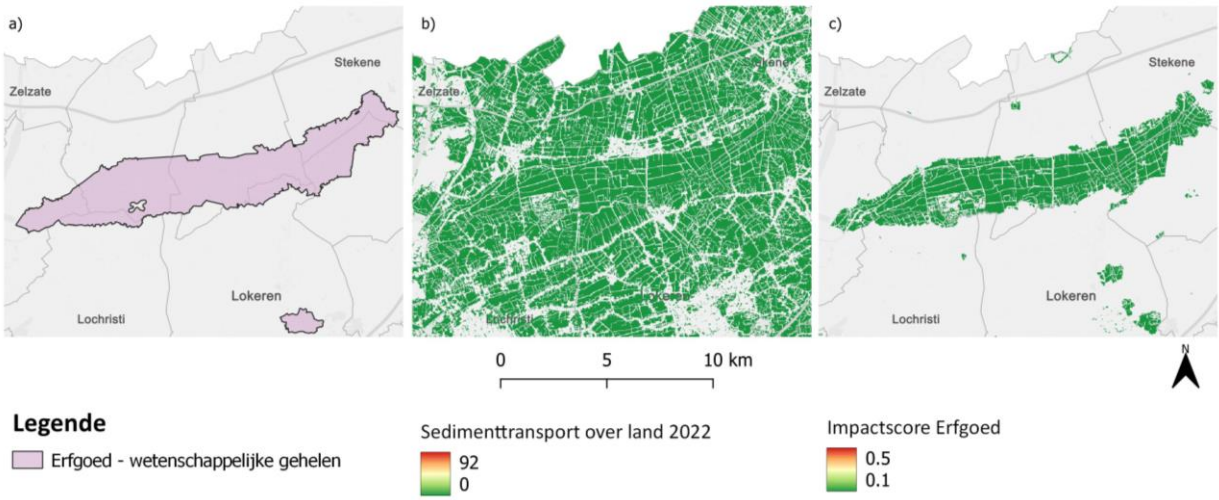
Figuur 33 illustreert een overzicht van de impactscore van het hoofdcriterium Infrastructuur voor heel Vlaanderen. Deze kaart toont een duidelijke spreiding van cellen met een score voor infrastructuur, gezien dit criteria wijdverspreid is doorheen Vlaanderen. Opmerkelijk zijn de verschillende clusters die waar te nemen zijn. Deze vallen samen met gebieden die gedefinieerd zijn door het sub-criterium Erfgoed. Vooral de grotere clusters komen overeen met de deelaspecten van archeologische gehelen en cultuurhistorische landschappen. Interessant genoeg zijn in grotere steden niet altijd duidelijke clusters zichtbaar, omdat binnen stadscentra doorgaans minder sedimenttransport gemodelleerd wordt. Echter, aan de rand van steden en richting het platteland, is er wel meer overlap tussen de problematiek en de infrastructuurcriteria, zoals te zien is in Figuur 32, afgebeeld voor de stad Antwerpen.

Een representatief voorbeeld van de erfgoedclusters wordt gepresenteerd in Figuur 31 voor het deelaspect van wetenschappelijke gehelen. Hier wordt specifiek het voorbeeld van een groot archeologisch geheel getoond, namelijk het prehistorische sitecomplex in de alluviale context van de depressie van de Moervaart. Alle cellen met een positief sedimenttransport worden meegenomen gezien de overlap en opgenomen in het sub-criterium erfgoed. Op vergelijkbare wijze worden andere zones die onder erfgoed vallen geïdentificeerd, wat resulteert in verschillende clusters voor het hoofdcriterium infrastructuur. Over het algemeen zijn dit, net als de clusters bij het hoofdcriterium ecologie, relatief grote gebieden waar weinig sediment gemodelleerd wordt, wat resulteert in lagere scores voor de pixels.

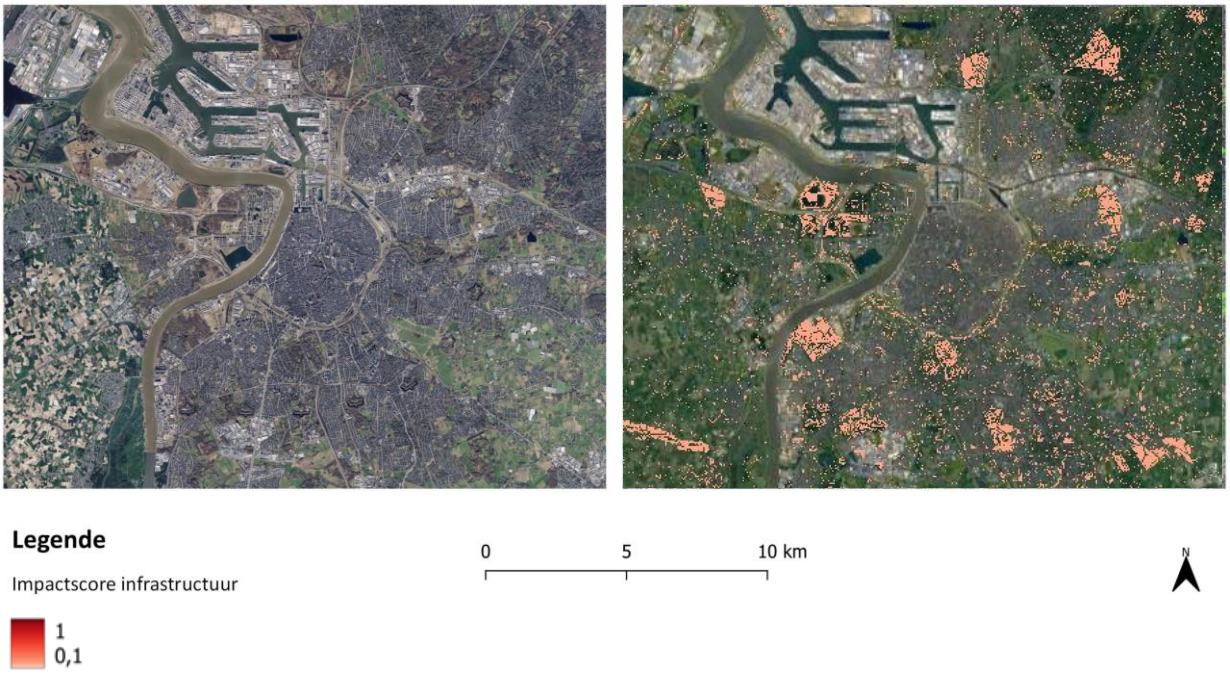
Naast de verschillende clusters zijn op detailniveau meer lijnen zichtbaar die overlappen met wegen, rioleringen of kleinere clusters rond verstedelijkte gebieden. Dit sluit aan bij de verwachtingen voor het hoofdcriterium infrastructuur, waar veel sub-criteria zich concentreren rond stedelijke gebieden en langs wegen. Figuur 30 toont tenslotte het histogram van de impactscore van het hoofdcriterium infrastructuur. Deze vertoont een vergelijkbare trend als voor het hoofdcriterium ecologie, met meer lage dan hoge impactscores, maar laat zien dat voor infrastructuur meer cocaties een impact ondervinden en bijgevolg een score krijgen, zoals ook te zien is in de rasterkaart met impactscore.



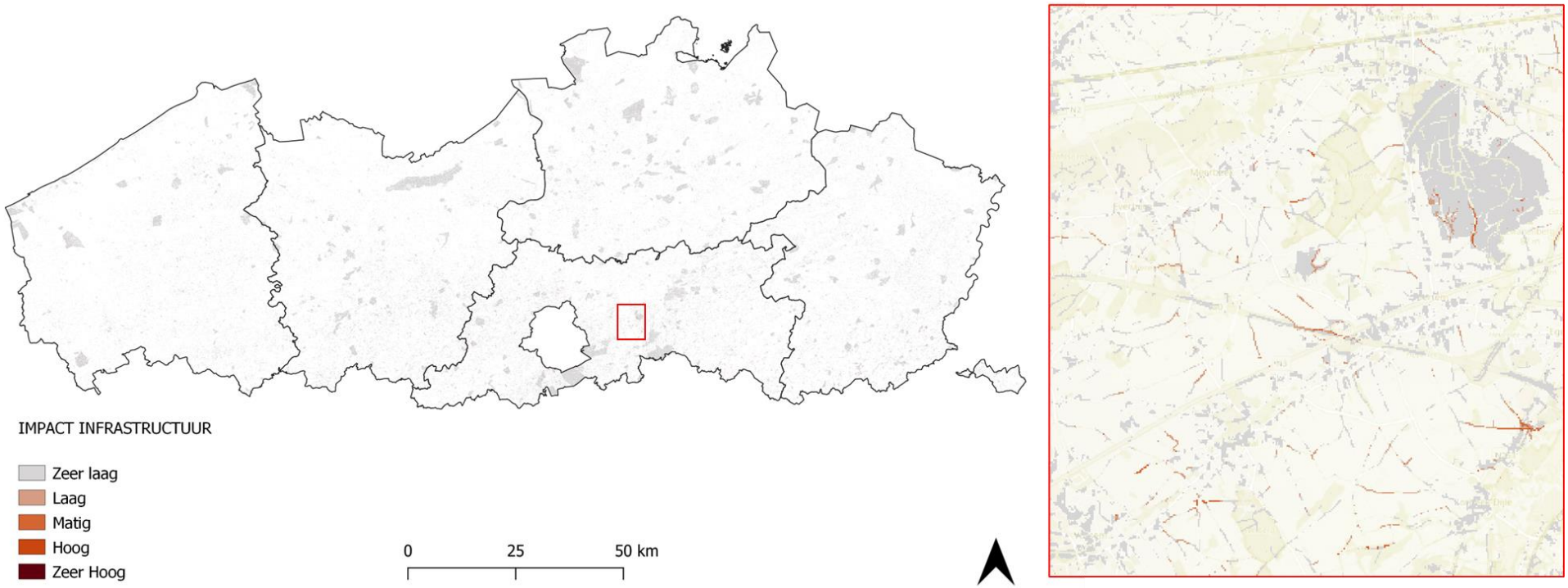
Figuur 30: Histogram van de impactscore voor het hoofdcriterium infrastructuur voor heel Vlaanderen. X-as interpretatie is als volgt 0 = [0], 0.1 =]0-0.1], 0.2 =]0.1-0.2], ... , 1 =]0.9-1].



Figuur 31: Detail voorbeeld berekening impactscore sub-criterium Erfgoed met a) een archeologie gebied (geheel) uit de datalaag wetenschappelijke inventaris archeologisch erfgoed van het sub-criterium Erfgoed, b) het gemodelleerde sedimenttransport over land (2022) en c) de impactscore voor Erfgoed.



Figuur 32: Detailbeeld impactscore Infrastructuur in en rondom verstedelijkt gebied.



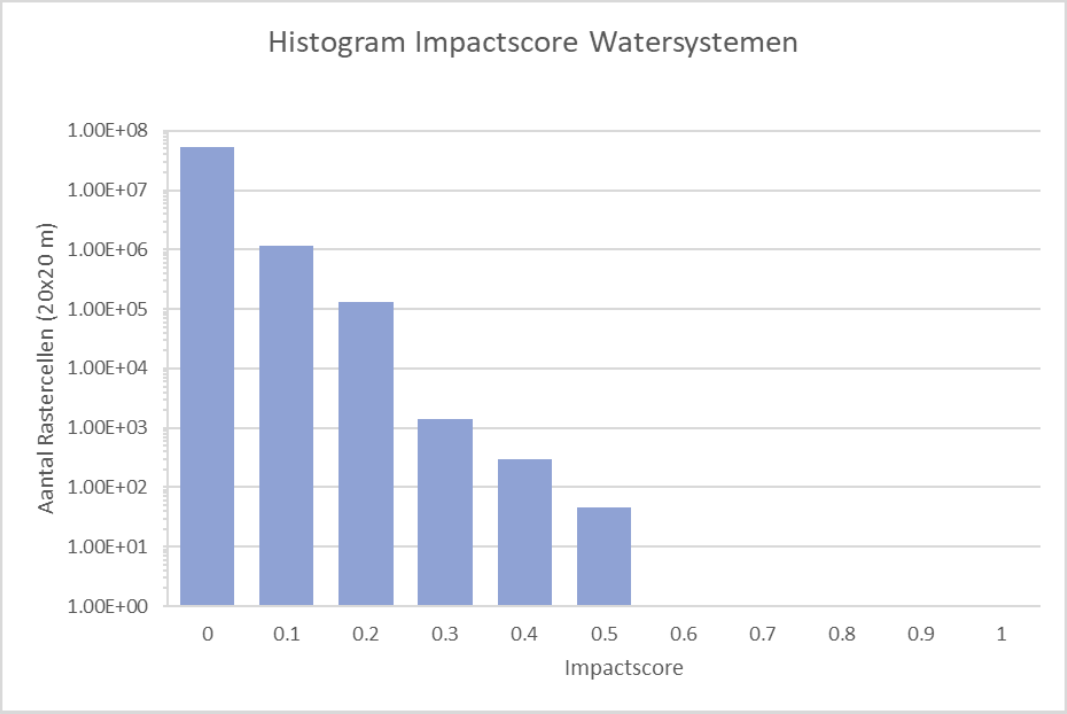
Figuur 33: Impactscorekaart voor het hoofdcriterium Infrastructuur.

3.1.2 Watersystemen

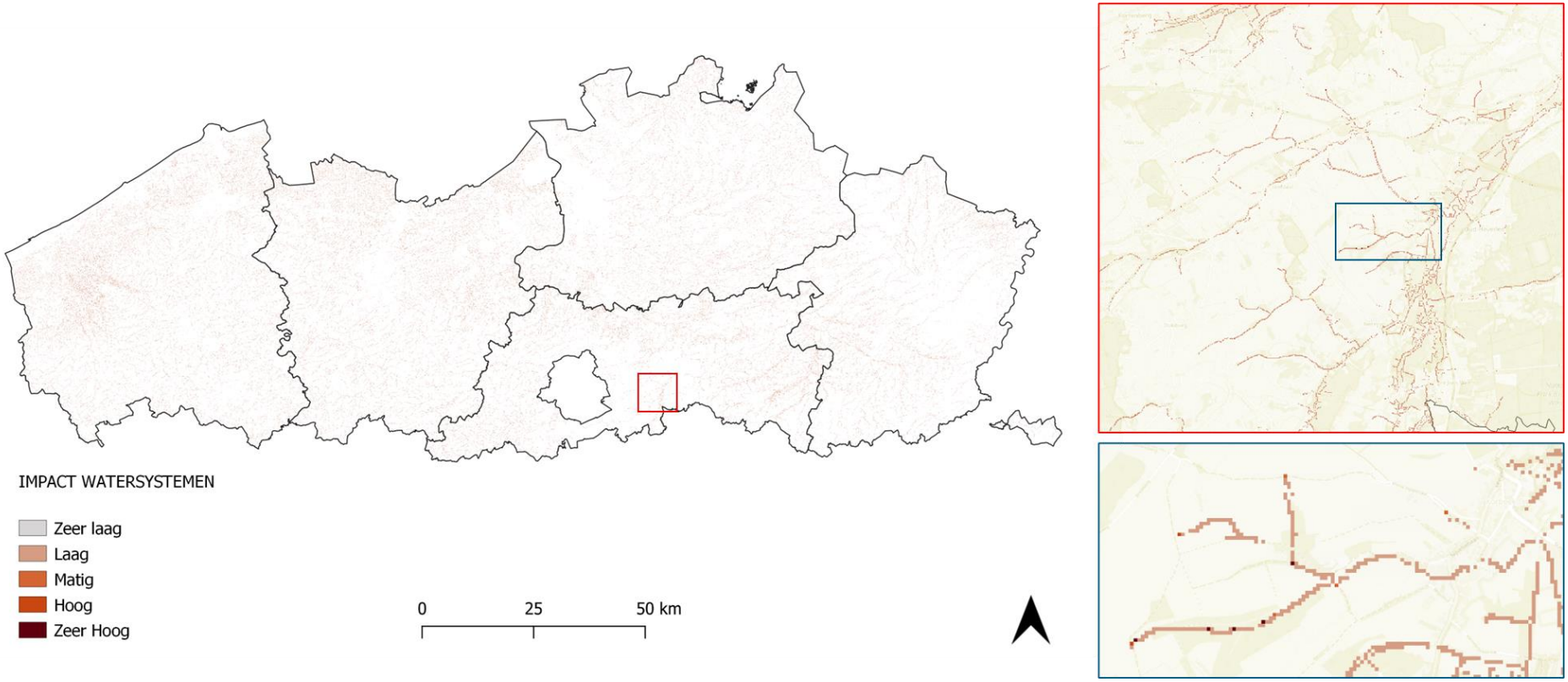
Figuur 35 illustreert de impactscore van het hoofdcriterium watersystemen voor heel Vlaanderen. Gezien de spreiding van het waterlopennetwerk en doordat deze telkens dunne, lange lijnen voorstellen is op schaal van Vlaanderen moeilijk te zien wat deze raster inhoudt. Toch zijn er op bepaalde locaties clusters te zien, bijvoorbeeld in het westen van West-Vlaanderen en het noorden van Oost-Vlaanderen. Deze gebieden stemmen overeen met locaties waar het waterlopennetwerk dichter vertakt is dan op andere locaties. Daarnaast zijn voor de gebieden waar beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewater voorkomen in het algemeen iets hogere scores te vinden door overlap van verschillende sub-criteria. Binnen het waterlopennetwerk is het over het algemeen zo dat heel veel pixels die overlappen met een waterloop een score krijgen; op veel locaties is er namelijk toch iets van sedimentaanvoert naar een waterloop. Dit toont de relevantie van diffuse aanvoer van sediment.Op slechts enkele locaties binnen een waterloop wordt er een hoge waarde gemodelleerd.

Een detailkaart wordt weergegeven in Figuur 35, waarop duidelijk een netwerk van waterlopen zichtbaar is. Hier wordt eveneens een zone van het sub-criterium beschermd drinkwatergebied voor oppervlaktewater weergegeven. Toch valt op dat er niet overal binnen deze gebieden een hogere impactscore wordt toegekend. Omdat voor het hoofdcriterium watersystemen slechts 2 sub-criteria onderling kunnen overlappen, werd gekozen om het gewicht voor het sub-criterium beschermd drinkwatergebied op 0.5 te zetten. Anders zou deze kaart te hard gedomineerd worden door 1 sub-criterium waar grote gebieden overlappen met waterlopen, waterlichamen of grachten die dubbel zoveel doortellen. Door deze aanpassing in het gewicht vallen de lage impact scores binnen dezelfde klasse en worden voornamelijk de hoge impact scores in die gebieden relevanter.

Het effect dat de beschermde drinkwatergebieden op deze manier hebben op de impactscore is dus niet zozeer het hele gebied een hogere score geven en dus veel zwaarder laten doortellen, maar vooral de cellen die een al middelhoge tot hoge score hebben naar een hogere klasse brengen. Hierdoor telt dit sub-criteria nog steeds mee, maar overheerst het de finale kaart niet helemaal. De meeste lage scores binnen beschermde drinkwatergebieden blijven laag, omdat deze eerder aan de ondergrens van de gedefinieerde klasse liggen. Vooral de enkele hoge scores binnen een waterloop krijgen dus mogelijks een iets hogere score.



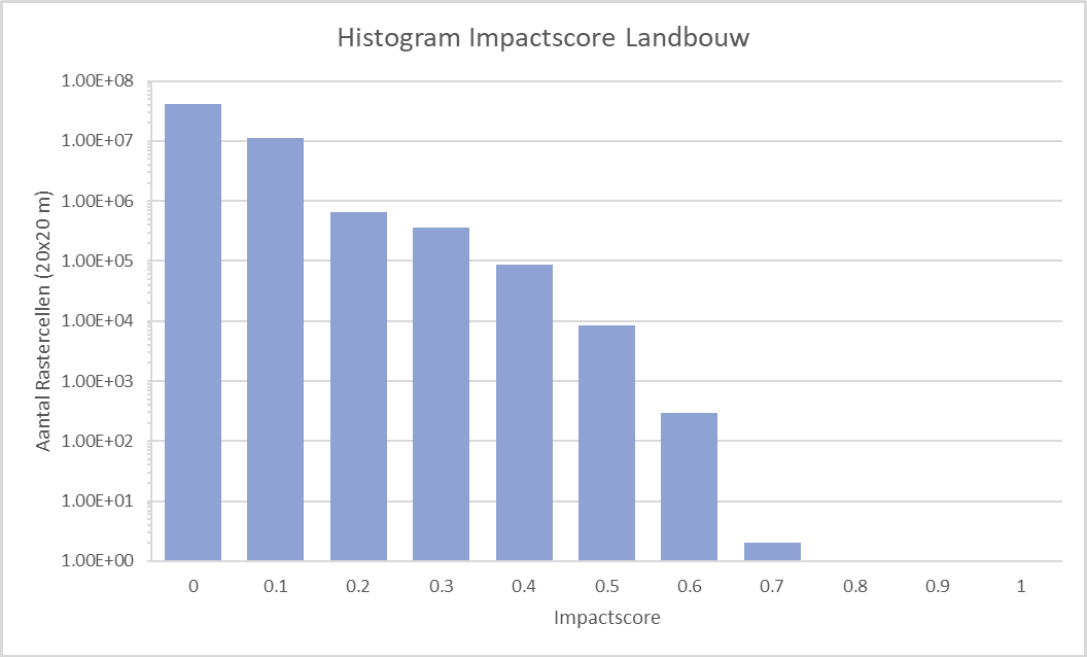
Figuur 34: Histogram van de impactscore voor het hoofdcriterium Watersystemen voor heel Vlaanderen. X-as interpretatie is als volgt 0 = [0], 0.1 =]0-0.1], 0.2 =]0.1-0.2], ... , 1 =]0.9-1].



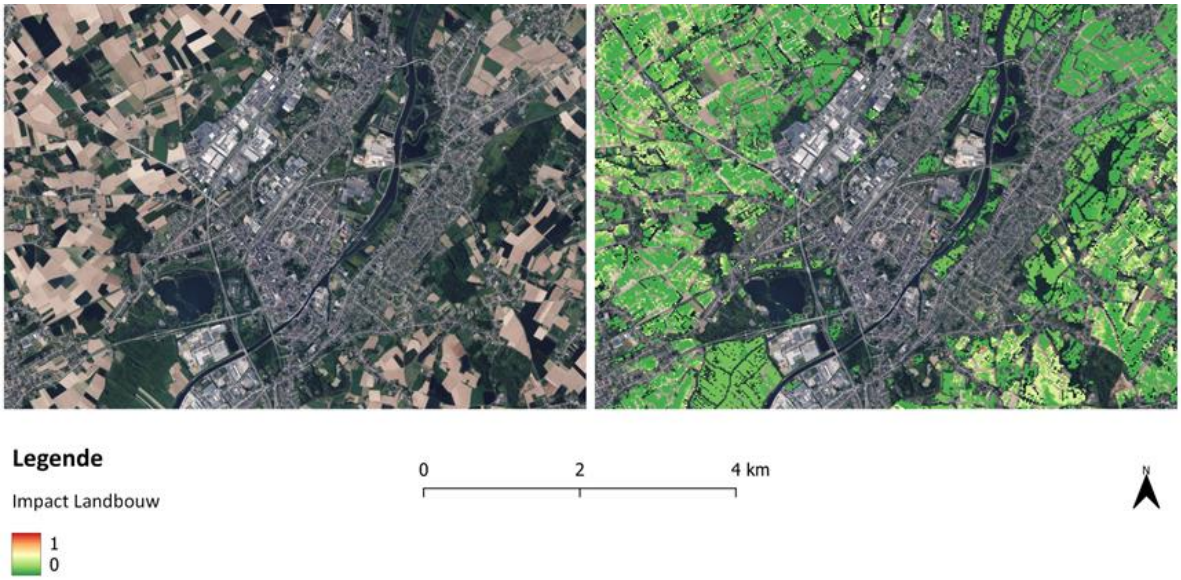
Figuur 35: Impactscorekaart voor het hoofdcriterium Watersystemen.

3.1.3 Landbouw

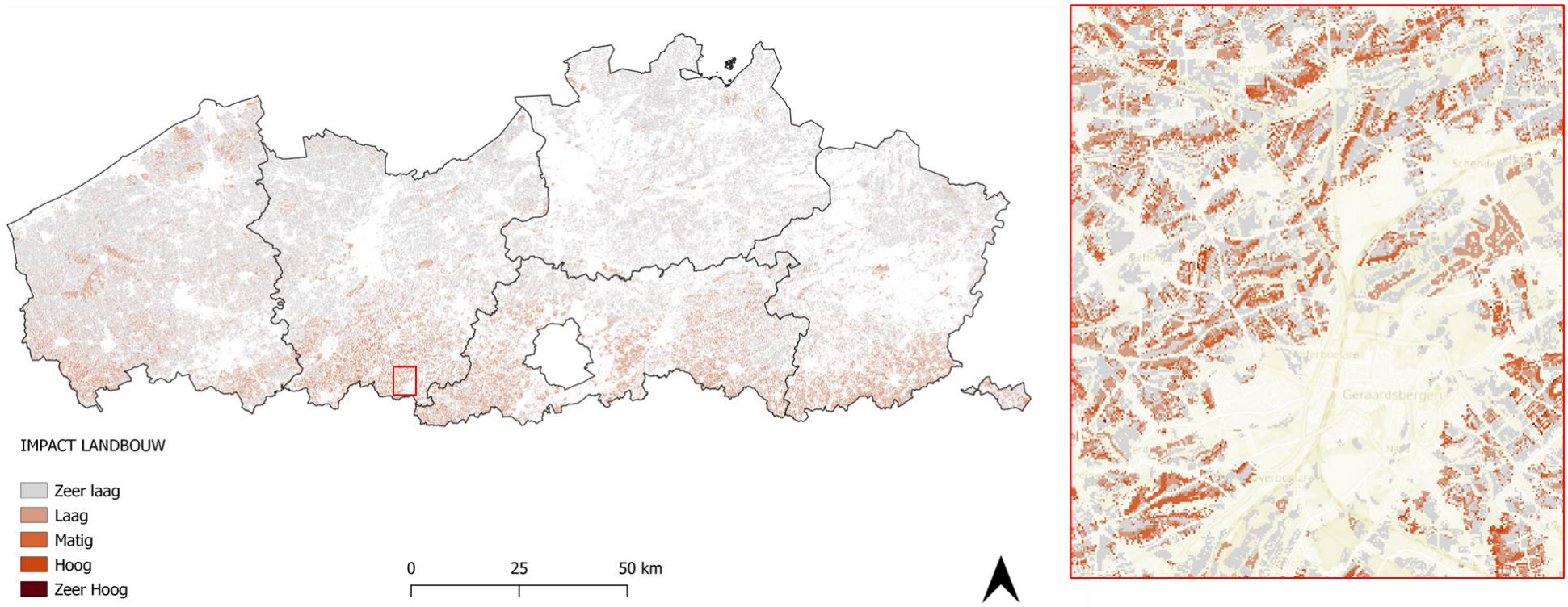
In Figuur 38 wordt de rasterkaart met de impactscore voor Landbouw in Vlaanderen weergegeven. Het valt op dat dit hoofdcriterium een bredere dekking heeft dan de andere, met meer cellen die een score krijgen. Deze bevinding wordt ook duidelijk geïllustreerd in het histogram dat te zien is in Figuur 36. Hierin worden een groter aantal cellen weergegeven, opnieuw vooral met lagere scores. In vergelijking met de andere hoofdcriteria bevat landbouw het grootste aantal cellen waarbij er overlap is tussen erosie en één van de criteria en bijgevolg een impactscore krijgt. Dit resultaat is te verwachten gezien het grote aandeel landbouwgrond in Vlaanderen. Verder wordt er op het merendeel van deze oppervlakte erosie gemodelleerd waardoor de meeste cellen een score krijgen. Daarnaast valt te zien dat de dekking overeenkomt met gebieden waar veel landbouw voorkomt, zoals o.a. in West-Vlaanderen. Rond grotere steden zijn dan weer duidelijke gaten te zien. Verder is de bekende trend in de severiteit van erosie, die groter is in het zuiden van Vlaanderen, ook duidelijk zichtbaar in deze gebieden. Over het algemeen is het hoofdcriterium landbouw het duidelijkste, daar dit door het grote landoppervlak het meest overeenstemt met de gemodelleerde erosiekaarten. Daarnaast wordt er bijkomend gekeken naar de intrinsieke erosiegevoeligheid van de bodem. Deze heeft een duidelijke impact op de score in deze gebieden, maar is over het algemeen ook vrij verspreid doorheen Vlaanderen. Een detailbeeld wordt weergegeven in Figuur 37 waarin duidelijk te zien is hoe het merendeel van de landbouwgrond rond een stad een score ontvangt, zei het voornamelijk lagere scores, terwijl de stad zelf gevrijwaard blijft binnen dit criterium.



Figuur 36: Histogram van de impactscore voor het hoofdcriterium Landbouw voor heel Vlaanderen. X-as interpretatie is als volgt 0 = [0], 0.1 =]0-0.1], 0.2 =]0.1-0.2], ... , 1 =]0.9-1].



Figuur 37: Detailkaart impactscore landbouw met orthofoto (links) en rasterkaart impact Landbouw (rechts).



Figuur 38: Impactscorekaart voor het hoofdcriterium Landbouw (voorlopige kaart).

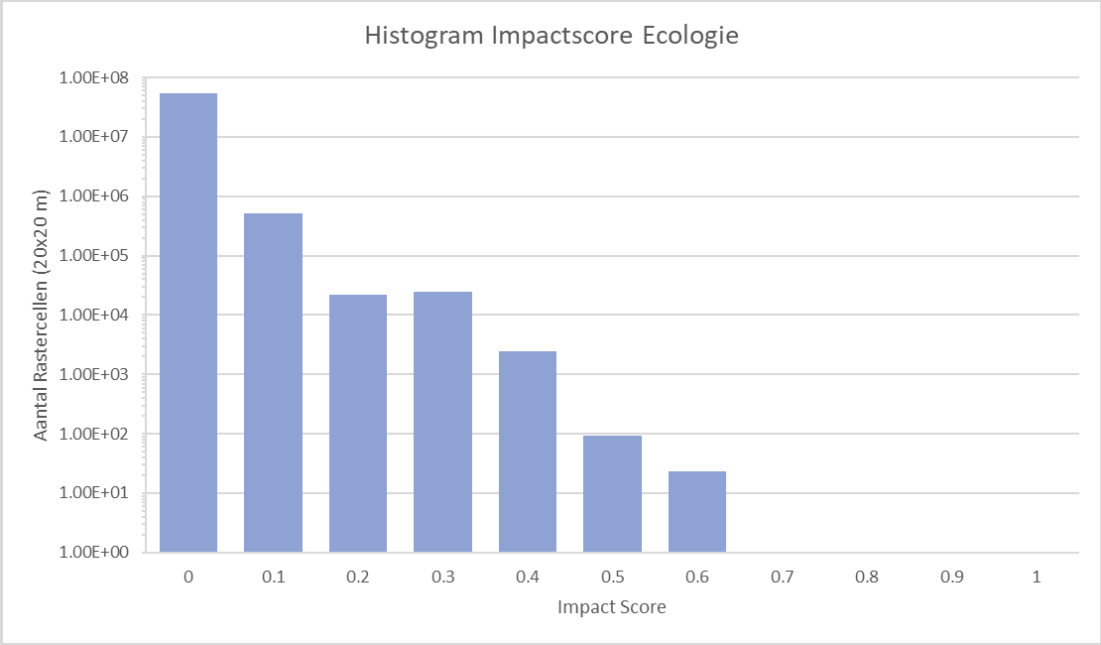
3.1.4 Ecologie

Figuur 41 illustreert de impactscore van het hoofdcriterium Ecologie (de combinatie van de sub-criteria van Ecologie) voor heel Vlaanderen. Op deze schaal zijn de individuele rastercellen niet overal duidelijk zichtbaar, maar kunnen toch verschillende clusters worden waargenomen. Deze komen overeen met gebieden waar grotere clusters natuur of open ruimte te vinden zijn. Zo zijn in de provincie Limburg bijvoorbeeld verschillende clusters te herkennen die overeenkomen met natuurgebieden of parken, zoals het Nationaal Park Hoge Kempen, de vallei van de Zwarte Beek of evengoed rondom het militair domein van Leopoldsburg. Ook in andere regio's komen natuurrijke gebieden, zoals het Zwin en de Kalmthoutse Heide, duidelijk naar voor. In deze clusters komen vaak ook verschillende sub-criteria aan bod. Naast de verschillende clusters zijn kleinere groeperingen te zien en komen op bepaalde plaatsen waterlopen duidelijk in beeld. Deze laatste komen vooral overeen met het sub-criterium aquatische biodiversiteit dat opgebouwd is uit SBPs. Over het algemeen hebben de clusters veel rastercellen met een lage impactscore door de lage gemodelleerde sedimentaanvoer waarden. Zelfs wanneer er verschillende sub-criteria overlappen, blijft door de lage sedimentaanvoer de impactscore over het algemeen laag. Vooral in het zuiden van Vlaanderen worden, zoals verwacht, ook hogere impactscores bekomen. Hier maakt de overlap van verschillende sub-criteria dan ook een duidelijker verschil.

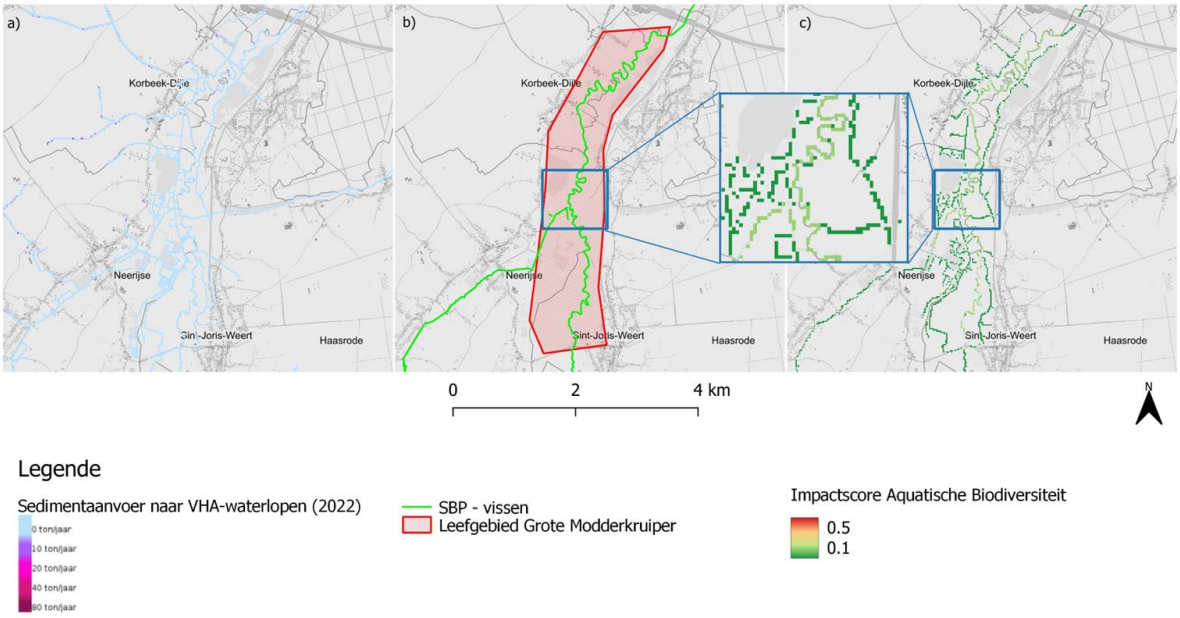
De verdeling van de rastercel-waarden voor deze impactscore wordt grafisch weergegeven in het histogram in Figuur 39. Dit histogram toont het aantal cellen op de y-as op een logaritmische schaal, gerelateerd aan hun respectievelijke impactscore op de x-as. Het is niet verrassend dat er aanzienlijk meer cellen zijn met een lagere score, wat overeenkomt met locaties waar slechts weinig sediment werd gemodelleerd of er weinig overlap is tussen verschillende sub-criteria. Bijgevolg zijn er telkens minder cellen met hoge waarden, of waarin er overlap is met meerdere sub-criteria, wat resulteert in een hogere impactscore. (Figuur 39)

Voor het hoofdcriterium Ecologie wordt een gedetailleerd voorbeeld gegeven in Figuur 40, dat de berekening van de impactscore voor het sub-criterium Aquatische Biodiversiteit illustreert. Dit sub-criterium wordt opgebouwd door de deelaspecten SBP-vissen en het leefgebied van de grote modderkruiper. Hierin worden respectievelijk de sedimentaanvoer naar VHA-waterlopen (a), de locaties waar de grote modderkruiper en SBP-vissen voorkomen (b), en de overlap tussen beide (c) getoond. Dit visueel overzicht geeft inzicht in de manier waarop de verschillende inputs worden gecombineerd om het uiteindelijke raster voor het sub-criterium Aquatische Biodiversiteit te genereren. Hierbij wordt aan cellen die zich buiten het leefgebied van de Grote Modderkruiper of SBP-vissen bevinden of waar de sedimentaanvoer gelijk is aan nul, een waarde 0 toegekend. Enkel wanneer aan beide voorwaarden is voldaan, i.e. wanneer de sedimentaanvoer groter is dan nul en de cel binnen het leefgebied van de Grote Modderkruiper of SBP-vissen valt, wordt de severiteitsscore op basis van de klassegrenzen toegewezen in de overlapkaart. Daarnaast valt te zien dat de pixels waar beide deelaspecten overlappen lichter groen kleuren wat op een hogere impactscore duidt.

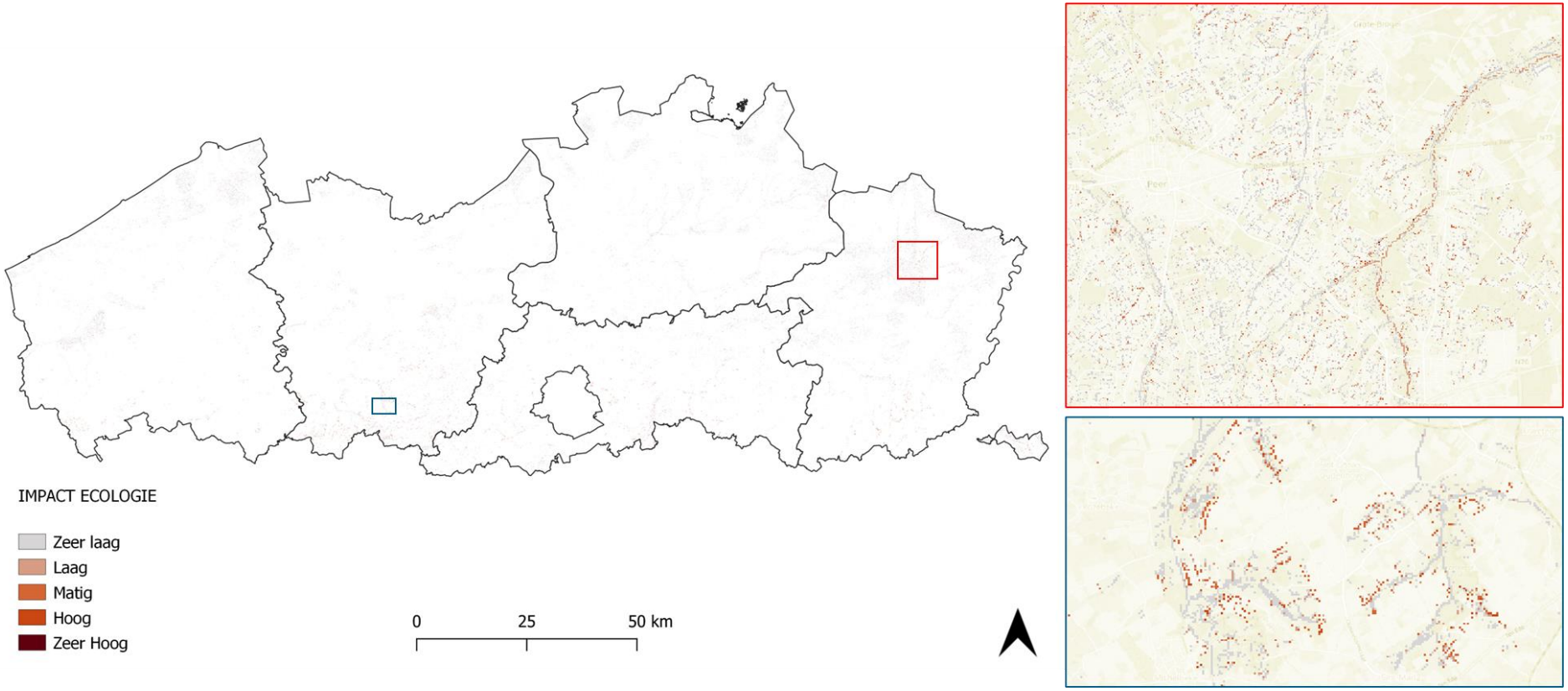
Over het algemeen toont de rasterkaart in Figuur 41 een beeld dat overeenstemt met de verwachtingen voor het hoofdcriterium Ecologie. Hier komen vooral clusters van natuurgebieden en delen van waterlopen naar boven. Rond meer verstedelijkte gebieden van Vlaanderen blijkt het aantal cellen met een positieve impactscore lager te zijn. De clustering van deze rasterkaart tot een vectorkaart met grotere gebieden wordt later besproken en zal een duidelijker beeld geven van de impact per A1 gebied omdat hier zowel het aantal cellen als de score in rekening worden gebracht.



Figuur 39: Histogram van de impactscore voor het hoofdcriterium Ecologie voor heel Vlaanderen. X-as interpretatie is als volgt 0 = [0], 0.1 =]0-0.1], 0.2 =]0.1-0.2], ... , 1 =]0.9-1].



Figuur 40: Detail voorbeeld berekening deelaspect 'Grote Modderkruiper' voor hoofdcriterium Ecologie. a) Sedimentaanvoer naar grachten b) Leefgebied Grote Modderkruiper en c) Overlap: tussen a en b.



Figuur 41: Impactscorekaart voor het hoofdcriterium Ecologie.

.

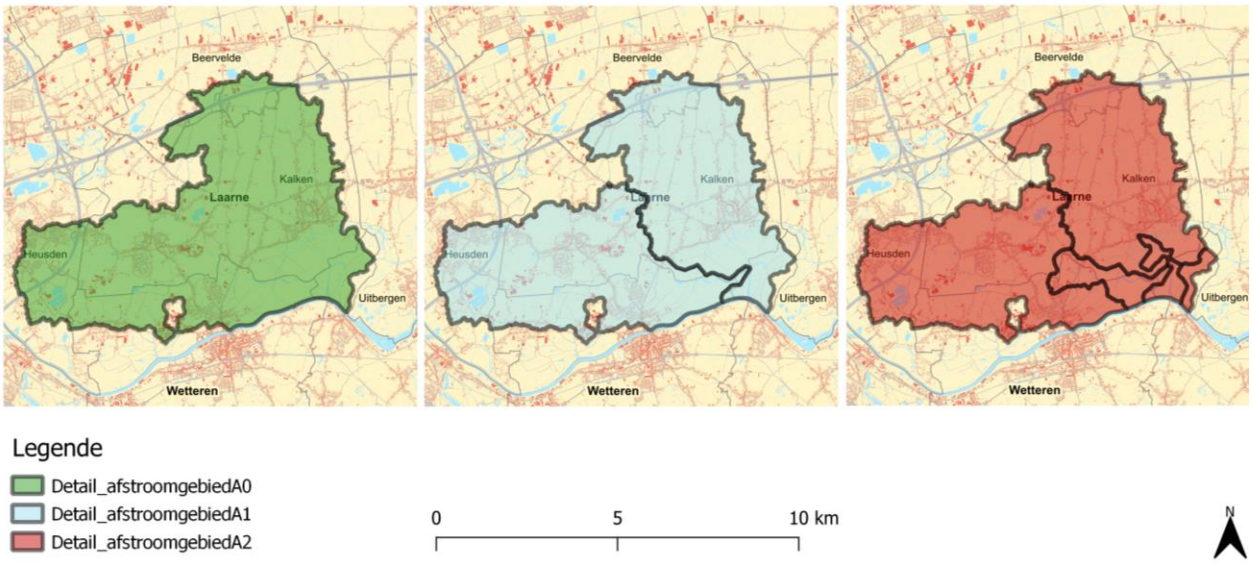
3.2 LOGICA AFBAKENING IMPACTGEBIEDEN

In een laatste stap dienen de rasterkaarten, die de impact per hoofdcriterium beschrijven, tenslotte nog vertaald te worden naar een vectorkaart die deze impactscore per gebied duidelijk voorstelt. Deze omzetting kan diverse grenstypen hanteren en variëren in schaal. De optimale benadering voor deze omzetting werd, in nauwe samenwerking met de belanghebbenden, besproken tijdens workshop 2.

De verschillende voorgestelde types van gebiedsafbakening die overwogen werden zijn administratieve grenzen, (deel)stroomgebieden of statistisch geïnterpoleerde rasters. Deze kunnen telkens op een kleine of grote schaal bekeken worden, bv. provinciegrenzen vs. deelgemeenten of deelstroomgebieden A0 vs. A2. Bij het bespreken van de gebiedsafbakening voor erosiebestrijding kwam naar voren dat het gebruik van administratieve grenzen weliswaar praktisch is, maar niet ideaal vanwege de natuurlijke aard van erosie, die zich niet aan kunstmatige grenzen houdt. In plaats daarvan werden stroomgebieden als een geschiktere eenheid voorgesteld, aangezien ze natuurlijke grenzen vormen voor erosie, een proces dat sterk afhankelijk is van hellingen. Geïnterpoleerde rasters kunnen van waarde zijn voor visualisatiedoeleinden, maar hun toegevoegde waarde is over het algemeen minder significant dan bij het gebruik van bijvoorbeeld stroomgebieden. Tot slot zijn de onderliggende rasterkaarten ook beschikbaar ter raadpleging op aanvraag voor experten die hiermee aan de slag wensen te gaan, zoals bijvoorbeeld de erosiecoördinatoren.

Wat betreft de schaal voor de kaarten, is het belangrijk dat deze gedetailleerd genoeg is voor praktische toepassing op het terrein. Afhankelijk van het specifieke doel van de kaart is een andere schaal gewenst om problemen op verschillende niveaus te onderzoeken. Hierbij kan eerst naar hele stroomgebieden worden gekeken, gevolgd door meer gedetailleerd inzoomen om knelpuntlocaties te identificeren.

Met de bovenstaande overwegingen in gedachten werd besloten om de A1 afstroomgebieden, i.e. intermediaire afstroomgebieden, te gebruiken voor de gebiedsafbakening (bron: Release: Oppervlaktewaterlichamen en hun afstroomgebieden, 2022-2027 | Vlaanderen.be). Deze stroomgebieden bieden een goede balans tussen voldoende groot en genoeg detail voor



Figuur 42: Vergelijking verschillende schalen van afstroomgebieden (A0 tot A2).

gebiedsafbakening. Een vergelijking tussen de verschillende schaalniveaus van deelstroomgebieden is te vinden in Figuur 42.

Op basis van de A1 stroomgebieden is vervolgens het aantal cellen per stroomgebied berekend dat valt binnen de volgende klassen met celwaarden 0 - 0.1, 0.1 – 0.2, 0.2 – 0.3,... enzovoort tot 1.0, van de waarden van de rasterkaart met de impactscore van het desbetreffende hoofdcriterium. Dit gebeurde op basis van het GIS-algoritme 'zonehistogram' dat het aantal rastercellen met een bepaalde waarde binnen een vooraf gedefinieerde vector berekend. Met behulp van het aantal cellen in elk van deze klassen is een uiteindelijke impactscore berekend per hoofdcriterium en per gebied. Deze score werd toegepast om de vectorkaart van de impact gebieden te bepalen op basis van de A1 stroomgebieden. De berekening maakt gebruik van een exponentiële verdeling om hogere impactscores meer gewicht toe te kennen, aangezien de rasterkaart met totale impactscores over het algemeen veel lagere scores bevat, maar het de bedoeling is om zogenaamde hotspots te identificeren en een hogere impactscore toe te kennen. Tot slot werd deze score gedeeld door de oppervlakte van het afstroomgebied om ervoor te zorgen dat de score niet afhankelijk is van de grootte van het gebied.

De formule voor de impactscore (I) van het gebied is als volgt:

$$I = \frac{HISTO_{0.1}+exp(3)*HISTO_{0.2}+exp(5)*HISTO_{0.3}+exp(7)*HISTO_{0.4}+(HISTO_{0.5}+HISTO_{0.6}+HISTO_{0.7}+HISTO_{0.8}++HISTO_{0.9}+HISTO_{1})*exp(8)}{Oppervlakte}$$

Waarbij:

- *I* de impactscore voor het A1 stroomgebied.
- $HISTO_x$ het aantal cellen met een impactscore > X-0.1 en <= X.
  - (bv $HISTO_{0.1}$ > 0 en <= 0.1)
- exp(*y*) de exponentiële functie voorstelt met argument *y*.

Deze formule is afgeleid van een methode (class weighting) die wordt gebruikt in machine learning om het probleem van ongebalanceerde datasets aan te pakken, waarbij de ene klasse (of meerdere klassen) aanzienlijk minder vertegenwoordigd is dan de andere. Dit is voor de datasets in het afwegingskadermodel het geval tussen de lagere erosie, sedimentatie en sedimentaanvoer cel waardes die zeer talrijk zijn, en de hogere waardes, die onder belicht zouden blijven. Gezien de lagere waardes wel een belang hebben, en het dus niet gewenst is enkel de hoge waardes in acht te nemen, is het belangrijk om correcte gewichtscoëfficiënten toe te dienen zodat beide worden meegenomen in het bepalen van de uiteindelijke impact score. De exponenten zijn bepaald door de class weighting te berekenen voor een willekeurige selectie van 50 A1 gebieden. Dit houdt in dat voor die selectie er per A1 gebied, voor iedere klasse (0.1, 0.2, 0.3,...,1.0), de gewichten zijn bepaald om elke klasse even zwaar te laten wegen.

Voor een weging $w_i$voor klasse i kan dit berekend worden als volgt:

$$w_i = \frac{n}{N * n_i}$$

n: Totaal aantal cellen in het A1 gebied
N: Totaal aantal klassen
n_i: Aantal cellen in klasse i

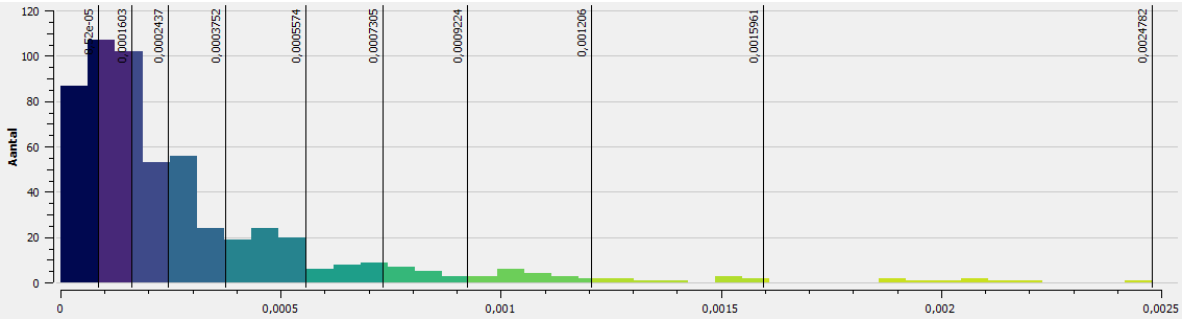
Deze gewichten zijn per A1 gebied verschillend, gezien het aantal cellen per klasse verschillend is, maar door te kijken naar de gemiddelde en mediane gewichten per klasse kan de grootteorde van het gewicht bepaald worden. Deze waardes zijn vervolgens doorvertaald naar exponenten van eenzelfde grootteorde. Zodoende worden de meer extreme waardes uitgelicht en wegen ze voldoende sterk door voor de berekening van de impact scores.

Merk dat de klasses 0,5 tot 1 hetzelfde gewicht krijgen (exp(8)). De reden hiervoor is af te leiden uit Figuur 7 en Figuur 8 en hun toelichting. Tot en met klasse 0,5 gaat het voornamelijk over celwaardes uit niet overlappende cellen die dus rechtlijnig te vergelijken zijn met de hoeveelheid erosie etc. De waardes boven 0,5 zijn afkomstig uit overlappende cellen met een matige tot grote hoeveelheid erosie, sedimentatie, sedimenttransport of sedimentaanvoer. Klasse 0,5 en hoger beslaat dus de kleinste hoeveelheden aan cellen per gebied, en ze zijn indicatief voor de grootste impact. Er is echter weinig verschil tussen zowel de hoeveelheid cellen in de klasse, als de severiteit van de impact eens de waarde 0,5 of hoger is, beide parameters die bepalen of een klasse een hoger gewicht dient te krijgen.

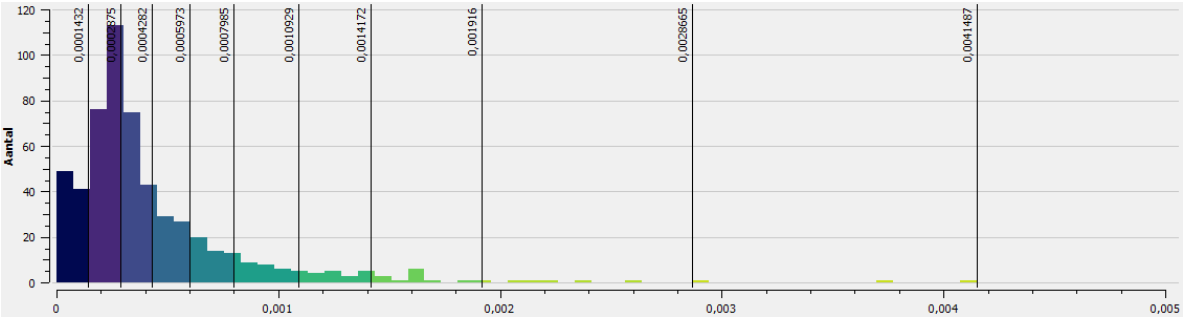
Tot slot werd de berekende impactscore voor elk van de hoofcriteria herschaald naar een impactscore van 1 tot 10. Op deze manier kunnen de verschillende hoofdcriteria duidelijk met elkaar vergeleken worden en gecombineerd worden om een totale score voor het eindproduct te berekenen. De grenzen voor deze herschaling werden bepaald door het *natural breaks* (natuurlijke grenzen) of *jenks* algorithme. Dit algoritme zoekt naar een natuurlijke groepering van data in klassen zodat er maximale variantie tussen individuele klassen ontstaat, maar een minimale variantie binnen de klasse zelf.

Figuur 43 stelt ter illustratie de histogrammen voor met aangeduide klassegrenzen voor de vier hoofdcriteria. De gebieden krijgen op basis van deze 10 klassen een finale impactscore van 1 tot 10, 1 voor de laagste en 10 voor de hoogste klasse. Na dit voor elk hoofdcriterium toe te passen, wordt deze score per hoofdcriterium opgeteld om de classificatie voor de eindkaart te bekomen.

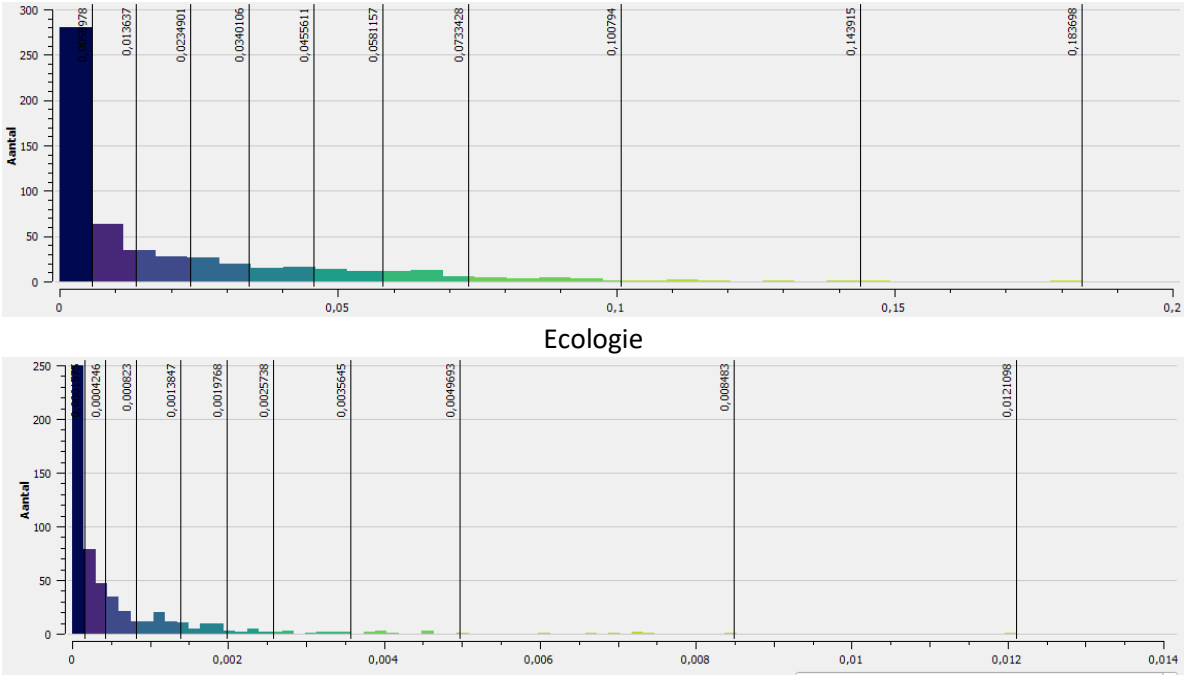
Infrastructuur



Watersystemen



Landbouw



Figuur 43: Voorbeeld natuurlijke grenzen voor impactscore Infrastructuur. Grafiek toont het aantal cellen op de y-as met een bepaalde score op de x-as. De klassegrenzen worden, zoals berekend volgens het natuurlijke grenzenalgoritme, weergegeven als verticale lijnen.

Op basis van deze impactscore tussen 1 en 10 wordt per score van 2 een niet numerieke impactschaal opgesteld van zeer laag tot zeer hoog

Numerieke impact	Niet Numerieke impact
1-2	Zeer laag
3-4	Laag
5-6	Matig
7-8	Hoog
9-10	Zeer Hoog

3.3 INTEGRATIE MET WAARNEMINGEN

De waarnemingenkaart wordt mee geïntegreerd in het afwegingskader op hetzelfde niveau als een hoofdcriterium. Daarvoor wordt eerst de puntenkaart omgevormd tot een raster waarbij iedere cel een impactscore krijgt van 1. Vervolgens, op dezelfde manier zoals beschreven in hoofdstuk 3.2, wordt een score toegekend aan elk (A1-)gebied. Tot slot wordt ook de natuurlijke grenzen methode (zoals indicatief gevisualiseerd in Figuur 43) toegepast, zei het met 5 klassen in plaats van 10 gezien er minder spreiding is in de waardes.

Uiteindelijk worden twee finale impactkaarten bekomen, één met en één zonder de waarnemingen data geïntegreerd. Het resultaat hiervan wordt besproken in hoofdstuk 4.

3.4 KWALITEITSCONTROLE

Tijdens de ontwikkeling van de impactgebieden kaart werden meerdere kwaliteitscontroles ingebouwd op verschillende stadia van het proces. Het conceptuele model en de diverse (sub)criteria werden nauwgezet ontworpen en regelmatig afgestemd met de stuurgroep van het project. Deze werden ook tijdens de verschillende workshops gevalideerd. Binnen het projectteam zelf ondergingen de opeenvolgende taken systematische controles volgens het 'vier-ogen principe'. De resulterende kaarten voor de hoofdcriteria en de uiteindelijke impactkaart ondergingen uitgebreide vergelijkingen met de brongegevens om consistentie te waarborgen.

4 RESULTATEN

De rasterkaarten voor elk hoofdcriterium werden geaggregeerd tot een impactscore per A1 stroomgebied zoals besproken in hoofdstuk 3.2. De totale impactscore per gebied wordt weergegeven a.d.h.v. een vectorkaart die deze impactgebieden visualiseert in 5 klassen met een gelijk interval zodat de scores van de klassen uit de hoofdcriteria behouden blijven. Op deze manier wordt voor elk hoofdcriterium, de waarnemingen, en het eindproduct telkens een kaart bekomen die de impact weergeeft van 1 (lage impact) tot 5 (hoge impact).

In Figuur 44 wordt de impactscore voor het hoofdcriterium Infrastructuur weergegeven. Hierop zijn voor een deel dezelfde patronen te herkennen als in de rasterkaart. Zo is opnieuw het detailvoorbeeld voor het sub-criterium Erfgoed, zoals weergeven in Figuur 31, duidelijk zichtbaar in de finale kaart met een impactscore van 4. De hoogste impactscores komen voor in gebieden die een hoge concentratie aan cellen met een hoge impactscores hebben en waar verschillende sub-criteria samenkomen. Zo zijn er in deze gebieden bijvoorbeeld langere stroken van cellen die hoge sedimenttransportwaarden op wegen aanduiden en allemaal een hoge impactscore krijgen. Binnen hetzelfde gebied komen dan ook nog groepen huizen en gebieden met erfgoedwaarde voor. Het hoge aantal cellen met een hoge score binnen een relatief klein gebied resulteert bijgevolg in een hoge impactscore.

De impactscore voor het hoofdcriterium Watersystemen wordt weergegeven in Figuur 45. Opnieuw is de algemene trend, met een hogere impactscore in het zuiden van Vlaanderen door grotere sedimentaanvoer, bewaard gebleven. Dit wordt verder beïnvloed door de dichtheid van de waterlopen, wat het aantal cellen bepaald dat een score krijgt. Daarnaast is ook de impact van de beschermde drinkwatergebieden voor oppervlaktewater duidelijk zichtbaar. Zo komen onder andere enkele locaties zoals het noorden van Oost-Vlaanderen en het westen van West-Vlaanderen meer naar voor met een impactscore van 3. Gebieden die zowel hoge gemodelleerde sedimentaanvoerwaarden vertonen als overlappen met beschermd drinkwatergebied voor oppervlaktewater, zoals gebieden in het zuiden van Oost-Vlaanderen, vertonen de hoogste impactscores voor het hoofdcriterium Watersystemen

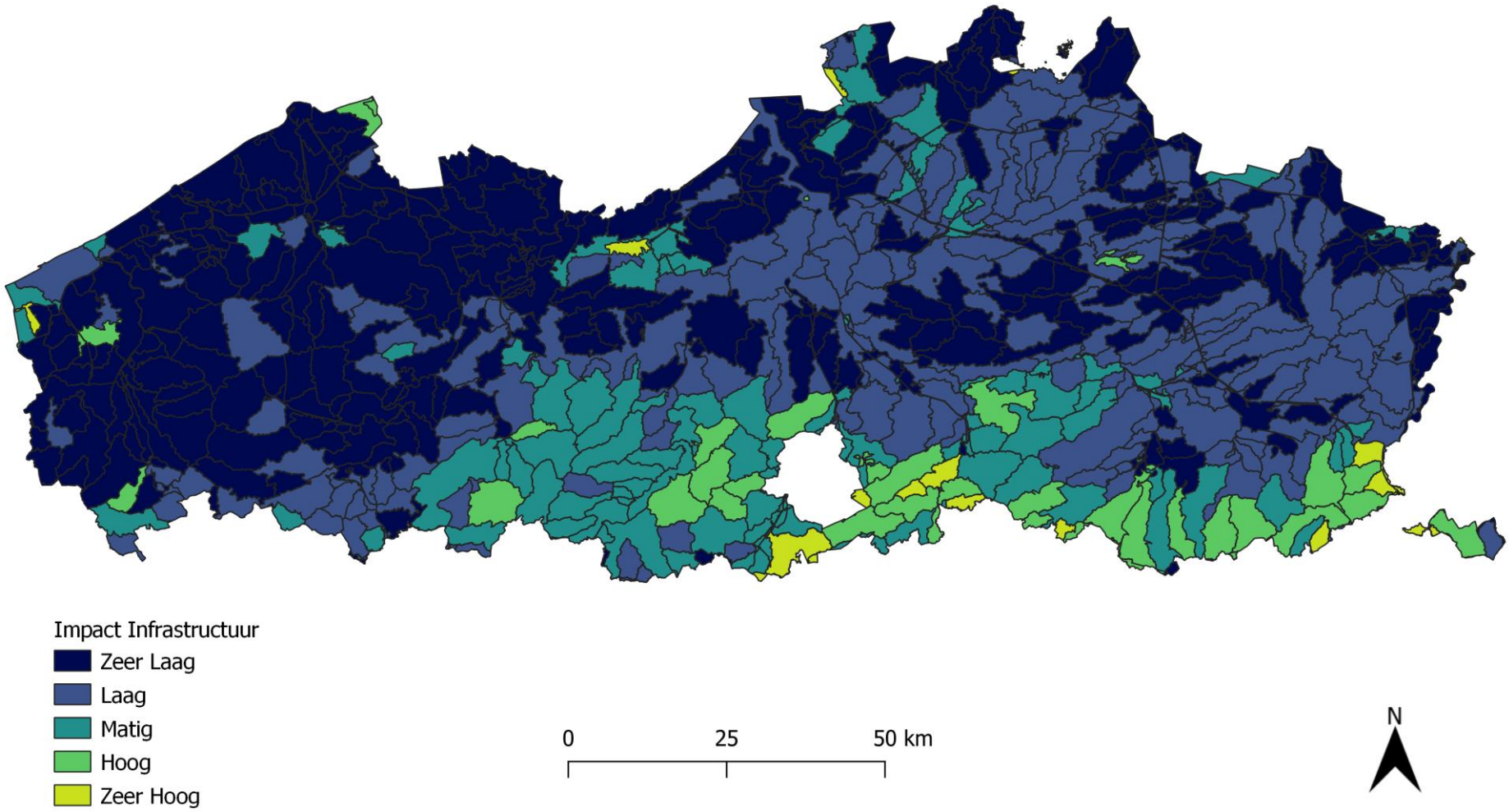
De impactscore voor het hoofdcriterium Landbouw wordt weergegeven in Figuur 46. Hier wordt opnieuw dezelfde trend als in de rasterkaart voor Landbouw duidelijk. Opnieuw wordt zowel het aantal cellen binnen een gebied als de score ervan in rekening gebracht om een finale impactscore te bekomen. Zo komen de gebieden in West-Vlaanderen ook in deze kaart meer naar voren, zij het wel gradueel, waarbij de zones met hogere gemodelleerde erosie in het zuiden een hogere impactscore vertonen. In deze regio zijn ook de meeste gebieden met de hoogste impactscore van 5 gegroepeerd. Ook de kleinere gebieden in het noorden, waar in de eerste plaats misschien minder erosie verwacht wordt, bevatten net enkele cellen met een hoge impactscore door de overlap van erosie op akkers met het erosiegevoeligheidscriterium, zodat deze een impactscore van 3 krijgen.

De impactgebieden voor het hoofdcriterium Ecologie wordt weergegeven in Figuur 47. Hier zijn enkele clusters met een matige tot zeer hoge impactscore te zien, onder andere in het zuiden van Oost-Vlaanderen, Vlaams-Brabant en enkele gebieden in het zuiden en noorden van Limburg. Voor een deel komen deze locaties overeen met de clusters te zien in de rasterkaart in Figuur 41, maar dat is niet overal het geval. Zo zijn er in regio Limburg veel cellen die een impactscore krijgen, maar door de eerder lage gemodelleerde sedimentatie gaat het hier vooral om lage scores. Hierdoor zijn deze gebieden nog steeds zichtbaar, maar vallen ze niet in de klassen met de hoogste impactscores.

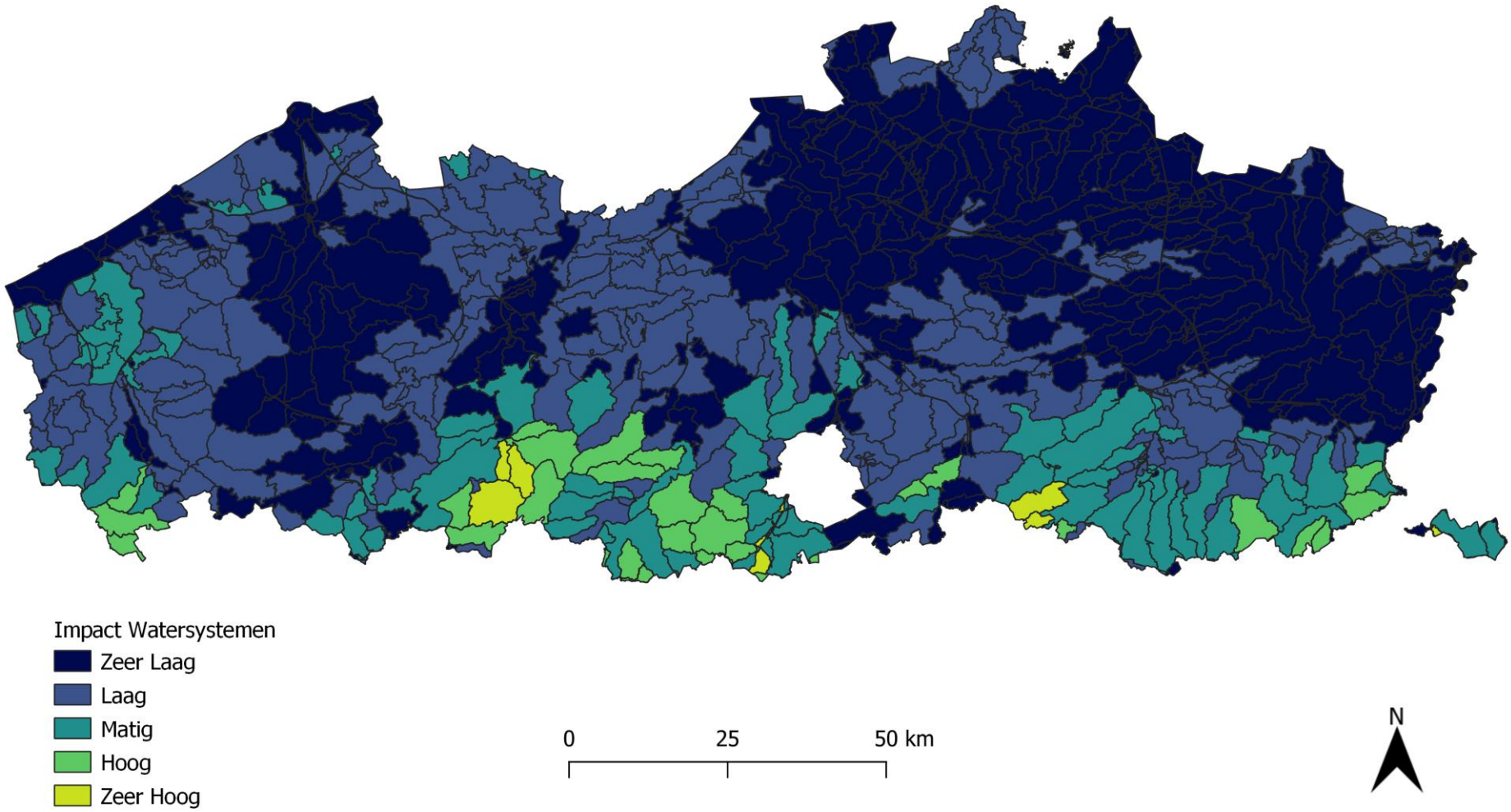
In Oost-Vlaanderen komt deze hoge score tot stand door een hoge gemodelleerde sedimentwaarde enerzijds, en een relatief dichte verdeling van cellen in dit gebied. Daarnaast lijken hier verschillende sub-criteria dicht bij elkaar voor te komen, zoals o.a. aquatische biodiversiteit en terrestrisch habitat dat zich ook langs oevers van waterlopen verspreidt. Verder zijn er enkele kleinere stroomgebieden, zoals in Vlaams-Brabant, die een hoge score krijgen door een relatief laag aantal totaalcellen, maar waarvan het merendeel vrij hoge impactscores vertoont. Daarnaast zijn de eerder vermelde gebieden, zoals de regio's rond het Zwin en de Kalmthoutse Heide opnieuw zichtbaar door de grote concentratie aan cellen met een, eerder lage, impactscore.

De actuele knelpunten, zoals aangeduid door de erosiecoördinatoren, werden eveneens vertaald naar een impactscorekaart op A1 afstroomgebied (Figuur 48). Hiervoor werden, op een gelijkaardige manier, het aantal waarnemingen binnen een stroomgebied beschouwd. Hoe meer waarnemingen van actuele knelpunten, hoe hoger de impactscore. Er valt te zien dat voor het merendeel van Vlaanderen een lage impactscore gegeven wordt door het ontbreken van waarnemingen. Dit vooral voor gemeenten die geen erosiecoördinator hebben omdat er hier weinig of geen problematiek voorkomt..

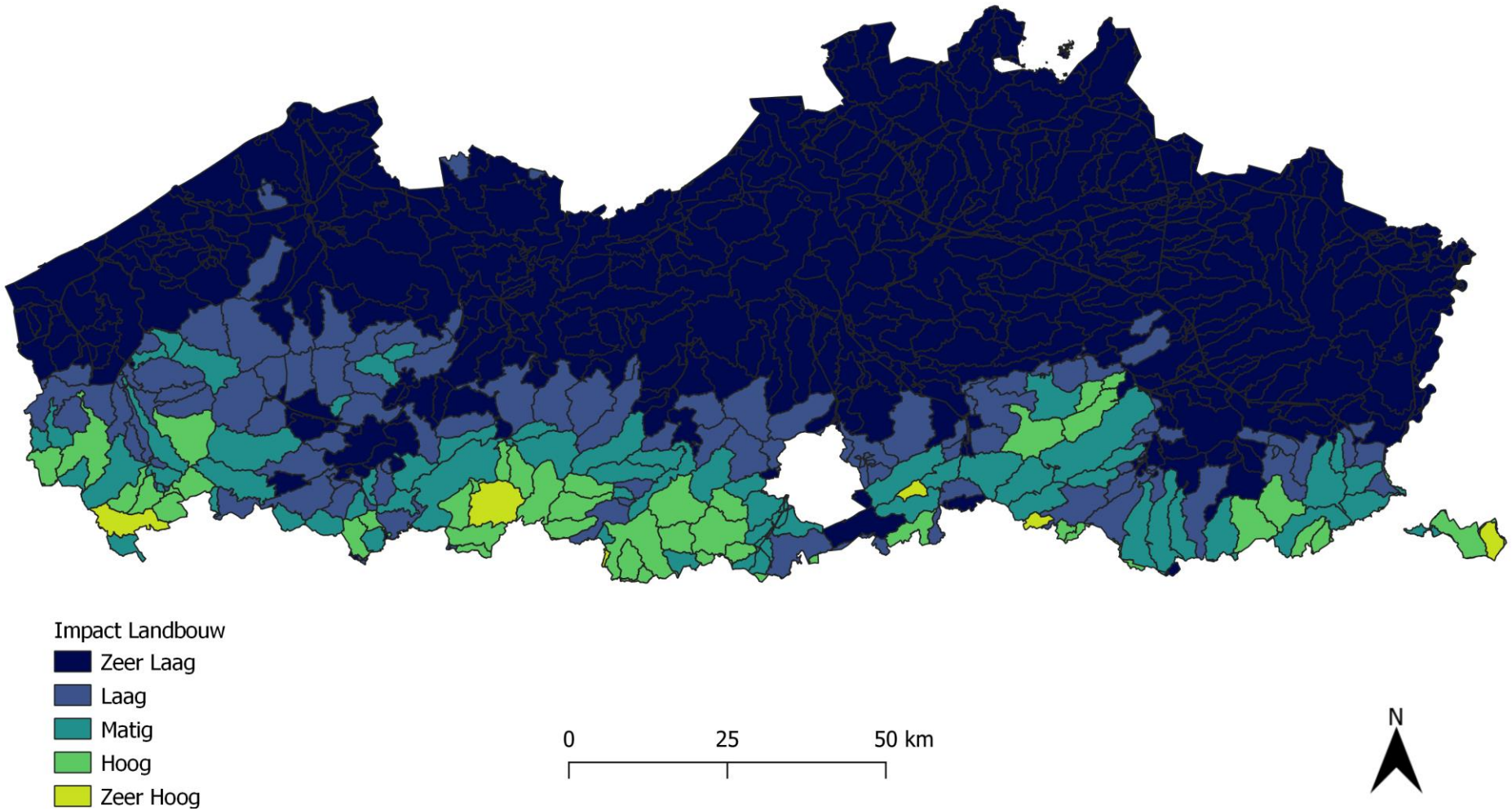
De kaart met het eindproduct, waarbij alle hoofdcriteria gecombineerd werden om een finale impactscorekaart te bekomen, wordt weergegeven in Figuur 49. Dezelfde kaart waarbij ook de waarnemingen werden geïntegreerd wordt weergegeven in Figuur 50. De gebieden die voor de verschillende hoofdcriteria een hoge score kregen, komen hier opnieuw duidelijk naar voor. Er zijn twee A1 afstroomgebieden te zien die de hoogste impactscore bekomen. In het zuiden van Oost-Vlaanderen krijgt het intermediair stroomgebied van de Maarkebeek bij de gemeente Maarkedal een impactscore van 5 doordat deze bij de hoofdcriteria ook telkens in de hoogste of tweede hoogste klasse stond. Hetzelfde geld voor het intermediair afstroomgebied van de Schoorbroekbeek te Hoegaarden. Een vergelijking van de kaart zonder en met integratie van de waarnemingen toont zoals verwacht een lichte verschuiving naar de gebieden met meer waarnemingen. Het gaat vooral om de regio's in het zuiden van Oost-Vlaanderen en Vlaams-Brabant, die over het algemeen al een hoge impactscore hadden. De gebieden in West-Vlaanderen krijgen via de waarnemingen een iets lagere eindscore. Voor de gebieden in Limburg is de verandering beperkt. Een vergelijking tussen de eindkaart en de impactscorekaart met waarnemingen laat voor veel gebieden een gelijkaardige impact zien, waardoor de gemodelleerde impact gedeeltelijk wordt bevestigd door de effectief waargenomen impact.



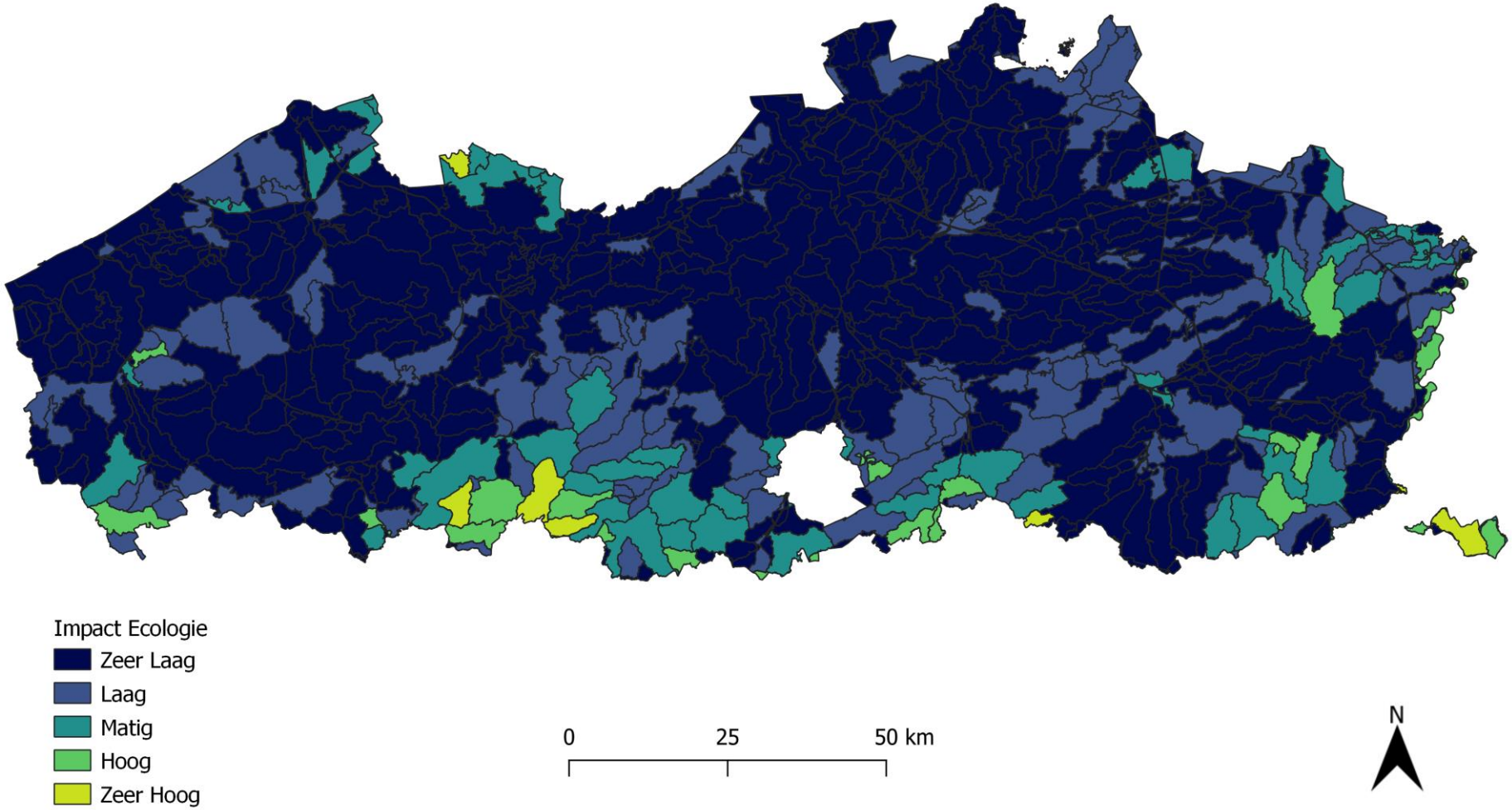
Figuur 44: Impactscore voor het hoofdcriterium Infrastructuur.



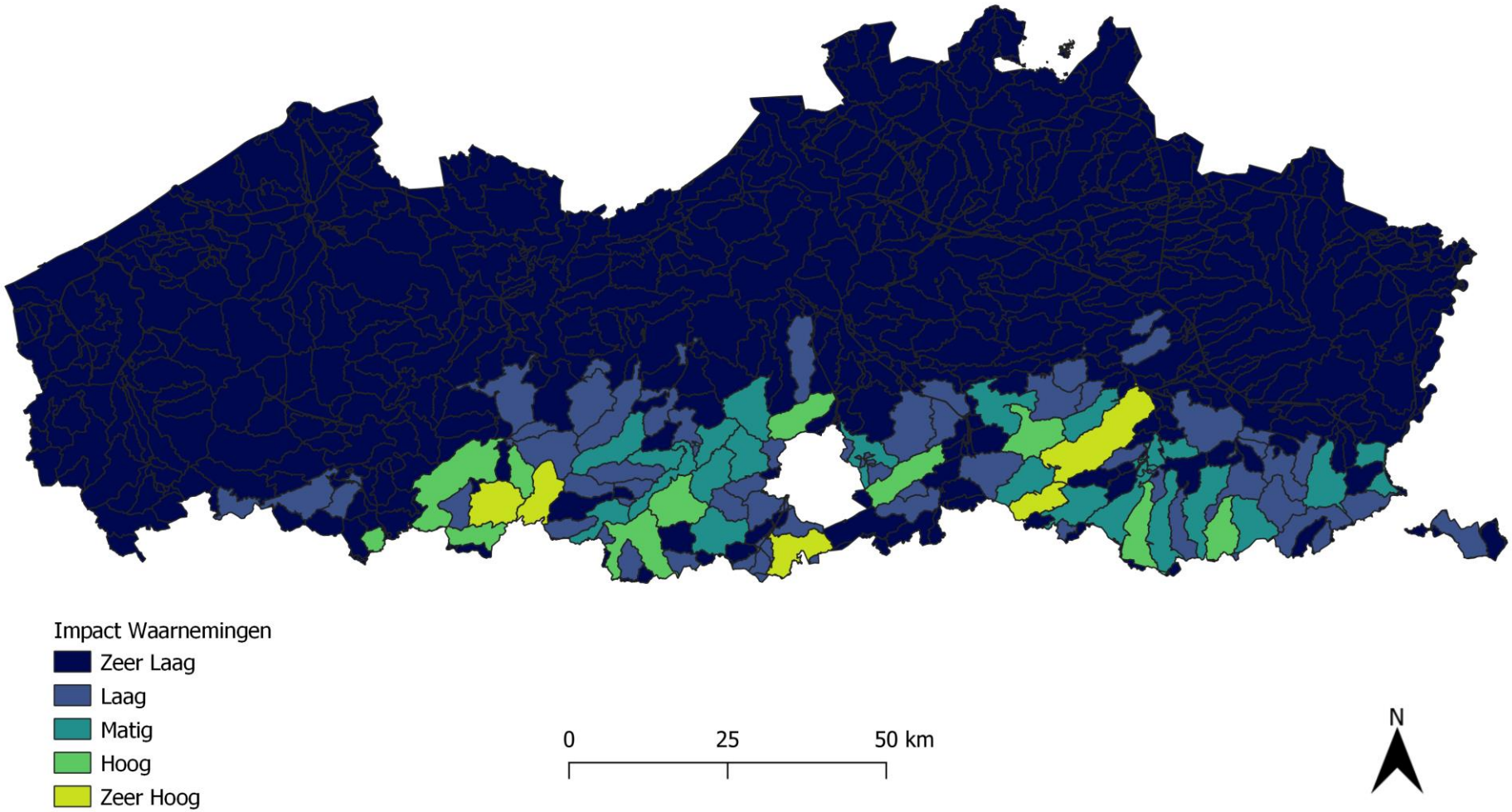
Figuur 45: Impactscore voor het hoofdcriterium Watersystemen.



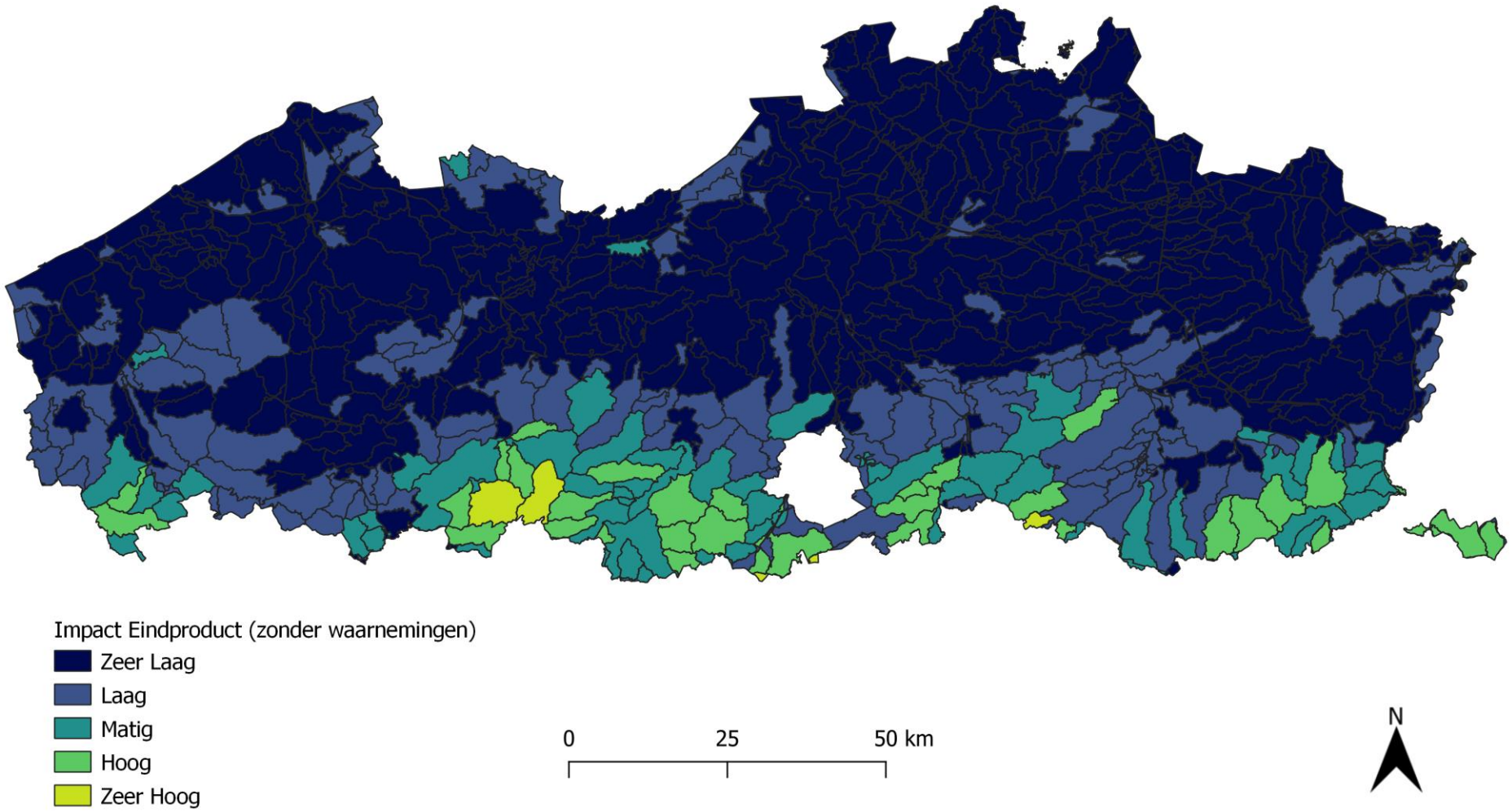
Figuur 46: Impactscore voor het hoofdcriterium Landbouw.



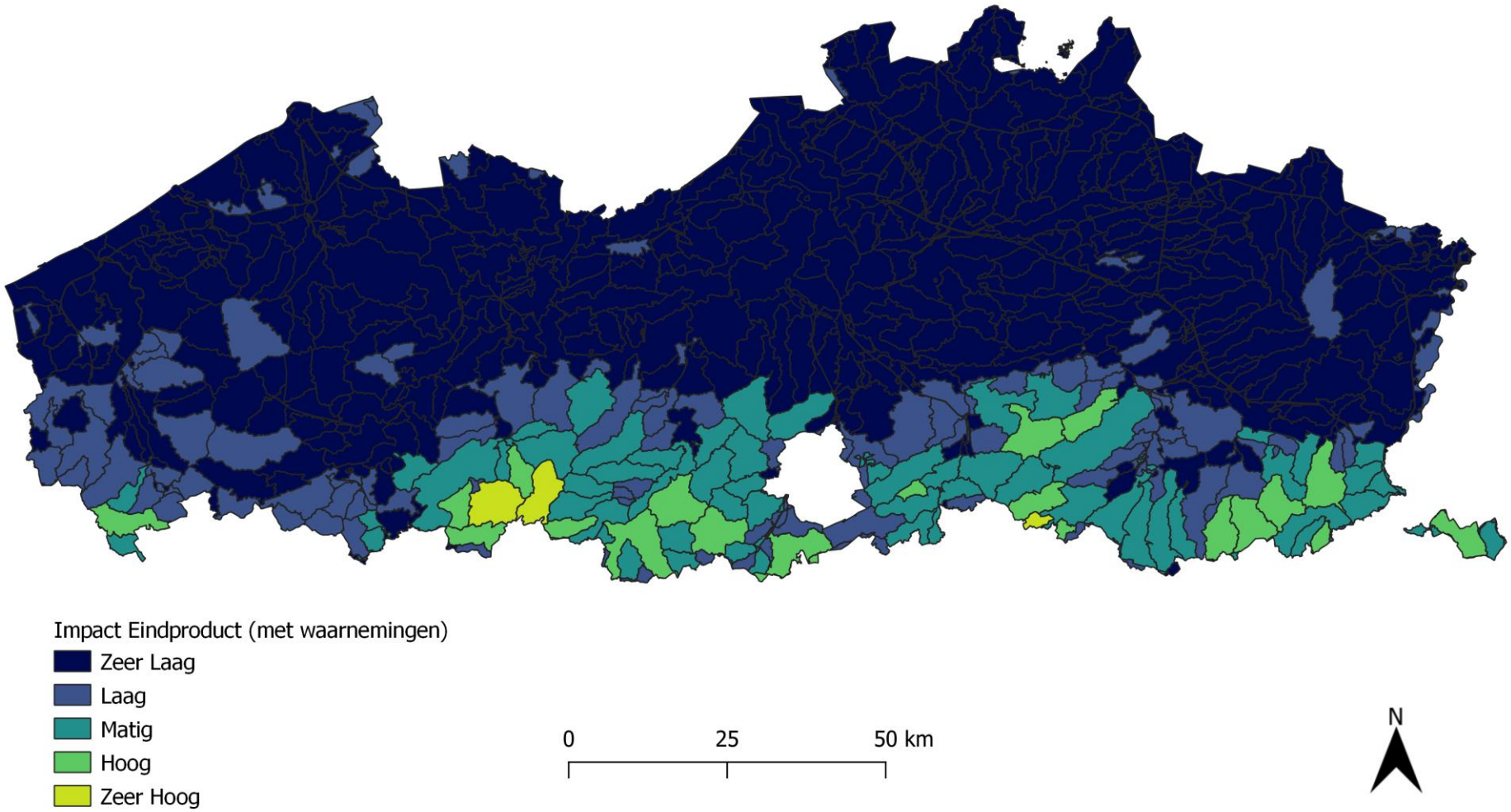
Figuur 47: Impactscore voor het hoofdcriterium Ecologie.



Figuur 48: Impactscore voor de actuele waarnemingen.



Figuur 49: Impactscore voor het eindproduct zonder integratie van de actuele waarnemingen.



Figuur 50: Impactscore voor het eindproduct met integratie van de actuele waarnemingen.

5 CONCLUSIES

De impactanalyse voor erosie en sedimentstromen werd gerealiseerd op basis van een integraal afwegingskader opgebouwd op basis van een combinatie van expert gedreven input en een uitgebreide bevraging en validatie met de verschillende belanghebbenden. Door de impact te bepalen voor vier verschillende sectoren op basis van relevante sectorspecifieke onderdelen die getroffen worden door de on – en /of off-site gevolgen van erosie, wordt niet alleen het integrale eindresultaat vastgesteld, maar ook de impact op deze vier sectoren gedetailleerd beschreven. Hierdoor is het mogelijk om de eindresultaten eenvoudig te interpreteren en te traceren, waardoor de specifieke elementen die een hogere impact ondervinden van de erosieproblematiek onderzocht kunnen worden. Tegelijk kunnen deze vier afzonderlijke impactkaarten en hun sub-criteria en deelaspect kaarten gebruikt worden voor een meer gerichte analyse van de impact op infrastructuur, watersystemen, landbouw, ecologie, of een van hun respectievelijke onderdelen.

Door het samenvoegen van deze vier sectoren en de zich daaronder bevindende elementen wordt een integraal beeld gevormd dat aantoont op welke locaties doorheen Vlaanderen de impact van de erosieproblematiek het zwaarst is. Hierbij wordt rekening gehouden met zowel de severiteit van het probleem, alsook het aantal verschillende criteria met een maatschappelijke waarde dat last ondervindt. Zodoende wegen enkelvoudige criteria die zware overlast ondervinden ongeveer even zwaar als locaties waar er verschillende maatschappelijk relevante elementen zijn die middelmatige overlast ondervinden.

De resulterende impact kaart toont een herkenbaar beeld voor zij die bekend zijn met de erosieproblematiek in Vlaanderen, maar geeft ook nieuwe inzichten op basis van de geïmplementeerde criteria die kunnen worden aangehaald in het opstellen van toekomstige studies, beleid, en de prioritering van maatregelen.

Ter ondersteuning van het integrale aspect van het afwegingskader vonden er doorheen het project uitgebreide stakeholder consultaties plaats in de vorm van workshops en een enquête. Op basis hiervan werden gewichten toegekend aan de verschillende criteria met de verwachting dat deze konden worden gebruikt om in bepaalde mate het socio-economisch belang van de verschillende criteria voor de maatschappij een plaats te geven. De uiteindelijke gewichten bleken echter weinig verschillend en de bestaande verschillen lagen binnen de foutenmarge. Bijgevolg is er beslist om de criteria als gelijkwaardig te beschouwen en dus geen gewichten toe te passen.

Binnen het huidige model worden de verschillende sub-criteria binnen de hoofdcriteria samengevoegd op basis van de ontwikkelde ‘combinatie’ formule. Een onderdeel van deze formule zorgt ervoor dat locaties waar er overlappende cellen voorkomen hoger scoren gezien er impact voorkomt op twee of meer criteria. Hierbij worden ook lagen bestaande uit verschillende probleemlagen samengevoegd. Afgaande op de werking van de ‘combinatie’ formule zou een opsplitsing tussen criteria waar andere problematiek lagen worden toegepast een mogelijke verfijning in het model kunnen geven. Daarnaast zou het uitbreiden van het model met bepaalde datalagen die momenteel (nog) niet Vlaanderendekkend zijn (zoals bijvoorbeeld ruimingswerken in waterlopen) een toegevoegde waarde kunnen zijn. Tot slot zou een heroverweging van het toepassen van de weging op basis van de wegcategorie moeten gebeuren gezien het als enige

overgebleven laag interne gewichten toepast. Andere lagen die dit binnen andere categorieën zouden doen zijn afgevallen doorheen het stakeholder consultatie proces.

De impactkaart waarin de actuele waarnemingen van erosie en sedimentatie probleempunten is geïntegreerd dient geüpdatet te worden in de toekomst wanneer de databank met relevante waarnemingen verder is aangevuld. Om dit te ondersteunen is tijdens deze studie een waarnemingenportaal opgezet dat in de toekomst kan dienen om waarnemingen centraal bij te houden en te updaten om zodoende inzichten te bieden in de voortgang van de strijd tegen erosie.

Tot de waarnemingen volledig zijn, steunt het resultaat van het integraal afwegingskader op de resultaten van het CN-WS model waarmee de erosie en sedimentatiestromen worden gemodelleerd. Bijgevolg, wanneer er meer erosiebestrijdingsmaatregelen zijn uitgevoerd, en een update in het CN-WS model wordt doorgevoerd, zou een actualisatie van de impactgebieden en een vergelijking tussen de resultaten tot zowel een nieuwe gebiedsindeling als tot bijkomende inzichten kunnen leiden.

6 AFKORTINGEN

Afkorting	Beschrijving
Adp	Administratief perceel
AZG	Agentschap Zorg en Gezondheid
BWK	Biologische waarderingskaart
DLV	Departement Landbouw en Visserij
Gbg	Gebouw aan de grond
GEBP	Gemeentelijk erosiebestrijdingsplan
GRB	Grootschalig Referentiebestand of Basiskaart
HPG	Historisch permanent grasland
IHD	Instandhoudingsdoelstellingen
IVON	Integraal Verwevings-en Ondersteunend Netwerk
Knw	Kunstwerken
MCA	Multi Criteria Analyse
RWA	Regenwaterafvoer
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
Sbn	Spoorbaan
SBP	Soortenbeschermingsprogramma
SBZ	Speciale Beschermingszones
Trn	Terrein
VEN	Vlaams Ecologisch Netwerk
VHA	Vlaamse Hydrologische Atlas
VIS	Vis Informatie Systeem
VPO	Vlaams Planbureau voor Omgeving
Wbn	Wegbaan

BIJLAGEN

1. Stakeholderlijst
2. Datalagen
3. Vragenlijst waarnemingenportaal
4. Enquête vragen en overzicht gewichten
5. Model nota

BIJLAGE 1: STAKEHOLDERLIJST

Gecontacteerde stakeholders m.b.t. workshops en enquete

Naam	Organisatie
René Meeuwis	Agentschap Natuur en Bos
Delphine de Hemptinne	Agentschap Natuur en Bos
Erwin De Meyer	Agentschap Natuur en Bos
Siemon Mart	Antea Group
Alexander de Ruijter	Antea Group
Stijn Loose	Antea Group
Valerie Biernaux	Antea Group
Stijn Buytaert	Antea Group
Frank Van Ginderachter	Aquafin
Katrien Moubax	Aquafin
Liesbet Poppe	Bekkensecretariaat
Poppe Liesbet	Bekkensecretariaat
Kristof Decoene	Bekkensecretariaat Denderbekken - VMM
Katrien Piessens	Bekkensecretariaat Dijle-Zennebekken
Micheline Gruwé	Bekkensecretariaat Leiebekken
Fien Vandekerchove	Boerenbond
Pieter Van Oost	Boerenbond
Van Oost Pieter	Boerenbond
Abts Mathias	Departement Landbouw en Visserij
Debussche Bart	Departement Landbouw en Visserij
Koen Wellemans	Departement Landbouw en Visserij
Margriet Baert	departement Landbouw en Visserij
Mathias Abts	Departement Landbouw en Visserij
Riccy Focke	Departement Landbouw en Visserij
Jan Vermang	Departement Omgeving
Jo Marien	Departement Omgeving
Liesbeth Vandekerckhove	Departement Omgeving
Martien Swerts	Departement Omgeving
Petra Deproost	Departement Omgeving
Seth Callewaert	Departement Omgeving
Wendy Van Dijck	Departement Omgeving
Sylvie Danckaert	Dept. Landbouw en Visserij
Isabel Deferm	Fluvius
Katrien Vanhove	Fluvius
Dirk Schalenborgh	gemeente Gingelom
Vanderlinden Marc	Gemeente Kortenberg
Emly Roelandt	Gemeente Pepingen
Kristof De Cupere	IGO div
Bert Soenen	Inagro

Guillaume Provoost	Inagro
Sofie Kino	inagro
Leen Van den Bossche	Lokaal bestuur Geraardsbergen
Eeckhout Ilse	PCA vzw
Ilse Eeckhout	PCA vzw
Catherine Puype	provincie Oost-Vlaanderen
An Steegen	Provincie Vlaams-Brabant
Stefanie Bourgeois	provincie Vlaams-Brabant
Wim Franchois	Provincie Vlaams-Brabant
Sara Hamers	Provincie West-Vlaanderen
Wim Vercruysse	Provinciebestuur Oost-Vlaanderen dienst Integraal Waterbeleid
Liesbet Rosseel	provinciebestuur Oost-Vlaanderen, provinciaal centrum voor milieuonderzoek
Rosseel Liesbet	provinciebestuur Oost-Vlaanderen, provinciaal centrum voor milieuonderzoek
Niels Dabaut	Regionaal Landschap Westhoek vzw
Remko Meerten	stad Tienen / OCMW Tienen
Amaury Frankl	Universiteit Gent
Siegi Absillis	Vlaamse Landmaatschappij
Stijn Van Onsem	Vlaamse Milieumaatschappij
Tom De Bie	Vlaamse Milieumaatschappij
Hans Nuyttens	Vlaamse Milieumaatschappij
Jeroen Jansen	Vlaamse Milieumaatschappij
Katrien Thomaes	Vlaamse Milieumaatschappij
Kobe Brantegem	Vlaamse Milieumaatschappij
Marieke Baeyens	Vlaamse Milieumaatschappij
Nele Van Ransbeeck	Vlaamse Milieumaatschappij
Karel Vandaele	Watering van Sint-Truiden / Provincie Limburg

BIJLAGE 2: DATALAGEN

De input data kan worden opgedeeld in 3 delen:

- Problematiek
- Gevolg (de impact op een van de 4 hoofdcriteria)
- Impact gebieden

Modelinput	Bron (link)	Type	Gepubliceerd
Oorzaak			
Sedimentaanvoer naar VHA (2022)	Sedimentaanvoer naar VHA-waterlopen (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Sedimentaanvoer naar grachten (2022)	Sedimentaanvoer naar grachten (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Sedimentaanvoer naar Riolering (2022)	Sedimentaanvoer naar rioleringen (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Sedimenttransport over land (2022)	Sedimenttransport over land (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Netto erosie (2022)	Netto erosie (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Netto sedimentatie (2022)	Netto sedimentatie (2022) | Vlaanderen.be	Raster, 20 op 20 m	15/03/2024
Gevolg			
Infrastructuur			
Doordruk gebouwen	Niet publiek ontsloten - Archief Omgeving Vlaanderen		
Seveso	metadata.omgeving.vlaanderen.be	Vector, polygoon	03/03/2022
Wegenregister	Wegenregister, 23/06/2023 | Downloadtoepassing Digitaal V... (vlaanderen.be)	Vector, lijnen	23/06/2023
GRB Sbn - spoorbaan	GRB - Sbn - spoorbaan - Catalogus - download.vlaanderen.be	Vector, lijnen	27/04/2023
Nutsdiensten en overheidsdiensten - Rioleringsnet + interne analyse aquafin	Nutsdiensten en overheidsdiensten - Rioleringsnet | Vlaanderen.be	Vector, lijnen	27/03/2023
Wetenschappelijke inventaris archeologisch ergoed – gehelen	Wetenschappelijke inventaris archeologisch erfgoed - gehelen | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023

Beschermd Onroerend Erfgoed	Geoportaal | Onroerend Erfgoed Overgangszones bij beschermd onroerend erfgoed | Vlaanderen.be Beschermde stads- en dorpsgezichten | Vlaanderen.be Beschermde archeologische sites | Vlaanderen.be Beschermde cultuurhistorische landschappen | Vlaanderen.be Beschermde monumenten | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	29/08/2023
Watersystemen			
Kaderrichtlijn Water: beschermde gebieden i.f.v. winning drinkwater uit oppervlakte- en grondwater (oppervlaktewater)	Metadatacenter (van Digitaal Vlaanderen)	Vector, polygoon	22/03/2022
VHA	Oppervlaktewaterlichamen en hun afstroomgebieden, 2022-2027 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	27/03/2023
Landbouw			
Historisch permanente graslanden (HPG)	Historisch permanente graslanden (HPG) en andere permanente graslanden in Vlaanderen beschermd door de natuurwetgeving | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023
Landbouwgebruikspercelen LV	Landbouwgebruikspercelen LV, 2018 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2019 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2020 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2021 | Vlaanderen.be Landbouwgebruikspercelen LV, 2022 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	30/06/2023
Bodemkundige erosiegevoeligheidskaart 2003, indicator 3	Niet publiek, Aandachtzones voor erosiebestrijding Auteur(s): Ireen Librecht, Jos Van Orshoven (2003)	Vector, polygoon	1/09/2003
Ecologie			
SBZ-H	Habitatrichtlijn(deel)gebieden | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023
Vogelrichtlijngebieden	Vogelrichtlijngebieden | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	Catalogus ontbreekt

Gebieden van het VEN en het IVON	Gebieden van het VEN en het IVON | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023
Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	27/03/2023
Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 - Hab attribuut	Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart - Toestand 2020 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	27/03/2023
Voorlopige zoekzones instandhoudingsdoelen Natura 2000 versie 2	Voorlopige zoekzones instandhoudingsdoelen Natura 2000 versie 2 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023
SoortenBeschermingsProgramma's	SoortenBeschermingsProgramma's | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	23/01/2023
Impact gebieden			
Oppervlaktewaterlichamen en hun afstroomgebieden, 2022-2027, AfstrGebA1	Oppervlaktewaterlichamen en hun afstroomgebieden, 2022-2027 | Vlaanderen.be	Vector, polygoon	08/02/2023

BIJLAGE 3: VRAGENLIJST WAARNEMINGENPORTAAL

Waarnemingenportaal Bodemerosie

Welkom bij het waarnemingenportaal voor erosie- en sedimentproblemen. Dit portaal heeft tot doel terreinwaarnemingen te verzamelen om gekende gevolgen van bodemerosie in kaart te brengen, zowel on-site (op de akkers) als off-site (stroomafwaarts). Voorbeelden hiervan zijn geulen, sedimentatie op velden, modderoverlast op wegen of in tuinen, sedimentaanvoer naar het watersysteem (waterlopen, grachten, riolering, vijvers,…), sedimentafzetting in natuurgebieden en schade aan erfgoed.
Bij publicatie van de resulterende waarnemingenkaart op Databank Ondergrond Vlaanderen worden de waarnemingen geanonimiseerd.

Stap 1: Uw contactgegevens

Wenst u contactgegevens te gebruiken van een eerdere melding?

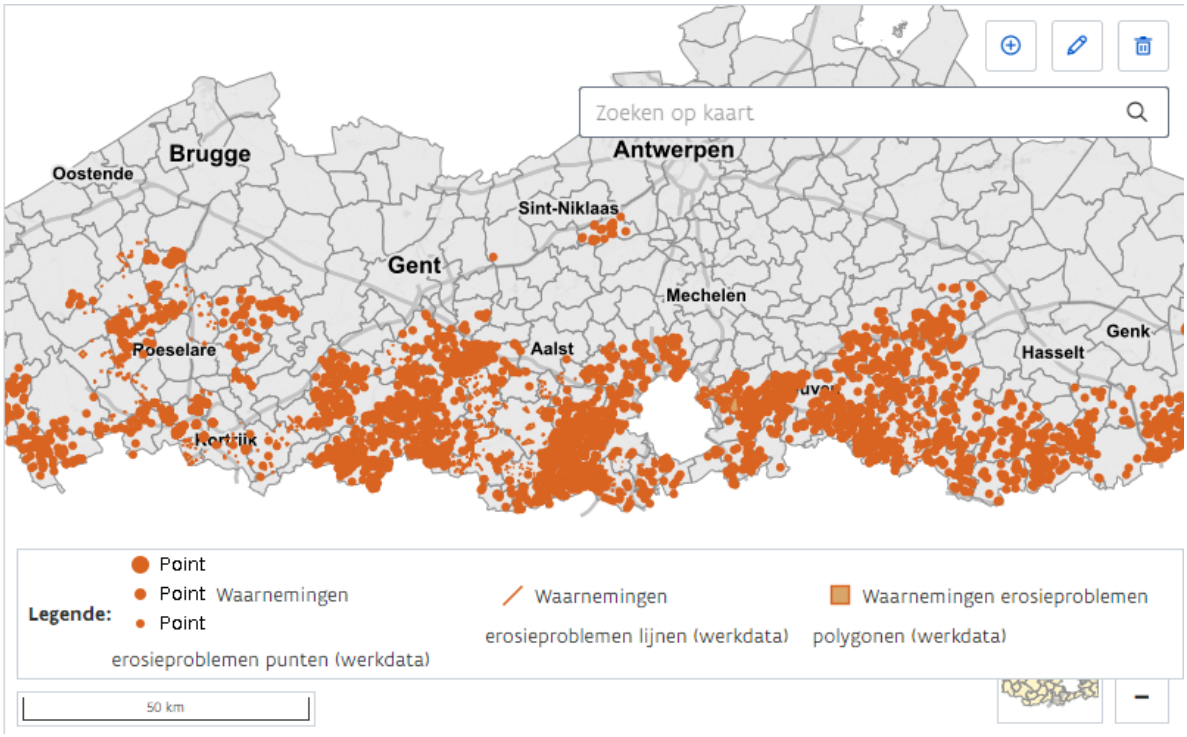
- Ja
- Nee

Mogen wij u zo nodig contacteren voor aanvullende informatie over uw waarneming?

- Ja
- Nee

Stap 2: Locatie waarneming

Plaats een punt op de kaart op de locatie van de waarneming



Stap 3: Kenmerken waarneming

Type waarneming

- Erosie (erosiegeulen, bermravijnen,...)
- Sedimentatie op het land (landbouwpercelen, wegen, huizen, natuur, openbaar groen,...)

- Sedimentaanvoer naar het watersysteem (waterlopen, grachten, riolering, vijvers,...)
- Andere

Type locatie

...

Beschrijving waarneming

...

Stap 4: Aanvullende informatie (optioneel)

Jaartal waarneming

Geef bij herhaalde waarnemingen het jaartal van de laatste waarneming op.

....

Frequentie waarneming

...

Exacte locatie waarneming

...

Bijkomende informatie

...

Functie

...

Stap 5: Bijlagen (optioneel)

Toegelaten extensies: jpg, jpeg, png en pdf

Indien u nog bijkomende bijlagen (vb. foto's, documenten,…) zou willen bezorgen, dan kunnen deze worden toegevoegd via de oplaadzone hieronder.

Maximaal 5 bestanden.

BIJLAGE 4: ENQUÊTE VRAGEN EN OVERZICHT GEWICHTEN

Vragen Enquête

1. Wat is je naam?

2. Wat is je email-adres?

3. In welke sector ben je actief?

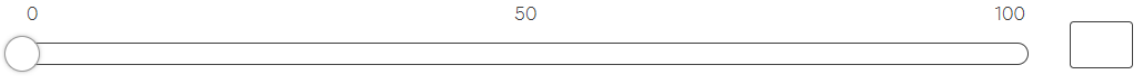
   - Landbouw
   - Water
   - Infrastructuur
   - Milieu
   - Andere (+ tekst vak)

4. Voor welke organisatie werk je?

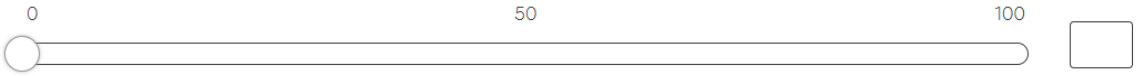
Hoofdcriteria

5. Hoe belangrijk acht je de impact van erosie en sedimentatie voor het hoofdcriterium landbouw?

6. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentaanvoer voor het hoofdcriterium watersystemen?



7. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentstromen voor het hoofdcriterium infrastructuur?



8. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentatie en sedimentaanvoer voor het hoofdcriterium ecologie?

9. Hoe belangrijk acht je de waarnemingen van erosie- en sedimentproblemen?

0 50 100

Subcriteria landbouw

10. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentatie voor: blijvend grasland (landbouw)

0 50 100

11. Hoe belangrijk acht je de impact van erosie voor: blijvend grasland (landbouw)

0 50 100

12. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentatie voor: boomgaarden (landbouw)

0 50 100

13. Hoe belangrijk acht je de impact van erosie voor: boomgaarden (landbouw)

0 50 100

14. Hoe belangrijk acht je de impact van sedimentatie voor: akkerland (landbouw)

0 50 100

15. Hoe belangrijk acht je de impact van erosie voor: akkerland (landbouw)

0 50 100

16. Hoe belangrijk acht je de impact van erosie voor: bodemvruchtbaarheid (landbouw)

0 50 100

Subcriteria watersystemen

17. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: beschermde drinkwatergebieden (oppervlaktewater) (watersystemen)

0 50 100

18. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: waterlopen (watersystemen)

0 50 100

19. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: waterlichamen (watersystemen)

0 50 100

20. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: grachten (watersystemen)

0 50 100

Subcriteria infrastructuur

21. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: gebouwen in het algemeen (infrastructuur)

0 50 100

22. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: openbare gebouwen (infrastructuur/gebouwen)

0 50 100

23. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: private gebouwen (infrastructuur/gebouwen)

0 50 100

24. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: kritieke infrastructuur (gebouwen) (infrastructuur/ gebouwen)

0 50 100

25. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: wegen in het algemeen (infrastructuur)

0 50 100

26. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: wegen op basis van de hoeveelheid transport (infrastructuur/wegen)

0 50 100

27. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: wegen op basis van het gebruik door een zwakke weggebruiker (infrastructuur/wegen)

0 50 100

28. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen ter hoogte van: spoorwegen (infrastructuur)

0 50 100

29. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: rioolinfrastructuur in het algemeen (infrastructuur)

0 50 100

30. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: RWA/gemengde riolering (infrastructuur/rioolinfrastructuur)

0 50 100

31. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) (infrastructuur/rioolinfrastructuur)

0 50 100

32. Hoe belangrijk acht je het vermijden van erosie, sedimentstromen en sedimentatie voor: erfgoed (infrastructuur)

0 50 100

33. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentstromen in: gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid (infrastructuur)

0 50 100

Subcriteria ecologie

34. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentatie in: sedimentgevoelige terrestrische habitats (ecologie/terrestrisch habitat)

0 50 100

35. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentatie in: vogelbroedplaatsen (ecologie/terrestrisch habitat)

0 50 100

36. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentatie in: gebieden met hoge natuurwaarde (ecologie/terrestrisch habitat)

0 50 100

37. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentatie in: Historisch Permanente Graslanden (HPG) (ecologie/terrestrisch habitat)

0 50 100

38. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: sediment gevoelige aquatische habitats (ecologie/aquatisch habitat)

0 50 100

39. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: zoekzones Instandhoudingsdoelen (IHD) (ecologie/aquatisch habitat)

0 50 100

40. Hoe belangrijk acht je het vermijden van sedimentaanvoer naar: aquatische biodiversiteit (ecologie/aquatische biodiversiteit)

0 50 100

	Criteria	Gewicht
Hoofdcriteria	Landbouw	7,9
	Watersysteem	8,2
	Infrastructuur	7,4
	Ecologie	7,0
	Waarnemingen	8,0
subcriteria en deelaspecten	Sedimentatie - Blijvend Grasland	5,0
	Erosie - Blijvend Grasland	4,0
	Sedimentatie - Boomgaard	4,1
	Erosie - Boomgaard	4,5
	Sedimentatie - Akkerland	7,4
	Erosie - Akkerland	8,1
	Erosie - Bodemvruchtbaarheid	8,6
	Beschermde Drinkwatergebieden	8,0
	Waterlopen	8,1
	Waterlichamen	8,0
	Grachten	7,7
	Gebouwen	8,0
	Openbare Gebouwen	8,0
	Private gebouwen	8,0
	Kritieke infrastructuur	8,6
	Wegen	7,5
	Hoeveelheid transport	7,7
	Zwakke Weggebruiker	7,6
	Spoorwegen	8,1
	Riolering	8,3
	RWA/gemengd	8,3
	RWZI	8,4
	Erfgoed	7,2
	Bevolkingsdichtheid	7,8
	terrestrische natuur	7,6
	Vogelbroedplaatsen	7,2
	Hoge natuurwaarde	7,6
	HPG	6,6
	Aquatische natuur	7,6
	Instandhoudings Doelstellingen	6,7
	aquatische biodiversiteit	7,5

Uiteindelijk gebruikte score wegens statistisch niet relevante verschillen = 1

BIJLAGE 5: MODEL NOTA

Deze beknopte nota biedt een overzicht van een GIS analysetool zoals gepresenteerd in een Jupyter Notebook. Het doel van de tool is om een uitgebreide georuimtelijke analyse uit te voeren die de verschillende clusters uit het integraal afwegingskader omvat, waaronder water, infrastructuur, landbouw, ecologie en tot slot de gezamenlijke modellering. Het doel van de analyse is inzicht bieden in specifieke georuimtelijke aspecten om impactgebieden voor erosiebestrijdingsmaatregelen te definiëren.

Structuur van de Tool

De tool is gestructureerd in verschillende belangrijke secties, elk corresponderend met een cluster van taken binnen de georuimtelijke analyse. De volgende secties beschrijven elk onderdeel van de tool in de Jupyter Notebook.

1. **Imports**
   De tool begint met het importeren van essentiële Python-bibliotheken voor georuimtelijke gegevensanalyse en visualisatie. Deze bibliotheken omvatten onder andere NumPy, GeoPandas en Matplotlib. Deze bibliotheken zijn fundamenteel voor het werken met georuimtelijke gegevens.

1. **Instellingen Link naar Database**
   Om gegevenstoegang te vergemakkelijken, laadt de tool omgevingsvariabelen uit een .env-bestand. Deze variabelen specificeren de locatie van de brondata, wat het gemakkelijker maakt om toegang te krijgen tot de gegevens en er in de volgende stappen mee te werken.

2. **Verkrijgen Map Pad**
   De tool haalt het map-pad voor de gegevensmap op uit de geladen omgevingsvariabelen. Dit map-pad dient als de hoofdmap voor de brondata. In deze sectie haalt de notebook de maplocatie op voor de gegevensdirectory met behulp van de os.environ.get-methode, die de locatie van de gegevensmap ophaalt zoals gespecificeerd in het .env-bestand.

3. **Definieer Tijdelijke Map**
   Om tijdelijke resultaten en tijdelijke bestanden te beheren die tijdens de analyse worden gegenereerd, definieert de tool een tijdelijke map. Deze map helpt om de analyse georganiseerd te houden en maakt het mogelijk om tijdelijke bestanden gemakkelijk op te ruimen.

4. **Definieer Invoergegevens**
   De tool definieert invoergegevens met behulp van een module genaamd io. Deze module biedt functies en klassen voor toegang tot en manipulatie van georuimtelijke gegevens. Dit vormt de basis voor de daaropvolgende analyse.

5. **Cluster Water**

Dit cluster van de tool is gewijd aan de watersysteem gerelateerde analyse. Het omvat taken met betrekking tot sedimenttoevoer, waterlichamen, grachten en waterwinninggebieden. Aangepaste functies voor georuimtelijke gegevensvisualisatie worden geleverd om de analyse te ondersteunen.

1. **Cluster Infrastructuur**
   Het infrastructuurcluster richt zich op taken die verband houden met infrastructuuranalyse. Het omvat de analyse van gebouwen, wegen, spoorwegen, architecturaal erfgoed, en rioleringsinfrastructuur. De tool voert georuimtelijke analyse en visualisatie uit voor deze infrastructuurgerelateerde aspecten.

2. **Cluster Landbouw**
   Dit deel van de tool richt zich op landbouwgerelateerde analyse. Het omvat de beoordeling van erosiegevoelige bodems, landbouw (inclusief gewassen zoals boomgaarden en een cluster van akkerland) en historische permanente graslanden. De tool voert georuimtelijke analyse uit voor deze landbouwgerelateerde aspecten.

3. **Cluster Ecologie**
   Ecologische analyse wordt uitgevoerd in dit cluster. De tool behandelt zowel terrestrische als aquatische habitatgegevens. Dit omvat de analyse van terrestrische habitats, aquatische habitats en aquatische biodiversiteit. Het doel van de analyse is inzichten te verschaffen in ecologische aspecten.

4. **Model**
   Het laatste cluster van de tool is gewijd aan de modellering. Hier worden gegevens en resultaten uit eerdere clusters gebruikt om modellen te bouwen en georuimtelijke analyse uit te voeren, zoals de clustering van rasters. In dit gedeelte van de tool wordt het kernwerk van de analyse uitgevoerd om zinvolle conclusies en inzichten te trekken.

   model.py: Dit Python-bestand bevat functies voor het berekenen van de impact van erosie.

Over het algemeen begeleid deze Jupyter Notebook gebruikers door een uitgebreid georuimtelijk analyseproces, met verschillende clusters. Het omvat het lezen en verwerken van georuimtelijke gegevens, het uitvoeren van gegevensvisualisatie en het uitvoeren van de analyse. Gebruikers kunnen elke sectie van de notebook uitvoeren om de analysestappen uit te voeren zoals beschreven. De GitHub geeft een overzichtelijke code met duidelijke instructies over hoe het model te runnen met beschrijvingen voor de verschillende onderdelen.