



Vlaanderen
is ruimte

Veerkracht voor het Metropolitane Kerngebied vanuit het perspectief van ecosysteemdiensten

Studie uitgevoerd door

KU LEUVEN

CLUSTER
landschap | stedenbouw

In opdracht van

**DEPARTEMENT
RUIMTE VLAANDEREN**

www.ruimtevlaanderen.be

Het onderzoek in dit rapport is uitgevoerd door:

Lerouge F, Vranken L, Verhoestraete D, Schuwer T

KU Leuven - Aard- en Omgevingswetenschappen

Celestijnenlaan 200E

3001 Leuven

Cluster Landschap en Stedenbouw

Vrijheidstraat 32 bus 15

2000 Antwerpen

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

Inhoud

Managementsamenvatting	5
Inleiding	7
Conceptueel kader	8
Het ecosysteemdiensten concept	8
Ruimtelijke analyse ecosysteemdiensten	9
Analytisch kader	9
Schaal en afbakening studiegebied	10
Selectie datasets	11
<i>Aanbodkaarten</i>	12
<i>Overzicht</i>	12
<i>Producterende diensten</i>	12
<i>Regulerende diensten</i>	17
<i>Culturele diensten</i>	23
<i>Vraag naar ecosysteemdiensten</i>	24
<i>Overzicht</i>	24
<i>Producterende diensten</i>	25
<i>Regulerende diensten</i>	25
<i>Culturele diensten</i>	30
Ruimtelijke patronen	32
<i>Ruimtelijke autocorrelatie</i>	32
Correlaties tussen ESD onderling	34
Clustering	37
Knelpuntenkaart	44
Expertbeoordeling	44
Match – mismatch tussen vraag en aanbod aan ESD	44
Evaluatie toekomstscenarios	49
Van kwantitatieve data naar een kwalitatieve interpretatie	52
Gidsmodellen	55
Inleiding	55
Ecoregio's	56
Ecosysteemdiensten per ecoregio	58
Analyse van vraag- en aanbodbundels per ecoregio	58
Knelpunten in de ecoregio's	59
Ontwerpprincipes ecosysteemdiensten	63
Waterberging	63
Waterkwaliteit	66
Landbouw	69
Milieu	73

Gidsmodellen per ecoregio	76
De Kempen	76
Bestaande situatie	76
Gidsmodel.....	78
Polders en Getijdenschelde	82
Bestaande situatie	82
Gidsmodel 1 Ecologie en waterbuffering	84
Gidsmodel 2: Landbouw en waterbuffering	87
Gidsmodel 3: Ontpolderen	89
De Heuvelzone.....	90
Bestaande situatie	90
Gidsmodel.....	92
Cuesta's	95
Bestaande situatie	95
Gidsmodel.....	97
Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden	101
Bestaande situatie	101
Gidsmodel.....	102
Discussie en conclusies	106
Bronnen	110
Annex: technisch-analytische nota.....	113

Managementsamenvatting

Het ecosysteemdienst (ESD) concept wint snel terrein als een bruikbaar concept voor het beschrijven van de baten die natuurlijke systemen inhouden voor de mens. De laatste jaren zijn veel inspanningen gebeurd om ESD te beschrijven, classificeren, kwantificeren en karteren. Met NARA-14 heeft Vlaanderen een belangrijke stap gezet in de kartering van ESD op zijn grondgebied. Met deze studie trachten we een analytisch kader aan te reiken voor ruimtelijke planning om met het ESD concept aan de slag te gaan.

De studie focust op het Metropolitaan Kerngebied (MKG), dat kan worden omschreven als een typevoorbeeld van een stedelijk netwerk: een sterk verstedelijkte zone, bestaande uit relatief kleine historisch gegroeide stedelijke kernen met elk een eigen karakter en profiel die samen functioneren als één grote stad (Albrechts et al., 2003). In een dergelijke verstedelijkte omgeving staan ecosystemen sterk onder druk, terwijl ze net daar een belangrijke rol kunnen spelen in het verhogen van het welzijn. Vandaar kan het ESD concept een nuttig kader vormen voor planvorming voor de open ruimte in het Metropolitaan Kerngebied. De voornaamste doelstelling van dit onderzoek is tweeledig. In een eerste luik is vanuit het ecosysteemdienstenconcept een knelpuntenkaart opgesteld voor het Metropolitaan Kerngebied. Deze kartering geeft aan waar er een mogelijke match of mismatch bestaat tussen vraag naar en aanbod aan ecosysteemdiensten. Hierbij werd in de eerste plaats gekeken naar de actuele situatie, maar er werd eveneens een toekomstverkenning gedaan. In een tweede luik worden op basis van deze knelpuntenkaart ontwerp oefeningen gedaan om vorm te geven aan mogelijke acties om ruimtelijke synergieën op te zoeken tussen vraag en aanbod van ecosysteemdiensten. Deze acties vormen de basis tot het formuleren van algemenere ruimtelijke principes, richtlijnen en strategieën.

Uit de analyse van ruimtelijke correlaties blijkt dat er vaak trade-offs, dan wel synergieën optreden tussen verschillende ESD in het Metropolitaan Kerngebied. We kunnen opdelen in een aantal clusters van kilometerhokken die erg gelijkend zijn op het vlak van ESD. Elk van deze clusters wordt gekenmerkt door het voorkomen van een bundel van ESD die typisch samen voorkomen in de betreffende cluster. Dit soort bundels beschrijven we zowel aan de vraag- als aan de aanbodzijde van ESD.

Door de vraag- en aanbodbundels tegen elkaar af te wegen stellen we vast dat er in bepaalde gevallen gesproken kan worden van een 'match' (het aanbod aan ESD komt relatief goed tegemoet aan de vraag), en in andere gevallen van een 'mismatch' (het aanbod aan ESD komt niet tegemoet aan de vraag). Belangrijke concentraties van mismatch worden gezien in en rond verstedelijkte kernen, en langs de grote transportassen. Daarnaast is er ook een algemeen sterkere mismatch in centrale en noordwestelijke deel van het MKG. Beide patronen blijken duidelijk uit de hotspot kaart. Significante concentraties waar zich een match voordoet, zgn. 'coldspots', doen zich dan weer voornamelijk voor in Vlaams-Brabant en in de extreem noordoostelijke hoek van het MKG. Opvallend is de relatief lagere mismatch in het gebied over de as Brussel – Aalst – Gent, in vergelijking met de assen Brussel – Antwerpen en Antwerpen – Gent.

De vraag- en aanbodbundels worden vervolgens omgezet naar gidsmodellen voor ecosysteemdiensten. Daarbij wordt de kwantitatieve analyse van vraag- en aanbod gelinkt aan kwalitatieve ontwerpprincipes voor ecosysteemdiensten.

Het toepassen van gidsmodellen heeft tot doel het academische concept van ecosysteemdiensten te vertalen naar gebiedsgerichte ontwerpprincipes op regionaal schaalniveau zodoende het ruimtelijk planproces voor het Metropolitaan Kerngebied vanuit een ontwerpmatige invalshoek te voeden. Gidsmodellen zijn een concreet hulpmiddel bij ruimtelijke planprocessen. De gidsmodellen bouwen voort op de landschappelijke lagenbenadering en geven op een schematische en beeldende wijze weer hoe bepaalde ecosysteemdiensten ruimtelijk verweven kunnen worden, of zelfs leidend kunnen worden, in het landschap van het Metropolitaan Kerngebied.

Aangezien het leveren van ecosysteemdiensten nauw samenhangt met het functioneren van het onderliggende landschapssysteem is het belangrijk om binnen het Metropolitaan Kerngebied als geheel een ruimtelijke differentiatie te maken op basis van landschapssystemen. Deze differentiatie gebeurt aan de hand van de opdeling in ecoregio's. Voor elk van de ecoregio's in het Metropolitaan Kerngebied wordt een gidsmodel opgesteld dat op een grafische manier de ruimtelijke relaties tussen de verschillende componenten van een ecoregio (grondwater, bodem geomorfologie,...) weergeeft. De gidsmodellen laten toe om een visuele wijze specifieke ecologische of hydrologische knelpunten en/of potenties in een bepaalde ecoregio inzichtelijk te maken door de onderliggende ruimtelijke relaties te tonen.

Vervolgens worden de vraag- en aanbodbundels van de verschillende ecosysteemdiensten gekoppeld aan de ecoregio's. Daarbij wordt voor elke ecoregio bepaald welke ecosysteemdiensten prioritair zijn en een doorvertaling zullen krijgen in een gidsmodel. Per ecoregio worden de knelpunten- en potentiekaarten geïnterpreteerd zodat ze in een gidsmodel kunnen worden vertaald naar kwalitatieve aandachtspunten. Deze kwalitatieve aandachtspunten zijn specifiek per ecoregio en kunnen ondermeer betrekking hebben op potenties voor natuurlijke plaagbestrijding in landbouwgebieden, geluidsbuffering, overstromingsbuffering, enz. Door middel van ontwerpend onderzoek wordt vervolgens een ruimtelijke toekomstbeeld per ecoregio opgesteld dat leidend kan zijn voor de toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen in de desbetreffende ecoregio's.

Inleiding

Het Metropolitane Kerngebied (MKG) kan worden omschreven als een typevoorbeeld van een stedelijk netwerk: een sterk verstedelijkte zone, bestaande uit relatief kleine historisch gegroeide stedelijke kernen met elk een eigen karakter en profiel die samen functioneren als één grote stad (Albrechts et al., 2003). Door het policentrisch ruimtelijk patroon en de verbindende infrastructuur is de resterende open ruimte in het Metropolitane Kerngebied sterk gefragmenteerd. De open ruimte wordt hoofdzakelijk gedragen door de landbouwsector. Echter, als gevolg van transformatieprocessen binnen de sector verliest de landbouw zijn rol als belangrijkste drager van de open ruimte (Gellynck et al., 2007). Onder invloed van verstedelijking en bevolkingstoename, stijgt de druk op de open ruimte, en komt de leefbaarheid in het gedrang. Daarnaast zijn er tal van nieuwe ruimtebehoevende functies en diensten (klimaatbeheersing, captatie fijn stof, ...) die niet zomaar in te passen zijn in de huidige sectorale opdeling van de open ruimte.

Er is nood aan een nieuw denkkader met bijhorende ruimtelijke principes en concepten inzake de planvorming voor de open ruimte in het Metropolitane Kerngebied als geheel. Dit naar analogie met andere Europese metropolitane gebieden waar de stedelijke groei al decennia wordt gestuurd vanuit een overkoepelende visie op de open ruimte. Voorbeelden hiervan zijn het Groene Hart (Nederland), the Green Belt (London) en het Emscherpark (Ruhrgebied). Elk van deze concepten omvat open ruimte gebieden van een maat en schaal die de stad overtreffen en vormen een conceptueel kader waarin verschillende aspecten van de open ruimte (natuurtechnische, cultuurhistorische, recreatieve, programmatische) worden geïntegreerd en gedifferentieerd. Ecosysteemdiensten vormen een belangrijke drager van een dergelijk concept, wil men komen tot een transitie naar duurzame stedelijke systemen (McPhearson et al., 2014).

De voornaamste doelstelling van dit onderzoek is tweeledig. In een eerste luik is vanuit het ecosysteemdienstenconcept een knelpuntenkaart opgesteld voor het Metropolitane Kerngebied. Deze kartering geeft aan waar er een mogelijke match of mismatch bestaat tussen vraag naar en aanbod aan ecosysteemdiensten. Hierbij werd in de eerste plaats gekeken naar de actuele situatie, maar er werd eveneens een toekomstverkenning gedaan. In een tweede luik worden op basis van deze knelpuntenkaart ontwerpexercities gedaan om vorm te geven aan mogelijke acties om ruimtelijke synergieën op te zoeken tussen vraag en aanbod van ecosysteemdiensten. Deze acties vormen de basis tot het formuleren van algemenere ruimtelijke principes, richtlijnen en strategieën.

Conceptueel kader

Het ecosysteemdiensten concept

Een leefbare omgeving vraagt dat de lokale levering van ecosysteemdiensten (ESD) in evenwicht is met de lokale vraag. Dit is in het bijzonder een uitdaging voor sterk verstedelijkte gebieden, waar de levering van ESD onder druk komt te staan door de verstedelijking zelf, terwijl de vraag naar ESD stijgt met een toename van de bevolkingsdichtheid. Het toepassen van het ecosysteemdienstconcept biedt beloftevolle perspectieven voor de ondersteuning van een duurzame ruimtelijke planning (Burkhard et al., 2012). Ruimtelijke datalagen omtrent landgebruik en het biofysisch systeem kunnen gecombineerd worden met ruimtelijke analyse en modellering van indicatoren voor vraag en aanbod van ESD. De kaarten die uit dergelijke ruimtelijke benadering volgen, zijn bovendien sterke tools voor communicatie en bewustmaking.

Een belangrijke uitdaging in het vertalen van het ESD-concept naar bruikbare handvaten voor ruimtelijke planning, is omgaan met de veelheid en diversiteit aan ESD. Dit vraagt specifieke aandacht voor trade-offs en synergiën tussen ESD in een landschap (Castro et al., 2014; Jacobs et al., 2014). Hoewel ESD vaak afzonderlijk beschouwd worden, kunnen ze niet worden losgekoppeld. Er wordt daarom steeds vaker en met meer succes gewerkt met ecosysteembundels, i.e. sets van ESD die vaak samen voorkomen in een landschap. Op basis van een analyse op het niveau van ESD-bundels kunnen gebieden afgebakend worden die gekenmerkt zijn door gewenste, dan wel ongewenste bundels (Raudsepp-Hearne et al., 2010).

Het nieuw denkkader voor de open ruimte in het Metropoolitaan Kerngebied mag niet langer vertrekken van het louter planologisch afbakenen van landgebruik zones en bijhorende functies. Het beleid kan er baat hebben om te starten met het typeren van gebiedsspecifieke milieucondities en geassocieerde ESD op basis van de onderliggende fysische processen (Verhoestraete and Meire, 2009). Deze levering aan ESD kan dan afgezet worden t.o.v. de vraag naar ESD. Het ESD-concept biedt dus interessante perspectieven als conceptueel kader voor het herdefiniëren en herordenen van het gebruik van de open ruimte in het Metropoolitaan Kerngebied. We passen hier het concept van bioproductieve ruimte toe, waarmee we elke ruimte beschouwen die diensten kan leveren vanuit primaire productieprocessen (Lerouge et al., 2015). We benaderen de open ruimte dus als onderdeel van een productief landschap in de meest brede zin van het woord, waarbinnen producerende, regulerende en culturele diensten geleverd worden, conform de CICES-classificatie van ecosysteemdiensten (Haines-Young and Potschin, 2014, 2010). Ruimtelijke veerkracht definiëren we hierbij als de capaciteit van bioproductieve ruimte om ruimtegebonden functies en ESD te bufferen tegen interne en externe veranderingen, door adaptieve vormen van ruimtegebruik en -inrichting (Lerouge et al., 2015).

Ruimtelijke analyse ecosysteemdiensten

Analytisch kader

Om tot een ESD knelpuntenkaart voor het MKG te komen, werden een aantal stappen doorlopen. Een eerste stap is het selecteren van de ESD die relevant zijn voor het MKG en verzamelen van ESD aanbod- en vraagkaarten. Het kwantificeren en ruimtelijk karteren van ESD in Vlaanderen is de laatste jaren in een stroomversnelling geraakt. Uitgangspunt voor deze kartering zijn de datasets voor ESD die door het INBO en Ecoplan zijn ontwikkeld in het kader van NARA-T. Voor het ruimtelijk afbakenen van knelpunt- en aandachtsgebieden is het belangrijk om zowel het aanbod als de vraag naar ESD in beschouwing te nemen (Castro et al., 2014). Louter werken op basis van een kartering van het aanbod aan ESD houdt risico's in om tot incorrecte beleidsaanbevelingen te komen (Jacobs et al., 2014). Daarom werd een selectie gemaakt van ruimtelijke datasets voor zowel het aanbod, als voor de vraag naar ESD. Deze selectie werd aangevuld met bijkomend kaartmateriaal, en een aantal proxies voor ontbrekende ESD.

Het is een uitdaging om de vraag naar en het aanbod aan ESD kwantitatief in beeld te brengen omdat bepaalde ESD globaal geleverd kunnen worden en dus niet per se lokaal geproduceerd dienen te worden (bv. voedsel kan ingevoerd worden uit andere regio's), terwijl dit voor andere ESD niet geldt. De ruimtelijke analyse focust zich daarom in de eerste plaats op 'lokale' ESD, i.e. deze ESD die lokaal verankerd zijn in het MKG en niet gemakkelijk vanuit andere regio's aangevoerd kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is de culturele ESD recreatie in de groene ruimte.

Een bijkomende moeilijkheid heeft te maken met het feit dat ESD een sterk vraag-gedreven concept is. Hierdoor is het voor bepaalde ESD niet altijd evident om vraag en aanbod van elkaar los te koppelen. Een bepaald gebied kan omwille van de landbedekking erg geschikt zijn voor recreatie. Wanneer in dat gebied bepaalde groene of grijze infrastructuur wordt aangelegd om recreatie te bevorderen zal het aanbod aan de culturele ESD 'recreatie' stijgen, maar zal ook de vraag naar recreatie in dat gebied stijgen. In dergelijke situatie is het niet altijd even evident om vraag en aanbod eenduidig te bepalen, al werd er, in overleg met de stuurgroep, naar gestreefd om een zo goed mogelijke inschatting van beiden te krijgen.

Een volgende stap is het clusteren van ESD. Bepaalde ESD zullen vaak samen voorkomen, terwijl andere bijna nooit of slechts in zeer beperkte mate samen voorkomen. Een bosgebied levert steeds veel regulerende diensten (bv. bescherming tegen overstromingen, klimaatregulatie) evenals culturele recreatiediensten, maar zal dan weer relatief weinig voedsel produceren. In een dichtbevolkt gebied zal de vraag naar recreatie hoog zijn evenals de vraag naar regulerende diensten die enkel lokaal aangeleverd kunnen worden (bv. geluidregulatie), terwijl de vraag naar andere regulerende of producerende ESD die ook globaal aangeleverd kunnen worden (bv. C-opslag en voedsel) minder prangend zal zijn. Daarom werd op basis van de datasets een clustering van ESD vraag en aanbod uitgevoerd.

Een derde stap is de vergelijking van de vraag- en aanbodclusters en het opmaken van een knelpuntenkaart. Deze geeft aan waar er in het MKG grote verschillen zitten tussen de vraag naar en het aanbod aan ESD. De knelpuntenkaart wordt onderworpen aan een hotspot-analyse, waarbij gebieden worden aangeduid in het MKG waarin prioritair moet worden ingezet om de leefbaarheid te garanderen. Voor de opmaak van de knelpuntenkaart is aan een panel van experts gevraagd om elke mogelijke combinatie van vraag- en aanbodclusters te vergelijken. Door de knelpuntenkaart te evalueren tegen toekomstverkenningen uit het ruimtemodel Vlaanderen, wordt gekeken waar bestaande knelpunten nog harder onder druk zouden komen te staan. De output wordt dan vertaald naar gebiedsgerichte aandachtspunten die kwalitatief geduid worden.

De resultaten van deze ruimtelijke analyses worden tot slot samengevat per ecoregio binnen het MKG. Van daaruit is een doorvertaling gebeurd naar concrete ontwerp oefeningen. Hiervoor is per ecoregio een gidsmodel uitgewerkt, dat bevattelijk maakt hoe ruimtelijk ingegrepen kan worden om tegemoet te komen aan de specifieke uitdagingen die zich binnen die ecoregio stellen.

Voor een overzicht van de technische aspecten van de analyse, verwijzen we naar de technische nota in Annex.

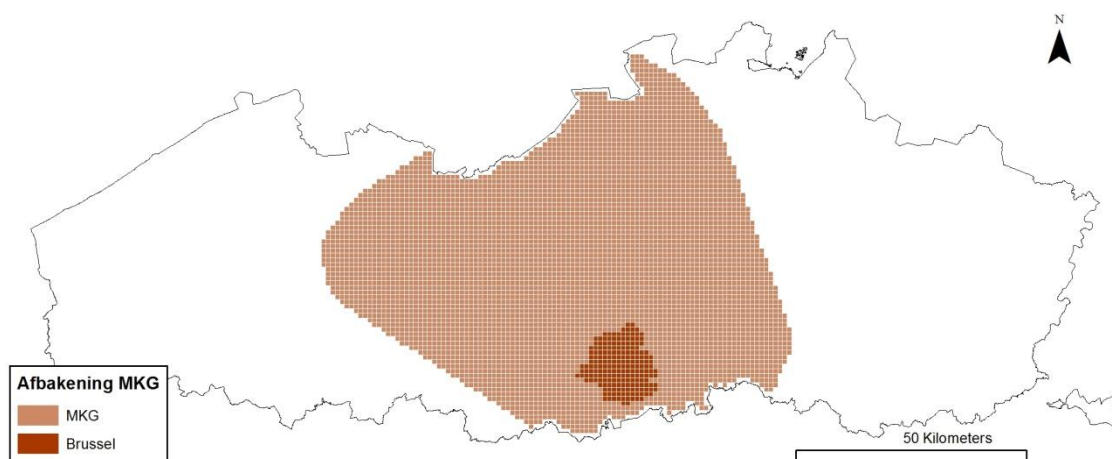
Schaal en afbakening studiegebied

De analyses in dit onderzoek zijn uitgevoerd op kilometerhokniveau. Dit laat toe om datasets met een uiteenlopende resolutie te kunnen vergelijken, en toch een bruikbare resolutie voor de uiteindelijke knelpuntenkaart te behouden. Dit schaalniveau is mede bepaald door de laagste resolutie van de beschikbare input data. Daarenboven lenen veel van de gebruikte datasets zich niet voor interpretatie op kleine schaalniveaus. Op niveau van het kilometerhok vinden we een goed compromis tussen een bruikbaar ruimtelijk schaalniveau, dat niet te gedetailleerd is. Het is bovendien een veel gebruikt schaalniveau voor de berekening van ruimtelijke indicatoren voor Vlaanderen.

De afbakening van het studiegebied is op een pragmatische manier gebeurd, door een ruime bufferzone te voorzien rond de steden Gent, Antwerpen, Leuven en Brussel, en de ruimte tussen deze perimeters mee in het studiegebied te nemen. De uiteindelijke afbakening is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1: Afbakening Metropolitain Kerngebied (MKG)

Pragmatische afbakening van het Metropolitain Kerngebied en indeling in kilometerhokken, zoals gehanteerd in de studie.



De ruimtelijke analyses zijn uitgevoerd in ArcGIS 10. De statistische analyses zijn uitgevoerd in R. Waar relevant wordt de output van de statistische analyses gekoppeld aan de respectievelijke kilometerhokken en zo ruimtelijk expliciet gemaakt.

Brussel meenemen in de analyse?

Hoewel Brussel onmiskenbaar een belangrijke rol speelt binnen het studiegebied, is het praktisch niet mogelijk gebleken om Brussel mee in de analyse op te nemen. Daarmee blijft Brussel een belangrijke 'blinde vlek' in dit soort toepassingen. De voornaamste reden is de beperkte beschikbaarheid van eenduidige gebiedsdekkende ESD-kaarten. Slechts een beperkt aantal van de beschikbare datasets is gebiedsdekkend. Bij het compileren van de datasets is eveneens opgemerkt dat zich ook voor de Voerstreek systematisch data-lacunes voordoen.

Het is niet ongewoon dat ruimtelijk expliciete datasets ophouden aan administratieve grenzen. Dit is een gegeven waar ruimtelijke analisten bekend mee zijn. Biofysische systemen, de ecosystemen die erop geënt zijn en de diensten die deze leveren laten zich slechts zelden afperken door administratieve grenzen.

Vanuit een technisch oogpunt is het erg moeilijk om hier een pasklare oplossing voor te bieden. Er kan veel tijd geïnvesteerd worden in het zoeken naar geschikte grensoverschrijdende proxies, maar men riskeert zo al snel om appels met peren te gaan vergelijken. Alternatief kan de analyse gereduceerd worden door te werken met meer generische, overkoepelende datasets (vb. op basis van CORINE), maar dit gaat dan weer ten koste van de kwaliteit van de analyse.

Selectie datasets

Uitgangspunt voor de selectie van ESD zijn de ruimtelijk expliciete datalagen die ontwikkeld zijn in het kader van de Natuurrapportering (NARA-T) en die beschikbaar zijn via het INBO en de Ecoplan Monitor. Alle beschikbare datalagen werden overlopen en geëvalueerd op geschiktheid voor de analyse. De voornaamste criteria hierbij waren de aard en relevantie van de indicator, en de kwaliteit en resolutie van de dataset.

Wat aard en relevantie betreft, werd in de eerste plaats gebruik gemaakt van datasets die een 'flow' van ESD voorstellen (in tegenstelling tot een 'stock'). Met 'flow' bedoelen we een levering van een bepaalde ESD per tijdseenheid. Voor C-opslag in biomassa bijvoorbeeld, kan men zowel kijken naar de actuele totale hoeveelheid C die in biomassa opgeslagen zit (stock), of naar de totale hoeveelheid C die jaarlijks bijkomend in biomassa opgeslagen wordt (flow). Deze laatste geeft een beter beeld van de eigenlijke ESD levering. In sommige gevallen zit in de aanbodkaarten ook een vraag naar ESD verweven. Een voorbeeld hiervan is een dataset die het aanbod aan bestuivingsdiensten (pollinatie) uitdrukt als het relatieve aandeel (in %) van de productie bepaald door bestuiving. Hierbij is het aanbod (bestuiving) uitgedrukt afhankelijk van de vraag (aanwezigheid gewassen die bestuiving vragen). Bij de selectie is zoveel als mogelijk getracht vraag en aanbod van elkaar te scheiden. Zo hebben we voor het aanbod aan bestuiving geopteerd voor een dataset die de geschiktheid van habitats voor bestuivers weergeeft, ongeacht de aanwezigheid van bestuiver-afhankelijke gewassen. Daarnaast werd ook rekening gehouden met de kwaliteit en de resolutie van de datasets. De resolutie moest minstens hoger zijn dan het kilometerhokniveau. De selectie van datasets werd gedaan in samenspraak met de stuurgroep.

De opmaak van bijkomende datalagen behoorde niet binnen de scope van de opdracht. Waar haalbaar en nuttig werden enkele proxies ontwikkeld om de belangrijkste hiaten in de selectie van datasets in te vullen. Elke dataset werd voorzien van een code als *identifier* in kartering en analyse. Deze zijn gebaseerd op de respectievelijke codes die binnen NARA gebruikt worden voor deze datasets. Bijkomende proxies aan aanbodzijde (4 in totaal) kregen de code P+volgnummer. Ook aan de vraagzijde zijn we op zoek gegaan naar bijkomende proxies.

Aanbodkaarten

Overzicht

Een overzicht van de geselecteerde datasets wordt gegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Selectie aanbodkaarten

Selectie van aanbodkaarten die gebruikt zijn voor de studie, met een korte beschrijving. Type volgens CICES: regulerend (R), producerend (P) of cultureel (C).

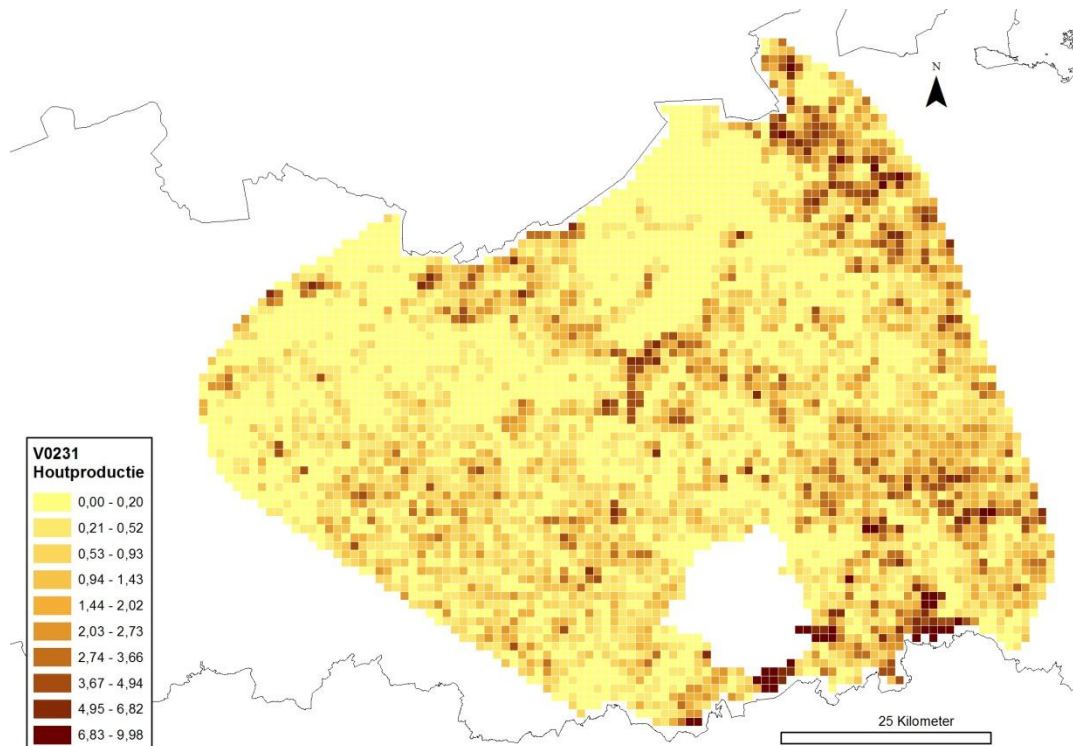
ESD	Type	Label	Toelichting	Eenheid	Bronnen
V0231	P	Hout	Houtproductie jaarlijkse aanwas oogstbaar houtvolume	(m ³ /Are)	(Broekx et al., 2013)
H1407	P	Energie	Huidige productie van gewassen die gebruikt wordt voor energieproductie.	GJ/10ha/jaar	(Van Kerckvoorde & Van Reeth, 2014)
H1114	P	Fruit	Potentieel aanbod fruit	%opbrengst tov max.	(Van Gossum et al., 2014)
H1113	P	Groenten	Potentieel aanbod groenten	%opbrengst tov max.	(Van Gossum et al., 2014)
H1112	P	Maïs	Potentieel aanbod maïs	%opbrengst tov max.	(Van Gossum et al., 2014)
H1111	P	Akkerbouw	Potentieel aanbod akkerbouw	%opbrengst tov max.	(Van Gossum et al., 2014)
H1110	P	Gras	Potentieel aanbod gras	%opbrengst tov max.	(Van Gossum et al., 2014)
V0411	P	Infiltratie(diep)	Infiltratiegeschiktheid voor diepe grondwateraanvulling	Score (0-100)	(Allaert et al., 2012)
P01	R	Klimaatregulatie	Proxy, eigen berekening op basis van groenkaart en NARA landgebruikskaart	score	Groenkaart 2013 (ANB) (Jacobs et al., 2014)
P02	R	Geluid	Proxy, eigen berekening op basis van groenkaart en NARA landgebruikskaart	score	Groenkaart 2013 (ANB) (Jacobs et al., 2014)
P04	R	Komberging	Landgebruik in ROG + Formeel aangeduide overstromingsgebieden	0-5	(Schneiders et al., 2014)
V0731	R	C-Biomassa	C-opslag in biomassa	Kg/ha.jaar	(Broekx et al., 2013)
V0931	R	Lucht	Hoeveelheid fijn stof afgevangen door vegetatie	kgPM10/ha	(Liekens et al., 2013)
V1232	R	Erosie	Schatting vermeden erosie	Ton/ha.jaar	Van der Biest K, Ecoplan WMS (2014)
V1331	R	Infiltratie(opp)	Schatting actuele infiltratie	Mm/jaar	Staes J, Ecoplan WMS (2014)
V1434	R	Retentie	Schatting actuele waterretentie	M3/are	Staes J, Ecoplan WMS (2014)
V1631	R	Denitrificatie	Schatting actuele denitrificatie	mgN/m2.jaar	(Broekx et al., 2013)
H1602	R	Pollinatie	Geschikte habitat pollinators	1/0	(De Bruyn, 2014)
P03	C	Recreatie	Aandeel ontsloten groen	-	(Bomans et al., 2014)

Producerende diensten

De producerende diensten die werden meegenomen in de analyse zijn voedselproductie, houtproductie (V0231, Figuur 2) en de productie van niet-houtige energiegewassen (H1407, Figuur 3). Voedselproductie werd opgedeeld in aparte datasets voor gras (H1110, Figuur 4), akkerbouw excl. maïs (H1111, Figuur 5), maïs (H1112, Figuur 6), groenten (H1113, Figuur 7) en fruit (H1114, Figuur 8). De productie van wildbraad werd niet opgenomen gezien de lage resolutie van het actueel beschikbare kaartmateriaal en de grote foutenmarges die gepaard zouden gaan met inschattingen van het actuele aanbod van wild. Ook watervoorziening wordt als een producerende dienst beschouwd. De dataset infiltratie voor diepe grondwateraanvulling (V0411, Figuur 9) wordt hiervoor in de analyse opgenomen.

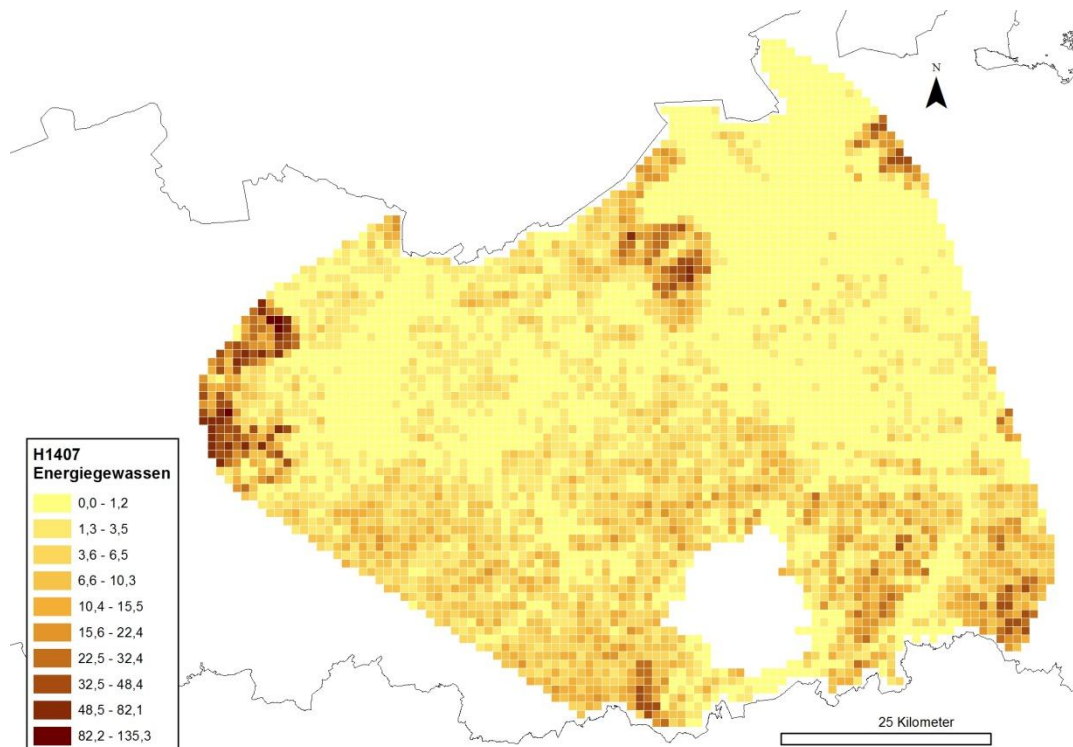
Figuur 2: Houtproductie (V0231)

Aanbod houtproductie als jaarlijkse aanwas oogstbaar houtvolume (m^3 per Are), gemiddelde per kmhok.



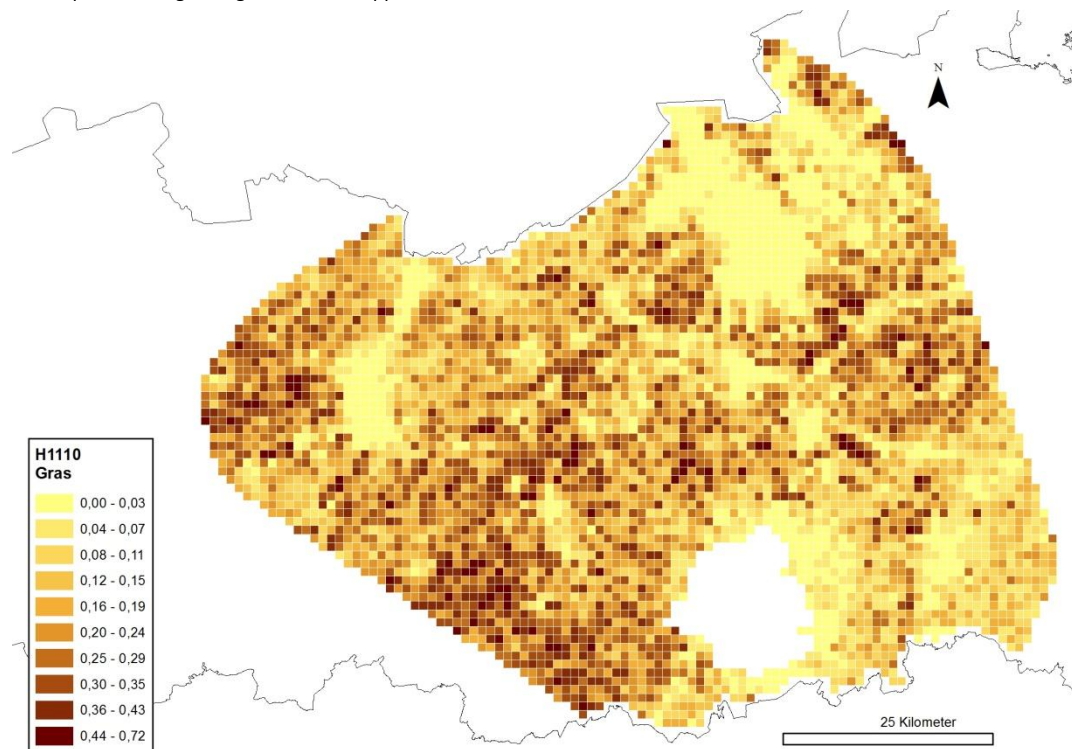
Figuur 3: Energiegewassen (H1407)

Schatting van de huidige productie van niet-houtige gewassen die gekweekt wordt voor energieproductie ($\text{GJ}/10\text{ha.jaar}$), gemiddelde per kmhok.



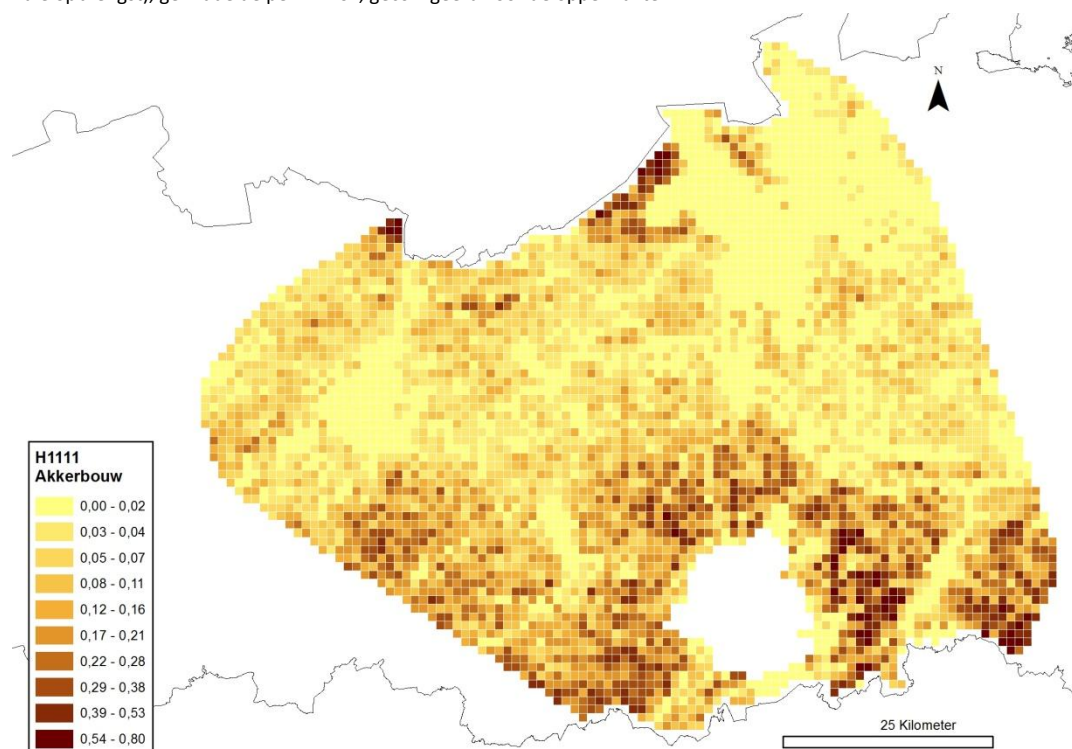
Figuur 4: Gras (H1110)

Deze kaart geeft aan wat er onder het actuele landgebruik geproduceerd wordt aan gras (in % van de maximale opbrengst), gemiddelde per kmhok, gecorrigeerd voor de oppervlakte.



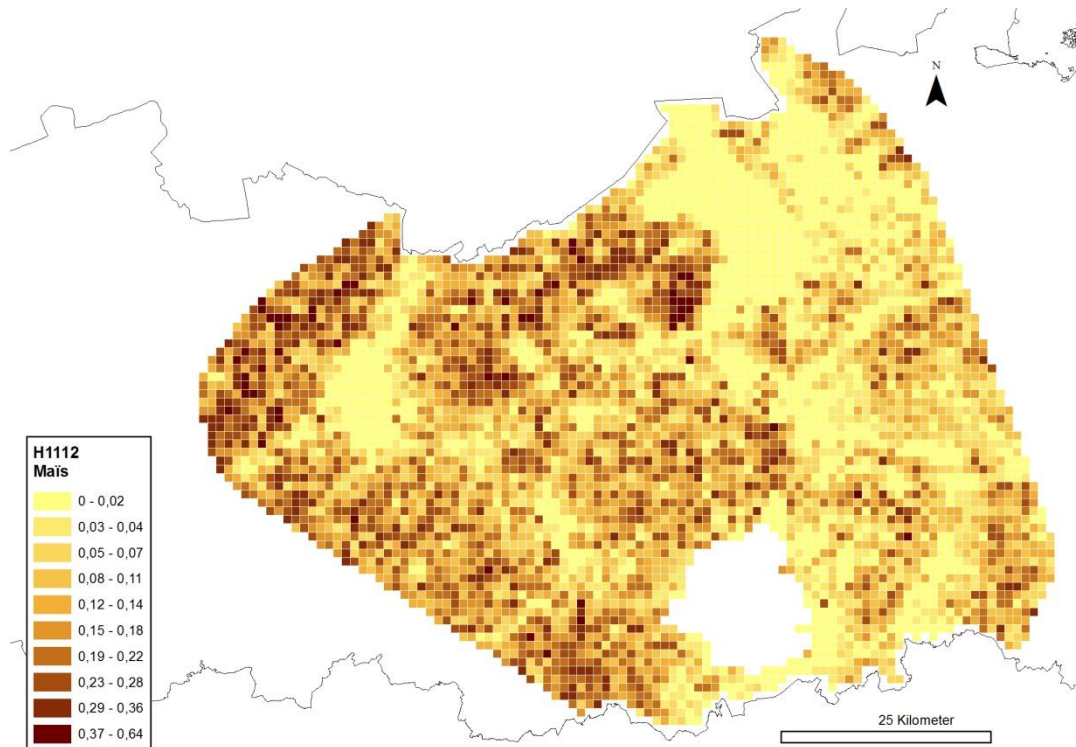
Figuur 5: Akkerbouw (H1111)

Deze kaart geeft aan wat er onder het actuele landgebruik geproduceerd wordt aan akkergewassen, excl. maïs (in % van de maximale opbrengst), gemiddelde per kmhok, gecorrigeerd voor de oppervlakte.



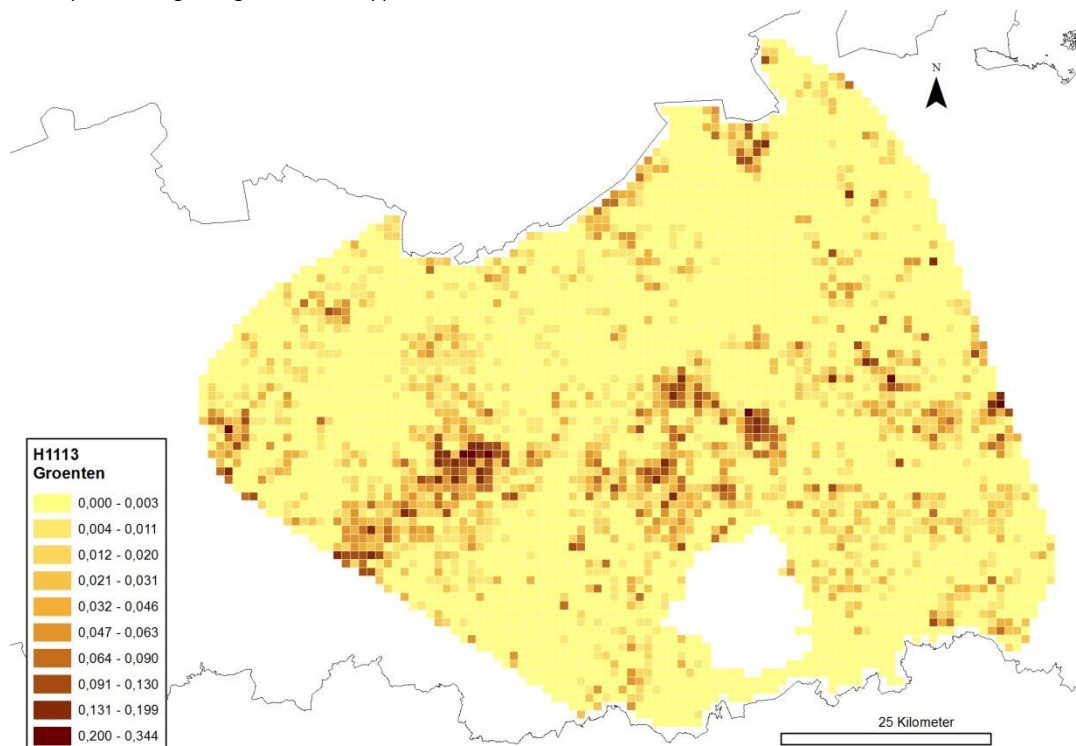
Figuur 6: Maïs (H1112)

Deze kaart geeft aan wat er onder het actuele landgebruik geproduceerd wordt aan maïs (in % van de maximale opbrengst), gemiddelde per kmhok, gecorrigeerd voor de oppervlakte.



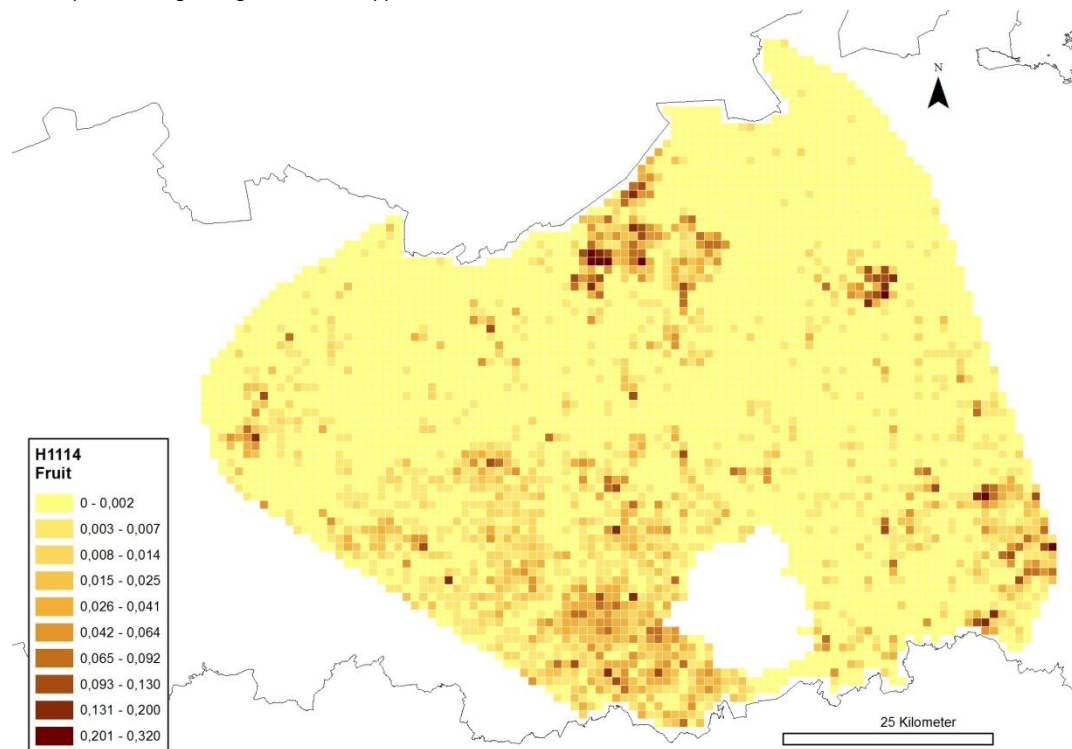
Figuur 7: Groenten (H1113)

Deze kaart geeft aan wat er onder het actuele landgebruik geproduceerd wordt aan groenten (in % van de maximale opbrengst), gemiddelde per kmhok, gecorrigeerd voor de oppervlakte.



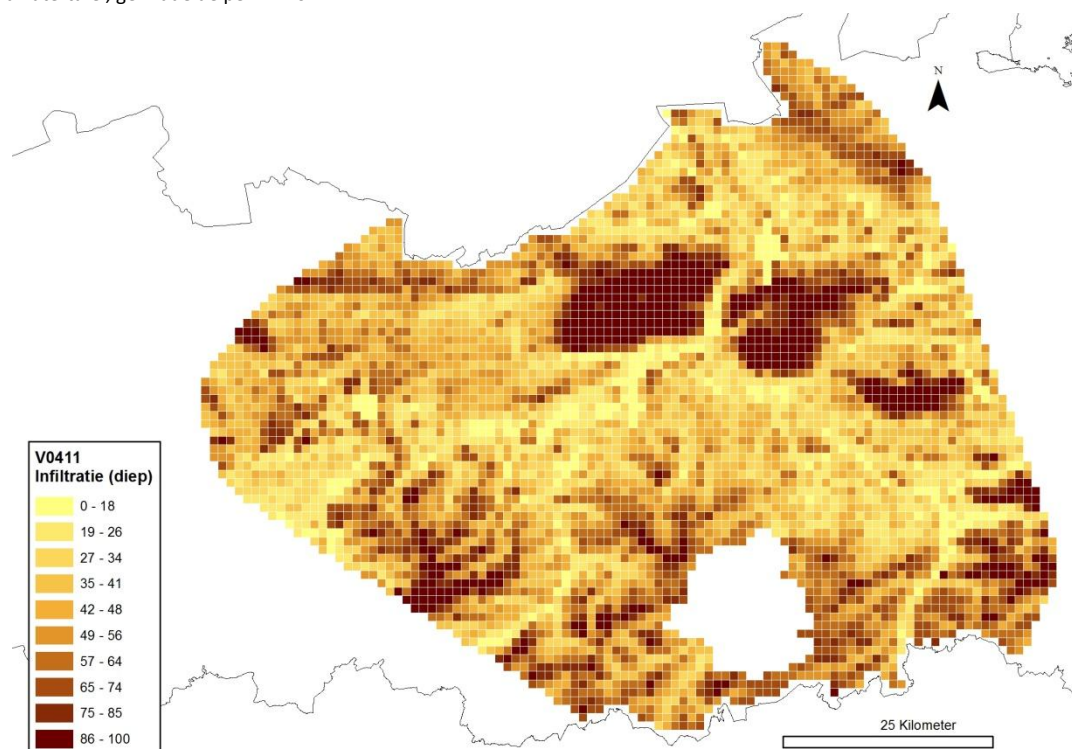
Figuur 8: Fruit (H1114)

Deze kaart geeft aan wat er onder het actuele landgebruik geproduceerd wordt aan fruit (in % van de maximale opbrengst), gemiddelde per kmhok, gecorrigeerd voor de oppervlakte.



Figuur 9: Infiltratie (diep) (V0411)

Inschatting (0-100%) van belang voor infiltratie voor grondwateraanvulling (diep), gebaseerd op topografie, drainage en grondwatertafel, gemiddelde per kmhok.



Regulerende diensten

Op het vlak van regulerende diensten hebben we 11 datasets in de analyse kunnen opnemen. Drie van deze datasets betreffen proxies die specifiek voor deze analyse zijn opgemaakt: voor klimaatregulatie (P01, Figuur 10) en geluidbuffering (P02, Figuur 11) hebben we relatief eenvoudige proxies gebaseerd op een combinatie van de groenkaart 2013 met een dataset van oppervlaktewaterlichamen. Hierbij hebben we de categorieën van deze aangevulde Groenkaart, i.e. water, niet groen, gras, laag groen en hoog groen een score gegeven van 0 – 2 naargelang ze zouden kunnen bijdragen tot het leveren van de respectievelijke ESD. Klimaatregulatie is hierbij opgevat als het tegengaan van het hitte-eiland effect. De sleutel van deze classificatie is gegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Berekening van proxies P01 en P02

Deze tabel geeft de waarden weer die gebruikt zijn om de proxies voor aanbod klimaatbuffering (P01) en geluidbuffering (P02) te berekenen.

Klasse	P01 - KLIMAAT	P02 - GELUID
Niet groen	0	0
Water	1	0
Gras	1	0
Laag groen	1	1
Hoog groen	2	2

Voor komberging van water is een proxy gedistilleerd uit een twee datasets uit NARA Hoofdstuk 22: [Combineerbaarheid van landgebruik met waterberging in het recent overstroomd gebied] met [formeel aangeduide overstromingsgebieden]. Het resultaat is een geschiktheidskaart voor komberging in 6 klassen (van 0 tot 5) (P04, Figuur 12). Deze ESD is van groot belang voor het vermijden van wateroverlast door het opvangen van water bij pieken in neerslag.

Koolstofopslag in biomassa (V0731, Figuur 13) omvat de jaarlijkse koolstofopslag in biomassa van bossen en opgaand groen, gebaseerd op een kwantitatieve inschatting van de aanwas van het oogstbaar houtvolume.

De kwantificering van de ESD luchtkwaliteit (V0931, Figuur 14) is gebaseerd op een inschatting van de afvang van fijn stof (PM10) door vegetatie per landgebruiktype. De kengetallen die hierbij zijn gebruikt, zijn van Oosterbaan et al., 2006. Voor deze analyse zijn de lage schattingen gebruikt.

De ESD erosiecontrole (V1232, Figuur 15) wordt gedefinieerd als de afname in potentiële erosie door de aanwezigheid van vegetatie. Hier is het aanbod of de erosiecontrole als dienst bijgevolg moeilijk los te koppelen van de vraag of de erosiegevoeligheid. Een hoog aanbod aan de ESD erosiecontrole kan men dus enkel aantreffen in erosiegevoelige gebieden, waar er dus ook een vraag is naar erosiecontrole. Deze dienst komt dan ook relatief meer voor in het zuidelijk deel van het MKG. Platte vallei gebieden daarentegen, waar er omwille van de topografie geen erosie optreedt, zullen op deze kaart aangeduid worden als gebieden waar een laag aanbod is aan de ESD erosiecontrole. Op deze kaart geeft een laag aanbod aan de ESD erosiecontrole aan dat het een gebied betreft waar er een erosieprobleem is en deze niet ingedijkt wordt door vegetatie, of dat het een gebied betreft waar er geen erosieprobleem is. Dit zijn dus twee uiterste situaties: in het eerste geval is het wenselijk om van het aanbod aan ESD erosiecontrole te verhogen, terwijl dit niet zo relevant is in het tweede geval. Deze aanbodkaart laat dus niet toe het aanbod eenduidig te bepalen. Bij gebrek aan een alternatief werd hier desalniettemin mee gewerkt, en is dit als aandachtspunt meegenomen bij de verdere evaluatie van match en mismatch tussen verschillende ESD bundels door experts, zoals we verder in de analyse zullen beschrijven.

Infiltratie van water in de bodem (V1331, Figuur 16) is van belang, zowel voor de aanvulling van grondwaterlagen, als voor het vermijden van wateroverlast. Voor deze data laag is vertrokken vanuit een evaluatie van het infiltratiepotentieel op basis van de drainageklasse van de bodem, de plaatselijke topografie, verdichting door bebouwing en interceptie door vegetatie.

Met retentie van water in de bodem wordt de 'sponswerking' van de bodem bedoeld. Dit is de mate waarin de bodem in staat is om water tijdelijk vast te houden. Dit heeft in de eerste plaats een invloed op de beschikbaarheid van water in periodes van droogte. De gebruikte data laag (V1434, Figuur 17) is een

indicator voor het volume water dat beschikbaar is tijdens een structurele droogte. Ze omvat een inschatting van het gemiddeld watervolume dat aanwezig is tot 1m onder het maaiveld.

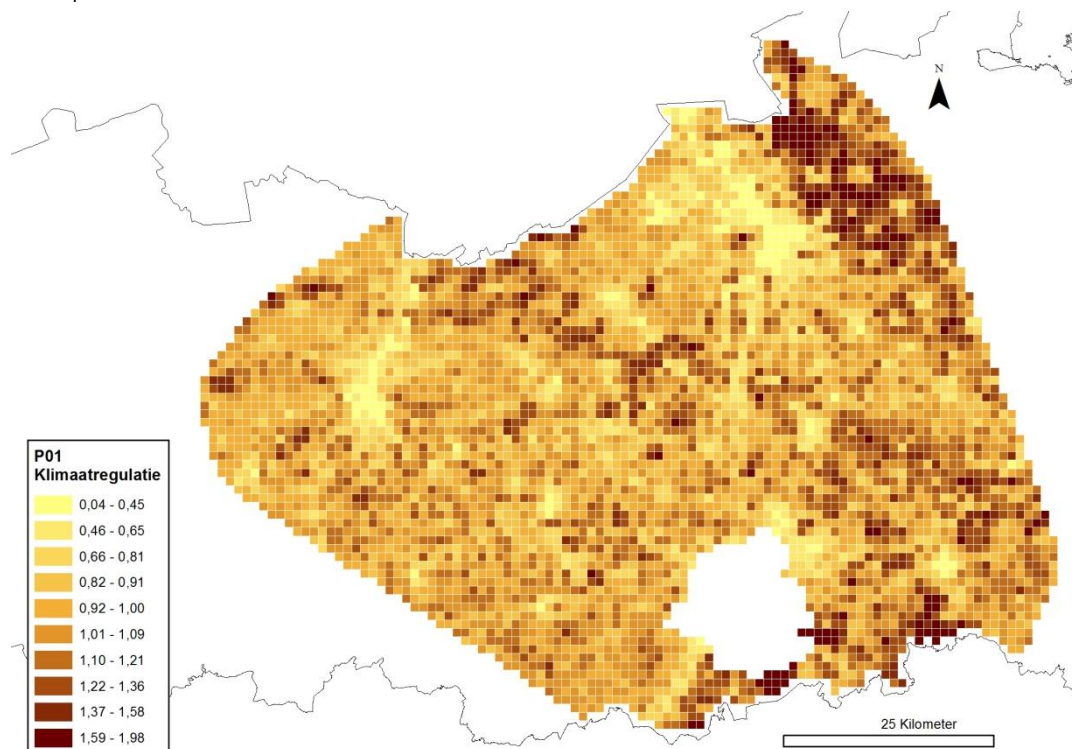
Denitrificatie (V1631, Figuur 18) betreft een biologisch proces waarbij nitraat in stikstof wordt omgezet, waardoor er minder nitraat terecht kan komen in watersystemen, waar het anders tot eutrofiëring van deze systemen kan leiden. Voor de berekening van de index is rekening gehouden met de plaatselijke aanvoer van grondwater, de concentratie aan nitraat in dat grondwater, de verblijftijd en het potentieel voor denitrificatie.

Voor pollinatie is geopteerd voor een dataset die de aanwezigheid van geschikte habitat voor pollinators weergeeft (H1602, Figuur 19). Een andere benadering is om te vertrekken vanuit de locaties waar een meerwaarde gerealiseerd wordt voor gewassen die afhankelijk zijn van pollinatie, maar op die manier zijn aanbod en vraag niet los te koppelen van elkaar. Bovendien wordt een betekenisvol deel van de ESD pollinatie verzorgd door populaties van wilde bijen- en hommelsorten (Holzschuh et al., 2012).

Datasets die de stock van C-, N- en P-opslag in de bodem weergeven, zijn niet mee in de analyse opgenomen.

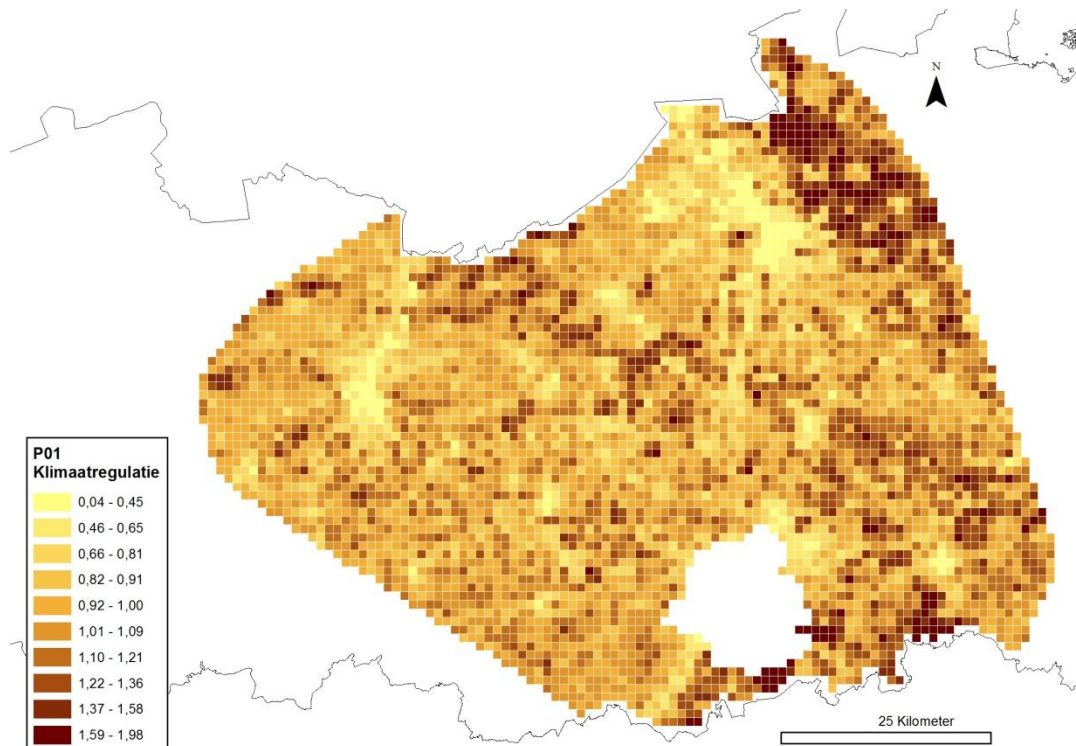
Figuur 10: Klimaatregulatie (P01)

Proxy voor het tegengaan van het hitte-eiland effect, gebaseerd op de Groenkaart. Ordinale variabele van 0 (laag) tot 2 (hoog), gemiddelde per kmhok.



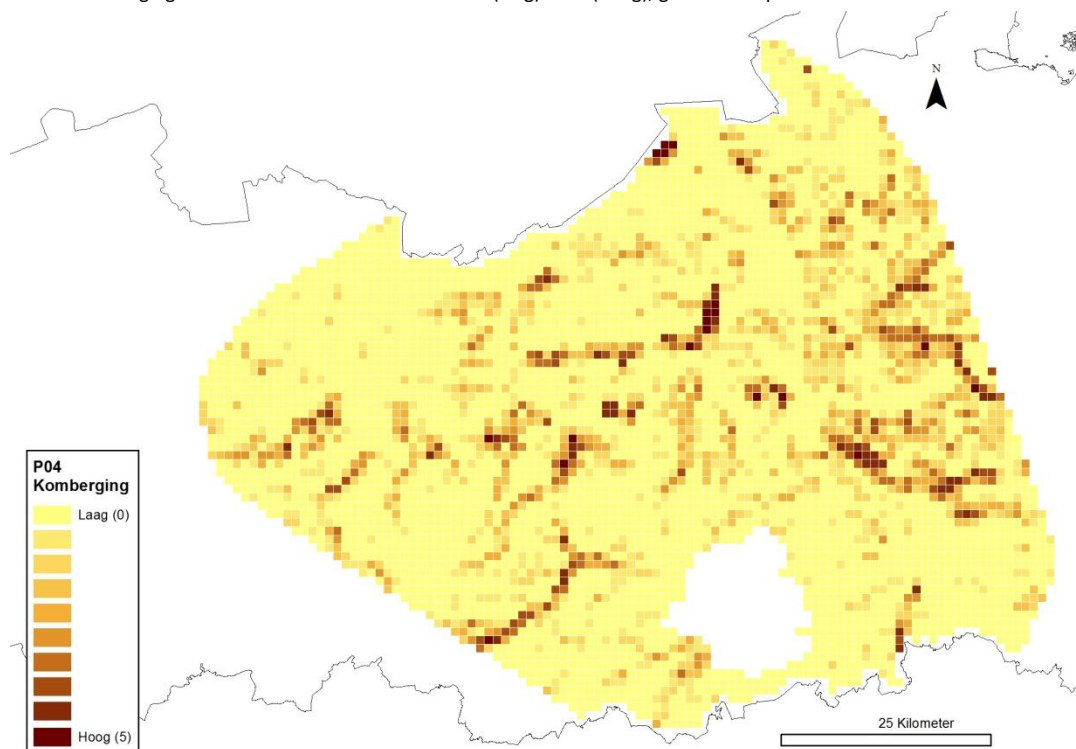
Figuur 11: Geluidsbuffering (P02)

Proxy voor geluidsbuffering, gebaseerd op de Groenkaart. Ordinale variabele van 0 (laag) tot 2 (hoog), gemiddelde per kmhok.



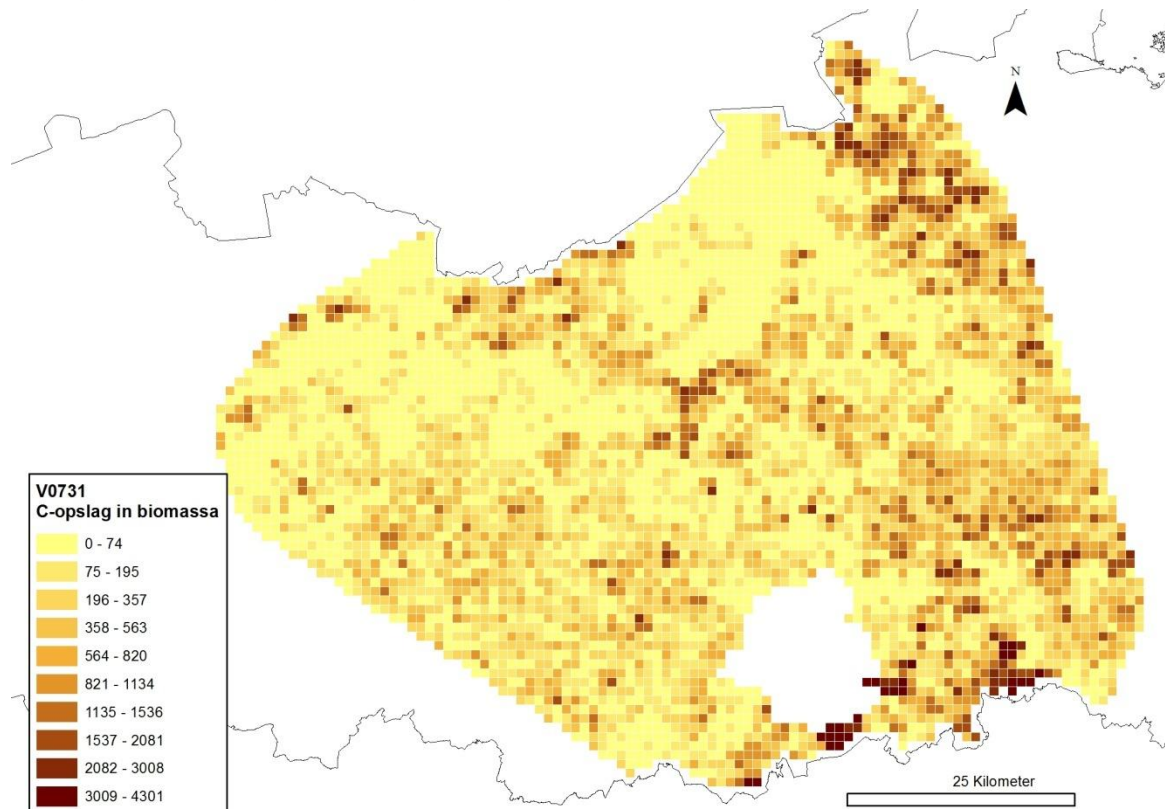
Figuur 12: Komberging (P04)

Aanbod aan komberging van water. Ordinale variabele van 0 (laag) tot 5 (hoog), gemiddelde per kmhok.



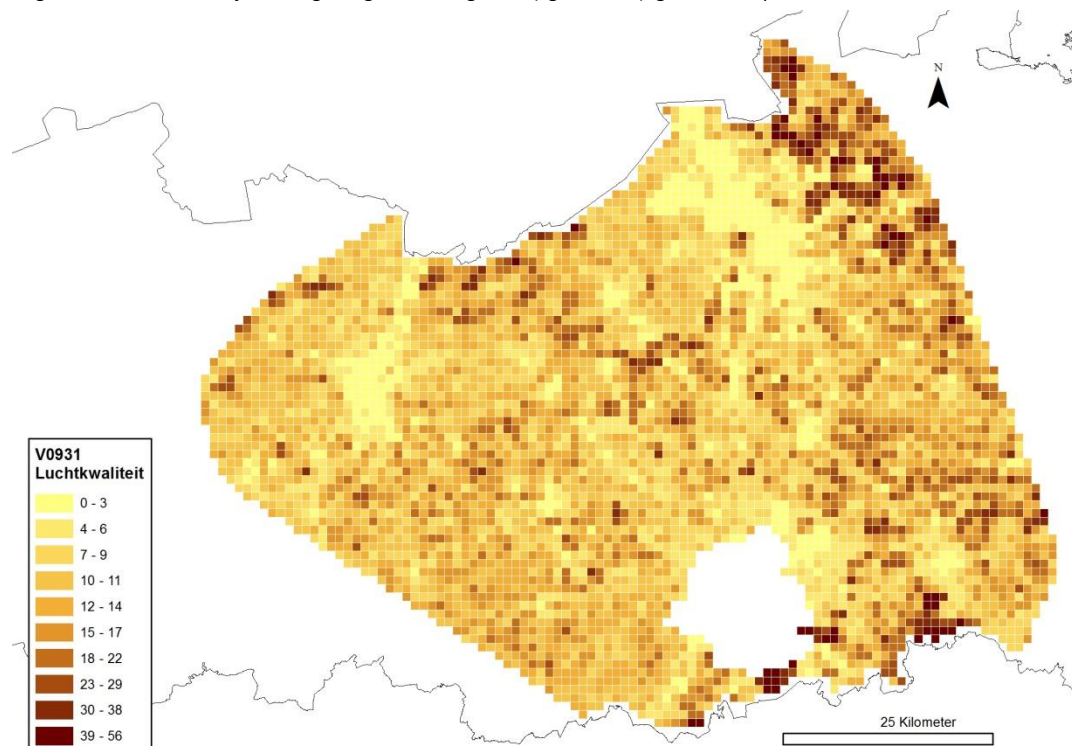
Figuur 13: C-opslag in biomassa (V0731)

Schatting van de koolstofopslag in biomassa (kg/ha.jaar), gemiddelde per kmhok.



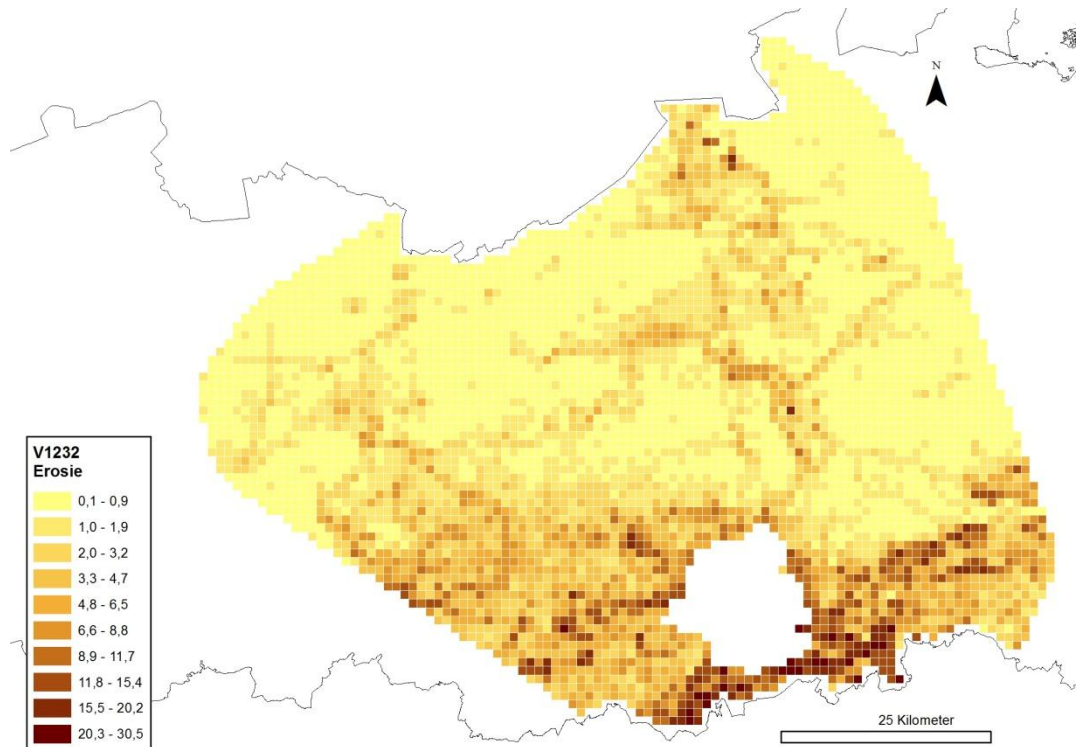
Figuur 14: Luchtkwaliteit (V0931)

Schatting van de hoeveelheid fijn stof afgevangen door vegetatie (kgPM10/ha), gemiddelde per kmhok.



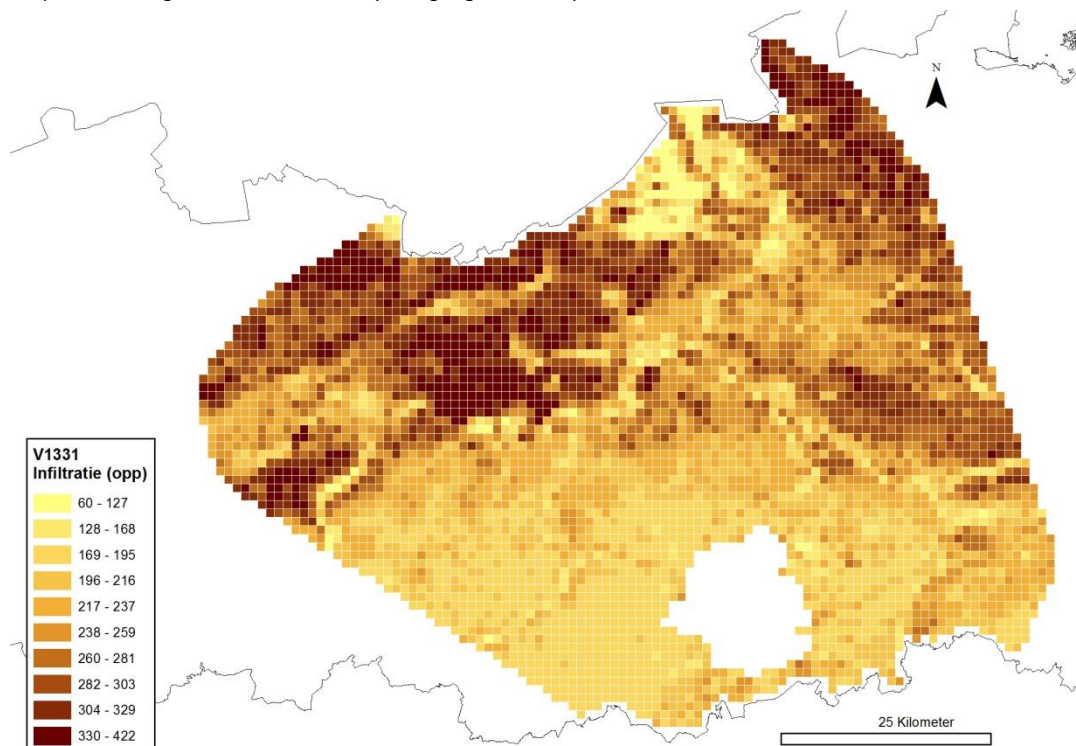
Figuur 15: Erosiecontrole (V1232)

Schatting van de hoeveelheid sediment dat door de aanwezigheid van vegetatie niet van een oppervlak afstroomt (Ton/ha.jaar), gemiddelde per kmhok.



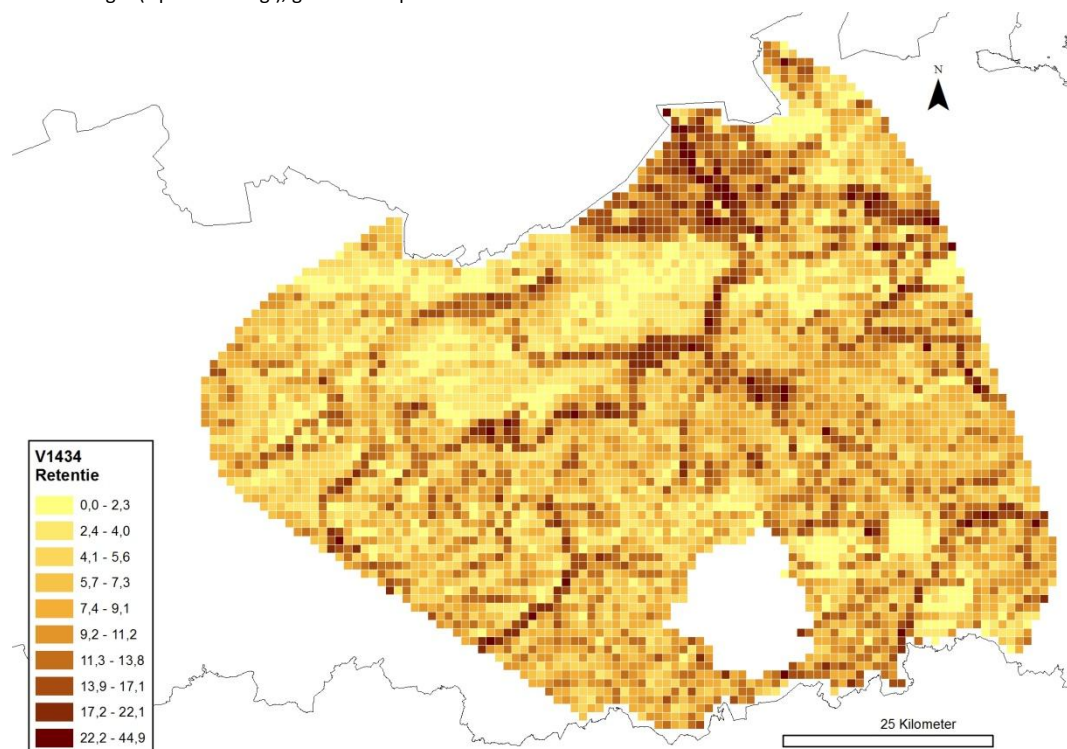
Figuur 16: Infiltratie (opp) (V1331)

Schatting van de actuele infiltratie (mm/jaar), houdt rekening met bodemverdichting, interceptie en het maximaal infiltratiepotentieel volgens bodem en bodemhydrologie, gemiddelde per kmhok.



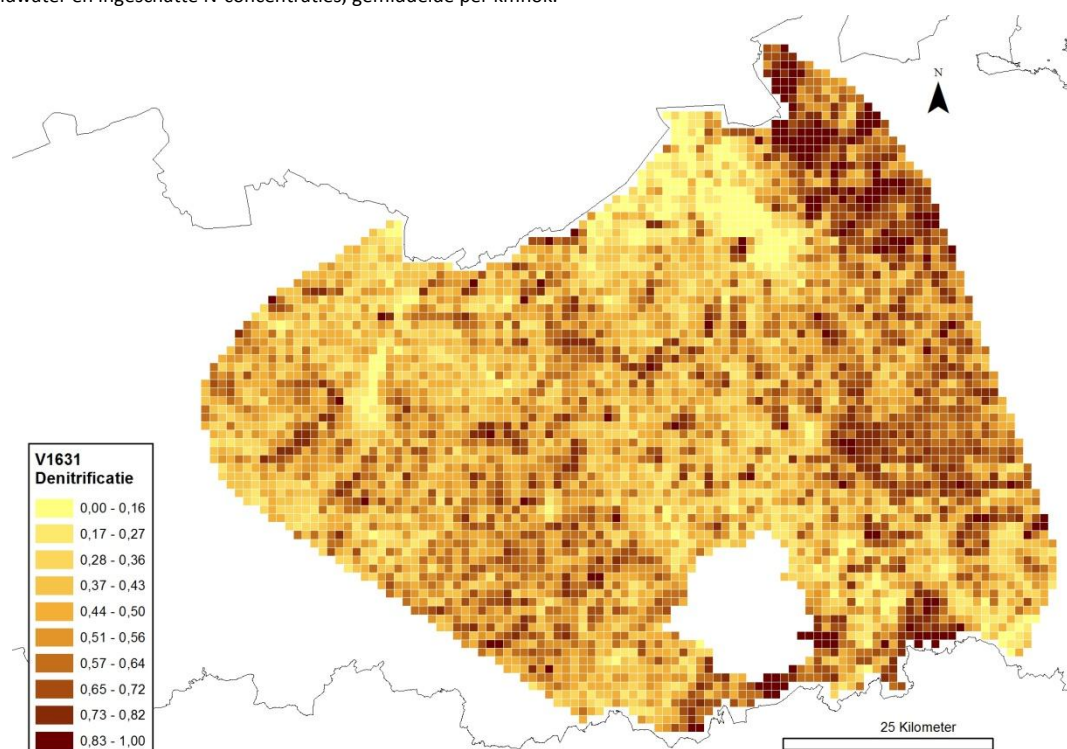
Figuur 17: Retentie (V1434)

Schatting van de waterretentie (m^3/are), als indicator voor het totale volume water dat beschikbaar is voor het overbruggen van een structurele droogte ('sponswerking'), gemiddelde per kmhok.



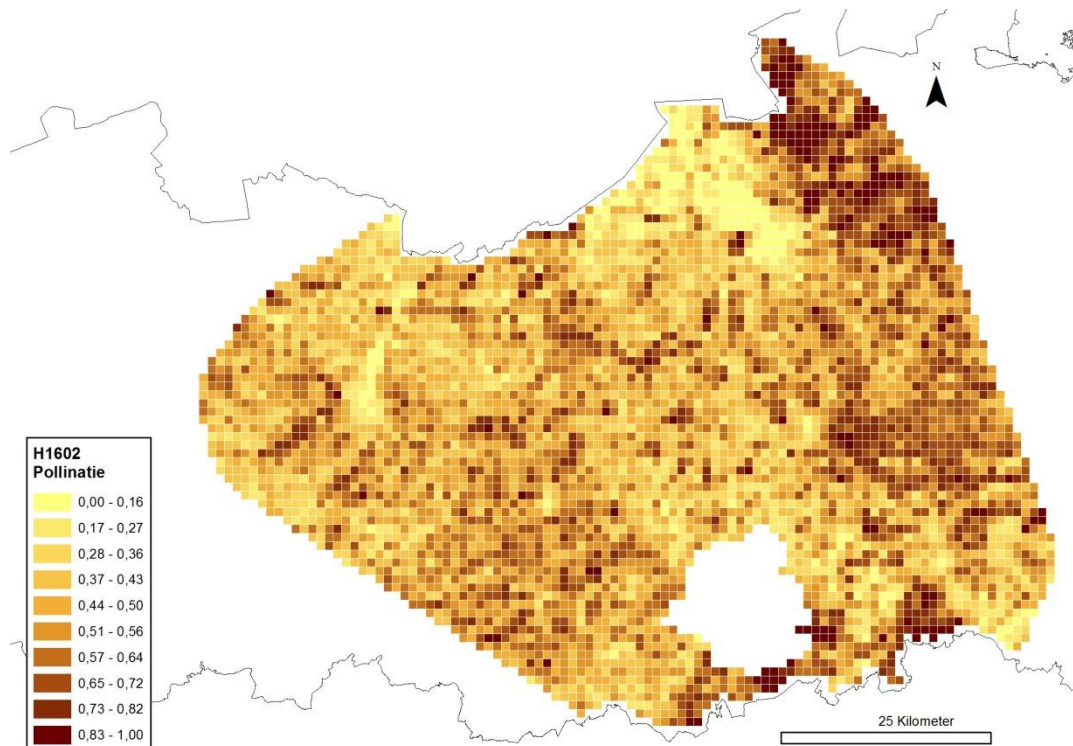
Figuur 18: Denitrificatie (V1631)

Schatting van de denitrificatie ($\text{mgN}/\text{m}^2 \cdot \text{jaar}$), de verwijdering van nitraat uit ondiep grondwater vermenigvuldigd met aanvoer van grondwater en ingeschatte N-concentraties, gemiddelde per kmhok.



Figuur 19: Pollinatie (H1602)

Aanwezigheid geschikte habitat voor pollinators (1/0), gemiddelde per kmhok.



Culturele diensten

Culturele diensten zijn intrinsiek moeilijk te kwantificeren. We hanteren hier een schatting van het aanbod aan mogelijkheden voor groenrecreatie, met de aanwezigheid van ontsloten groentypes als proxy (P03, Figuur 20). Deze indicator geeft weer welke van de groentypes er op een gegeven locatie aanwezig is binnen de beoogde minimumafstanden, cf. Bomans et al., 2014 (Tabel 3).

Tabel 3: Groentypes en respectievelijke streefnormen voor afstand en oppervlakte

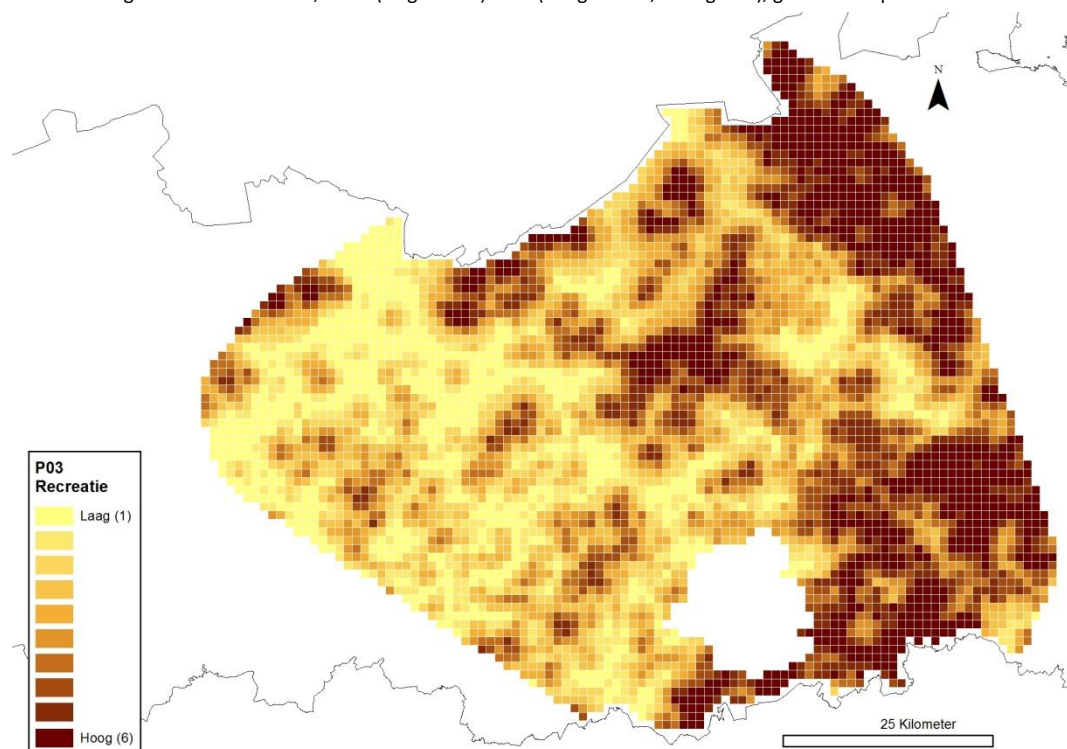
Definiëring van de verschillende groentypes die aan de basis liggen voor de ordinale classificering van P03 (aanwezigheid van ontsloten groentypes).

Waarde	Functieniveau	Afstand	Oppervlakte
1	Woongroen	< 150 m	
2	Buurtgroen	< 400 m	> 1 ha
3	Wijkgroen	< 800 m	> 10 ha (park: > 5 ha)
4	Stadsdeelgroen	< 1600 m	> 30 ha (park: > 10 ha)
5	Stadsgroen	< 3200 m	> 60 ha
6	Stadsgroen (stadsbos)	< 5000 m	> 200 ha

De mate waarin deze groentypes ontsloten zijn, is nagegaan op basis van een dataset van toerisme Vlaanderen met fiets-, wandel- en ruiterpaden. Woongroen is uiteraard niet op dezelfde manier 'ontsloten', maar werd wel mee opgenomen in de indicator, gezien het een betekenisvolle bijdrage levert tot de omgevingskwaliteit.

Figuur 20: Recreatie (P03)

Aanbod aan recreatiediensten, gebaseerd op het aandeel ontsloten groen. Ordinale variabele die staat voor het respectievelijke functieniveau van groen dat ontsloten is, van 0 (laag niveau) tot 6 (hoog niveau, stadsgroen), gemiddelde per kmhok.



Vraag naar ecosysteemdiensten

Overzicht

Een overzicht van de geselecteerde datasets wordt gegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Selectie vraagkaarten

Selectie van vraagkaarten die gebruikt zijn voor de studie, met een korte beschrijving.

ESD	Type	Label	Toelichting	Eenheid	Bronnen
D01	C	Buurtgroen	Vraag naar buurtgroen	1/0	(Simoens et al., 2014)
D02	C	Wijkgroen	Vraag naar wijkgroen	1/0	(Simoens et al., 2014)
D03	R	Bestuiving	Bestuiverafhankelijke gewassen	Ordinaal (0-5)	(De Bruyn, 2014)
D04	R	Geluid	Zones met geluidsoverlast	Ordinaal	(De Blust & Van Renterghem, 2014)
D05	R	Waterbuffering	Bevolkingsdichtheid in overstromingsgevoelig gebied	Inwoners/ha	(Schneiders et al., 2014)
D06	C	Recreatie	Bevolkingsdichtheid	Inwoners/ha	(Simoens et al., 2014)
D07	R	Erosiecontrole	Erosiegevoeligheid per perceel	Ordinaal (6-1)	DOV: (ALBON)
D08	R	N-depositie	Atmosferische N-depositie	kg N/ha	Staes J, Ecoplan WMS (2014)
D09	R	Vervuiling	Risico op bronnen van diffuse vervuiling	%	Staes J, Ecoplan WMS (2014)
D10	R	Grondwater	Grondwaterwingebieden en beschermingszones	Ordinaal	DOV
D11	R	Klimaat	Urban Heat Island kaart Vlaanderen	°C afwijking	(Technum, 2015)

Producterende diensten

De lokale vraag naar producerende diensten is een datahiaat dat we niet ingevuld hebben in deze studie. Bevolkingsdichtheid is een acceptabele proxy, maar deze wordt reeds als proxy gebruikt voor de vraag naar recreatief groen. Het heeft geen toegevoegde waarde om deze dataset dubbel mee te nemen in de analyse.

Regulerende diensten

De vraag naar bestuiving (D03, Figuur 21) wordt ingeschat door de locatie van bestuivingsafhankelijke gewassen te beschouwen. De dataset geeft de vraag weer in een ordinale schaal, van niet aanwezig (0) tot heel hoog (5), in 6 stappen.

De vraag naar geluidbuffering (D04, Figuur 22) wordt meegenomen in de analyse door te kijken naar de geluidsoverlast vanuit grote infrastructuurassen. Hier hebben we een gebiedsdekkende achtergrondwaarde van 40dB aan toegevoegd (in plaats van 0), om de berekende gemiddeldes representatiever te maken.

De vraag naar waterbuffering (D05, Figuur 23) is meegenomen aan de hand van de bevolkingsdichtheid in het volledig overstromingsgevoelig gebied. Hierbij wordt opgemerkt dat ook een aanbod aan waterbuffering bovenstrooms in het respectievelijke bekken, mee tegemoet kan komen aan deze vraag.

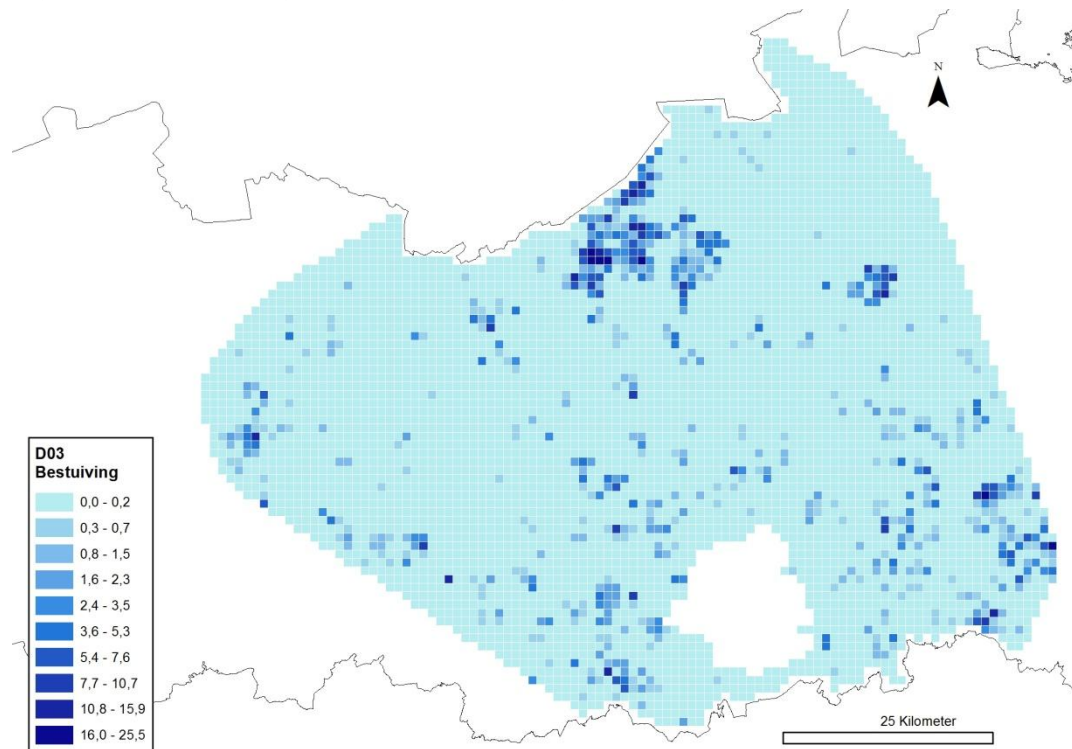
We hebben ook buiten de NARA-datasets gezocht naar geschikte proxies voor de vraag naar ESD. De vraag naar erosiecontrole zat niet vervat in de NARA datasets. We gebruiken hier een inschatting op basis van een dataset van DOV, die de erosiegevoeligheid per perceel weergeeft (D07, Figuur 24). Ook via DOV hebben we de beschermingszones voor drinkwaterwinning toegevoegd voor analyse (D10, Figuur 27). We beschouwen dit als een vraag naar buffering, dus als een vraag naar regulerende ESD. De verschillende beschermingsperimeters hebben we hierbij vertaald naar een eenvoudige ordinale schaal.

Een inschatting van de atmosferische N-depositie, op basis van het VLOPS model (VITO) en beschikbaar via de Ecoplan Monitor, werd eveneens als vraagkaart toegevoegd aan de analyse (D08, Figuur 25), net als een dataset die het risico op diffuse bronnen van vervuiling (pesticiden en nutriënten) weergeeft (D09, Figuur 26), en eveneens via de Ecoplan Monitor beschikbaar is.

Uit een studie van Technum tot slot, nemen we een dataset mee die een proxy vormt voor het relatieve mogelijke voorkomen van een stedelijk hitte-eiland effect. Deze is berekend op basis van de zgn. 'formule van Wageningen', welke een dimensieloze index levert. De kaart is dus te interpreteren als louter een visuele weergave van de mogelijke relatieve sterkte van het hitte-eiland effect.

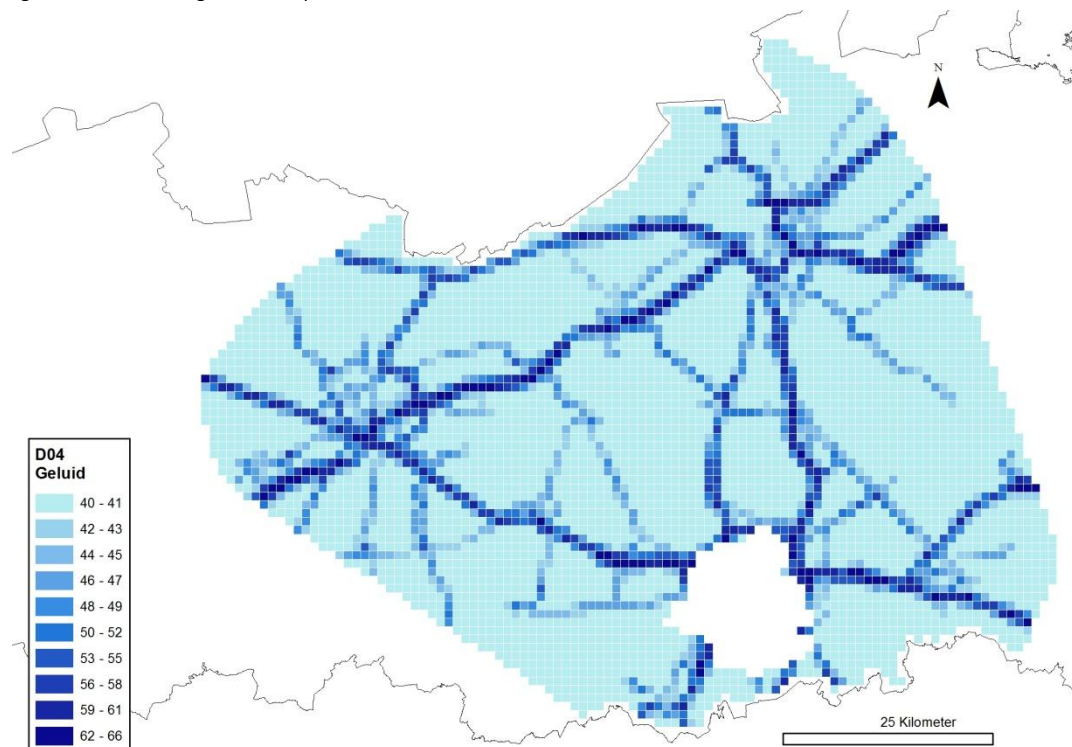
Figuur 21: Bestuiving (D03)

Aanwezigheid bestuiverafhankelijke gewassen (ordinale schaal 0-5), gemiddelde per kmhok.



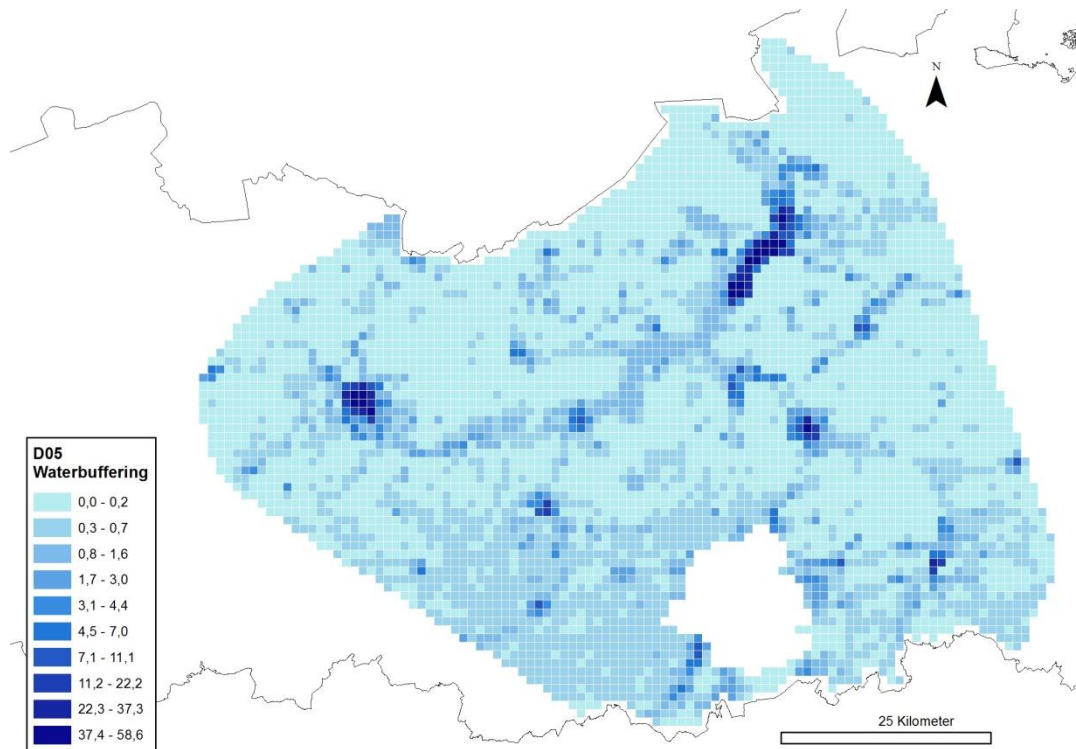
Figuur 22: Geluidsbuffering (D04)

Uitgangspunt is geluidsoverlast vanuit grote infrastructuurassen: waarde minimale geluidsniveaus per klasse (55 – 75 dB), achtergrondwaarde 40dB, gemiddelde per kmhok.



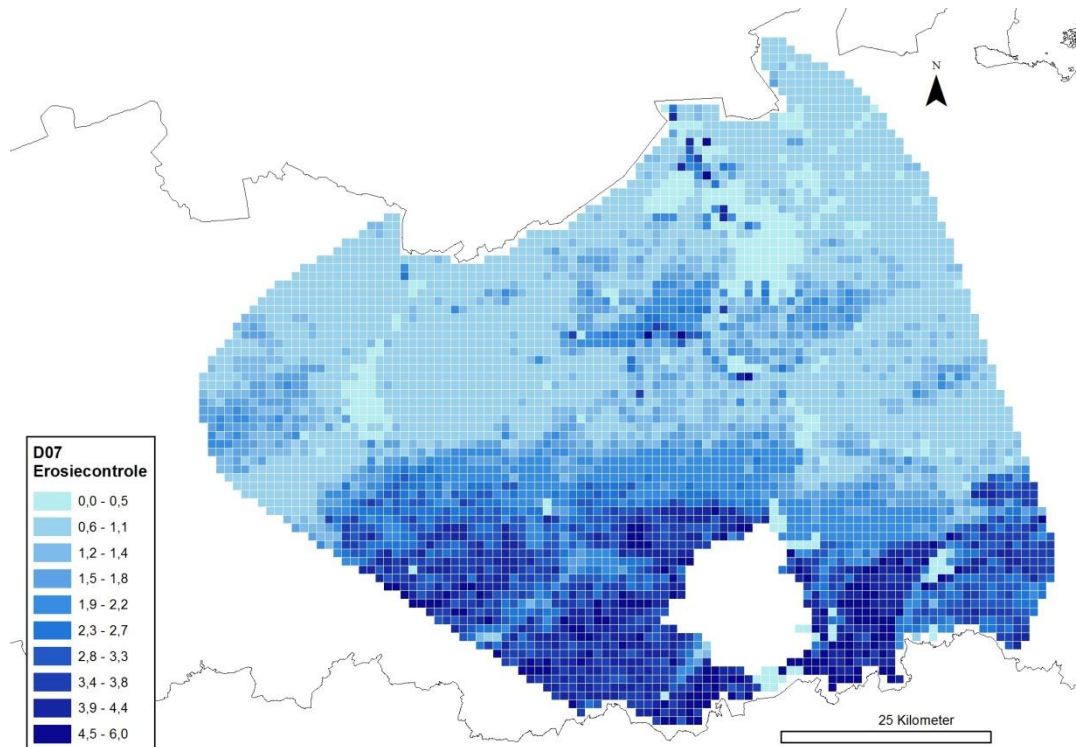
Figuur 23: Waterbuffering (D05)

Bevolkingsdichtheid in overstromingsgevoelig gebied (inwoners/ha), gemiddelde per kmhok.



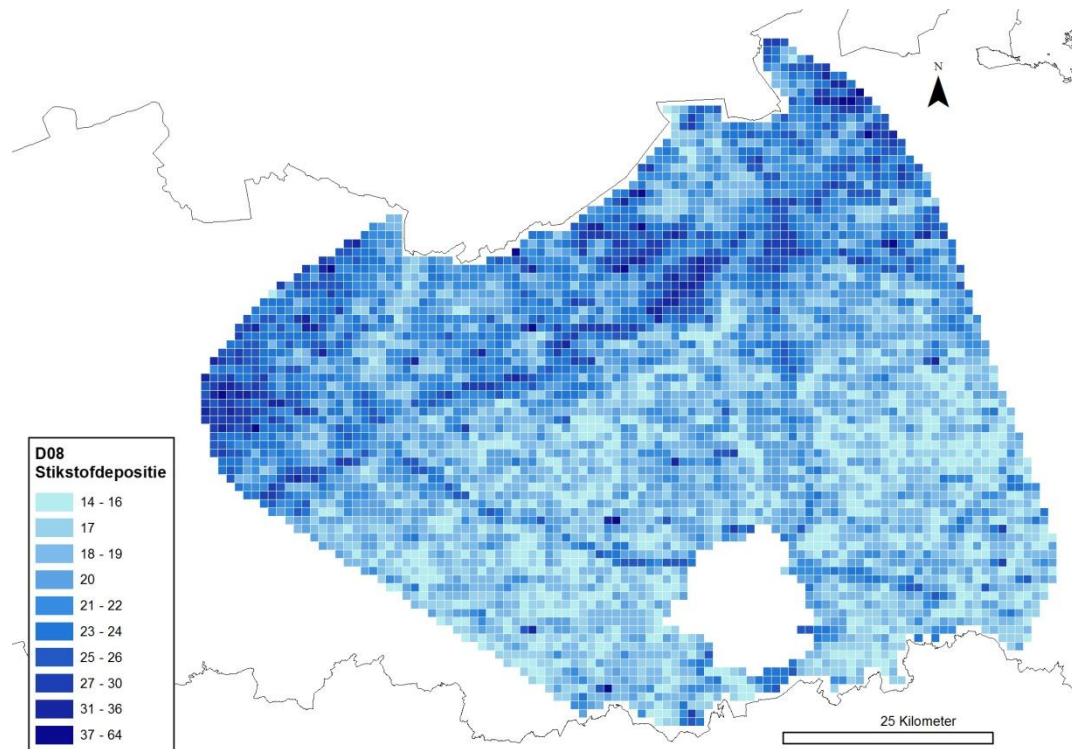
Figuur 24: Erosiecontrole (D07)

Op basis van de potentiële bodemerosiekaart 2016, die erosiegevoeligheid per perceel weergeeft op een ordinale schaal (zeer hoog – verwaarloosbaar), gemiddelde per kmhok.



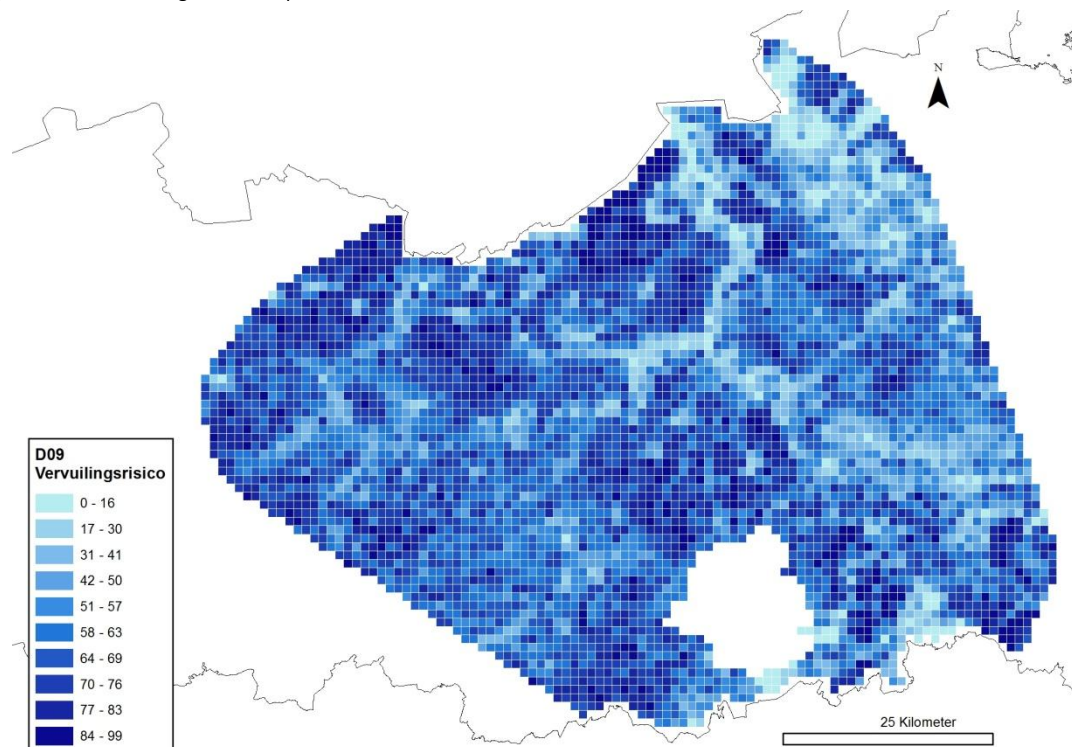
Figuur 25: N-depositie (D08)

Atmosferische N-depositie (kg N/ha), gemiddelde per kmhok.



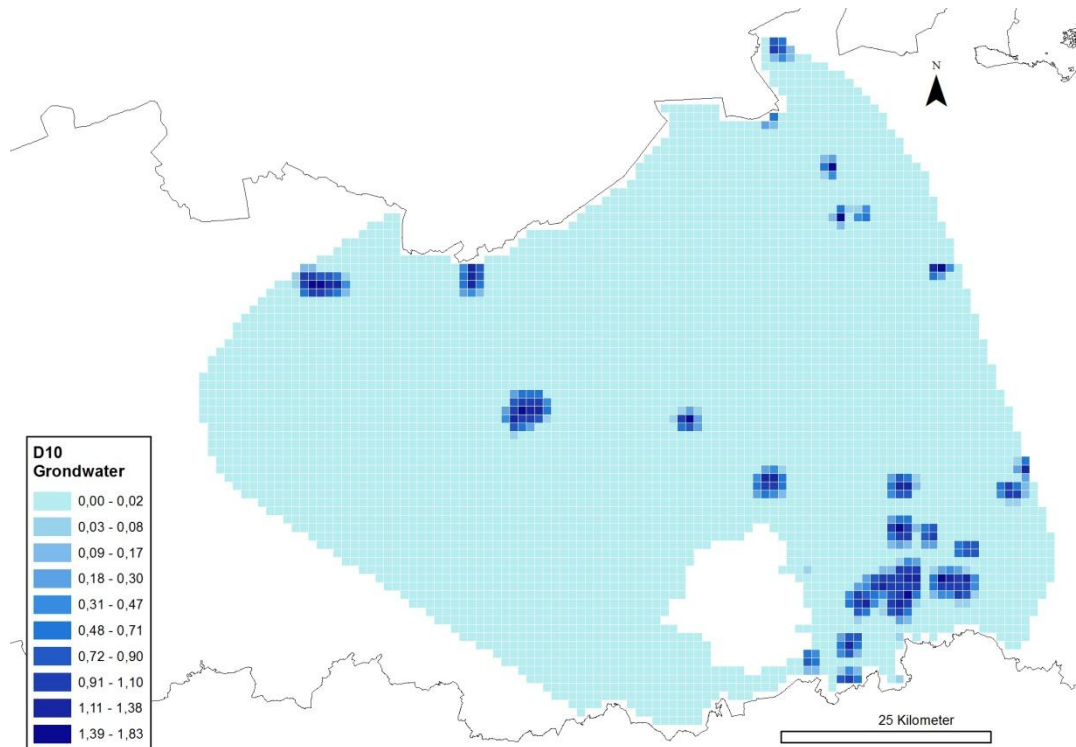
Figuur 26: Risico op bronnen van diffuse vervuiling (D09)

Deze kaart geeft weer waar er een hoge kans (%) is dat er pesticiden en nutriënten gebruikt worden die schadelijk kunnen zijn voor de grondwaterkwaliteit, gemiddelde per kmhok.



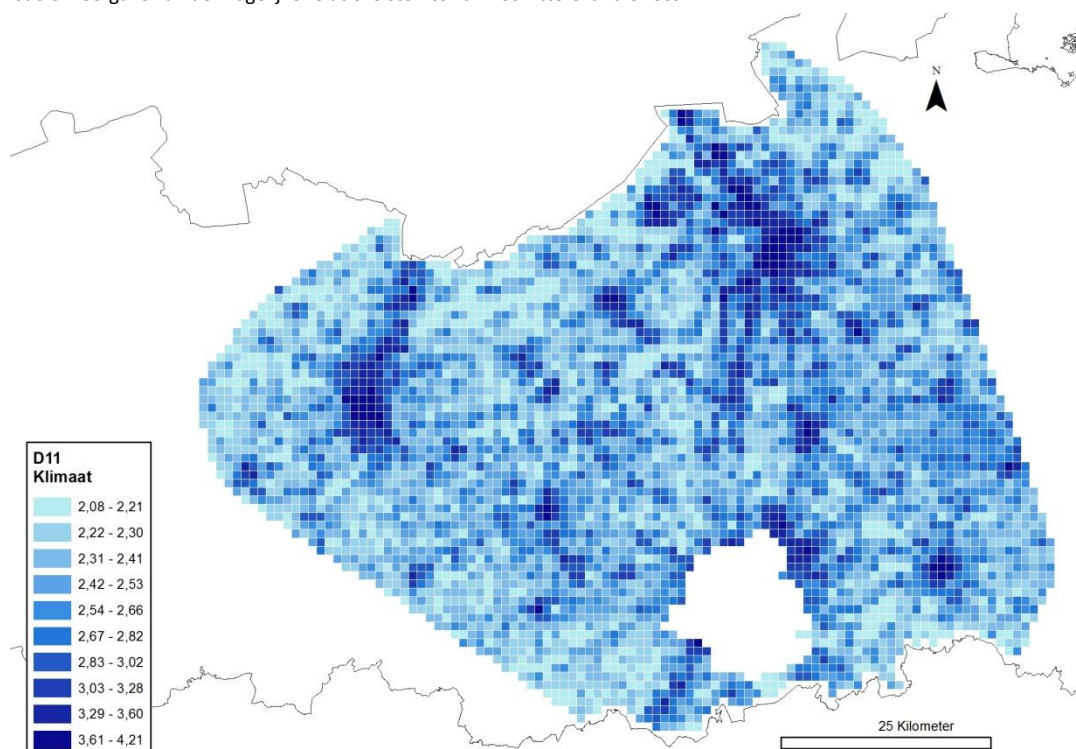
Figuur 27: Grondwater (D10)

Proxy gebaseerd op een dataset met beschermingszones voor drinkwaterwinning, omgezet naar een eenvoudige ordinale schaal van 0 (afwezig) naar 3 (beschermingszones type 3), waarvan het gemiddelde per kmhok is genomen.



Figuur 28: Urban Heat Island (D11)

De achterliggende dataset geeft de kans weer voor het ontstaan van een stedelijk hitte-eiland (Urban Heat Island of UHI). Deze is berekend op basis van de zgn. 'formule van Wageningen', welke een dimensieloze index levert. De kaart is dus te interpreteren als een visuele weergave van de mogelijke relatieve sterkte van het hitte-eiland effect.



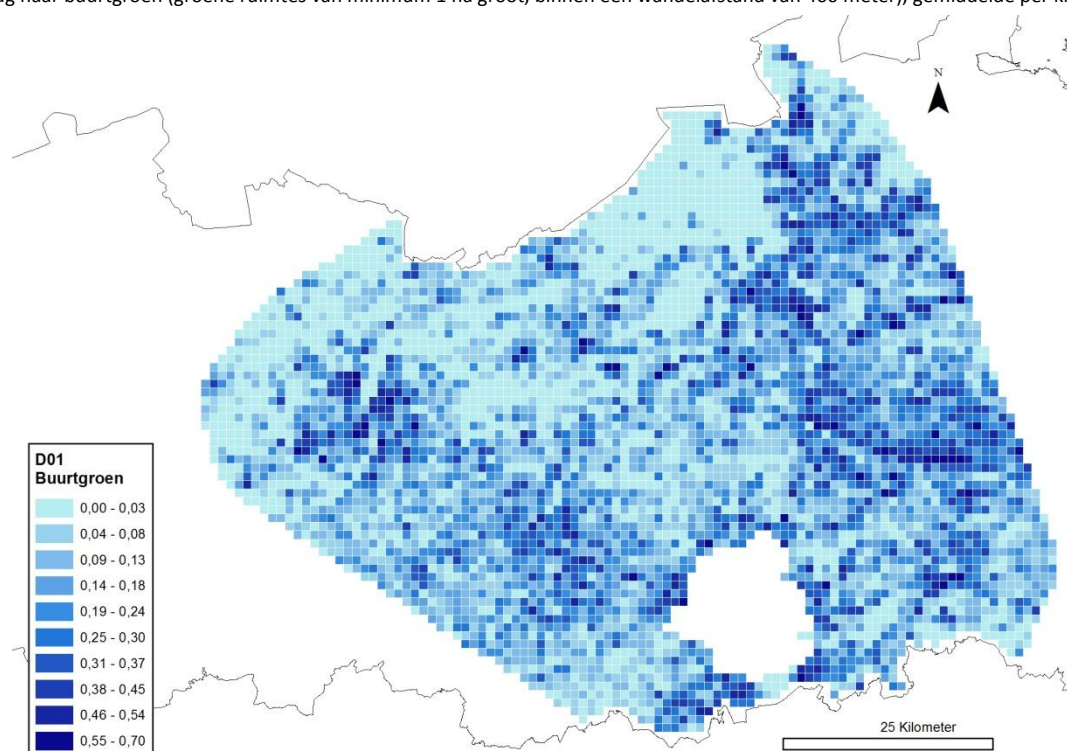
Culturele diensten

Voor de vraagzijde naar culturele ESD ligt de nadruk, net als bij de aanbodzijde, op recreatie. Drie datasets worden meegenomen: de vraag naar buurtgroen of groene ruimtes van minimum 1 ha groot, binnen een wandelafstand van 400 meter (D01, Figuur 29), de vraag naar wijkgroen of groene ruimtes van minimum 10 ha groot, binnen een wandelafstand van 800 meter (D02, Figuur 30), en een algemene vraag naar recreatief groen (D06, Figuur 31), waarvoor de plaatselijke bevolkingsdichtheid als proxy gebruikt wordt.

Uiteraard is recreatie niet de enige culturele ESD. Ook naar beleving toe (sociaal, cultureel, mentaal), en op intellectueel vlak zijn er ESD te definiëren. Op het moment van de uitvoering van deze studie zijn echter geen bruikbare ruimtelijk expliciete datasets gekend voor deze diensten. Door bevolkingsdichtheid als algemene proxy voor de behoefte aan recreatie mee te nemen, kan men ervan uitgaan dat hiermee ook andere behoeften naar culturele ESD impliciet meegenomen worden. Het is echter niet mogelijk om hier gefundeerde uitspraken over te doen.

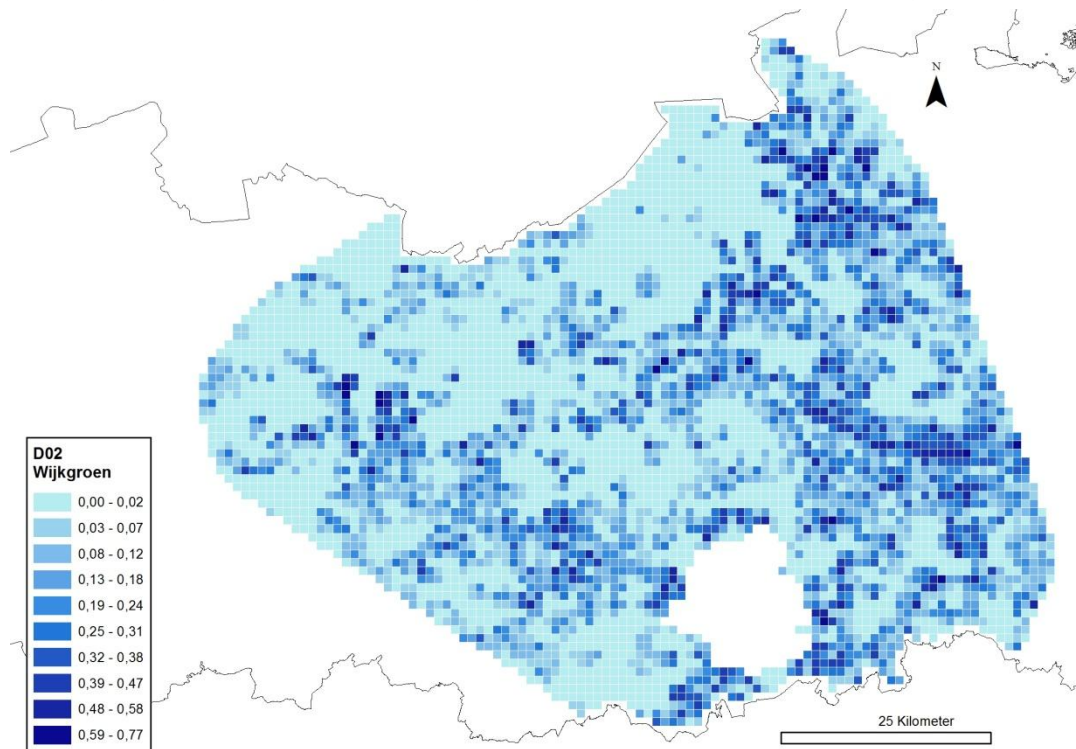
Figuur 29: Buurtgroen (D01)

Vraag naar buurtgroen (groene ruimtes van minimum 1 ha groot, binnen een wandelafstand van 400 meter), gemiddelde per kmhok.



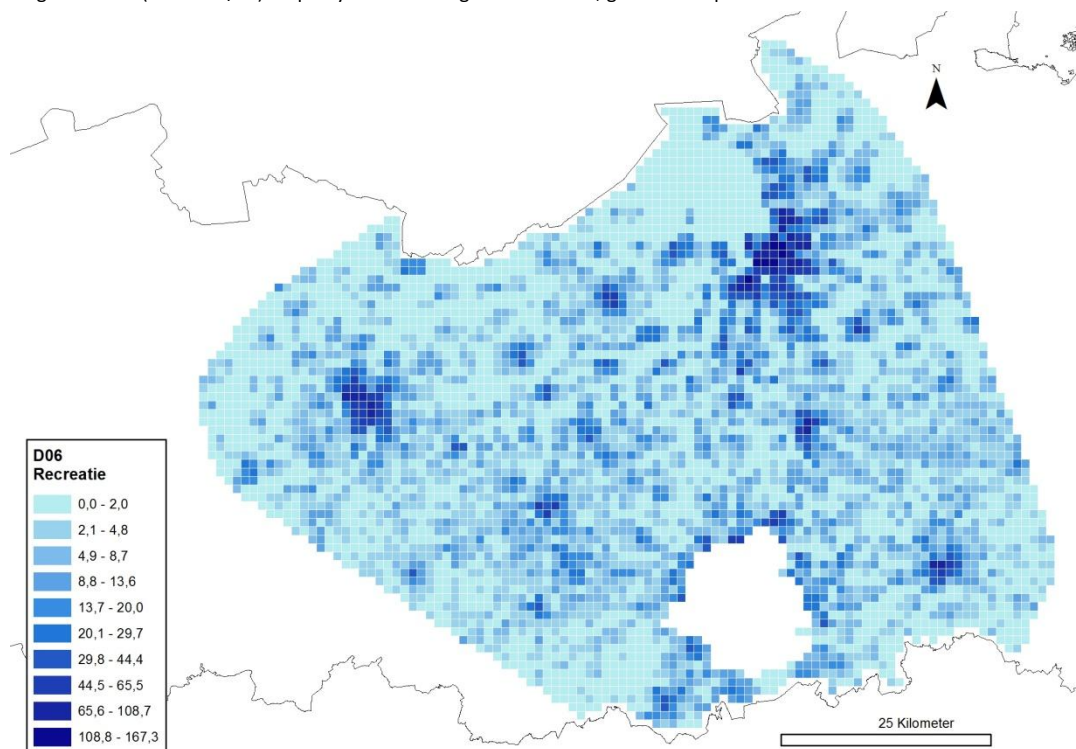
Figuur 30: Wijkgroen (D02)

Vraag naar wijkgroen (groene ruimtes van minimum 10 ha groot, binnen een wandelafstand van 800 meter), gemiddelde per kmhok.



Figuur 31: Recreatie (D06)

Bevolkingsdichtheid (inwoners/ha) als proxy voor de vraag naar recreatie, gemiddelde per kmhok.



Ruimtelijke patronen

Aanbod aan en vraag naar ESD zijn niet gelijkmatig verspreid in een landschap, maar vertonen ruimtelijke patronen van trade-offs en synergiën. We spreken van een trade-offs tussen ESD wanneer deze de neiging hebben om elkaar uit te sluiten. Een voorbeeld hiervan zijn de ESD waterretentie en infiltratie. Een bodem waar water vlot in infiltreert, is in regel niet in staat om veel water op te houden om structurele droogtes te overbruggen. Een ander voorbeeld van diensten die vaak antagonistisch voorkomen, hoewel ze technisch gezien wel te combineren zijn, zijn infiltratie en komberging. Synergieën op hun buurt, zijn te vinden tussen ESD die bovengemiddeld vaak met elkaar geassocieerd zijn, en dus vaker samen voorkomen. Een voorbeeld hiervan zijn de ESD houtproductie en luchtzuivering, die beide geassocieerd zijn met bos. Om inzicht te krijgen in deze ruimtelijke patronen van trade-offs en synergiën tussen ESD in het Metropolaan kerngebied beschrijven we de ruimtelijke verspreiding van en de ruimtelijke correlatie tussen ESD. Door de paarsgewijze correlaties tussen ESD na te gaan, krijgen we een idee of er trade-offs dan wel synergieën bestaan tussen deze ESD, en hoe sterk deze zijn. Hou bij de interpretatie in het achterhoofd dat een correlatie niet steeds een onderliggende causaliteit weergeeft.

Ook de schaal waarop dit soort interacties bekeken wordt is van belang. Zo sluiten houtproductie en akkerbouw elkaar op perceelsniveau in regel uit (met agroforestry als voor de hand liggende uitzondering), maar kunnen ze in een mozaïeklandschap prima samengaan. Om de correlatie tussen ESD correct te kunnen inschatten, dienen we eerst inzicht te krijgen in de graad van ruimtelijke autocorrelatie (= mate waarin iets ruimtelijk gecorreleerd is met zichzelf) van de individuele ESD.

Ruimtelijke autocorrelatie

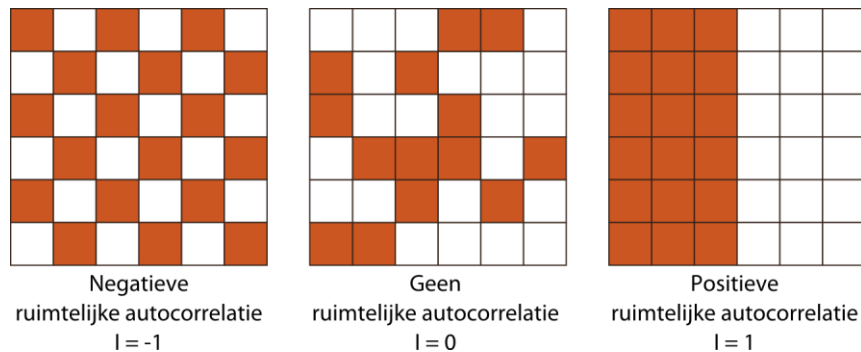
De term ruimtelijke autocorrelatie heeft betrekking tot de graad van ruimtelijke associatie van een ESD met zichzelf. Met andere woorden, de ruimtelijke autocorrelatie is hoog wanneer de kilometerhokken waarbinnen een bepaalde dienst geleverd wordt, de neiging hebben om in elkaars buurt te liggen. De graad van autocorrelatie is afhankelijk van het ruimtelijk schaalniveau waarop ze beschouwd wordt. Als voorbeeld zou je kunnen denken aan de ruimtelijk patronen van het inkomen per huishouden in een stad. Op wijkniveau vertonen deze vaak een hoge graad van ruimtelijke autocorrelatie: of het nu hoog, laag of gemiddeld is, huishoudens van een bepaalde inkomenscategorie komen vaak samen voor in specifieke wijken. We kunnen stellen dat er op wijkniveau een hoge graad van ruimtelijke associatie is tussen inkomenscategorieën. Kijken we echter op het schaalniveau van de stad als geheel, zien we vaak dat buurten met hoge en lage inkomens elkaar ruimtelijk afwisselen. Op dat schaalniveau beschouwd, zal de ruimtelijke autocorrelatie een heel stuk lager liggen.

Hetzelfde observeren we in zekere mate bij alle ESD die we in deze studie hebben meegenomen: ze vertonen elk geen perfect random ruimtelijke spreiding. Elke ESD kent patronen van ruimtelijke associatie met zichzelf. Vaak is dit terug te voeren naar de biofysische karakteristieken van het onderliggende systeem dat de bewuste ESD levert. Zo vinden we bepaalde ESD (vb. komberging) voornamelijk terug in riviervalleien. Wanneer een kilometerhok gekenmerkt is door een hoog aanbod komberging, en wellicht in een valleigebied gesitueerd is, is hierdoor de kans groot dat de omliggende kilometerhokken ook binnen dat valleigebied liggen en bovengemiddeld hoog scoren voor komberging. In dat geval spreken we dus van een ruimtelijke autocorrelatie.

Deze ruimtelijke autocorrelatie berekenen we voor elke ESD afzonderlijk aan de hand van Moran's I. Deze maat heeft een waarde van -1 voor een perfect verspreid patroon, en raakt aan +1 voor een uitgesproken ruimtelijke associatie. Dit leert ons over de mate waarin een bepaalde ESD ruimtelijk gegroepeerd voorkomt. Het kennen van de ruimtelijke autocorrelatie is van groot belang binnen de gehanteerde methodologie in deze studie. Een volgende stap omvat immers het paarsgewijs berekenen van correlatiecoëfficiënten tussen ESD onderling. Indien hierbij geen rekening gehouden wordt met autocorrelatie, worden de significantieniveaus mogelijk overschat. Met ander woorden, indien hier geen rekening mee gehouden wordt is het mogelijk dat we verbanden zien tussen ESD onderling, die eigenlijk te wijten kunnen zijn aan het optreden van autocorrelatie bij deze ESD. Bij het bepalen van de significantie voor de berekende correlatiecoëfficiënten is dus een correctie voor autocorrelatie noodzakelijk. Maar ook voor het interpreteren van de analyseresultaten en bij het ontwerpend onderzoek kunnen inzichten in de autocorrelatie van belang zijn.

Figuur 32: Ruimtelijke autocorrelatie: voorbeeld Moran's I.

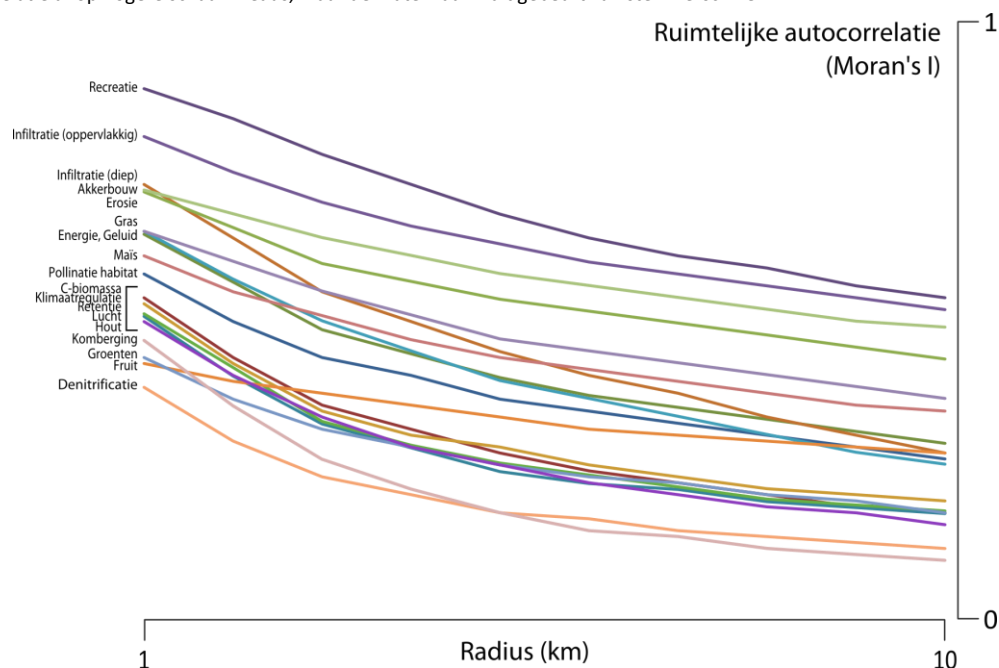
Conceptuele illustratie van Moran's I als index voor ruimtelijke autocorrelatie. Deze index is 0 voor een volkomen random verdeling, 1 voor een perfecte groepering, en -1 voor een perfecte ruimtelijke spreiding.



Alle beschouwde aanbodkaarten voor ESD vertonen een significante positieve ruimtelijke autocorrelatie (Figuur 33). Dit wil zeggen dat de ruimtelijke spreiding nooit volstrekt random is, en dat er voor elke ESD steeds wel een bepaalde graad van ruimtelijke associatie te zien is. Voor het aanbod aan komberging, infiltratie, en ESD die te linken zijn aan bosrijke gebieden, zien we een relatief snelle afname van de ruimtelijke autocorrelatie naarmate we deze op een hoger schaalniveau beschouwen. Dit zijn typisch ESD die op een kleine schaal sterk gegroepeerd zijn (vb. een overstromingsgebied of boskern van enkele kilometers), maar op grotere schaal beschouwd eerder verspreid liggen.

Figuur 33: Ruimtelijke autocorrelatie voor het aanbod aan ecosysteemdiensten

Moran's I als index voor ruimtelijke autocorrelatie toont aan dat de beschouwd ESD allemaal in zekere mate geclusterd voorkomen in het landschap, en hoe dit varieert met het schaalniveau waarop we dit beschouwen. De ESD recreatie vertoont de sterkste mate van ruimtelijke clustering, denitrificatie toont de laagste graad van ruimtelijke autocorrelatie. Voor elke ESD neemt de graad van autocorrelatie af op hogere schaalniveaus, maar de mate waarin dit gebeurt kan sterk verschillen.

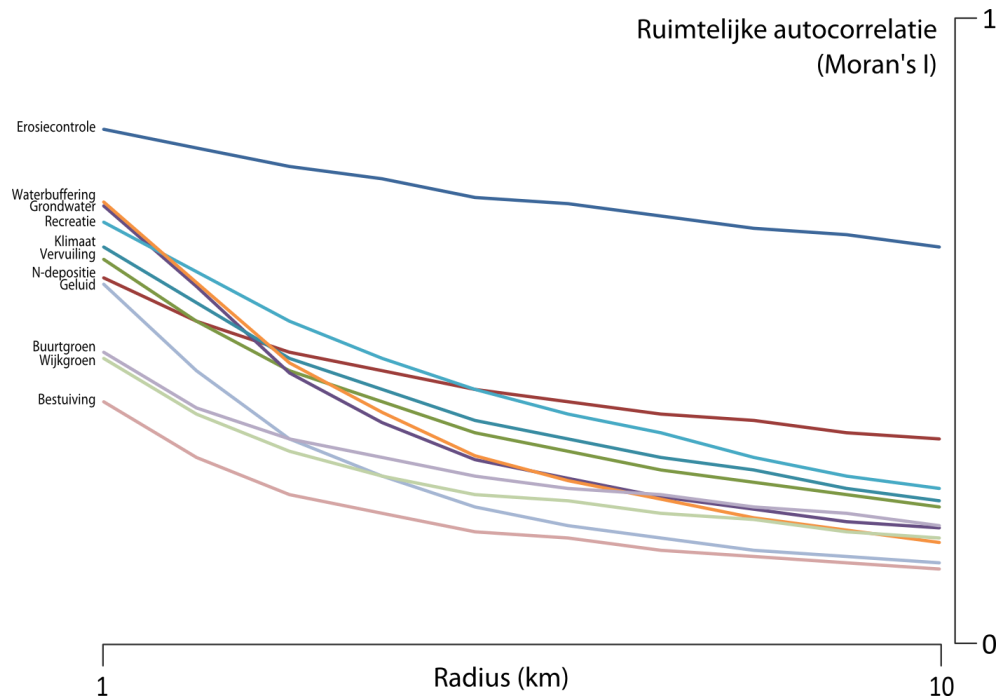


Ook voor de vraag naar ESD zien we overal een significante positieve ruimtelijke autocorrelatie (Figuur 34). In het bijzonder de vraag naar erosiecontrole komt sterk gegroepeerd voor. De graad van ruimtelijke autocorrelatie is het laagst voor de vraag naar bestuiving. Ook hier zien we bij enkele vraagkaarten sterke verschillen in ruimtelijk autocorrelatie naargelang het beschouwde schaalniveau, wat wijst op een sterke

ruimtelijke associatie van de vraag binnen relatief kleinschalige plekken. Dit is het geval voor waterbuffering, bufferzones voor grondwaterwinning en geluidsbuffering.

Figuur 34: Ruimtelijke autocorrelatie voor de vraag naar ecosysteemdiensten

Moran's I als index voor ruimtelijke autocorrelatie toont aan dat de vraagnaar ESD steeds in zekere mate geclusterd voorkomt in het landschap, en hoe dit varieert met het schaalniveau waarop we dit beschouwen. De vraag naar erosiecontrole is sterk gegroepeerd, voor bestuiving is de autocorrelatie dan weer relatief laag.



Correlaties tussen ESD onderling

Vervolgens wordt gekeken welke ruimtelijke interacties er tussen de beschouwde ESD bestaan. Het kennen van bestaande trade-offs en synergiën tussen ESD levert cruciale inzichten op voor ruimtelijk beleid. Ruimtelijke correlaties tussen ESD werden paarsgewijs onderzocht op kilometerhokniveau met behulp van Pearson's correlatie coëfficiënt (r_p).

Deze coëfficiënt neemt een waarde aan tussen -1 en 1, waarbij een positieve waarde indicatief is voor een positief lineair verband. In de voorgaande sectie is aangetoond dat alle ESD die in de analyse zijn opgenomen, zowel aan aanbod- als aan vraagzijde, een significante graad van autocorrelatie vertonen. Dit levert een specifiek probleem op wanneer we de correlatie tussen ESD onderling beschouwen: een hoge graad van autocorrelatie kan ertoe leiden dat er significante correlaties tussen ESD gevonden worden, die eigenlijk te wijten kunnen zijn aan de autocorrelatie binnen de individuele ESD. Met andere woorden, bij het bepalen van de significantieniveaus van de correlatie, dienen we een correctie toe te passen voor de ruimtelijke autocorrelatie (Clifford et al., 1989). Dit doen we volgens de methode ontwikkeld door Dutilleul et al. (1993).

De correlaties tussen ESD zijn samengevat in Tabel 5 voor de aanbodzijde, en in Tabel 6 voor de vraagzijde. Beide tabellen geven zowel de correlatiecoëfficiënten als de respectievelijke gecorrigeerde significantieniveaus. De interpretatie van de tabellen wordt vereenvoudigd met behulp van kleurschema's: gradaties van blauw voor positieve correlaties of synergieën, gradaties van rood voor negatieve correlaties of trade-offs. Coëfficiënten die niet significant zijn, rekening houdend met autocorrelaties, worden in het grijs weergegeven.

Aan de aanbodzijde tonen we 62 significante paarsgewijze synergieën tussen ESD aan. Uitgesproken synergieën ($r_p > 0,5$) worden geobserveerd tussen:

- Klimaatregulatie en houtproductie, koolstofopslag in biomassa, luchtzuivering en bestuiving;
- Geluidsbuffering en recreatie, houtproductie, koolstofopslag in biomassa, luchtzuivering en bestuiving;
- Recreatie en houtproductie, koolstofopslag in biomassa en bestuiving;
- Houtproductie en koolstofopslag in biomassa, luchtzuivering en bestuiving;
- Koolstofopslag in biomassa en bestuiving;
- Luchtzuivering en bestuiving;
- Waterretentie en denitrificatie.

Ook aan de aanbodzijde observeren we 30 significante trade-offs. De meest uitgesproken trade-offs (waarbij $r_p < -0,5$) bestaan tussen:

- Geluidsbuffering en productie van maïs (waarbij ook energiegewassen, akkerbouw en grasproductie een relatief sterke trade-off vertonen);
- Waterretentie en diepe infiltratie.

Beschouwen we trade-offs en synergieën aan de vraagzijde, dan observeren we enkele sterk synergieën, maar geen uitgesproken grote trade-offs. Lichte trade-offs worden wel geobserveerd. De meest uitgesproken synergieën worden geobserveerd tussen:

- Vraag naar buurtgroen en vraag naar wijkgroen;
- Vraag naar waterbuffering en vraag naar recreatie (beiden zijn gebaseerd op bevolkingsdichtheden);
- Vraag naar klimaatbuffering en vraag naar recreatie.

Tabel 5: Correlaties tussen ESD aanbod

Correlatiecoëfficiënten (rechter bovenhelft, blauw=positief, rood=negatief) en significantieniveaus (linker onderhelft, * = significant op het 0.01 niveau) weer voor de aanbodkaarten.

P01 Klimaat	0,69*	0,48*	0,16*	0,76*	0,76*	0,86*	0,11	0,12	0,18*	0,16*	0,02	0,02	0,00	0,05	0,04	0,13	-0,05	0,69*
0,00	P02 Geluid	0,62*	0,12*	0,78*	0,78*	0,65*	0,20	0,08	0,15*	0,20*	-0,31*	-0,10	-0,17*	-0,51*	-0,35*	-0,34*	-0,04	0,75*
0,00	0,00	P03 Recreatie	0,14*	0,55*	0,55*	0,47*	0,15	0,03	0,24*	0,24*	-0,13	-0,05	-0,14	-0,34	-0,14	-0,30*	-0,10	0,44*
0,00	0,00	0,00	P04 Komborg	0,15*	0,12*	0,18*	-0,08	-0,17*	0,43*	0,29*	-0,10	-0,05	-0,03*	-0,12*	-0,12*	0,17*	-0,37*	0,24*
0,00	0,00	0,00	0,00	V0231 Hout	0,99*	0,88*	0,19*	-0,05	0,24*	0,26*	-0,04	-0,07	-0,09	-0,23*	-0,13	-0,14	-0,09	0,62*
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	V0731 C-biomass	0,87*	0,22*	-0,03	0,21*	0,24*	-0,12	-0,04	-0,09*	-0,24*	-0,13	-0,16*	-0,06	0,61*
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	V0931 Lucht	0,08	0,08	0,21*	0,20*	-0,04	0,04	0,00	-0,03	-0,07	0,16*	-0,08	0,71*
0,10	0,04	0,39	0,09	0,01	0,00	0,21	V1232 Erosie	-0,41*	0,16*	0,03	0,00	0,09*	-0,12	-0,17	0,13	-0,09	0,18*	0,11
0,09	0,45	0,85	0,00	0,53	0,72	0,22	0,00	V1331 Infil_opp	-0,36*	-0,15*	-0,11	-0,11	-0,01	0,11	-0,38*	-0,06*	0,13	0,13
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	V1434 Retentie	0,59*	-0,11*	-0,05*	-0,06	-0,25*	-0,11	0,05	-0,56*	0,18*
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,01	0,00	V1631 Denitrif	-0,12*	-0,08*	-0,07	-0,26*	-0,16*	-0,16*	-0,35*	0,10*
0,77	0,00	0,23	0,01	0,02	0,03	0,43	0,99	0,17	0,01	0,00	H1407 Energie	0,09	0,07	0,49*	0,41*	0,14	0,13	-0,26*
0,65	0,01	0,36	0,07	0,19	0,18	0,28	0,03	0,05	0,01	0,00	0,02	H1114 Fruit	0,02	0,09	0,14*	0,04	0,12*	-0,11*
1,00	0,00	0,01	0,24	0,01	0,01	0,98	0,01	0,93	0,05	0,01	0,11	0,61	H1113 Groenten	0,13*	0,14*	0,09	-0,03	-0,15*
0,37	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,59	0,10	0,29	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	H1112 Maïs	0,32*	0,41*	0,15*	-0,31*
0,53	0,00	0,27	0,00	0,03	0,03	0,20	0,25	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	H1111 Akkerb	0,09	0,16*	-0,40*
0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,39	0,58	0,22	0,00	0,01	0,29	0,03	0,00	0,27	H1110 Gras	-0,04	0,28*
0,37	0,43	0,10	0,00	0,02	0,12	0,11	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,43	V0411 Infil_diep	-0,07
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,12	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	H1602 Pollinatie

Tabel 6: Correlaties tussen ESD vraag

Correlatiecoëfficiënten (rechter bovenhelft, blauw=positief, rood=negatief) en significantieniveaus (linker onderhelft, * = significant op het 0.01 niveau) weer voor de vraagkaarten.

D01 Brtgroen	0,69*	-0,10*	-0,02	0,12*	0,46*	0,01	-0,29*	-0,23*	0,02	0,41*
0,00	D02 Wijkgroen	-0,08*	-0,02	0,06	0,28*	0,01	-0,21*	-0,29*	0,05	0,25*
0,00	0,01	D03 Bestuiving	0,00	-0,03	-0,07	0,05	0,09	0,17*	-0,02	-0,10*
0,53	0,37	0,85	D04 Geluid	0,05	0,05	-0,05	0,29*	-0,03	0,01	0,16*
0,00	0,03	0,20	0,06	D05 Waterbuff	0,61*	-0,13*	0,06	0,04	-0,02	0,36*
0,00	0,00	0,04	0,14	0,00	D06 Recreatie	-0,16	-0,01	0,06	-0,03	0,66*
0,92	0,92	0,34	0,22	0,00	0,02	D07 Erosie	-0,29	0,13	0,09	-0,22*
0,00	0,00	0,02	0,00	0,08	0,75	0,06	D08 N-depos	0,08	-0,04	-0,16*
0,00	0,00	0,00	0,27	0,29	0,18	0,21	0,27	D09 Vervuiling	-0,04	0,01
0,65	0,13	0,61	0,84	0,50	0,45	0,21	0,51	0,32	D10 Grondwat	-0,05
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,19	D11 Klimaat

Deze resultaten schetsen in de eerste plaats een beeld van veel en complexe interacties tussen ESD onderling. Dit onderschrijft de noodzaak om ESD niet apart te beschouwen, maar veeleer te denken in termen van ecosysteemdienstbundels, i.e. series van ESD die vaak samen voorkomen (cf Raudsepp-Hearne et al., 2010; Turner et al., 2014; van der Biest et al., 2014). De volgende stap in de analyse richt zich dan ook op de identificatie van ESD-bundels voor het MKG. Dit gebeurt op basis van een clusteranalyse.

Clustering

Uit de voorgaande analyses blijkt dat er zowel synergiën als trade-offs bestaan tussen de uiteenlopende ESD, en dit zowel aan de aanbod- als aan de vraagzijde. Daarom is het weinig zinvol om op landschappelijke schaal beleid te voeren rond individuele ESD (Raudsepp-Hearne et al., 2010). Het bevorderen van één ESD gaat immers vaak gepaard met een trade-off voor andere ESD, terwijl het stimuleren van het aanbod van één individuele ESD tegelijk het aanbod van andere ESD stimuleert en belangrijke andere indirecte voordelen kan hebben. Bovendien is er een grote behoefte om de veelheid aan informatie uit de uiteenlopende ESD kaarten bevattelijk te kunnen maken, in het bijzonder voor een vertaling naar toepassingen voor ruimtelijke planning en beleid (van der Biest et al., 2014).

We doen dit met behulp van een clusteranalyse (k-means clustering). Dit houdt in dat elk van de kilometerhokken toegewezen wordt aan een specifieke cluster van kilometerhokken die gelijkaardige combinaties van ESD vertonen. Dit hebben we zowel voor de aanbod- als voor de vraagzijde gedaan. De clustering gebeurt op basis van de genormaliseerde data, om de uiteenlopende ESD onderling vergelijkbaar te maken.

Bij de clustering dienen we keuzes te maken rond het aantal clusters dat we willen onderscheiden. Het is belangrijk om voldoende clusters te onderscheiden om nuance toe te laten, maar er tegelijk voor te

waken dat de verschillen tussen de clusters onderling duidelijk genoeg blijven. Bovendien dient het aantal clusters hanteerbaar te blijven in het verder verloop van het onderzoek, waar een vergelijking gemaakt wordt tussen elke mogelijke combinatie van aanbod- en vraagclusters. Voor het bepalen van het 'optimaal' aantal clusters kan gekeken worden naar de 'sum of squares' ten opzichte van het gekozen aantal clusters en aldus zoeken naar een duidelijke knik in de curve. Maar deze visuele techniek levert niet steeds eenduidige resultaten op, waardoor de keuze in zekere mate pragmatisch dient te gebeuren.

Hiertoe hebben we de clustering herhaaldelijk uitgevoerd. Hierbij werd het aantal clusters telkens met 1 opgevoerd, waarna geëvalueerd werd of deze extra opdeling nog betekenisvol was. Alle opties tussen 4 en 8 clusters werden op die manier geëvalueerd. Aan aanbodzijde werd beslist dat een opdeling in 6 clusters het meest zinvol was, aan vraagzijde werden 5 clusters afgebakend.

Over 'clusters' en 'bundels'

In dit rapport is sprake van zowel clusters als van ESD bundels. Om verwarring te vermijden lichten we het gebruik van beide termen hier kort even toe.

We spreken over clusters wanneer het gaat over het resultaat van de ruimtelijke clusteranalyse. Deze analyse verdeelt alle kilometerhokken in een beperkt aantal clusters, en dit op basis van de verschillende ESD die er in elk kilometerhok voorkomen. Elk kilometerhok wordt aan een cluster toegewezen op basis van de combinatie van ESD-waarden (hoog, laag, gemiddeld) die binnen deze cluster geobserveerd wordt. Zodoende zijn de clusters dus groepen van kilometerhokken, die erg op elkaar gelijken op het vlak van ESD aanbod of –vraag.

Binnen zo'n cluster kunnen we kijken welke ESD sterk vertegenwoordigd zijn, i.e., een hoge waarde hebben. Zo'n combinatie van ESD wordt een ESD-bundel genoemd.

Met andere woorden, wanneer we het in dit rapport hebben over 'clusters', bedoelen we daarmee groepen van gelijkaardige kilometerhokken. Wanneer het gaat over bundels, hebben we het over sets van ESD die samen sterk vertegenwoordigd zijn binnen een beschouwde cluster.

Aanbod aan ESD

Elk van de 6 afgebakende clusters wordt gekarakteriseerd door specifieke combinaties van ESD (Tabel 7). We hebben deze op een pragmatische wijze trachten te benoemen. Dit vergemakkelijkt de interpretatie van de clusters, met het risico dat de clusters te veel gereduceerd worden tot de ESD-bundels die we erin aantreffen.

- Cluster 1: omvat de aanbodbundel "open oppervlakkige infiltratiediensten"
- Cluster 2: omvat de aanbodbundel "open landbouwproductiediensten"
- Cluster 3: omvat de aanbodbundel "regulerende en producerende bosgerelateerde diensten"
- Cluster 4: omvat de aanbodbundel "waterrijke bufferdiensten"
- Cluster 5: omvat de aanbodbundel "lage ESD levering"
- Cluster 6: omvat de aanbodbundel "mozaïeklandschapdiensten"

Cluster 1 scoort relatief hoog voor oppervlakkige infiltratie, en eerder gemiddeld tot laag voor de meeste andere ESD. Binnen deze cluster zien we over het algemeen een lage levering van enkele ESD die geassocieerd worden met bos en houtige opslag, zoals geluidsbuffering, recreatie en erosiepreventie. Ook voor retentie en denitrificatie kent deze cluster een lage levering. De voornaamste ESD-bundel die we binnen deze cluster aantreffen zouden we kunnen benoemen als 'Open oppervlakkige infiltratiediensten'.

Cluster 2 combineert hoge waarden voor productiediensten (energiegewassen, fruit, groenten, akkerbouw, maïs, gras) met een hoge levering aan diepe infiltratie naar grondwater en erosiecontrole. Binnen deze cluster zien we over het algemeen een relatief lage levering aan geluidsbuffering, oppervlakkige infiltratie en denitrificatie. De eerder lage levering aan recreatiediensten kan een onderschatting inhouden van het belang van dit soort diensten binnen deze cluster. Ook de gemiddelde levering van ESD gerelateerd aan houtige biomassa is er eerder beperkt. Daarom typeren we de bundel die we hier aantreffen als 'Open landbouwproductiediensten'.

Cluster 3 is gekenmerkt door hogere waarden voor een aantal regulerende ESD (klimaat, geluid, lucht, erosie, C-opslag, denitrificatie), houtproductie, pollinatie en recreatie. De levering van productiediensten is er dan weer in regel relatief laag. Het betreft voornamelijk systemen die gedomineerd worden door bos en houtige opslag. Daarom benoemen we de ESD bundel die we er aantreffen als *'regulerende en producerende bosgerelateerde diensten'*.

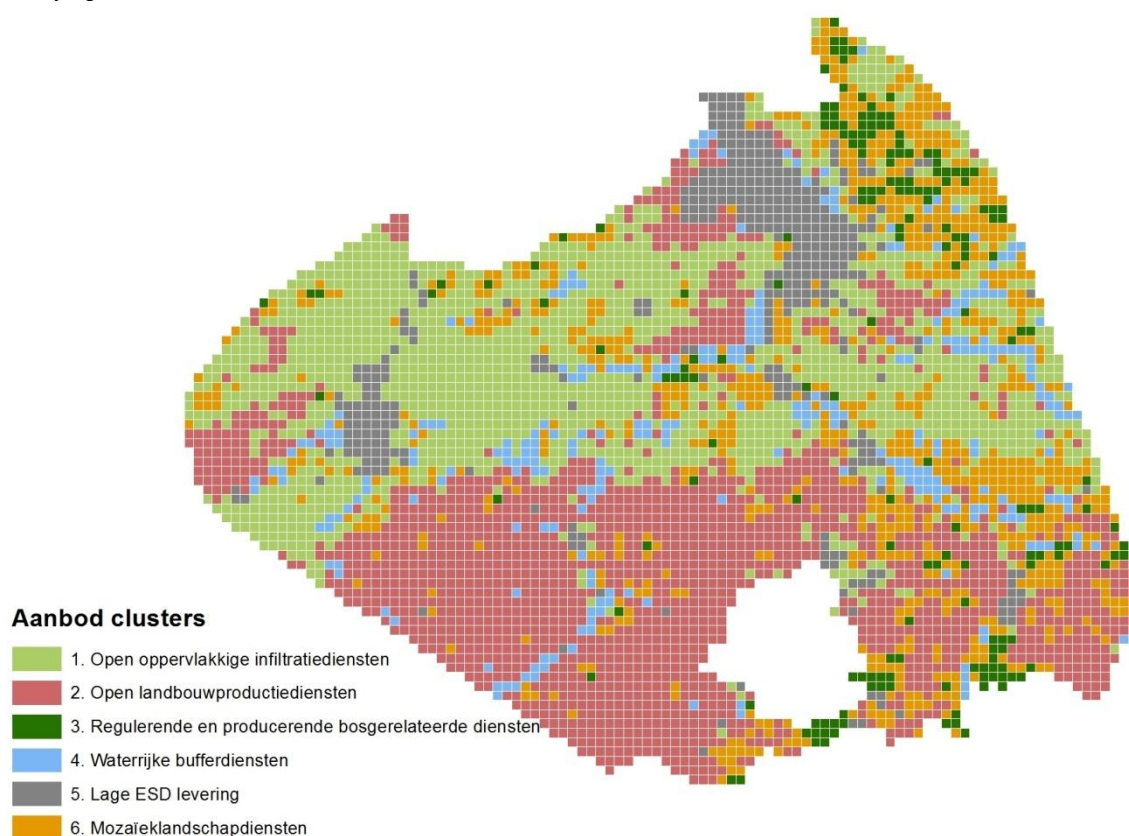
Cluster 4 combineert hoge waarden voor waterretentie (i.e. een bufferfunctie voor structurele droogte) en komberging met een lage waarde voor diepe en oppervlakkige infiltratie. Voor nagenoeg alle andere ESD is het aanbod eerder gemiddeld. Uit het kaartbeeld is duidelijk dat het voornamelijk natte valleisystemen betreft. De ESD-bundel die we er aantreffen benoemen we als *'waterrijke bufferdiensten'*.

Cluster 5 is in de eerste plaats gekenmerkt door een algemeen lage levering aan ESD. Het betreft voornamelijk dichtbevolkte en stedelijke gebieden. Een duidelijke ESD-bundel kunnen we er niet benoemen, waardoor we hier willen opteren voor *'lage ESD levering'*.

Cluster 6 scoort relatief hoog voor ESD die geassocieerd worden met bos en houtige opslag, maar wel minder uitgesproken als cluster 3. Voor oppervlakkige infiltratie is het aanbod ook nog relatief behoorlijk. Binnen cluster 6 is de levering van productiediensten eerder aan de lage kant. We noemen deze ESD-bundel hier *'mozaïeklandschapdiensten'*.

Figuur 35: Aanbodclusters

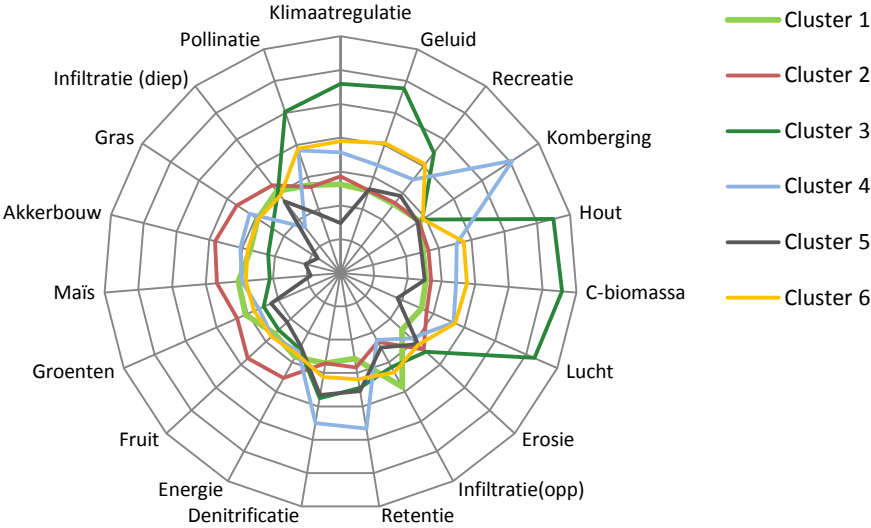
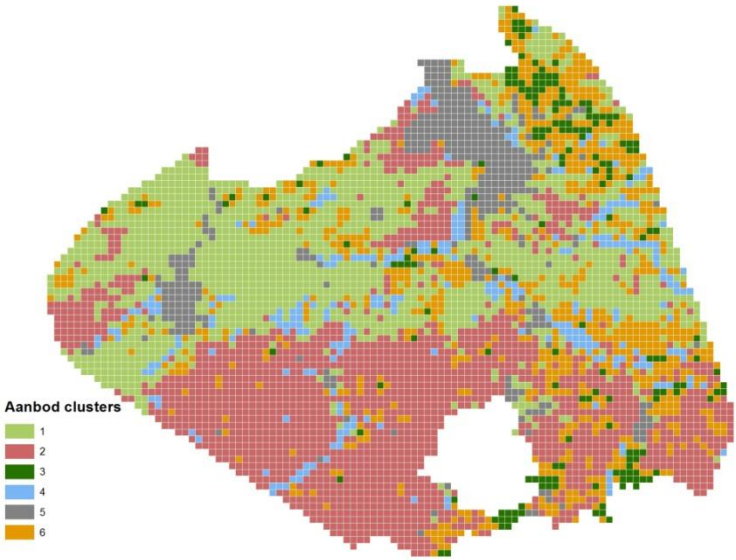
Toewijzing van de kilometerhokken in het MKG aan de aanbodclusters



Tabel 7: Clusters aanbod ESD

De tabel geeft de gemiddelde genormaliseerde waarden voor elke ESD per cluster. Daarnaast wordt ook een kaartbeeld van de clusters weergegeven (linksonder), alsook een diagram van de relatieve, genormaliseerde waarden (rechtsonder) van elke ESD binnen de clusters.

	P01	P02	P03	P04	V0231	V0731	V0931	V1232	V1331	V1434	V1631	H1407	H1114	H1113	H1112	H1111	H1110	V0411	H1602
Cluster	Klimaat-regulatie	Geluid	Recreatie	Kom-berging	Hout	C-biomassa	Lucht	Erosie	Infiltratie (opp)	Retentie	De-nitrificatie	Energie	Fruit	Groenten	Maïs	Akker-bouw	Gras	Infiltratie (diep)	Pollinatie
Cluster 1	-0,38	-0,43	-0,42	-0,21	-0,48	-0,46	-0,38	-0,52	0,84	-0,44	-0,30	-0,18	-0,36	0,07	0,03	-0,24	-0,08	0,07	-0,24
Cluster 2	-0,14	-0,42	-0,38	-0,23	-0,31	-0,31	-0,21	0,35	-0,69	-0,17	-0,29	0,53	0,73	0,34	0,67	0,83	0,66	0,28	-0,31
Cluster 3	2,59	2,78	1,50	-0,11	3,50	3,57	3,26	0,44	0,17	0,44	0,76	-0,46	-0,52	-0,52	-0,91	-0,80	-0,60	0,01	2,04
Cluster 4	0,57	0,38	0,51	3,07	0,54	0,43	0,65	-0,15	-0,74	1,67	1,50	-0,37	-0,25	-0,36	-0,07	0,06	0,20	-1,29	0,83
Cluster 5	-1,52	-0,38	-0,11	-0,27	-0,53	-0,50	-1,15	0,11	-0,49	0,54	0,66	-0,53	-0,85	-0,76	-2,11	-1,92	-2,20	-0,31	-1,18
Cluster 6	0,90	1,06	1,07	-0,09	0,76	0,75	0,71	0,13	0,34	0,19	0,12	-0,27	-0,23	-0,21	-0,19	-0,17	-0,09	-0,10	0,88



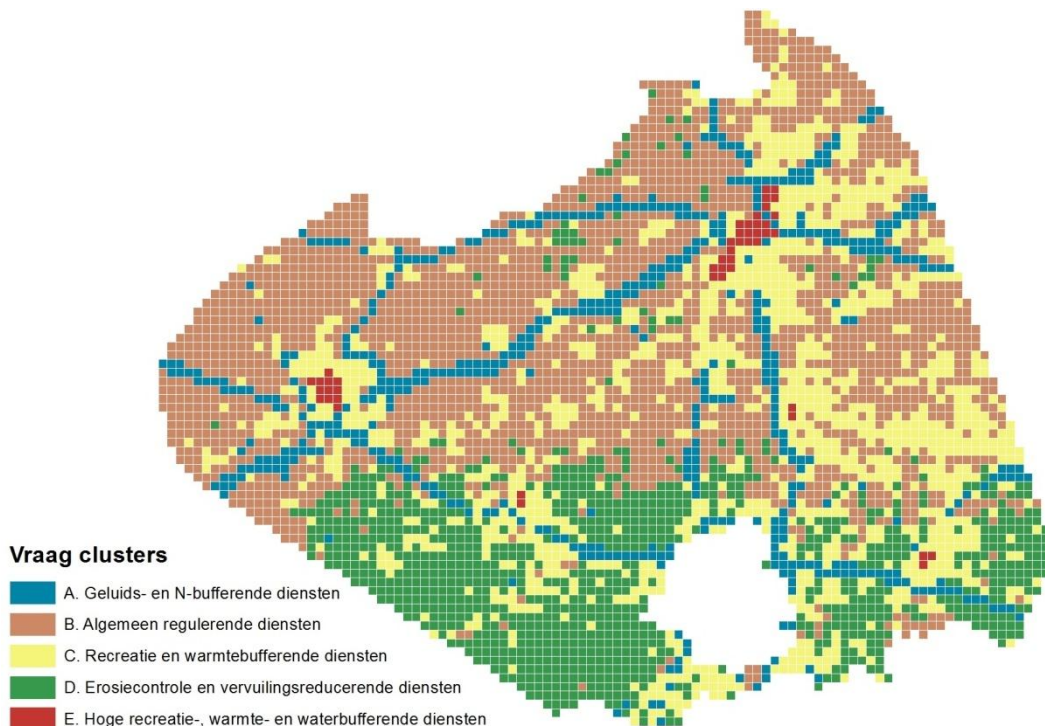
Vraag naar ESD

Elk van de 5 afgebakende vraagbundels wordt gekarakteriseerd door specifieke combinaties van de vraag naar ESD. Ook hier hebben we getracht deze vraagbundels te benoemen:

- Cluster A: omvat de vraagbundel “geluids- en N-bufferende diensten”
- Cluster B: omvat de vraagbundel “algemeen regulerende diensten”
- Cluster C: omvat de vraagbundel “recreatie en warmtebufferende diensten”
- Cluster D: omvat de vraagbundel “erosiecontrole en vervuilingsreducerende diensten”
- Cluster E: omvat de vraagbundel “hoge recreatie-, warmte- en waterbufferende diensten”

Figuur 36: Vraagclusters

Toewijzing van de kilometerhokken in het MKG aan de vraagclusters



Cluster A geeft in de eerste plaats aan waar de vraag naar geluidsregulatie dominant is. Ook de indicator voor N-depositie kent er hoge gemiddelde scores. De ESD-vraag naar recreatieve meerwaarde door groen is er eerder laag. De dominante vraagbundel binnen kilometerhokken die tot deze cluster behoren kunnen we omschrijven als *‘geluids- en N-bufferende diensten’*.

Cluster B is gekenmerkt door een eerder gelijkmatige maar relatief lage vraag over de meeste beschouwde ESD. Enkel met betrekking tot N-depositie is de score bovengemiddeld. Het kaartbeeld suggereert dat het in grote lijnen buitengebied betreft met landbouwgebruik, vnl. in de noordelijke helft van het studie gebied. Een specifieke vraagbundel kunnen we moeilijk onderscheiden, dus omschrijven we deze liever als *‘algemeen regulerende diensten’*

Cluster C is gekenmerkt door een ESD-vraag die kan geassocieerd worden met ‘randstedelijke’ behoeften: buurtgroen, wijkgroen, vraag naar recreatief groen en buffering hitte-eilandeffect, en in beperktere mate ook een vraag naar drinkwaterwinning uit grondwater. Op het vlak van N-depositie is de vraag binnen deze cluster eerder laag. We omschrijven deze vraagbundel hier als *‘recreatie en warmtebufferende diensten’*.

Cluster D kent een meer uitgesproken vraag naar bestuiving, erosiecontrole en in mindere mate ook buffering tegen vervuiling. Op het gebied van stedelijk hitte-eiland effect, N-depositie is de vraag in de kilometerhokken behorend tot deze cluster dan weer laag. Ook voor recreatief groen van alle types is de vraag veeleer laag te noemen. De lage score voor waterbuffering dient hier voorzichtig benaderd te

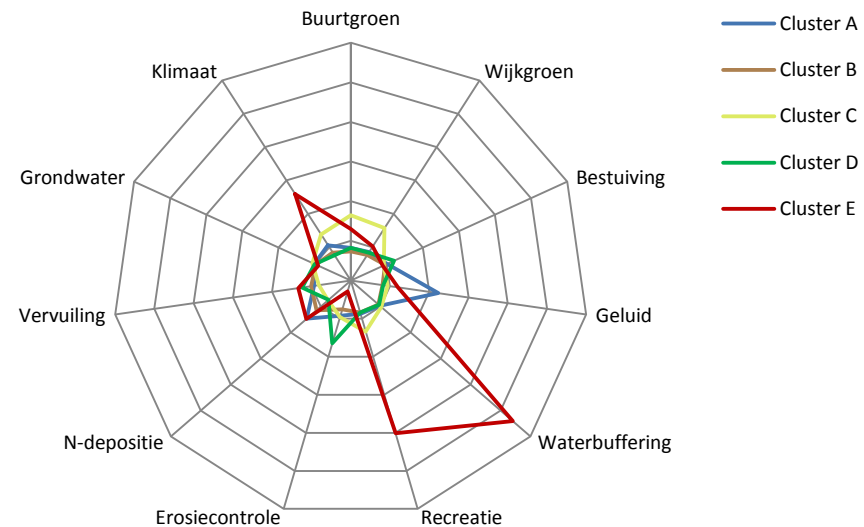
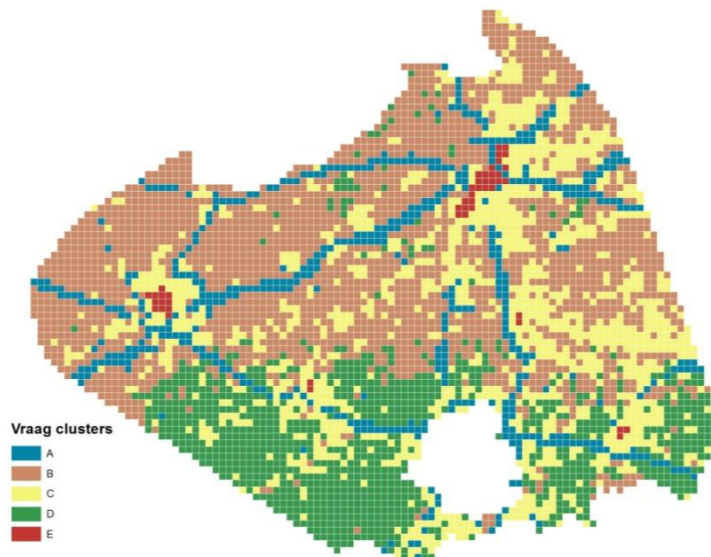
worden. Waterbuffering kan hier immers van belang zijn, gezien het effect zich benedenstrooms laat voelen. Veel van de kilometerhokken die onder Cluster D ingedeeld zijn, bevinden zich topografisch bovenstrooms in het studiegebied. De vraagbundel die we in deze cluster voornamelijk terugvinden, omschrijven we als *'erosiecontrole en vervuilingsreducerende diensten'*.

Cluster E kan geassocieerd worden met kernstedelijke kilometerhokken. Deze kilometerhokken kennen een verhoogde vraag naar waterbuffering, recreatie, omgaan met N-depositie en vervuiling, en buffering van het hitte-eiland-effect. De behoefte naar erosiecontrole en bestuiving is er laag. Ook hier houdt men best rekening met de ruimtelijke discrepantie tussen de vraag naar waterbuffering en de levering van deze dienst. We omschrijven de vraagbundel hier als *'hoge recreatie-, warmte- en waterbufferende diensten'*.

Tabel 8: Clusters vraag ESD

De tabel geeft de gemiddelde genormaliseerde waarden voor elke ESD per cluster. Daarnaast wordt ook een kaartbeeld van de clusters weergegeven (linksonder), alsook een diagram van de genormaliseerde waarden (rechtsonder).

	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11
Cluster	Buurtgroen	Wijkgroen	Bestuiving	Geluid	Waterbuffering	Recreatie	Erosiecontrole	N-depositie	Vervuiling	Grondwater	Klimaat
Cluster A	-0,36	-0,29	0,02	2,46	-0,07	-0,25	-0,15	0,93	-0,13	0,02	0,12
Cluster B	-0,53	-0,45	-0,10	-0,38	-0,15	-0,33	-0,49	0,28	0,02	-0,06	-0,32
Cluster C	1,30	1,15	-0,16	-0,12	0,05	0,69	-0,08	-0,48	-0,38	0,11	0,76
Cluster D	-0,35	-0,33	0,41	-0,34	-0,12	-0,32	1,29	-0,52	0,47	-0,01	-0,49
Cluster E	0,61	0,05	-0,22	0,40	8,82	6,02	-1,43	0,95	0,67	-0,19	3,19



Knelpuntenkaart

Expertbeoordeling

Op dit punt in het onderzoek hebben we een wetenschappelijk gefundeerde kartering van clusters, met daarbinnen duidelijke aanbod- en vraagbundels van ESD op maat van het MKG. Voor de opmaak van de knelpuntenkaart hebben we deze onderworpen aan een expertbeoordeling.

De betrokken experts maakten deel uit van de stuurgroep die deze studie adviseerde. In totaal hebben 8 experts de combinaties gescoord en gewogen. Het gaat om een brede groep, met mensen van Ruimte Vlaanderen (3), KU Leuven Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, Provincies (2), Dept. LNE en INBO.

Aan elke expert werd gevraagd om voor elke combinatie van een vraag- en aanbodcluster te beoordelen in welke mate de aanbodcluster er in slaagt tegemoet te komen aan de vraagcluster. Hierbij wordt er gewerkt met een 5-punt likert schaal waarbij een score 1 aangeeft dat de aanbodcluster er zeer goed in slaagt om tegemoet te komen aan de vraagcluster, i.e. er is een sterke 'match', terwijl een score 5 aangeeft dat dit absoluut niet het geval is, i.e. er is een sterke mismatch. Verder werd aan de experts ook gevraagd om aan elke aanbod-vraag combinatie een wegingsfactor toe te kennen. Deze wegingsfactor geeft aan hoe belangrijk men het vindt dat voor een specifieke aanbod-vraag combinatie vanuit het beleid naar een match wordt toegewerkt. Deze scores zijn op hun beurt weer vertaald naar de kilometerhokken, wat resulteerde in een knelpuntenkaart op kilometerhokniveau. Door middel van een zgn. 'hotspot' analyse hebben we vervolgens gebieden kunnen aanduiden waar er een sterke mismatch tussen vraag en aanbod is, terwijl het – volgens de geconsulteerde experts - zeer wenselijk is om vanuit het beleid naar een ruimtelijke match te streven. Dit zijn dus gebieden waar de vraag/aanbod verhouding van ESD sterk onder druk staat en het wenselijk is via het beleid dit te remediëren.

De opgemaakte hotspotkaarten bieden een antwoord op de vraag "Waar vinden we patronen waarbij er opmerkelijk veel hoge waarden samen voorkomen (hot spots), of uitzonderlijk veel lage waarden samen voorkomen (cold spots)?". Hotspot analyse gaat met andere woorden op zoek naar de ruimtelijke associatie van hoge of lage waarden. Als indicator gebruiken we de 'Getis-Ord Gi*', welke het lokale gemiddelde (binnen een bepaalde radius) vergelijkt met het globale gemiddelde. Resultaten van deze vergelijking worden enkel als hot- of coldspot aangegeven wanneer ze statistisch significant afwijken van het gemiddelde. We hebben ervoor geopteerd om de hotspot analyse uit te voeren op drie verschillende schaalniveaus (2,5; 5 en 10 kilometer), en de resultaten te combineren tot één kaartbeeld. De combinatie van verschillende schaalniveaus in de hotspot mapping geeft een veel rijker en genuanceerder beeld.

Match – mismatch tussen vraag en aanbod aan ESD

De (mis)match en wegingsfactor werd geëvalueerd door de 8 experts uit de stuurgroep. De gemiddelde (mis)match scores en wegingsfactoren zijn samengevat in Tabel 9. Deze scores variëren tussen 2,0 en 5,0. De wegingsfactoren variëren tussen 2,0 en 4,5. Om tot een gewogen score te komen worden (mis)match score en wegingsfactor vermenigvuldigd.

Deze scores zijn vervolgens gekarteerd. In een GIS-omgeving worden deze scores en wegen gekoppeld aan de kilometerhokken, op basis van de combinatie van aanbod- en vraagbundel die er voorkomt. Vrijwel elke mogelijke combinatie wordt teruggevonden in het MKG, maar sommige combinaties van aanbod- en vraagbundels komen veel frequenter voor dan andere (Figuur 37). Inzicht in de frequentie van deze combinaties binnen het MKG is van belang voor een correcte lezing van de knelpuntenkaart, alsook voor het uitzetten van beleidsprioriteiten.

De meest frequente combinaties zijn deze van aanbodbundel 'open oppervlakkige infiltratiediensten' met vraagbundel 'algemeen regulerende diensten', en de combinatie van aanbodbundel 'open landbouwproductiediensten' met vraagbundel 'erosiecontrole en vervuiliingsreducerende diensten'.

Tabel 9: (mis)match scores en wegingsfactoren

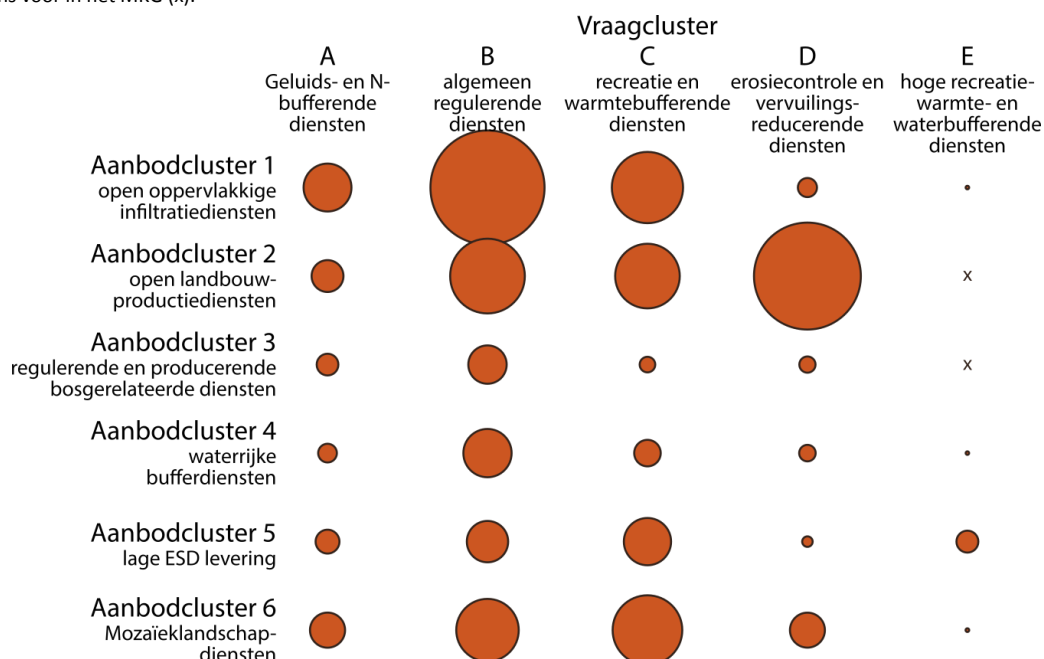
De (mis)match score geeft weer in welke mate er een mismatch bestaat tussen de aanbod- en vraagclusters (score van 1 tot 5, met 1 = match, groen; 5 = mismatch, oranje). De wegingsfactoren geven aan hoe belangrijk men het vindt dat voor een specifieke aanbod-vraag combinatie vanuit het beleid naar een match wordt toegewerkt (1 = onbelangrijk; 5 = zeer belangrijk).

(mis)match	Cluster A geluids- en N- bufferende diensten	Cluster B algemeen regulerende diensten	Cluster C recreatie en warmtebufferende diensten	Cluster D erosiecontrole en vervuilings- reducerende diensten	Cluster E hoge recreatie-, warmte- en waterbufferende diensten
Cluster 1. open oppervlakkige infiltratiediensten	5,00	3,25	3,75	3,81	3,75
Cluster 2. open landbouw- productiediensten	5,00	3,63	3,88	2,00	3,94
Cluster 3. regulerende en producerende bosgerelateerde diensten	2,00	2,94	2,00	2,63	2,88
Cluster 4. waterrijke bufferdiensten	4,00	3,13	2,63	3,63	2,75
Cluster 5. lage ESD levering	4,38	3,75	4,63	4,75	4,50
Cluster 6. <i>Mozaïeklandschap- diensten</i>	2,75	3,00	2,38	3,38	2,75

weging	Cluster A geluids- en N- bufferende diensten	Cluster B algemeen regulerende diensten	Cluster C recreatie en warmtebufferende diensten	Cluster D erosiecontrole en vervuilings- reducerende diensten	Cluster E hoge recreatie-, warmte- en waterbufferende diensten
Cluster 1. open oppervlakkige infiltratiediensten	2,88	3,38	3,50	2,38	2,88
Cluster 2. open landbouw- productiediensten	2,00	2,44	3,63	4,00	2,88
Cluster 3. regulerende en producerende bosgerelateerde diensten	3,69	2,75	4,25	3,75	4,13
Cluster 4. waterrijke bufferdiensten	2,00	3,13	3,88	3,00	4,13
Cluster 5. lage ESD levering	3,38	2,50	4,38	2,38	4,50
Cluster 6. <i>Mozaïeklandschap- diensten</i>	3,88	2,88	4,25	3,63	4,38

Figuur 37: Frequenties combinaties vraag-aanbod bundels.

Frequentietabel van de mogelijke combinaties van aanbod- en vraagbundels in het MKG. De meest voorkomende combinaties zijn aanbodbundel 1 met vraagbundel B en aanbodbundel 2 met vraagbundel D. Slechts twee van de 30 mogelijke combinaties komen nergens voor in het MKG (x).

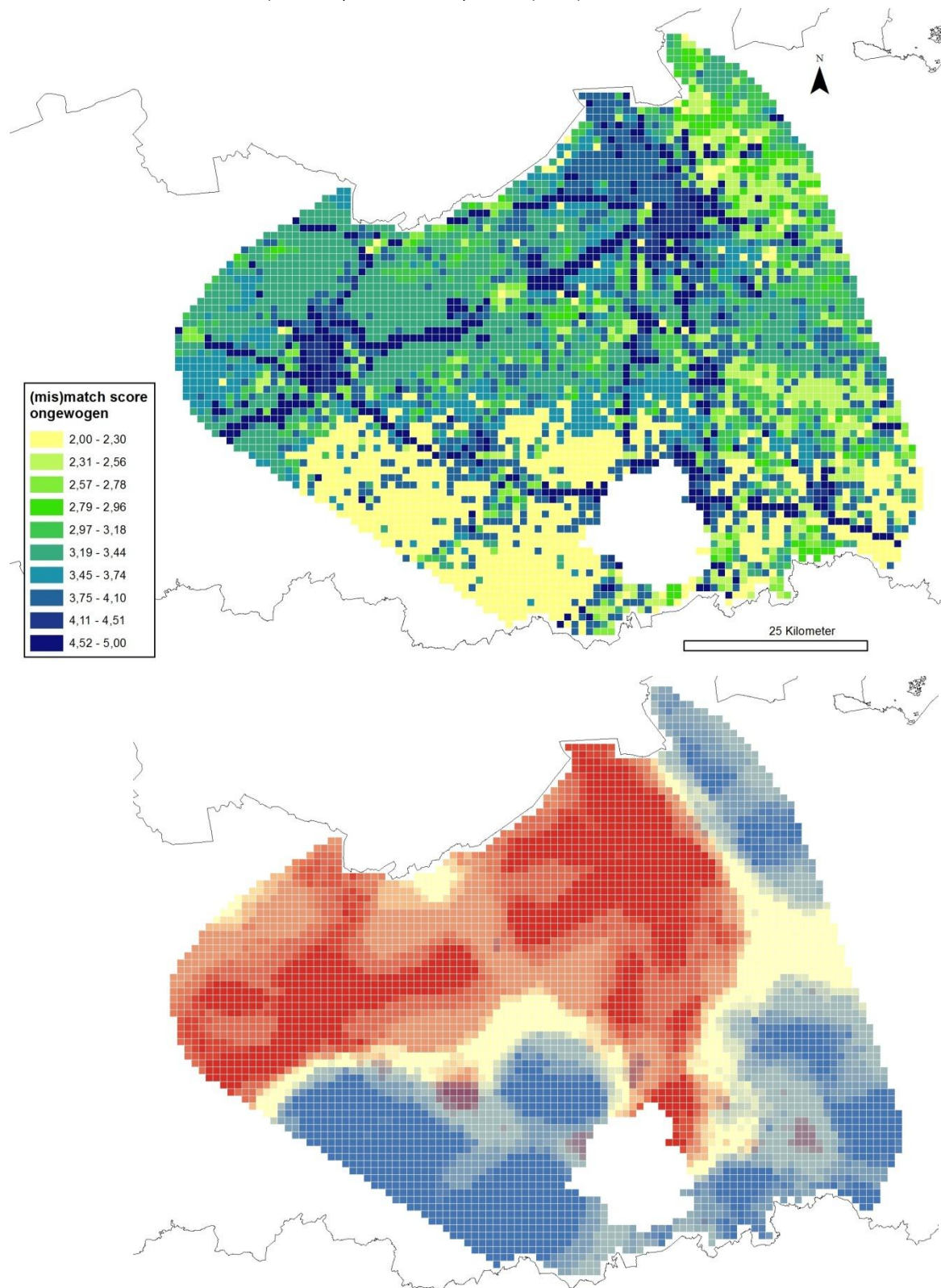


Een eerste kaartbeeld op basis van de ongewogen scores geeft louter weer waar er actueel een mismatch bestaat tussen het aanbod van ESD en de lokale vraag naar ESD (Figuur 38). Opvallend is de ongelijke verdeling van deze scores: belangrijke concentraties van mismatch worden gezien in en rond verstedelijkte kernen, en langs de grote transportassen. Daarnaast is er ook een algemeen sterkere mismatch in centrale en noordwestelijke deel van het MKG. Beide patronen blijken duidelijk uit de hotspot kaart. Significante concentraties waar zich een match voordoet, zgn. ‘coldspots’, doen zich dan weer voornamelijk voor in Vlaams-Brabant en in de extreem noordoostelijke hoek van het MKG. Opvallend is de relatief lagere mismatch in het gebied over de as Brussel – Aalst – Gent, in vergelijking met de assen Brussel – Antwerpen en Antwerpen – Gent.

De knelpuntenkaart op basis van de gewogen scores geeft een genuanceerder beeld op een theoretische schaal van 1 tot 25. Immers, kilometerhokken waarbij een mismatch als minder problematisch wordt beschouwd, worden uit het kaartbeeld gehaald. Kilometerhokken met een hoge waarde op deze schaal zijn gekenmerkt door een problematische mismatch. De hotspot mapping bakent hier twee belangrijke knelpuntgebieden af: een eerste knelpuntgebied rond het Antwerpse, welke zich uitstrekt naar Brussel toe; en een tweede knelpuntgebied rond het Gentse, welke zich uitstrekt naar Antwerpen toe. We herkennen daarnaast nog enkele knelpunten op kleinere schaal, rond Aalst, Vilvoorde en Leuven. Dit zijn belangrijke focusgebieden.

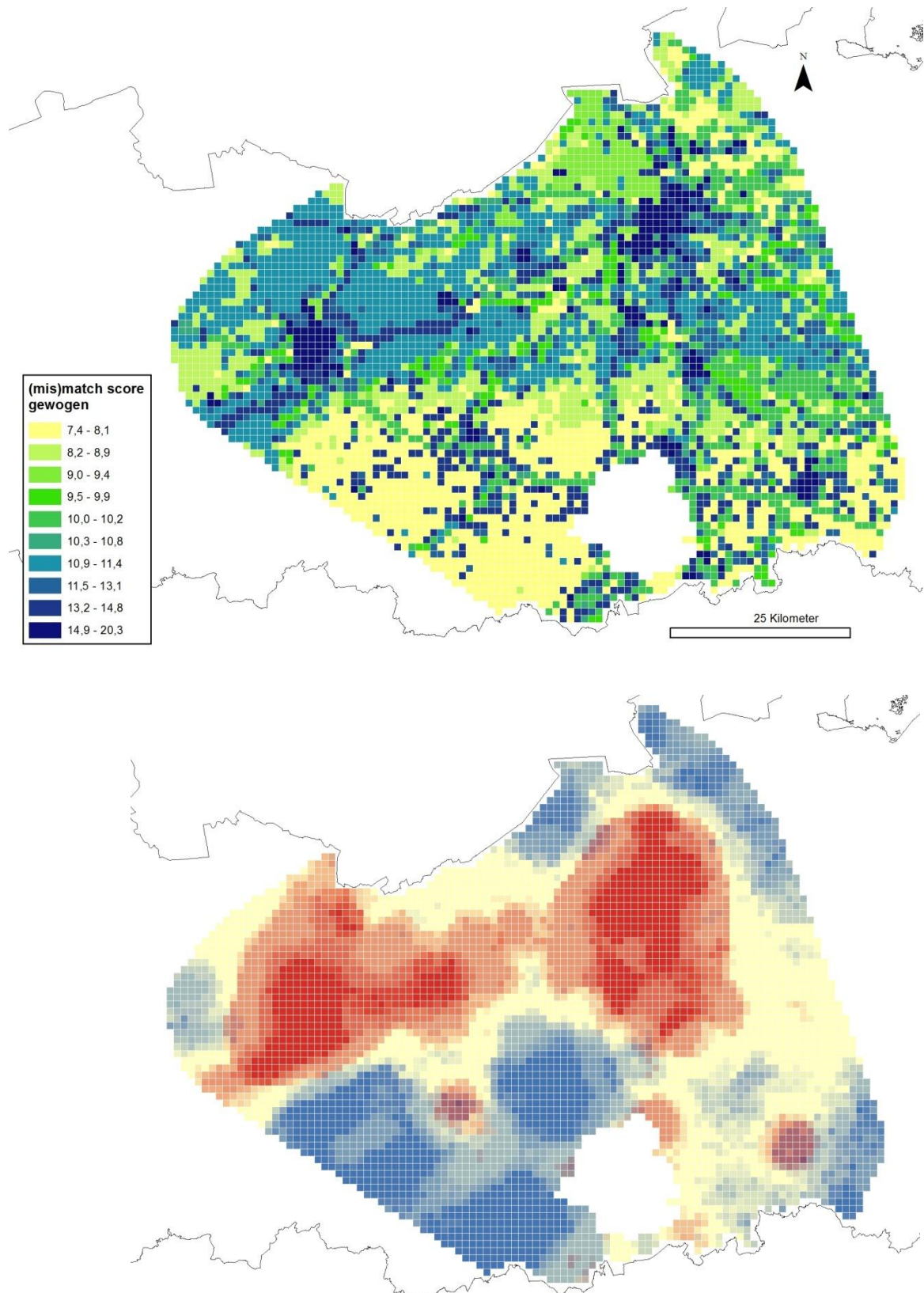
Figuur 38: (mis)match (ongewogen)

Kartering van de (mis)match tussen aanbod- en vraagbundels, zonder toepassing van de wegingsfactoren (boven, hoge waarden komen overeen met sterke mismatch) en corresponderende hotspot kaart (onder).



Figuur 39: (mis)match (gewogen)

Kartering van de (mis)match tussen aanbod- en vraagbundels, vermenigvuldigd met de wegingsfactoren.



Evaluatie toekomstscenarios

De vraag stelt zich of de kilometerhokken waarbinnen de vraag/aanbodverhouding voor ESD vandaag reeds onder druk staat, naar de toekomst toe nog sterker onder druk komen te staan. Gebieden waar dit gebeurt vragen bijkomende aandacht van beleid.

We maken een rudimentaire inschatting op basis van een overlay van de knelpuntenkaart met scenario's uit het Ruimtemodel Vlaanderen (VITO)¹. Hierbij kijken we naar de verwachte evolutie van het ruimtebeslag: waarmee dat deel van de ruimte bedoeld wordt, waarin de biofysische functie niet langer de belangrijkste functie is. Het gaat met andere woorden over ruimte die ingenomen wordt om te wonen (incl. tuinen), te werken (uitgezonderd grondgebonden landbouw), te recreëren (incl. parken en sportfaciliteiten) en zich te verplaatsen (infrastructuur). Concreet beschouwen we de verwachte wijziging in ruimtebeslag tussen 2013 en 2050, voor twee scenario's: het Business-As-Usual (BAU) en het Ruimteneutraal (RN). Dat laatste scenario gaat uit van een evolutie van de groei aan residentieel en economisch landgebruik naar 0 ha/dag in 2050. Dit komt overeen met een groei van ca. 3 ha/dag in 2020. Bemerkt dat het RN-scenario ervan uitgaat dat de ruimteneutraliteit pas in 2030 bereikt wordt. In termen van ruimtebeslag is het scenario tot dat moment dus niet 'ruimteneutraal', al is de globale verwachte toename in het ruimtebeslag wel gevoelig lager in vergelijking met het BAU-scenario. Voor meer informatie over dit model en de beschouwde scenario's, kunnen we verwijzen naar (Poelmans and Engelen, 2014).

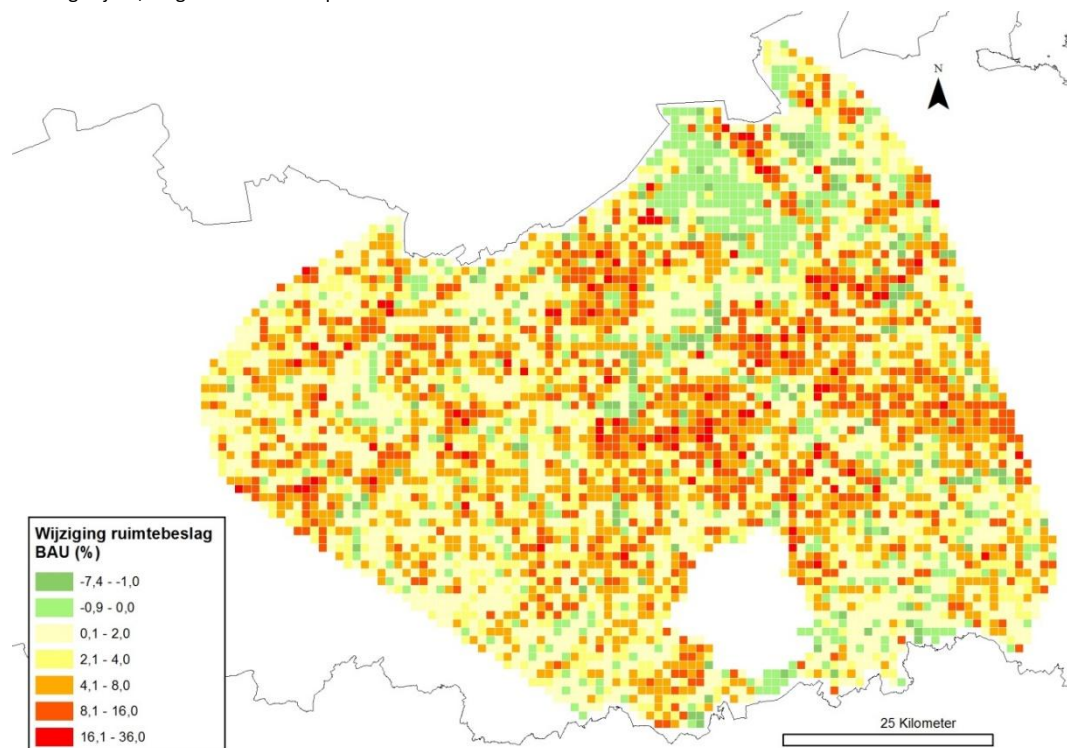
Hierbij wordt de aanname gemaakt dat wanneer het ruimtebeslag binnen een kilometerhok toeneemt, de levering van de gevraagde ESD alleen maar meer onder druk zal komen te staan. Per kilometerhok combineren we de inschatting van de verwachte procentuele wijzigingen in ruimtebeslag met de knelpuntindicator, en opnieuw gaan we op zoek naar deze gebieden waar zich een ruimtelijke bundeling van knelpuntgebieden voordoet. Maar eerst kijken we naar wat het ruimtemodel zelf voor beide scenario's inhoudt. De verwachte wijziging in ruimtebeslag werd voor elk kilometerhok berekend, en voor beide scenario's gekarteerd met dezelfde schaal, zodat de kaartbeelden voor het BAU scenario (Figuur 40) en het RN scenario (Figuur 41) vergelijkbaar zijn. Het verschil tussen beide kaartbeelden is, zoals te verwachten valt, aanzienlijk.

De combinatie van de gewogen knelpuntkaart met deze toekomstprojecties wordt gemaakt door beide kaarten te vermenigvuldigen. Dit levert een indicator op, die een idee geeft van waar bestaande knelpunten naar de toekomst toe nog sterker onder druk kunnen komen te staan. Deze indicator is apart berekend voor het BAU scenario (Figuur 42) en voor het RN scenario (Figuur 43). Op beide kaarten is een contour geprojecteerd, die deze gebieden aangeeft waar zich een significante ruimtelijke bundeling voordoet van knelpunten. We zien voornamelijk een uitgesproken toename van de mismatch in enkele interstedelijke gebieden, tussen Brussel en Antwerpen, tussen Gent en Kortrijk, en tussen Antwerpen en Gent. Ook rond Gent zien we enkele uitgesproken knelpuntgebieden, alsook in de Vilvoordse regio, en in het gebied tussen Mechelen en Aarschot. Deze gebieden kunnen beschouwd worden als bijzondere 'aandachtsgebieden' voor ruimtelijke planning en beleid, i.e. gebieden waar de bestaande mismatch tussen vraag naar en aanbod van ESD naar de toekomst toe relatief nog sterker onder druk komt te staan. De afbakening van deze gebieden is gebaseerd op een hot spot analyse, waarvan de details beschreven zijn in Annex. Met de afbakening van deze aandachtsgebieden willen we geenszins de suggestie wekken dat er zich buiten deze gebieden geen knelpunten voordoen. Een vergelijking van Figuur 40 en 41, geeft aan dat in het RN scenario er een groter gebied is waar zich een ruimtelijke bundeling van knelpunten voordoet (cfr geprojecteerde contouren van hotspot analyse). De ruimtelijke bundeling is in dit RN scenario wel groter, echter de grootte van de mismatch is systematisch lager in het RN scenario dan in het BAU scenario. Maar in elk scenario zal het belangrijk blijken om bij nieuwe ontwikkelingen met ESD aan de slag te kunnen gaan. De gidsmodellen die in het volgende deel van deze studie zijn uitgewerkt, vormen een belangrijk aanknopingspunt om dit te realiseren.

¹ Het model en documentatie is terug te vinden op <https://ruimtemodel.vlaanderen/>

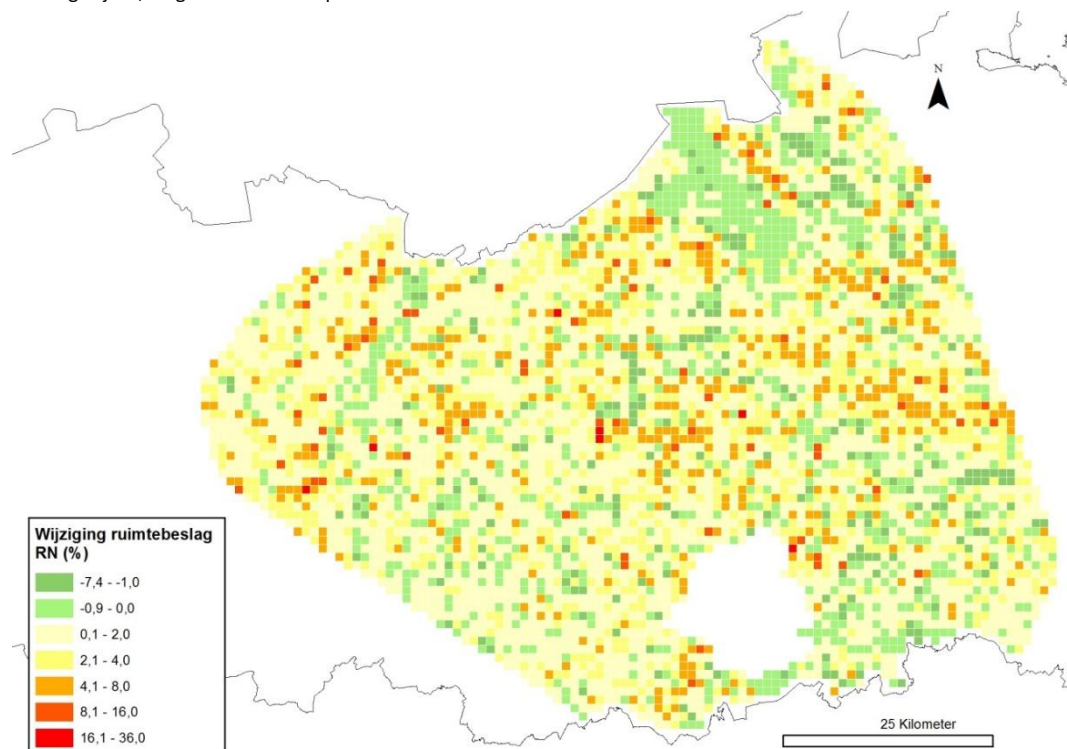
Figuur 40: Wijziging ruimtebeslag 2050 – 2013: scenario Business-as-usual (BAU)

Wijziging ruimtebeslag in % voor het BAU scenario. De legende is zo opgemaakt dat groene tinten op een afname van het ruimtebeslag wijzen, en geelrode tinten op een toename.



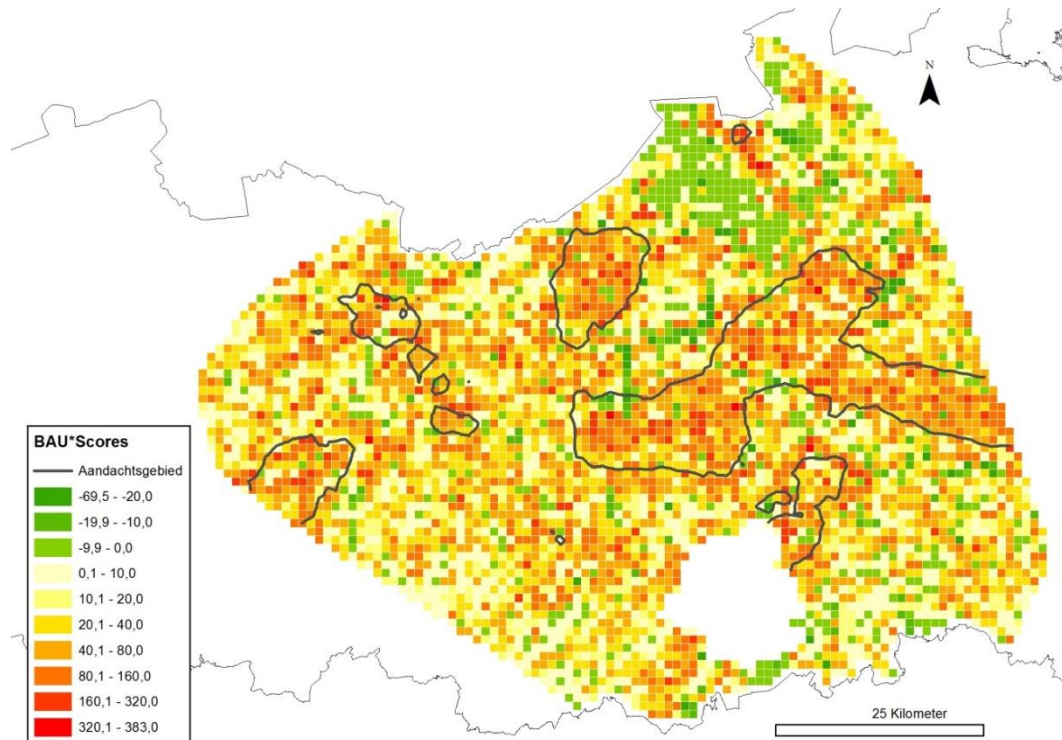
Figuur 41: Wijziging ruimtebeslag 2050 – 2013: scenario Ruimteneutraal (RN)

Wijziging ruimtebeslag in % voor het RN scenario. De legende is zo opgemaakt dat groene tinten op een afname van het ruimtebeslag wijzen, en geelrode tinten op een toename.



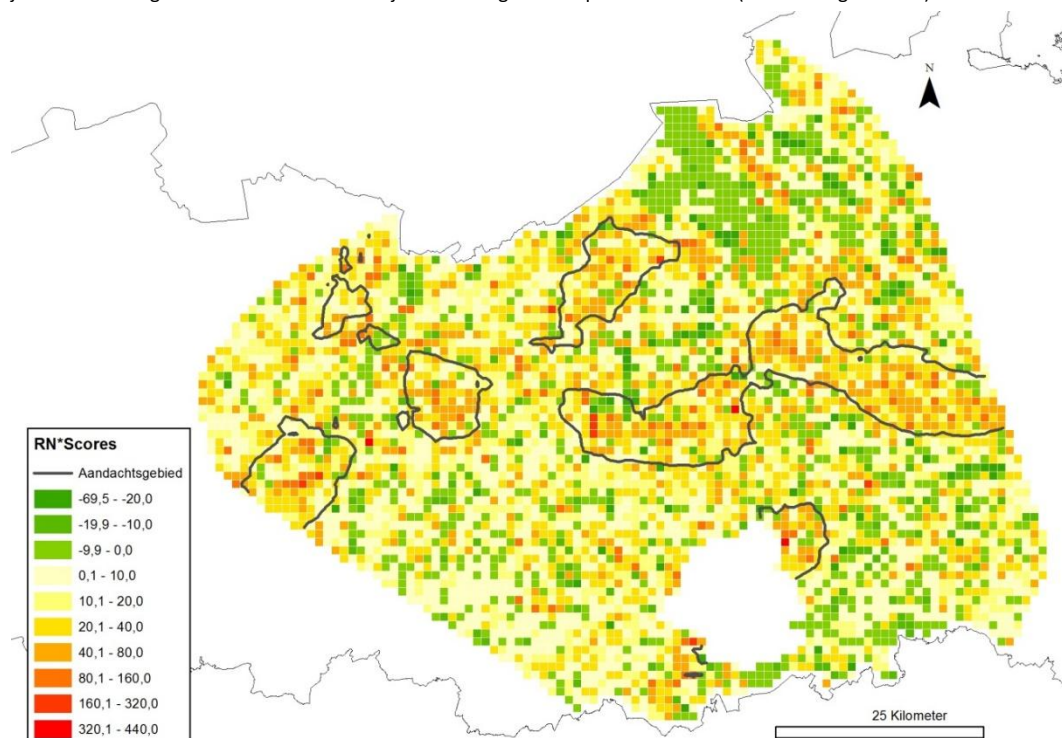
Figuur 42: BAU*mismatch

Vermenigvuldiging van de verwachte wijziging in ruimtebeslag met de gewogen (mis)match score geeft een beeld van waar in het BAU scenario bestaande knelpunten naar de toekomst toe nog sterker onder druk kunnen komen te staan. Hierop is een contour geprojecteerd die aangeeft waar zich een ruimtelijke bundeling van knelpunten voordoet ('aandachtsgebieden').



Figuur 43: RN*mismatch

Vermenigvuldiging van de verwachte wijziging in ruimtebeslag met de gewogen (mis)match score geeft een beeld van waar in het RN scenario bestaande knelpunten naar de toekomst toe nog sterker onder druk kunnen komen te staan. Hierop is een contour geprojecteerd die aangeeft waar zich een ruimtelijke bundeling van knelpunten voordoet ('aandachtsgebieden').



Van kwantitatieve data naar een kwalitatieve interpretatie

Als input voor de ontwerp oefening werden alle analyseresultaten samengevat. Dit resulteerde in een uitgebreide dataset met per kilometerhok zowel aanbod van en vraag naar individuele ESD, de respectievelijke cluster waaraan het kilometerhok is toegewezen, het ruimtebeslag en de verwachte evolutie ervan onder beide beschouwde scenario's, de (mis)match scores, alsook de coördinaten van het betreffende kilometerhok. In GIS werd een overlay analyse uitgevoerd om te bepalen in welke ecoregio elk kilometerhok gelegen is en deze informatie werd toegevoegd aan de dataset. Vervolgens werden deze data per ecoregio samengevat, waarbij we per ecoregio voor elke variabele enkele relevante statistieken berekenden zoals het gemiddelde, de standaarddeviatie, de mediaan, de minimale en maximale waarde, en de scheefheid of asymmetrie van de verdeling.

Een volgende stap was het bevattelijk maken van deze informatie. Er werden eerst een aantal grafieken uitgewerkt die een aantal cruciale variabelen per ecoregio visualiseerden. In de dataset zelf werden de gemiddelde waarden voor elke ESD vergeleken tussen de verschillende ecoregio's. Relatief hoge en lage waarden werden visueel gemarkeerd in groen, dan wel rood. Vervolgens is het uitvoerend team rond de tafel gaan zitten met al dit materiaal, en is per ecoregio besproken waar de voornaamste match en mismatch zich voordoet, wat de onderliggende biofysische systemen zijn die hierin een rol spelen, en hoe dit zich zou laten vertalen naar de gidsmodellen toe. Op die manier is per ecoregio een focus gelegd en een draft voor elk gidsmodel uitgewerkt. De correlatietabellen (Tabel 5 en Tabel 6) bleken hierbij van aanzienlijke weerwaarde.

Een overlay van de hot spot kartering en ecoregio's binnen het MKG legt de focus voor het ontwerpend onderzoek in de eerste plaats in de ecoregio's van de Cuesta's en de Pleistocene Riviervalleien. Ook op de grens van de Heuvelzones en Midden-Vlaamse Overgangsgebieden tekenen zich knelpuntgebieden af. Het knelpuntgebied rond de stedelijke agglomeratie van Antwerpen strekt zich uit in de ecoregio's van de Polder en Getijdenschelde, en van de Kempen. Beschouwen we de analyse van de toekomstscenario's, dan komt de nadruk nog meer te liggen op de ecoregio's van de Cuesta's en van de Pleistocene riviervalleien. Hier komt ook de ecoregio van de Midden-Vlaamse Overgangsgebieden meer op de voorgrond als toekomstig aandachtsgebied. Dit valt niet toevallig samen met de kern van het MKG.

Tabel 10: gewogen (mis)match scores en frequenties per ecoregio (tabel op volgende pagina)→

In deze tabel combineren we per ecoregio en per mogelijke combinatie tussen vraag- en aanbodbundels de gewogen mismatch score en de frequentie waarmee deze voorkomt in de betreffende ecoregio. De gewogen (mis)match score is het product van de mismatch (score van 1 = match tot 5 = mismatch) en de wegingsfactor (1 = onbelangrijk; 5 = zeer belangrijk). De kleurschaal gaat van rood voor een belangrijke mismatch, naar groen voor een eerder minder belangrijke match. De frequentie waarmee deze (mis)match optreedt wordt uitgedrukt in aantal kilometerhokken en visueel weergegeven door oranje balken.

Ecoregio	Cuesta's		Kempen		Midden-Vlaamse overgangsgebieden		Pleistocene riviervalleien		Polders en getijdenschelde		Zuidoostelijke heuvelzone		Zuidwestelijke heuvelzone	
	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal	Mismatch	Aantal
Vraagbundel A. "geluids- en N-bufferende diensten"														
Aanbod 1. "open oppervlakkige infiltratiediensten"	14,4	34	14,4	14	14,4	2	14,4	106	14,4	7	14,4	4		
Aanbod 2. "open landbouwproductiediensten"	10,0	15			10,0	23	10,0	16	10,0	18	10,0	38	10,0	39
Aanbod 3. "regulerende en producerende bosgerelateerde diensten"	7,4	2	7,4	12	7,4	1	7,4	2	7,4	3	7,4	12	7,4	1
Aanbod 4. "waterrijke bufferdiensten"			8,0	3	8,0	1	8,0	11	8,0	9	8,0	1	8,0	4
Aanbod 5. "lage ESD levering"	14,8	2	14,8	3	14,8	3	14,8	12	14,8	18	14,8	3	14,8	1
Aanbod 6. "mozaïeklandschapdiensten"	10,7	16	10,7	27	10,7	12	10,7	23	10,7	6	10,7	8	10,7	5
Vraagbundel B. "algemeen regulerende diensten"														
Aanbod 1. "open oppervlakkige infiltratiediensten"	11,0	226	11,0	84	11,0	45	11,0	573	11,0	18	11,0	1		
Aanbod 2. "open landbouwproductiediensten"	8,9	69	8,9	4	8,9	146	8,9	135	8,9	45	8,9	6	8,9	14
Aanbod 3. "regulerende en producerende bosgerelateerde diensten"	8,1	2	8,1	63	8,1	11	8,1	11	8,1	6	8,1	22	8,1	1
Aanbod 4. "waterrijke bufferdiensten"	9,8	10	9,8	38	9,8	17	9,8	58	9,8	57	9,8	4	9,8	4
Aanbod 5. "lage ESD levering"	9,4	2			9,4	1	9,4	12	9,4	115	9,4	2	9,4	1
Aanbod 6. "mozaïeklandschapdiensten"	8,6	41	8,6	87	8,6	36	8,6	95	8,6	21	8,6	9	8,6	2
Vraagbundel C. "recreatie en warmtebufferende diensten"														
Aanbod 1. "open oppervlakkige infiltratiediensten"	13,1	116	13,1	64	13,1	35	13,1	114	13,1	6	13,1	10	13,1	9
Aanbod 2. "open landbouwproductiediensten"	14,1	19	14,1	2	14,1	59	14,1	12	14,1	1	14,1	75	14,1	127
Aanbod 3. "regulerende en producerende bosgerelateerde diensten"	8,5	2	8,5	9	8,5	1	8,5	4			8,5	2		
Aanbod 4. "waterrijke bufferdiensten"	10,2	2	10,2	9	10,2	4	10,2	17	10,2	6	10,2	1	10,2	12
Aanbod 5. "lage ESD levering"	20,3	37	20,3	24	20,3	16	20,3	49	20,3	17	20,3	15	20,3	6
Aanbod 6. "mozaïeklandschapdiensten"	10,1	33	10,1	114	10,1	19	10,1	87	10,1	11	10,1	72	10,1	11
Vraagbundel D. "erosiecontrole en vervuiliingsreducerende diensten"														
Aanbod 1. "open oppervlakkige infiltratiediensten"	9,1	15			9,1	3	9,1	2	9,1	1	9,1	3	9,1	2
Aanbod 2. "open landbouwproductiediensten"	8,0	11			8,0	114	8,0	12	8,0	7	8,0	145	8,0	511
Aanbod 3. "regulerende en producerende bosgerelateerde diensten"					9,9	2					9,9	19	9,9	1
Aanbod 4. "waterrijke bufferdiensten"					10,9	1	10,9	1	10,9	4	10,9	4	10,9	11
Aanbod 5. "lage ESD levering"									11,3	7	11,3	1		
Aanbod 6. "mozaïeklandschapdiensten"	12,3	1			12,3	10	12,3	4	12,3	2	12,3	48	12,3	22
Vraagbundel E. "hoge recreatie-, warmte- en waterbufferende diensten"														
Aanbod 1. "open oppervlakkige infiltratiediensten"			10,8	1										
Aanbod 4. "waterrijke bufferdiensten"									11,4	1				
Aanbod 5. "lage ESD levering"	20,3	16	20,3	2	20,3	1	20,3	14	20,3	7	20,3	3	20,3	1
Aanbod 6. "mozaïeklandschapdiensten"	12,0	1												

Gidsmodellen

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de ruimtelijke potentiekaart omgezet naar gidsmodellen voor ecosysteemdiensten in het Metropoolitaan Kerngebied. Het ontwikkelen van gidsmodellen heeft tot doel het academische concept van ecosysteemdiensten door te vertalen naar gebiedsgerichte ontwerpprincipes op regionaal schaalniveau zodoende het ruimtelijk planproces voor het Metropoolitaan Kerngebied vanuit een ontwerpmatige invalshoek te voeden. Gidsmodellen zijn een concreet hulpmiddel bij ruimtelijke planprocessen. De gidsmodellen bouwen voort op de landschappelijke lagenbenadering en geven op een schematische en beeldende wijze weer hoe bepaalde ecosysteemdiensten verweven kunnen worden, of zelfs leidend kunnen worden, in het landschap van het Metropoolitaan Kerngebied.

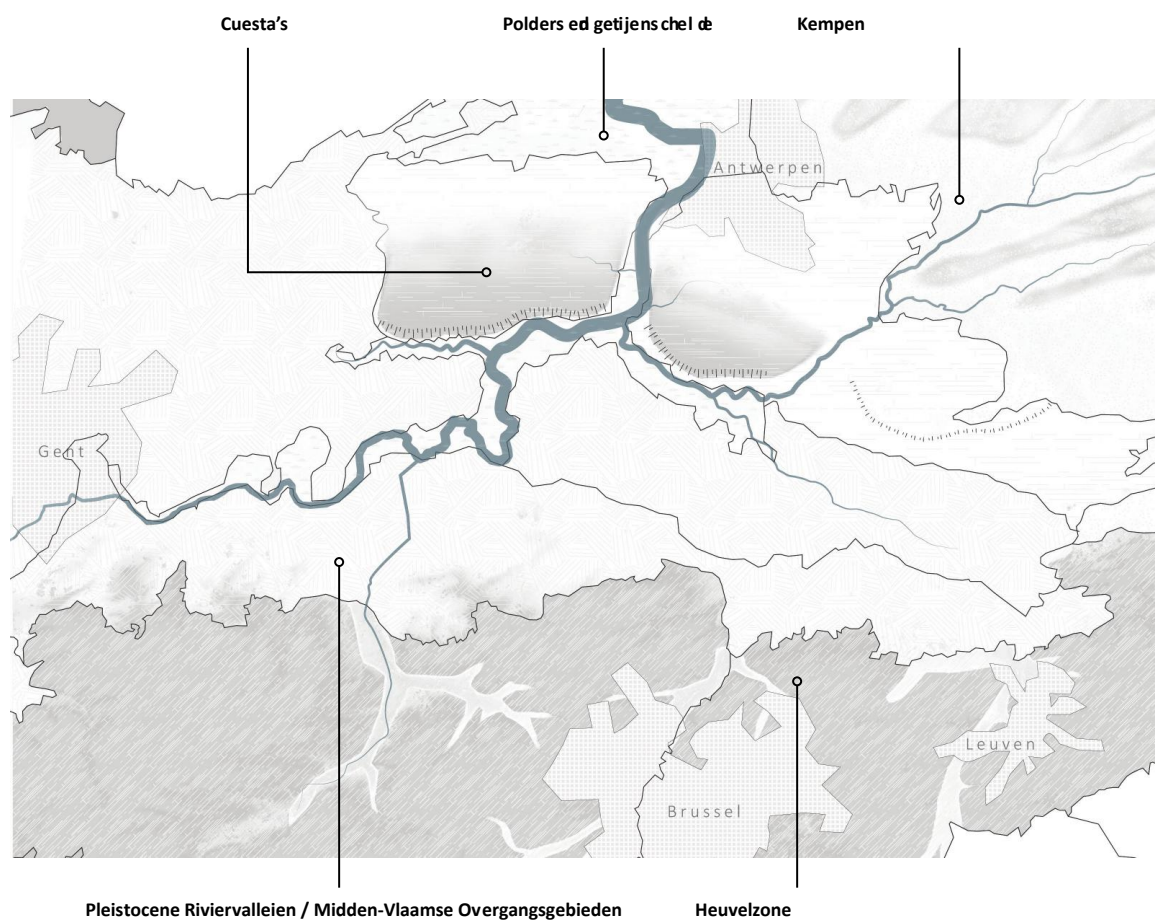
Aangezien het leveren van ESD nauw samenhangt met het functioneren van het onderliggende landschapssysteem is het belangrijk om binnen het Metropoolitaan Kerngebied als geheel een ruimtelijke differentiatie te maken in functie van landschapstypen. Vanuit stedenbouwkundig-morfologisch oogpunt kan het Metropoolitaan Kerngebied omschreven worden als één samenhangend stedelijk netwerk met een relatief diffuse bebouwingspatroon. Vanuit landschappelijk oogpunt wordt het Metropoolitaan Kerngebied echter gekenmerkt door een gedifferentieerde landschappelijke onderlegger met specifieke hydrologische, ecologische en geomorfologische karakteristieken. Daarom kan er niet volstaan worden met de ontwikkeling van één enkel gidsmodel voor het gehele Metropoolitaan Kerngebied.

Om grip te krijgen op de grote diversiteit aan landschappen in het Metropoolitaan Kerngebied, zullen de gidsmodellen opgesteld worden aan de hand van het concept “ecoregio’s” (Sevenant et al., 2002). Voor elk van de ecoregio’s in het Metropoolitaan Kerngebied wordt een gidsmodel opgemaakt. Dit gidsmodel illustreert op grafische manier de ruimtelijke relaties tussen de verschillende componenten van een ecoregio (grondwater, bodem geomorfologie,...). De gidsmodellen laten toe om een visuele wijze specifieke ecologische of hydrologische knelpunten en/of potenties in een bepaalde ecoregio inzichtelijk te maken door de onderliggende ruimtelijke relaties te tonen. Hierdoor bieden ze structuur bij het ontwerpend onderzoek en bij de doorvertaling van GIS-modellen naar ontwerpprincipes. Door het koppelen van de ecosysteemdiensten aan de landschappelijke indeling o.b.v. ecoregio’s kunnen bruikbare en concrete gidsmodellen ontwikkeld worden die bruikbaar zijn voor ontwerpend onderzoek. De gidsmodellen hebben betrekking op het regionale schaalniveau met doorzichten naar concrete ingrepen op lokaal schaalniveau.

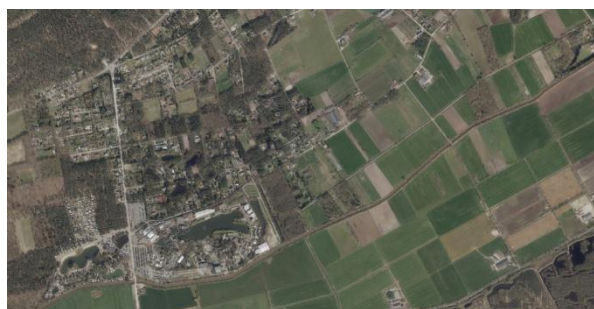
In eerste instantie zullen de kenmerken van de vijf belangrijkste ecoregio’s in het Metropoolitaan Kerngebied kort worden beschreven. Daarna worden de vraag- en aanbodbundels van de verschillende ecosysteemdiensten gekoppeld aan de ecoregio’s. Daarbij wordt voor elke ecoregio bepaald welke ecosysteemdiensten prioritair zijn en een doorvertaling zullen krijgen in een gidsmodel. Per ecoregio worden de knelpunten- en potentiekaarten geïnterpreteerd zodat ze in een gidsmodel kunnen worden vertaald naar kwalitatieve aandachtspunten. Deze kwalitatieve aandachtspunten zijn specifiek per ecoregio en kunnen onder meer betrekking hebben op potenties voor natuurlijke plaagbestrijding in landbouwgebieden, geluidbuffering, overstromingsbuffering, enz.

De vertaalslag van (theoretische) ecosysteemdiensten naar (ontwerpmatige) gidsmodellen gebeurt door het opstellen van ruimtelijke ontwerpprincipes voor elke ecosysteemdienst. Afhankelijk van de specificiteit van elke ecoregio zullen deze ruimtelijke ontwerpprincipes een andere ruimtelijke vertaling krijgen. Zo zal bijvoorbeeld waterretentie in de Kempen op een andere manier gebeuren dan waterretentie in de polders.

Ecoregio's



Kempen



De ecoregio van de Kempen wordt binnen de afbakening van het Metropolaan Kerngebied gekenmerkt door van noord-oost naar zuid-west lopende beekdalen (Grote en Kleine Nete) die van elkaar worden gescheiden door hoger gelegen zandruggen. Het betreft het Zuid-Kempisch Heuveldistrict en het Centraal-Kempisch rivier- en duinendistrict.

Polders en Getijdenschelde



De ecoregio van de Polders en Getijdenschelde maken deel uit van het van nature overstroombare gebied van de Zeeschelde. De ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit kleiafzettingen. De getijdenwerking zorgt voor bijzondere milieuocondities met zoetwater- en brakwaterschorren. Door systematische inpolderingen is een groot deel van het natuurlijke overstromingsgebied verdwenen.

Cuesta's



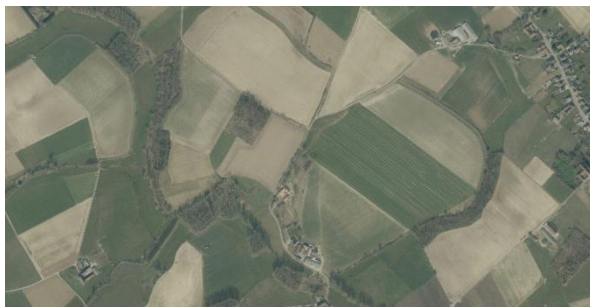
De ecoregio van de Cuesta's wordt gekenmerkt door een relatief dunne zandafzetting uit het Quartair dat rust op de Rupeliaanse klei. De geringe diepte van de impermeabele kleilaag zorgt voor historische bolvormige akkers t.b.v. de landbouw. De Rupeliaanse klei helt licht af naar het noordwesten, terwijl ze aan de zuidkant een *cuestafront* vormen op de overgang naar de Polders en de Getijdenschelde.

Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden



De ecoregio's van de Pleistocene riviervalleien en de Midden-Vlaamse overgangsgebieden worden in de gidsmodellen samen behandeld omdat de onderlinge verschillen enkel betrekking heeft op het bodemsubstraat en niet op het onderliggende fysische systeem. Bovendien vertonen deze ecoregio's grote overeenkomsten wat betreft het landgebruik, daar beide gebieden gekenmerkt worden door een sterke verlinting en fragmentatie van de open ruimte.

Heuvelzone



De ecoregio van de Heuvelzone wordt gekenmerkt door een glooiend reliëf en geologische structuur van klei- en zandlagen waardoor op eenzelfde hoogtelijn verschillende bronniveaus voorkomen. Het landgebruik wordt gekenmerkt door historische bebouwing op de overgang van de beekdalen naar de kouters.

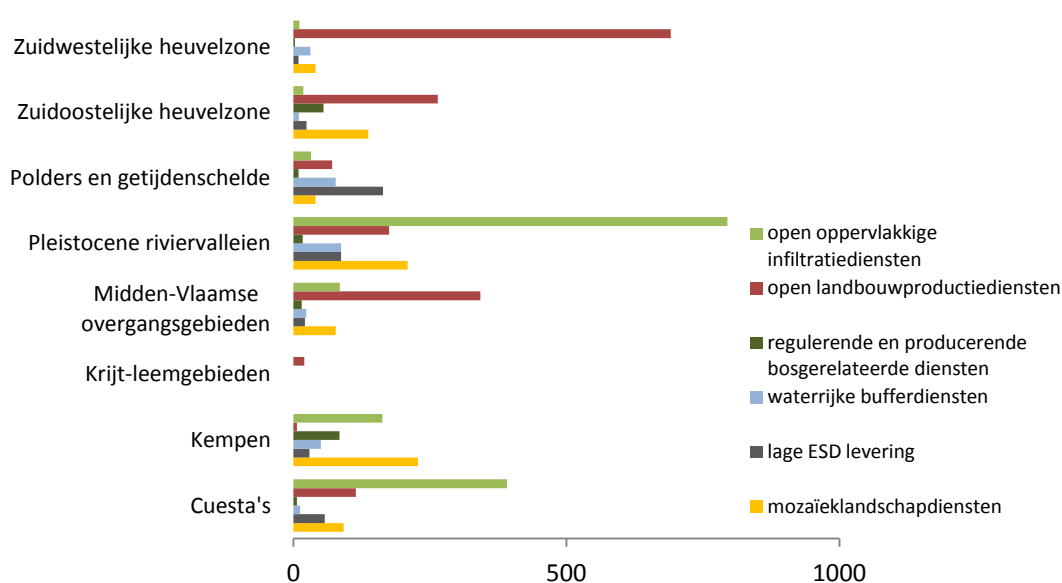
Ecosysteemdiensten per ecoregio

Analyse van vraag- en aanbodbundels per ecoregio

Als input voor het ontwerpend onderzoek werden de analyseresultaten uit voorgaande hoofdstukken samengevat en vertaald naar de verschillende ecoregio's in het Metropoolitaan Kerngebied. De verdeling van de aanbod- en vraagbundels per ecoregio zijn samengevat in Figuur 44 en Figuur 45.

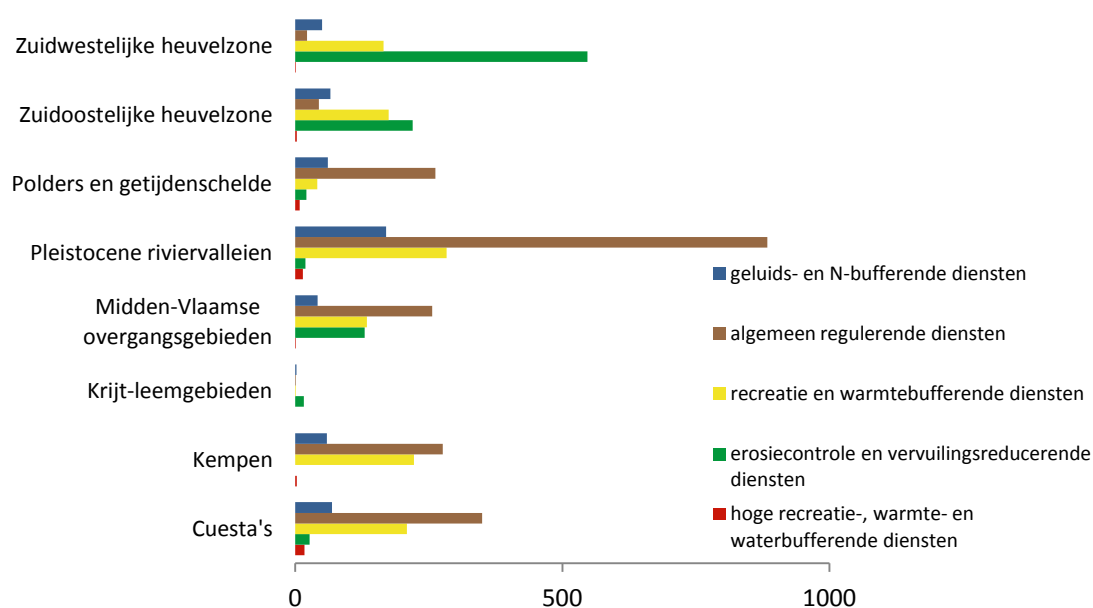
Figuur 44: Aanbodbundels in de ecoregio's

Verdeling (uitgedrukt in aantal kilometerhokken) van de aanbodbundels over de ecoregio's in het MKG.



Figuur 45: Vraagbundels in de ecoregio's

Verdeling (uitgedrukt in aantal kilometerhokken) van de vraagbundels over de ecoregio's in het MKG.

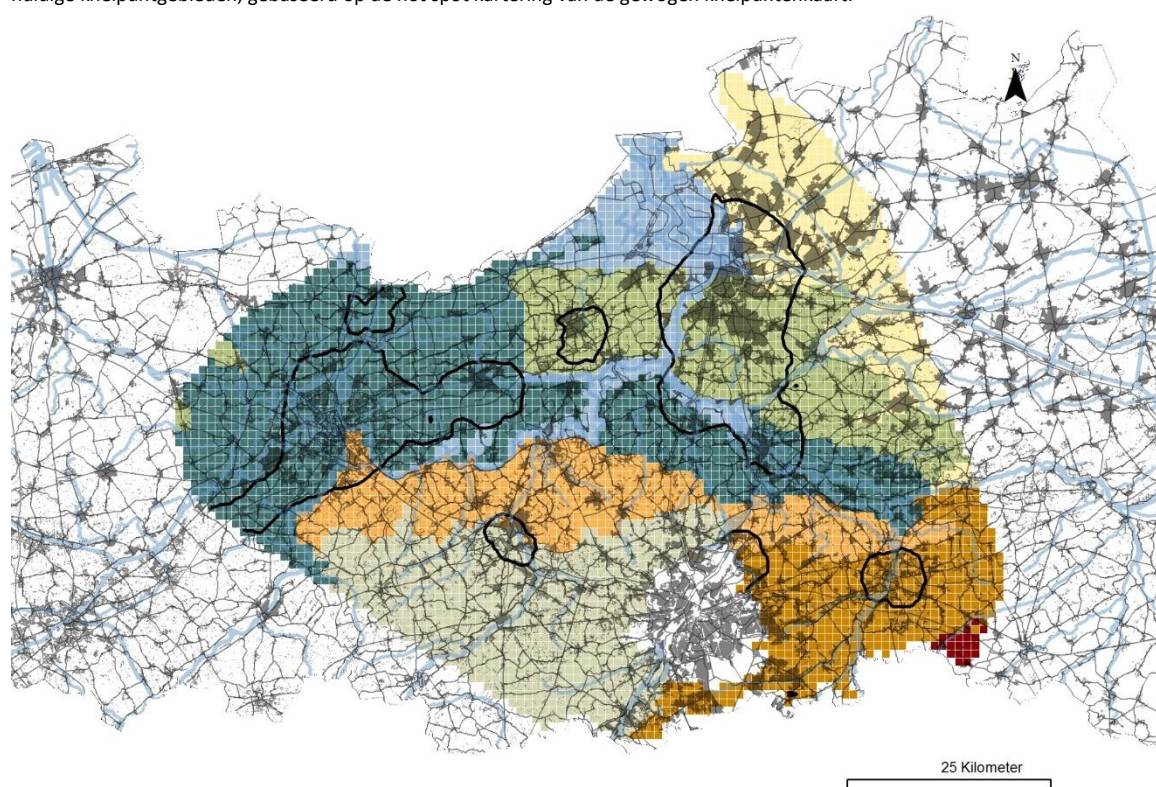


Knelpunten in de ecoregio's

De knelpuntgebieden tekenen zich af in twee grote samenhangende zones rondom de stedelijke agglomeratie van Antwerpen en Gent en vier kleinere deelzones (Sint-Niklaas, Leuven, Aalst, Vilvoorde) (Figuur 46, Figuur 47). De ruimtelijke mismatch tussen vraag en aanbod aan ESD is het meest precair in de ecoregio's van de Pleistocene Riviervalleien en de Cuesta's. Dit reflecteert zich in relatief hoge knelpuntcores in de ecoregio's. De ruimtedruk is in de afgebakende knelpuntgebieden erg groot, wat niet noodzakelijk wil zeggen dat ze elders laag is. Verschillende landgebruiksfuncties in deze gebieden concurreren met elkaar om beperkte oppervlaktes. Het is daarom juist in deze knelpuntgebieden zaak om te zoeken naar correlaties tussen landgebruiksfuncties en de ecosysteemdiensten die ze kunnen leveren.

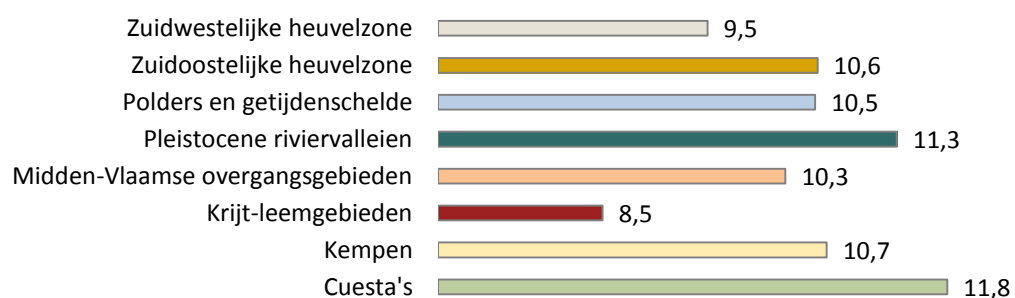
Figuur 46: Ecoregio's en huidige knelpuntgebieden

Situering van de kilometerhokken binnen de gekende ecoregio's in het MKG. Over deze kaart zijn de contouren geprojecteerd van de huidige knelpuntgebieden, gebaseerd op de hot spot kartering van de gewogen knelpuntenkaart.



Figuur 47: Gewogen knelpuntcores per ecoregio

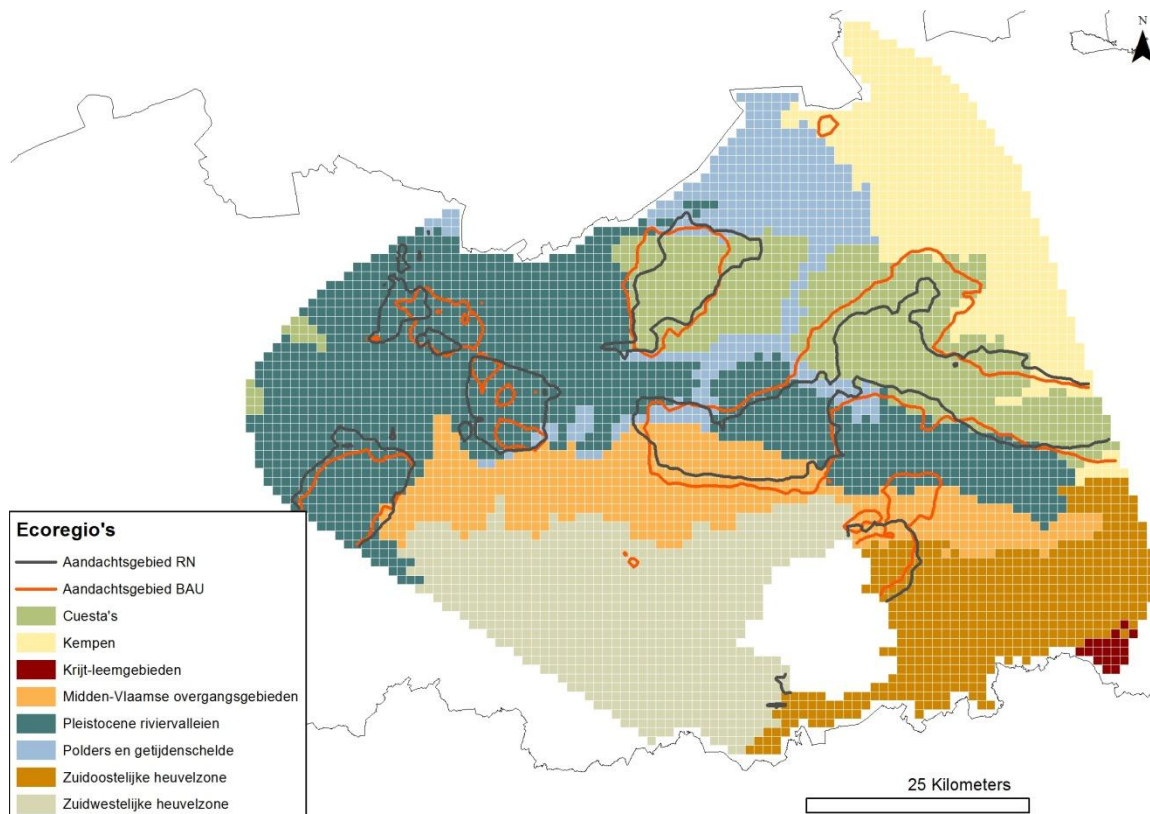
Overzicht van de gemiddelde gewogen knelpuntcores per ecoregio.



Beschouwen we de analyse van de toekomstscenario's (Figuur 48), dan zien we dat er rondom de agglomeraties nog sterkere knelpunten ontstaan, maar dat er ook knelpunten ontstaan in de Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden. Dit gebied kenmerkt zich vandaag al door een sterke verdichting langsheen de steenwegen en stedelijke en agrarische functies lijken hier in de toekomst alleen maar meer met elkaar te concurreren om ruimte. Ook hier kunnen we een soort van indicator berekenen voor de toekomstige druk onder beide scenario's. Hiervoor vermenigvuldigen we de actuele knelpuntscore met het ingeschatte toekomstige ruimtebeslag. Wanneer we deze samenvatten per ecoregio, kunnen we een ruwe vergelijking maken tussen de ecoregio's en zien waar naar de toekomst toe meer knelpunten worden verwacht om vraag en aanbod aan ESD op elkaar af te stemmen.

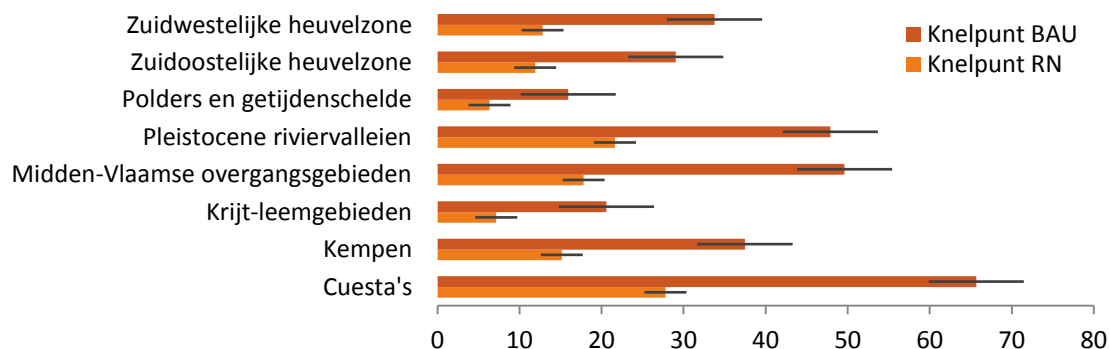
Figuur 48: Ecoregio's en toekomstige aandachtsgebieden

Over de ecoregio's zijn de contouren geprojecteerd van de toekomstige aandachtsgebieden onder het BAU en RN scenario.



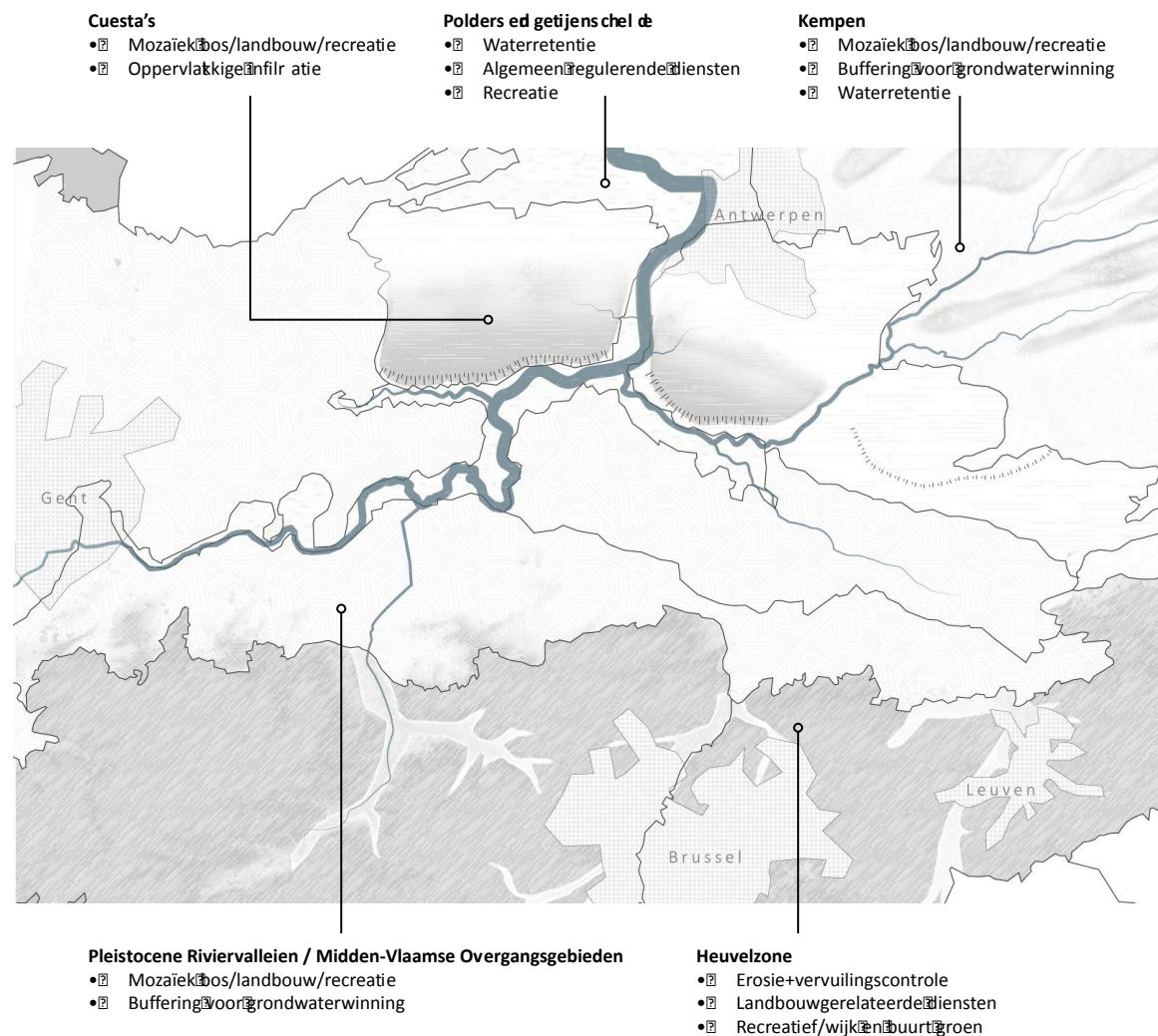
Figuur 49: knelpuntindicator per ecoregio voor het BAU en RN scenario

Deze grafiek geeft de gemiddelde 'toekomstig knelpunt' - indicator per ecoregio weer, voor beide beschouwde scenario's. Deze indicator is berekend door de knelpuntscore te vermenigvuldigen met de verwachte wijziging in ruimtebeslag voor elk van de scenario's. De lijnen geven de standaardafwijking van het steekproefgemiddelde weer.



Synthese

Figuur 50: Synthese ecoregio's



Uit de ruimtelijke analyse komt duidelijk naar voren dat er in het Metropolitane Kerngebied in het algemeen een sterke vraag is naar ecosysteemdiensten die inzetten op waterkwaliteit en waterkwantiteit, terwijl het aanbod achterblijft bij de vraag. Waterberging en retentie voor extreem natte periodes, maar ook water dat in de droge periodes beschikbaar is. Voor elke ecoregio zal hier dus in het bijzonder gezocht worden naar voor de regio specifieke oplossingen om de waterproblematiek integraal aan te pakken.

Kempen

De Kempen tonen zowel in vraag en aanbod een beeld van gemengde recreatieve en land- en bosbouw gerelateerde diensten, gecombineerd met verschillende water gerelateerde diensten. Het accent zal gelegd worden op diepe infiltratie voor grondwater, waterretentie, landbouwproducten en het landschappelijk mozaïek van bos, heide, landbouw en water dat interessant is voor de recreatie.

Cuesta's

In de Cuesta's ligt het accent van het aanbod sterk op infiltratie van water, gecombineerd met landbouw productiediensten in een landschappelijk mozaïek. De vraag wordt met name bepaald door een vraag naar recreatief groen en buffering van water. De combinatie van aanbod aan oppervlakkige infiltratie en een vraag naar waterbuffering lijkt een interessante contradictie, immers: waar veel vraag is en veel aanbod heft dit elkaar op. Vanuit zowel de huidige analyse van de knelpunten als uit de analyse van de toekomstscenario's komt naar voren dat de Cuesta's een regio zijn met een hoge ruimtedruk.

Polders en getijdenschelde

De polders en getijdenschelde scoren momenteel vrij laag in het aanbod van ecosysteemdiensten. De belangrijkste diensten die de regio aanbiedt zijn gericht op landbouw en water gerelateerde diensten als waterretentie. Ook de vraag naar ecosysteemdiensten is relatief laag, met vooral een vraag naar algemene regulerende diensten.

Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden

De Pleistocene riviervalleien en de Midden-Vlaamse overgangsgebieden kennen een sterk aanbod van aan landbouw gerelateerde ecosysteemdiensten, gecombineerd met infiltratiediensten op de goed doorlatende pleistocene zandgronden. De vraag naar ecosysteemdiensten is vooral gericht op algemeen regulerende diensten en recreatie. Uit de analyse komt verder naar voren dat de regio kampt met grote ruimtedruk (gekoppeld aan verlinting) en dat deze ruimtedruk in de toekomst zal toenemen.

Heuvelzone

In de heuvelzone ligt de focus sterk op landbouw, hetgeen zich ook doorvertaalt in vraag en aanbod van ecosysteemdiensten. In de regio is er vooral vraag naar erosie reducerende en vervuiling reducerende diensten, gecombineerd met een vraag naar recreatief groen en buurt- en wijkgroen. Er is sowieso al een sterk aanbod aan landbouw gerelateerde diensten, zoals landbouwproducten.

De analyse van de knelpunten toont verder aan dat deze regio kampt met specifieke plekken waar behoorlijk wat ruimtedruk is ontstaan, met name in de buurt van Brussel.

Ontwerpprincipes ecosysteemdiensten

De ruimtelijke GIS-analyse van de vraag en het aanbod aan ecosysteemdiensten zal worden omgezet naar gidsmodellen voor ecosysteemdiensten per ecoregio. De relatief abstracte vraag- en aanbod naar ecosysteemdiensten kunnen gelinkt worden aan concrete ruimtelijke ontwerpprincipes. Deze ruimtelijke ontwerpprincipes vormen input voor de ontwikkeling van de gidsmodellen. De ruimtelijke ontwerpprincipes hebben onder meer betrekking op de aanleg van graften i.f.v. erosiebestrijding, het ontwikkelen van een groen netwerk i.f.v. natuurlijke plaagbestrijding, het herstellen van regionale grondwaterstromen i.f.v. drinkwaterwinning en natuurontwikkeling,...

Elk ontwerpprincipe wordt gekenmerkt door specifieke technische eisen. Dit kan betrekking hebben op concrete ruimtelijke parameters (afmetingen, vegetatiedichtheid,...) en op specifieke milieuocondities (optimaliseren infiltratiemogelijkheden, extensivering landgebruik,...). In eerste instantie worden generieke ontwerpprincipes opgesteld per ecosysteemdienst. Vervolgens krijgen de generieke ontwerpprincipes een gebiedsspecifieke doorvertaling per ecoregio. Daarbij wordt gestreefd naar een maximale synergie tussen verschillende ecosysteemdiensten in concrete maatregelen en ontstaat een ruimtelijke toekomstbeeld per ecoregio.

Waterberging

Waterberging gaat over de berging van regenwater en afstromend oppervlaktewater. Hierin spelen de hoeveelheid neerslag, bodemomstandigheden (abiotische kenmerken) en vegetatie (biotische kenmerken) een belangrijke rol. Het bergen van (regen)water in de bodem, in speciaal aangelegde bufferzones en/of door toepassing van de juiste vegetatie vult pieken en dalen in de waterafvoer af. Hiermee worden enerzijds overstromingen en waterschade voorkomen, maar anderzijds wordt ook een buffer opgebouwd voor droge periodes (Hendriks and Snellen, n.d.). Een goede waterhuishouding draagt bovendien bij aan de watervoorziening van onder anderen de landbouw. Daarnaast is een goede waterhuishouding ook belangrijk voor onder anderen de scheepvaart en drinkwatervoorziening. Vanuit zowel economisch als maatschappelijk oogpunt is een goede waterhuishouding dus van groot belang.

Er kan op meerdere manieren worden gewerkt aan het verbeteren van de waterhuishouding en het waterbergend vermogen van een landschap, maar binnen het integraal waterbeheer wordt er vaak gewerkt volgens de drietrapsstrategie vasthouden, vertragen, afvoeren. Vasthouden kan bijvoorbeeld door drainage van landbouwgronden om te zetten in infiltratie, vertragen kan door het creëren van overloophoeven. Binnen dit rapport wordt ingegaan op de volgende ecosysteemdiensten:

- Oppervlakkige infiltratie (vasthouden): het infiltreren en vasthouden van water in de bodem, oppervlakkig geïnfiltreerd water wordt hangwater genoemd.
- Waterretentie (vertragen): het vertraagd afvoeren van stromend water door het lokaal op te stuwen of vast te houden
- Komberging (vertragen): Het afvlakken van piekgebieden door tijdelijke berging van het overtollige water. Bij laag water kan het overtollige water weer wegstromen.

Oppervlakkige infiltratie

De intensivering van de landbouw en de verharding van de open ruimte vormen een grote bedreiging voor de natuurlijke bergingscapaciteit van de bodem. Door in te zetten op een maximale infiltratiecapaciteit van de bodem wordt het oppervlakkig afstromen van hemelwater geminimaliseerd. Het organisch stofgehalte, de bodemtextuur en de beplanting zorgen voor een optimale waterbergingscapaciteit in de bodem. Het beplanten van een bodem draagt in positieve zin bij aan de infiltratiecapaciteit, doordat de

plantenwortels water vasthouden en opnemen en bovendien zorgt het bladafval voor een toename van organische stof. Hierbij zitten er grote verschillen in de effecten van bepaalde types beplanting.

Loofbos is zeer geschikt om veel hangwater vast te houden en minimaliseert bovendien de verdamping van water uit de bodem, terwijl naaldbossen een veel lager vermogen hebben om water vast te houden en om verdamping te beperken. In algemene zin vormen loofbossen een gunstige vorm van landgebruik om oppervlakkige infiltratie te optimaliseren. Landbouwgronden worden niet het ganse jaar door bewerkt en worden doorgaans gedraineerd waardoor deze minder geschikt zijn voor oppervlakkige infiltratie.

Ruimtelijke principes

- Omvormen van naaldbossen naar gemengd bos of loofbos
- Uitbreiden van bronbossen bij beken en beplanten van oeverzones van beken
- Verwijderen van verhardingen en aanbrengen van infiltratiezones (wadi's, helofytenfilters, ..) in bebouwde gebieden
- Creëren van infiltratiezones langs akkers

Nevendiensten

- Houtproductie
- Natuurlijke plaagregulatie: bronbossen en opgaande beplanting langs de beek fungeren als leefgebied voor plaagregulerende soorten
- Pollinatie: bloemrijke akkerranden en oevers trekken bestuivende soorten aan

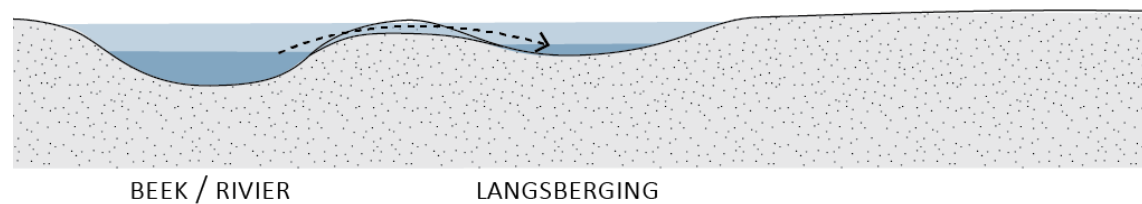
Waterretentie

Doordat veel van de (Vlaamse) beken en rivieren zijn rechtgetrokken en het intensieve landbouwlandschap is ingericht op de snelle afvoer van water ontstaan er in natte periodes vaak waterproblemen benedenstrooms terwijl de bodems in een gebied uitdrogen in lange periodes zonder neerslag (afdeling Bos en Groen, n.d.; Hendriks and Snellen, n.d.). Het waterbergend vermogen van de meeste Vlaamse landschappen is door deze inrichting klein. Door het waterbergend vermogen van beekdalen te vergroten kunnen zowel overstromings- als verdrogingsproblemen worden opgelost. Bovendien heeft de verbetering van het waterbergend vermogen vaak een positieve impact op zowel landbouwactiviteiten als de ecologie, wel leidt het inrichten van beekdalen ten bate van waterretentie vaak tot extensivering van de landbouwactiviteiten. Er kunnen echter andere ecosysteemdiensten worden geïntegreerd om dit verlies te compenseren (Hendriks and Snellen, n.d.).

Ruimtelijke principes

- Hermeanderen van beken: door de beek opnieuw de vrije loop te laten wordt het bochtig karakter hersteld en zal de afvoer van water trager verlopen. Er kan ook voor gekozen worden om barrières aan te brengen in de beekloop (stuwen, boomstammen, ..) zodoende de afstroom verder te vertragen.
- Creëren van langsberging door aanleg van een systeem van winter-zomerbed en overloopgebieden: Door de aanleg van flauwe oevers wordt de afvoercapaciteit van de beek vergroot en ontstaan plas-dras zones die voor een vertraagde afvoer zorgen. Door met een verlaagde drempel de beek te verbinden met een laaggelegen zone achter de oever van de beek kan een gebied worden gecreëerd dat in situaties van extreme neerslag als overloopgebied functioneert.

Figuur 51: Langsberging langs beken en rivieren



Nevendiensten

- Extensieve veehouderij;
- Denitrificatie van oppervlaktewater;
- Grondwaterwinning in kwelrijke gebieden;
- Recreatie: wandelpaden, kanoën op de beken, ...;
- Energiegewassen: Maaisel uit de vallei kan gebruikt worden in de biovergister.

Komberging

De Getijdenschelde werd vanaf de middeleeuwen ingesnoerd door systematische inpolderingen. Het aanleggen van kombergingen zorgt ervoor dat de rivier weer meer ruimte krijgt bij springtij en piekdebieten. Door het aanleggen van kombergingsgebieden krijgt het water meer ruimte en worden de waterstanden in de rivier verlaagd. Hierdoor wordt de kans kleiner dat de rivier elders buiten haar oevers treedt en er vitale economische of maatschappelijke gebieden overstroomd (Maris et al., 2008). In sommige gevallen houdt komberging nauw verband met het verbeteren van de waterkwaliteit, door bijvoorbeeld een filterende werking van het rivierwater.

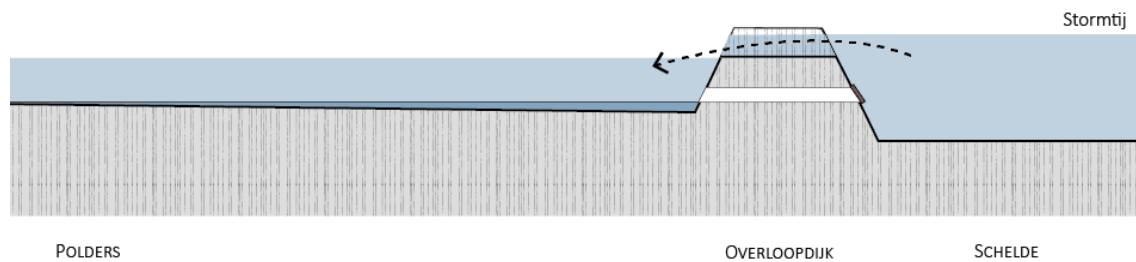
Ruimtelijke principes

- Ontpolderen: Door het weghalen van dijken krijgt de rivier een grote oppervlakte aan stroomgebied terug. Hierdoor verdwijnen bestaande landbouwfuncties maar doen zich kansen voor om nieuwe vormen van landgebruik gekoppeld aan de getijdenwerking te ontwikkelen.
- Gecontroleerd Overstromingsgebied met gereduceerd getij (GOG/GGG): Door de aanleg van een aangepast sluizen- en dijkenstelsel kunnen bestaande polders worden heringericht tot gecontroleerde overstromingsgebieden met een gereduceerd getij. Er wordt een plaatselijke dijkverlaging verricht tot een bepaald drempelniveau, de zogenaamde overloopdijk. Dit drempelniveau zorgt ervoor dat de bij vloed polder zich vult met water. Bij eb zakt het waterniveau opnieuw tot een normaal peil en wordt het water door de sluizen gravitair afgevoerd. Door de juiste milieucondities te creëren kunnen de GOG/GGG polders worden ontwikkeld tot slikken en schorren.

Nevendiensten

- Denitrificatie van oppervlaktewater/verbetering waterkwaliteit
- (Alternatieve) landbouw

Figuur 52: Komberging



Waterkwaliteit

Het verbeteren van de waterkwaliteit van grondwater en oppervlaktewater is een van de hoofddoelen van de Europese Kaderrichtlijn Water. Onder waterkwaliteit wordt hier zowel de kwaliteit van oppervlaktewater als van grondwater verstaan. Er zijn verschillende ecosysteemdiensten die gebruikt kunnen worden om de verschillende aspecten van de waterkwaliteit te verbeteren.

- Denitrificatie van landbouwafvalwater
- Zuiveren van oppervlaktewater
- Diepe infiltratie voor grondwaterwinning

Denitrificatie van landbouwafvalwater

Gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen zorgen er voor dat afstromend en infiltrerend regenwater op een akker tal van nutriënten en vervuilingen met zich meeneemt. Landbouwwater kan gezuiverd worden door de aanleg van een moerasbufferstrook (afdeling Bos en Groen, n.d.). Dit is een weinig technische, maar zeer efficiënte en onderhoudsarme methode van zuivering. Een bufferstrook van 3,5 meter kan al een reductie van 75 procent teweeg brengen op de emissie van gewasbeschermingsmiddelen (Spoelstra and Truien, 2010). Bij de aanleg moeten de hoogte, dichtheid en groei van het gewas in acht worden genomen, riet is hierbij een van de beste vanggewassen. Ondergrond en reliëf spelen ook een belangrijke rol in de werking. Bufferstroken werken voor buffering van zowel nitraten als fosfaten, hoewel ze voor de akkerbouw beter werken als voor de veehouderij. Naar kosten en baten zijn deze stroken het meest interessant, afgezet tegen meer technische, duurdere (helofyt)filtersystemen (Spoelstra and Truien, 2010). De bufferstrook kan ook gebruikt worden voor hemelwaterafvoer van woningen en straten maar voor meer vervuild water is dit systeem niet effectief.

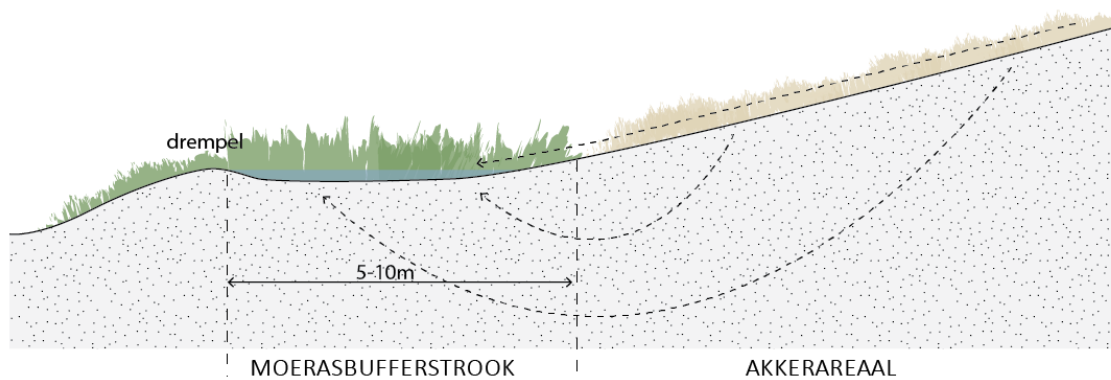
Ruimtelijke principes

De bufferstrook is over het algemeen het meest effectief wanneer aan de volgende criteria wordt voldaan:

- Breedte 5-10 m
- Gras/riet maaien en afvoeren
- Oppervlakkige afstroming wordt geblokkeerd door een drempel

(naar Spoelstra and Truien, 2010)

Figuur 53: Moerasbufferstrook



Nevendiensten

De moerasbufferstroken hebben, mede door hun natuurlijke karakter, vele bijkomende economische en maatschappelijke voordelen:

- Inrichting van bufferstroken voor natuurlijke plaagregulatie
- Afgevoerd maaisel kan gebruikt worden als energiegewas
- Inzaaien van bufferstroken met bloemenmengsel voor pollinatie van landbouwgebieden
- Recreatie: Wandel en fietsroutes langs of door de bufferstroken

Zuiveren van oppervlaktewater

Door tal van oorzaken kan de kwaliteit van het oppervlaktewater sterk afnemen. Afstromend water van een intensief bemeste akker leidt bijvoorbeeld vaak tot eutrofiëring van oppervlaktewater. De aanleg van brede ecologische oeverzones verbetert het zelfregulerend vermogen van beken en sloten en kan de eutrofiëring in het oppervlaktewater tegengaan. Een ecologische oeverzone kan worden aangelegd volgens het principe van een plasdras-berm (afdeling Bos en Groen, n.d.).

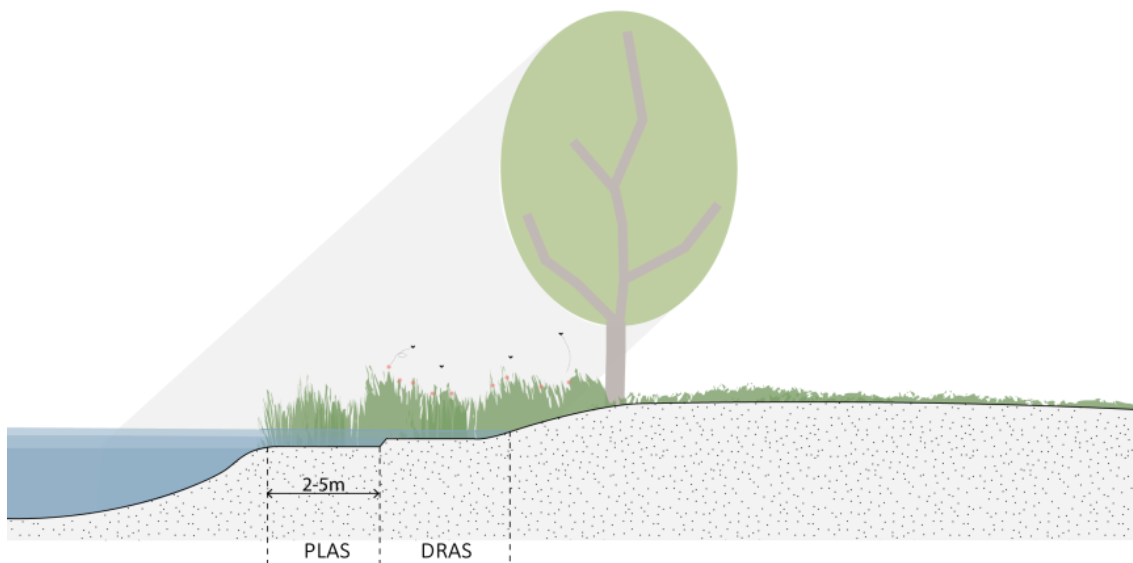
Ruimtelijke principes

- Een plasberm van 2-5 meter breed en een waterdiepte die gedurende de seizoenen varieert tussen 10 en 50 cm. Hier kan zich een verlandingsvegetatie ontwikkelen van Riet, Rietgras, Mattenbies en Grote en Kleine lisdodde;
- Een drasberm met een diepte tussen 0-20cm, de breedte is vrij bepaalbaar. De drasberm staat maximaal 150 dagen per jaar onder water;
- Aanplant van opgaan beplanting en bomen als landschappelijke elementen. Het beschaduen van de beek draagt bij aan een verbetering van het zelfregulerend vermogen van het water, zolang er ook voldoende open stukken zijn.

Nevendiensten

- Langsberging: De drasberm is zeer geschikt om in te zetten in een systeem van winter/zomerbed
- Pollinatie: Bloeiende soorten in de plas-drasberm kunnen zorgen voor een verbeterde pollinatie in een landbouwgebied
- Natuurlijke plaagregulatie: De plasdrasbermen kunnen fungeren als leefgebieden voor plaagregulerende soorten

Figuur 54: Plas-dras oever



Diepe infiltratie voor grondwaterwinning

De levering van grond- en oppervlaktewater voor drinkwater wordt beschouwd als een belangrijke ecosysteemdienst. Vaak worden diepe grondwaterlagen aangeboord om water van hoge kwaliteit op te pompen voor gebruik als drinkwater. Deze diepe grondwaterlagen vinden hun oorsprong ver van de plek van oppompen.

Door in te zetten op het herstellen van de regionale samenhang tussen infiltratie- en kwelstromen kan op een meer duurzame manier van grondwaterwinning worden ontwikkeld. Om een dergelijk systeem te creëren en te optimaliseren moet er ingezet worden op diepe en geleidelijke infiltratie door middel van wadi's of andere infiltratievoorzieningen. Hierbij moet voorzichtig worden omgegaan met bestrijdingsmiddelen en meststoffen (afdeling Bos en Groen, n.d.). Deze kunnen namelijk het drinkwater verontreinigen. Daarom zitten er randvoorwaarden aan het landgebruik in infiltratiegebieden voor grondwaterwinning.

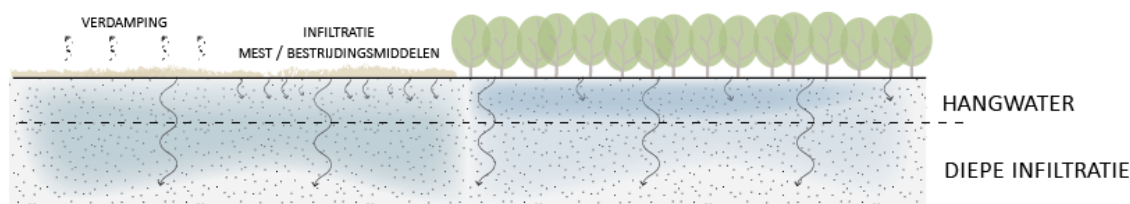
Ruimtelijke ingrepen/voorwaarden

- Extensief landgebruik zonder bestrijdingsmiddelen of meststoffen, bij voorkeur loofbos vanwege haar kwaliteit om water vast te houden.
- Geleidelijke infiltratie van hangwater naar diep grondwater voor optimale filtering
- Zo min mogelijk onttrekking van oppervlakkig grondwater in het infiltratiegebied. Dit onttrekken gebeurt indirect ook door de aanleg van grachten (afdeling Bos en Groen, n.d.)

Nevendiensten

- Houtproductie
- Recreatie

Figuur 55: Loofbos geniet de voorkeur boven intensieve landbouw



Landbouw

Door toenemende opschaling en intensivering van de landbouw zijn vele karakteristieke landschapselementen gaandeweg uit het (Vlaamse) landschap verdwenen. Deze elementen vormden meer dan eens een habitat voor tal van plant- en diersoorten die waardevolle (maar vaak onbekende of onderschatte) ecosystemendiensten leverden voor de landbouw. Gaandeweg zijn ook deze diensten uit het landschap verdwenen, hoewel ze een erg belangrijke rol spelen in de landbouw en het grotere landschapssysteem. Naar de toekomst is het daarom zaak om te streven naar een systeem waarbij deze ecosystemendiensten ingepast kunnen worden in de intensieve en grootschalige landbouw. Dit zal aanpassingen vergen aan de huidige intensieve landbouw, maar met als resultaat dat deze landbouw een sterke verduurzaming ondergaat.

Bestuiving/Pollinatie

Voor de bestuiving van veel gewassen is de landbouw afhankelijk van bijen en andere bestuivende insecten zoals vlinders. Naast honingbijen spelen dus ook vele wilde insecten een belangrijke rol in de pollinatie van landbouwgewassen (Adamson et al. 2012 en Garibaldi et al. 2013 in: Luske and Janmaat, 2015). Daarmee leveren zij een belangrijke (economische en maatschappelijke) ecosystemdienst. Veel van deze soorten hebben het echter moeilijk. De oorzaken hiervoor zijn onder andere Intensivering van landgebruik en landbouw, hieraan gelieerde fragmentatie en degradatie van het landschap en de blootstelling aan pesticiden (Biesmeijer, 2012 en Kremen et al. 2002 in: Luske and Janmaat, 2015). Tal van landschappelijke elementen met daarin bloemen en bloeiende heesters en bomen zijn in de loop van tijd verdwenen (akkerlanden, houtkanten, ..) en van enkel landbouwgewassen kunnen veel insecten niet leven. Door het terugbrengen van deze elementen, kunnen veel insecten geherintroduceerd worden in het landbouwsysteem. Wanneer dit op een gestructureerde manier gebeurt kan er een bestuivingsmix tot stand worden gebracht die leidt tot een veerkrachtig systeem (Luske and Janmaat, 2015).

Ruimtelijke principes

Een patchwork van kleine landschapselementen kan bijdragen aan de verduurzaming van het huidige landbouwsysteem. Het patchwork bestaat uit de volgende elementen (naar Luske and Janmaat, 2015):

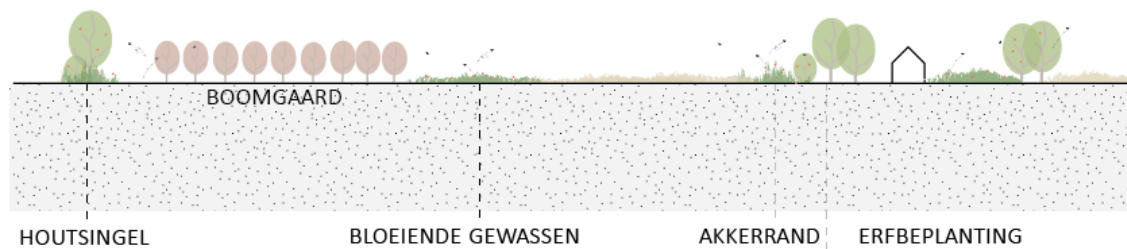
- Erfbeplanting: Afwisselende biotoop van inheemse bomen, struiken en kruiden met lange bloeiperiode en geschikt als drachtplanten
- Houtsingels: Afwisselende biotoop van inheemse bomen, struiken en kruiden met lange bloeiperiode, bloei stimuleren door niet snoeien
- Bermen en akkerranden: Mix van inheemse kruiden, gefaseerd te maaien, maaisel afvoeren
- Slootkanten: Aanleg van een natuurvriendelijke oever als geschikte habitat voor wilde bijen

- Gevarieerde akkerbouw: naast klassieke landbouw toevoeging van bijvoorbeeld koolzaad (energiegewas).

Volgende soorten zijn onder andere geschikt voor aanplant (naar Luske and Janmaat, 2015):

- Bomen: Linde, liguster, wilg, veldesdoorn
- Meerjarigen: Vlinderbloemigen
- Kruiden: Phacelia, koolzaad, witte klaver en paardenbloem, Kamille, Kaasjeskruid, Ridderspoor

Figuur 56: Bestuiving



Nevendiensten

- Natuurlijke plaagregulatie in houtsingels en erfbeplanting
- Energiegewassen: Maaisel van bermen en akkerranden; Koolzaad
- Beschaduwten van woonerf
- Hitte eiland effect: Sturen van luchtstromen door houtkanten
- Zuiveren van oppervlaktewater: natuurvriendelijke oevers

Natuurlijke plaagregulatie

Voor de bestrijding van plagen worden in de landbouw vaak bestrijdingsmiddelen ingezet. Deze bestrijdingsmiddelen zorgen echter voor vervuiling van afstromend en infiltrerend water en vervuiling van de bodem. Bovendien is uit verscheidene onderzoeken gebleken dat bij gebruik van bestrijdingsmiddelen slechts 20 % effectief wordt opgenomen, terwijl de rest op niet bedoelde oppervlakken en componenten terecht komt (MIRA, 2010). Door het inzetten van natuurlijke plaagregulatie ontstaat een geïntegreerde gewasbescherming die tegelijkertijd vervuiling van grondwater en oppervlaktewater voorkomt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het zelfregulerend vermogen van een ecosysteem door het voorkomen van natuurlijke inheemse vijanden te stimuleren. Een succesvolle aanpak leidt tot een verminderd gebruik van pesticiden en een lagere milieubelasting (Meiersonne and Turkelboom, 2012). Het stimuleren van een geïntegreerde gewasbescherming heeft dus positieve effecten op zowel de landbouwbodem als het ecosysteem.

Voor een integrale gewasbescherming is een groenblauw netwerk cruciaal. Uit onderzoek is gebleken dat landschappen met een sterk groenblauwe dooradering een evenwichtiger ecosysteem hebben ten aanzien van plaaginsecten en natuurlijke vijanden dan landschappen waar een dergelijke netwerk afwezig is (Geertsma et al., 2006).

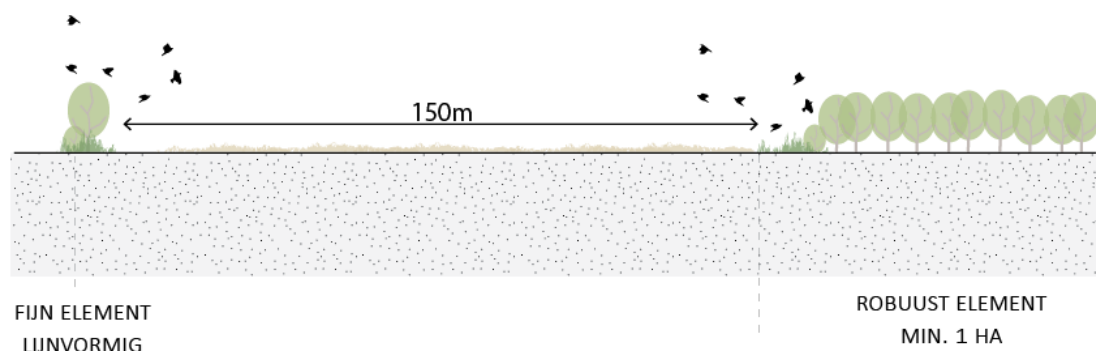
Vanwege het beperkte leefgebied van veel plaagregulerende soorten is een fijnmazig groenblauw netwerk effectiever dan in een landschap met een beperkte groenblauwe dooradering (Geertsma et al., 2006). Er worden twee soorten landschapselementen die natuurlijke plaagbestrijding stimuleren onderscheiden: robuuste elementen (bosjes, lange wegbermen, ..) die fungeren als brongebied vanwaar soorten zich

verspreiden en fijne elementen (akkerranden, greppels, ..) die fungeren als leefgebied en die de fijnmazigheid van het netwerk bepalen. Robuuste elementen hebben een bereik tot 1000m, het bereik van fijnmazige elementen is slechts 75 m. Dit levert de volgende technische vereisten op (Geertsma et al., 2006):

Ruimtelijke principes

- Grootte leefgebieden: lijnvormig – 3,5m breed, robuust element: 1 ha of lijnvormig 35m breed
- Dichtheid fijne landschapselementen in aanwezigheid robuust element: maximale afstand van 150 meter
- Dichtheid fijne landschapselementen zonder robuust element in de nabijheid: maximale afstand 100 meter

Figuur 57: Natuurlijke plaagregulatie



Nevendiensten

- Bestuiving/Pollinatie
- Energiegewassen: Maaisel van bermen en akkerranden
- Zuiveren van oppervlaktewater: Natuurvriendelijke oevers
- Beschaduwden van woonerf

Erosiebestrijding

Bodembedekkingsgraad is cruciaal en planten en gewasrestanten spelen een belangrijke rol in voorkoming van bodemerosie. Het wortelsysteem zorgt voor een hogere schuifweerstand en een kleine afdaling in bedekkingsgraad heeft daardoor een groot gevolg voor de erosiegevoeligheid (Verbist et al., 2004).

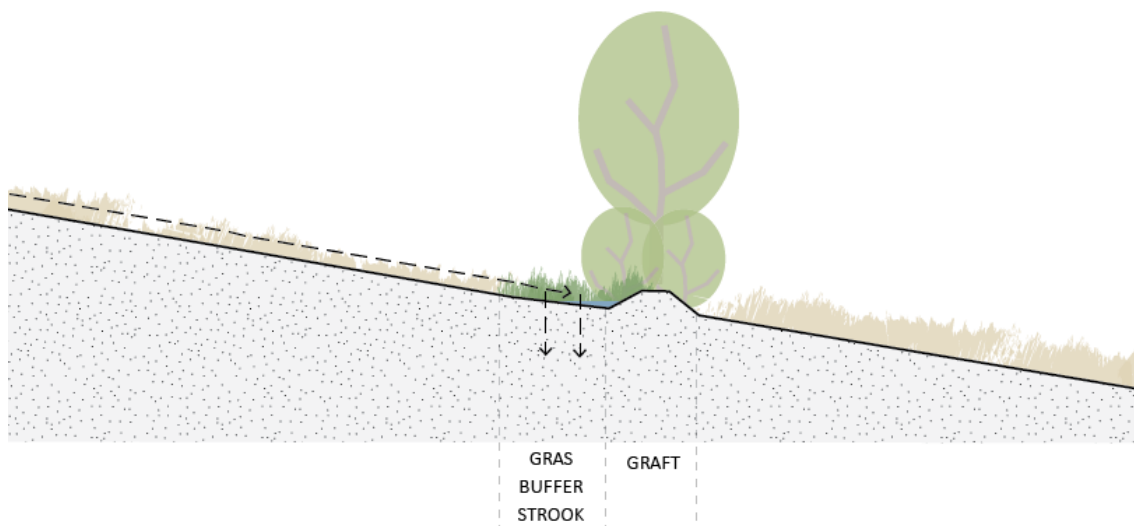
Bodemerosie in Vlaanderen is meestal het gevolg van grootschalige intensieve akkerbouw op zeer erosiegevoelige, hellende bodems. De toplaag van deze bodems is meestal zandlemig tot lemig. Vroeger werden deze bodems ook gebruikt voor landbouw maar werden landschappelijke elementen zoals graften en houtwallen gebruikt om erosie te voorkomen. Door toenemende intensivering en schaalvergroting zijn deze landschappelijke elementen geleidelijk uit het landschap verdwenen.

Het is nu zaak om een aantal van deze elementen in te passen in de intensieve landbouwsystemen. Er zijn tal van technieken beschikbaar die boeren helpen in de bewerking van hun land op een manier die erosie voorkomt. Daarnaast kan er door geringe omvorming van het landschap veel winst worden behaald.

Ruimtelijke principes

- Houtkanten, heggen en hagen: zorgen voor afremmen van afstromend water. Hierdoor treedt sedimentatie en infiltratie op. Voorwaarden:
 - de aanleg van houtkanten, heggen en hagen gebeurt vrijwel parallel aan de hoogtelijnen
 - onderbreking van de elementen om het water door te laten is noodzakelijk
 - er dient een voldoende dichte ondergroei aanwezig te zijn
- Grasbufferstrook: zorgen plaatselijk voor een verruwing van de bodem waardoor het water afgeremd wordt en infiltratie en sedimentatie wordt gestimuleerd.
 - best aangelegd onder aan een perceel
 - breedte is afhankelijk van de helling
 - brede bufferstroken raken minder snel verzadigd

Figuur 58: Erosiebestrijding



Nevendiensten

- Bestuiving/Pollinatie
- Natuurlijke plaagregulatie
- Energiegewassen: Maaisel van bermen en akkerranden
- Zuiveren van oppervlaktewater
- Recreatie

Milieu

De toenemende verstedelijking en aanleg van infrastructuur heeft geleid tot een ingrijpende effecten op de woonomgeving. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen drie typen van milieueffecten:

- de toename van het hitte-eiland effect
- de verslechtering van de luchtkwaliteit
- de toename van geluidsoverlast.

Ecosysteemdiensten kunnen een belangrijke rol spelen in het milderen van de bovenstaande milieueffecten.

Hitte-eiland effect

Het hitte-eiland effect ontstaat met name in de stedelijke gebieden. De open ruimte aan de stadsrand kan een belangrijke rol spelen in de reductie van het hitte-eiland effect. Open landschappen worden gekenmerkt door relatief sterke schommelingen in temperatuurverschillen per etmaal. Hierdoor worden deze gebieden belangrijke producenten van koude luchtstromen (Lenzholzer, 2013). Rondom steden kunnen deze koude luchtstromen een belangrijke bijdrage leveren aan het reduceren van het hitte-eiland effect, mits de koude luchtstromen gestuurd kunnen worden richting de stad. Met name in heuvelachtige gebieden, zoals rondom de stad Brussel, kunnen dalwinden gebruikt worden om koude luchtstromen de stad in te sturen.

Ruimtelijke principes

Voor de buffering van het hitte-eiland effect kunnen er zes ruimtelijke principes worden onderscheiden (Couderé et al., 2016):

- Ontharden
- Bebossen
- Ventileren
- Warmteopname beheersen
- Ruimte voor water
- Afschermen

Luchtkwaliteit

Groen kan een belangrijke rol vervullen bij de bestrijding van luchtvervuiling. Bomen vangen stikstofdioxide, ozon, ammoniak, zwaveldioxide en vluchtige organische stoffen op; ze vangen vervuiling af via huidmondjes op de bladeren. Welke stoffen het best kunnen worden afgevangen hangt af van de soort boom en de bladersoort (Hiemstra et al., 2008).

Ruimtelijke principes

- Invloed van de vegetatie
 - Brede, dunne bladeren zijn zeer effectief voor het afvangen van stoffen. Bladeren met een dikke huidlaag vangen veel vluchtige organische stoffen weg. Bomen met ruwe, harige bladeren vangen fijn stof op. Door de grotere omvang, onderscheppen bomen fijn stof beter dan bijvoorbeeld struik en kruidachtigen. Interceptie vindt plaats op het moment dat het fijn stof contact maakt met het groen. Een onregelmatige opbouw van de vegetatie zorgt voor meer turbulentie in de lucht waardoor er meer contactmomenten kunnen ontstaan. Hierbij zijn vegetatie-eigenschappen zoals de

ruwheid van het oppervlak essentieel. Fijn stof hecht zich beter aan een bladoppervlak dat plakkerig, ruw en harig is, zeker als het vochtig is. Daarnaast zorgt de elektrostatische lading die vegetatie kan hebben, ook voor een groter interceptievermogen. De houtige delen van vegetaties dragen ook bij aan de interceptie, hierbij is de takstructuur van belang. Een deel van het fijn stof komt niet meer los van het blad. Een ander deel van het fijn stof kan als gevolg van hevige wind en regen loskomen. Dit deel komt in de lucht terecht of spoelt met het water weg of hecht zich aan andere oppervlakten. Gegevens over dit verwaaiings- en afspoelingspercentage zijn beperkt bekend. In berekeningen worden hierom veilige marges ingebouwd. Wetenschappers gaan uit van 50% resuspensie; dit wil zeggen dat van de totale hoeveelheid fijn stof die een boom opneemt, de helft weer verwaait naar de lucht. Bij afspoeling komt fijn stof niet terug in de lucht maar in de bodem. De mate van afspoeling varieert per plantensoort (Hiemstra et al., 2008).

Tabel 11. Afvangen van verschillende vormen van verontreiniging door uiteenlopende vegetatietypes

Soort verontreiniging	Mechanisme	Geschikte bladkenmerken
Ozon, stikstofdioxide	Absorptie	Platte en brede bladeren van loofbomen
Vluchtige organische stoffen (PCB's, dioxinen, furanen)	Adsorptie	Dikke en vetachtige waslaag (cuticula) op blad, vooral bij naaldbomen
Fijn stof (PM10)	Impactie; Fijn stof valt of waait als het ware op het blad	Spitse vorm zoals naalden van naaldbomen. Ruwe, behaarde en plakkerige bladeren van loofbomen.

Bron: (Hiemstra et al., 2008).

Geluidregulatie

Vegetatie en bodem hebben gemiddeld maar een bescheiden invloed op de regulatie van het geluidniveau. Weinig vegetatie dempt weinig en bij veel vegetatie buigt geluid er overheen. Vegetatie absorbeert invallend geluid nauwelijks bij beperkte afstanden. Wel kan voldoende dichte vegetatie het geluid goed verstrooien.

Ruimtelijke principes

Voor het reguleren van geluidsoverlast er volgende ruimtelijke principes worden onderscheiden (Van den Berg, n.d.):

- **Demping op kleine afstanden (<100 m)**
Bij dichte vegetatie dempen bomen het geluid met maximaal 2 dB bij lage frequenties tot ca. 10 dB bij hoge frequenties. De demping ten gevolge van de bodem is bij frequenties onder ca. 100 Hz nihil en bij hogere frequenties gering. Bij metingen werden reducties op het totale geluidniveau gevonden van 1 tot 3 dB bij een enkele rij bomen of struiken, en van 3 tot 8 dB bij meer uitgebreide, dichte vegetatie (Samara and Tsitsoni, 2011).
- **Extra demping: grote afstanden (> 300 m)**
In principe is het effect van bomen en bodem op de demping groter bij grotere afstanden omdat het geluid op grotere afstand meer bomen en bodem tegenkomt. Maar de invloed van de atmosfeer wordt belangrijker. Bij meewind (en als de temperatuur naar de bodem toe lager

wordt) buigt het geluid over de vegetatie heen, dus de vegetatie heeft daardoor toch weer minder invloed. Alleen de vegetatie dichtbij de bron en dichtbij de waarnemer draagt dan nog bij aan extra demping. Bij tegenwind (en als de bodem warmer is) kan vegetatie meer invloed hebben, maar als het geluid al zover omhoog wordt gebogen dat er geen direct geluid meer invalt is het geluidniveau daardoor al veel lager en is de vegetatie zelf weer van gering belang. Los daarvan wordt op grotere afstand geluid met hogere frequenties toch al sterk geabsorbeerd, waardoor de extra demping bij hoge frequenties door vegetatie van ondergeschikt belang is (Van den Berg, n.d.).

- **Invloed van de bodem**

Geluid wordt door een harde bodem, zoals verharding of een bevroren bodem, en door water geheel gereflecteerd. Als de bodem los is, met veel poriën, zal er wel geluid geabsorbeerd worden. Door een luchtige oppervlaktelaag, zoals bij pas geploegd land of de strooisellaag in bos, zal geluid goed worden geabsorbeerd. Dat geldt vooral voor hogere geluidsfrequenties, laagfrequent geluid wordt veel minder door de bodem geabsorbeerd. De geluidsdemping van een bos wordt vooral veroorzaakt door de goed absorberende strooisellaag (Huisman, 1990).

- **Invloed van de vegetatie**

Als geluid op een boom of struik valt wordt dat geluid nauwelijks geabsorbeerd. In een bos wordt met toenemende diepte het invallende geluid wel steeds meer verstrooid door reflectie tegen de stammen en takken. Dit zorgt voor een afname van het niveau van het geluid omdat er minder direct doorgaand geluid is. Maar er is weer een extra bijdrage van bomen buiten het directe pad dat het geluid volgt, die ook geluid verstrooien. De verstrooiing treedt vooral op bij hoogfrequent geluid. Laagfrequent geluid buigt om de takken en stammen heen.

Bladeren dempen het geluid nauwelijks of niet omdat ze veel te licht zijn: ze trillen gewoon mee met het opvallende geluid en geven dat vrijwel zonder verlies door. Bij takken met dicht op elkaar staande naalden kan de absorptie wat groter zijn.

Groene afscherming is eigenlijk alleen bij een dichte laag effectief. Een scherm van wilgen of begroeid met klimop is op zichzelf niet voldoende dicht. Dat kan wel als de begroeiing dient ter verfraaiing van een (bijv. metalen of stenen) scherm (Van den Berg, n.d.).

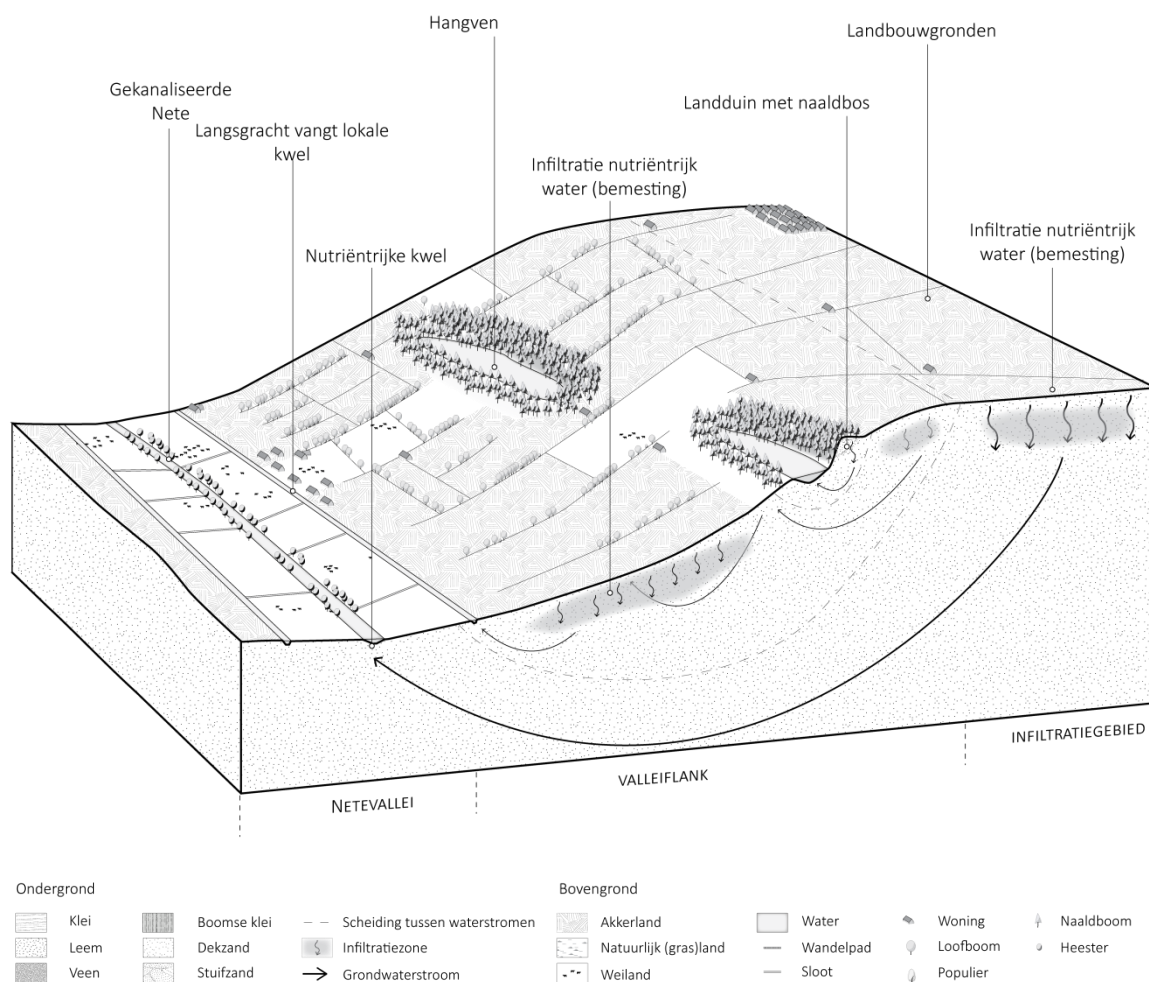
Gidsmodellen per ecoregio

In de gidsmodellen wordt d.m.v. ontwerpend onderzoek gezocht naar synergieën tussen verschillende ontwerpprincipes enerzijds en een gebied specifieke vertaling van ontwerpprincipes anderzijds. Deze gebied specifieke vertaling van ontwerpprincipes heeft betrekking op de landschappelijke en geomorfologische context en de focus naar vraag en aanbod van de desbetreffende regio. Daarbij wordt zowel de ruimtelijke logica van het onderliggende landschapssysteem als de ruimtelijke logica van het grondgebruikssysteem in rekening gebracht en kunnen de potentiële synergieën tussen de verschillende ecosysteemdiensten ontwerpmatig onderzocht worden.

De Kempen

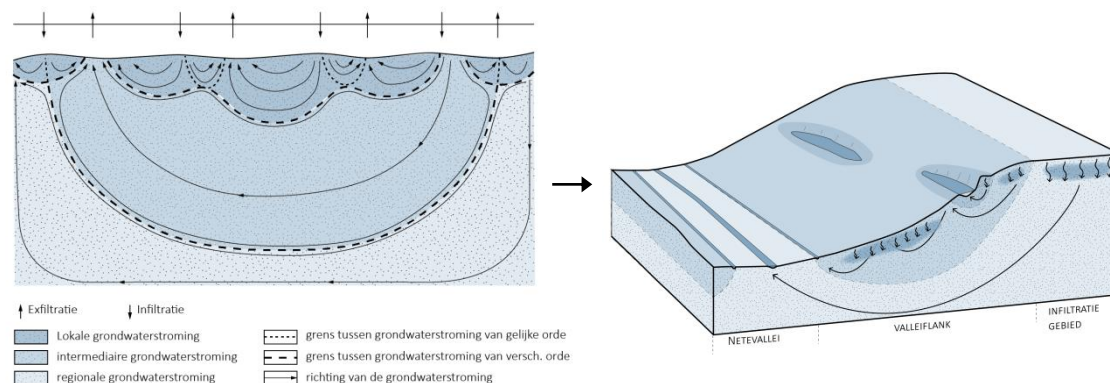
Bestaande situatie

Figuur 59: De Kempen, bestaande situatie



Figuur 60: Grondwaterstromen

Links: Model van grondwater volgens Toth, 1963 (Van Buuren, 1997); Rechts: Grondwaterstromen in de Kempen.



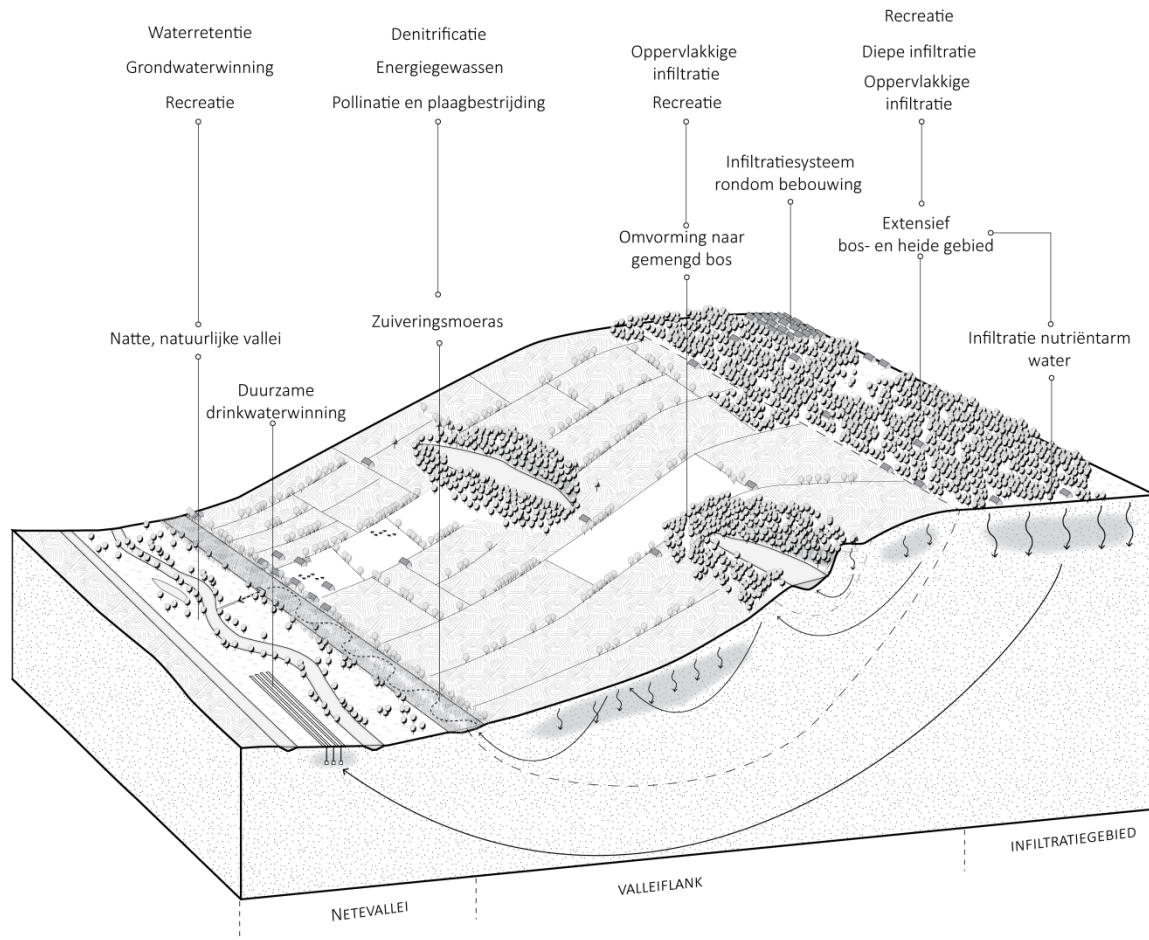
De zandgebieden van Vlaanderen en Nederland worden gekenmerkt door een complex hydrologisch systeem bestaande uit lokale, intermediaire en regionale grondwaterstromen die afzonderlijk van elkaar functioneren. Dit karakteristieke hydrologisch systeem is terug te vinden in de Kempen ter hoogte van het Metropolaan Kerngebied. De Grote en de Kleine Nete vormen twee parallel aan elkaar stromende rivieren die van oudsher belangrijke structuurdragers van het landschap vormen. Om de relatie tussen het actuele landgebruik en het onderliggende landschap te begrijpen introduceren we het concept van de hydrologische landschapsstructuur (Van Buuren, 1997). De hydrologische landschapsstructuur is de ordening van het landschap op basis van de stromingsprocessen van watersystemen. De hydrologische landschapsstructuur van de Kempen wordt gekenmerkt door een samenhangend systeem van hoger gelegen infiltratiegebieden op de zandgebieden en lager gelegen kwelgebieden in de beekvalleien. De tussenliggende valleiflank vormt vanuit hydrologisch oogpunt een intermediair grondwaterstelsel dat niet in contact staat met het regionale grondwatersysteem van infiltratie en kwel. Bovenop dit intermediaire grondwaterstelsel situeert zich een lokaal systeem van infiltratie en kwel dat gekoppeld is aan het microreliëf. Het historische landgebruik, bestaande uit een potstalsysteem met heide op de droge gronden, beemden in de beekdalen en akkers rondom de dorpskernen was afgestemd op deze hydrologische landschapsstructuur.

Het huidige landgebruik is grotendeels losgekoppeld van de hydrologische landschapsstructuur. De intensivering van de landbouw heeft het onderscheid tussen de infiltratiegebieden, de intermediaire gebieden en de kwelgebieden vervaagt. Een van de belangrijke ontwikkelingen hierbij was de aanleg van een stelsel van langsgrachten parallel aan de Netevallei zodoende de valleigronden optimaal te kunnen draineren. De Nete is grotendeels rechtgetrokken om het waterafvoerend vermogen te vergroten. De gekanaliseerde Nete en de langsgrachten zorgen voor versnelde afwatering bij extreme neerslag, hetgeen benedenstrooms tot waterproblemen kan leiden. Daarnaast zorgt de drainerende werking ervoor dat er weinig watervoorraad is in drogere periodes van het jaar. Het landgebruik in de Netevallei wordt gekenmerkt door intensieve veehouderij en akkerbouw. Daarbij werd een fijnmazig netwerk van drainagegrachten aangelegd om de vochtige kwelgronden geschikt te maken voor agrarisch landgebruik (Allaert et al., 2012).

Op de heuvelflanken en de infiltratiegebieden heeft zich een wildgroei aan bebouwing en infrastructuur voltrokken, die doorgaans geen rekening houdt met de historische landschappelijke structuren. Fragmentarisch zijn nog restanten terug te vinden van het oorspronkelijk kempisch landschap in de vorm van landduinen, hangvennen en heidefragmenten. Door het lokale karakter van inzijging en kwel zijn deze gebieden nog relatief onaangetast, hoewel de beplanting vaak bestaat uit naaldbos in plaats van het natuurlijke loofbos. De intensieve landbouw op de flanken en de heuvelruggen zorgt voor de input van nutriënten in de regionale grondwaterstromen. Dit heeft eutrofiëring en degeneratie van het kwelwater tot gevolg.

Gidsmodel

Figuur 61: De Kempen, gidsmodel



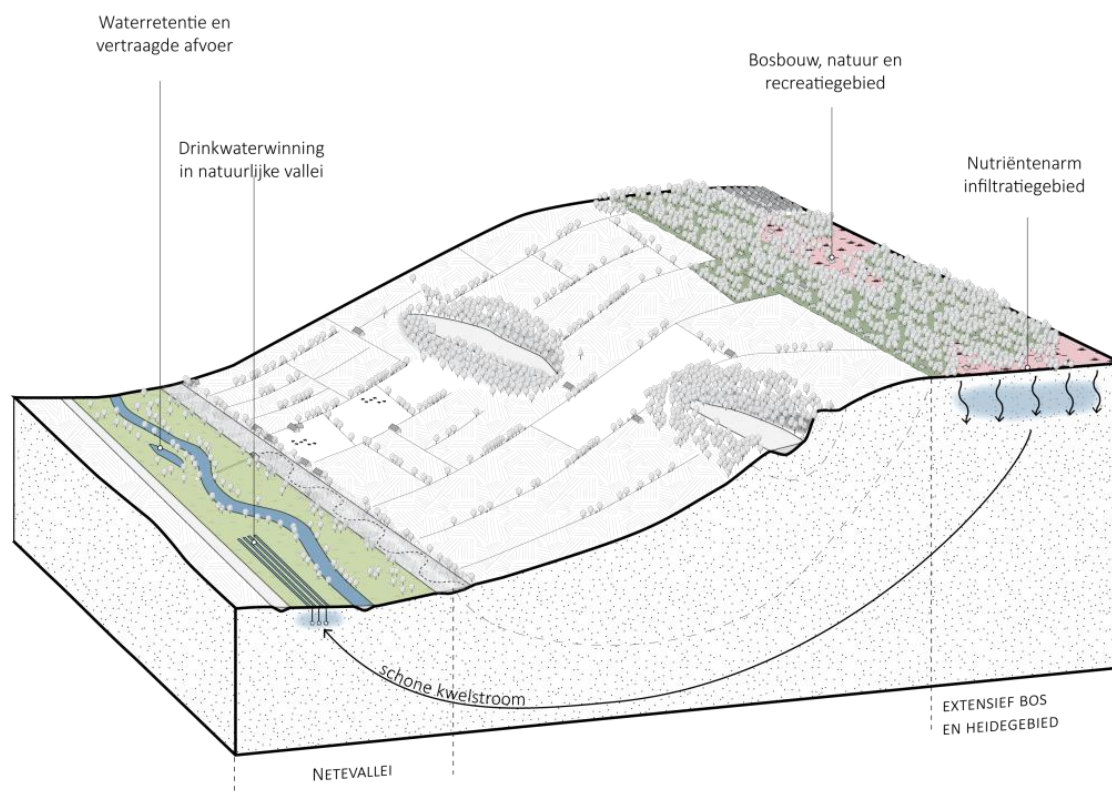
Het gidsmodel van de Kempen is gericht op het ruimtelijk afstemmen van huidige landgebruik op de hydrologische landschapsstructuur. Door het huidige landgebruik te herordenen op de kenmerken van het grondwatersysteem worden optimale milieuocondities gecreëerd voor een duurzaam landschap dat zich toespitst op landbouw, drinkwatervoorziening, waterbuffering en recreatie. Op lange termijn kunnen de infiltratiegebieden worden omgevormd tot bos- en heide gebieden waar maximale infiltratie kan plaatsvinden. De heuvelflanken kunnen geoptimaliseerd worden voor intensieve landbouw, terwijl de Netevallei ingericht kan worden voor waterbuffering, drinkwaterwinning en recreatie.

Herstellen van regionale grondwaterstromen

Door het extensiveren van het landgebruik op de infiltratiegebieden kunnen regionale grondwaterstromen op lange termijn worden hersteld. De kwelstroom in de vallei zou gedeeltelijk oppervlakkig kunnen worden afgevangen in functie van duurzame drinkwaterproductie. Hiervoor dient een gedeelte van de intensieve landbouw en veehouderij te worden omgevormd tot extensieve landbouw, gemengd loofbos of heide. Enerzijds zorgt deze omvorming voor een vertraagde infiltratie: bos houdt water beter vast dan akkerland. Anderzijds wordt de infiltratie van overmatige nutriënten en meststoffen beperkt, zodat een schone infiltratie ontstaat. Het loofbos kan gebruikt worden voor extensieve/duurzame bosbouwinitiatieven en er is bovendien volop ruimte voor de ontwikkeling van een recreatief netwerk.

De Netevallei kan op lange termijn worden omgevormd tot een grootschalig natuurlijke moerasgebied. De waterafvoer kan door hermeandering worden vertraagd. Een gedeelte van het zuivere kwelwater kan worden afgevangen voor drinkwatervoorziening. Daarbij wordt de omvang van de drinkwaterwinning afgestemd op de hoeveelheid water die wordt aangevoerd, waardoor betrokken grondwaterstromen slechts zeer minimaal worden beïnvloed. Dit in tegenstelling tot het huidige systeem van diepe grondwateronttrekkingen in de infiltratiegebieden dat de regionale kwelstromen verstoort.

Figuur 62: Herstellen regionale grondwaterstromen

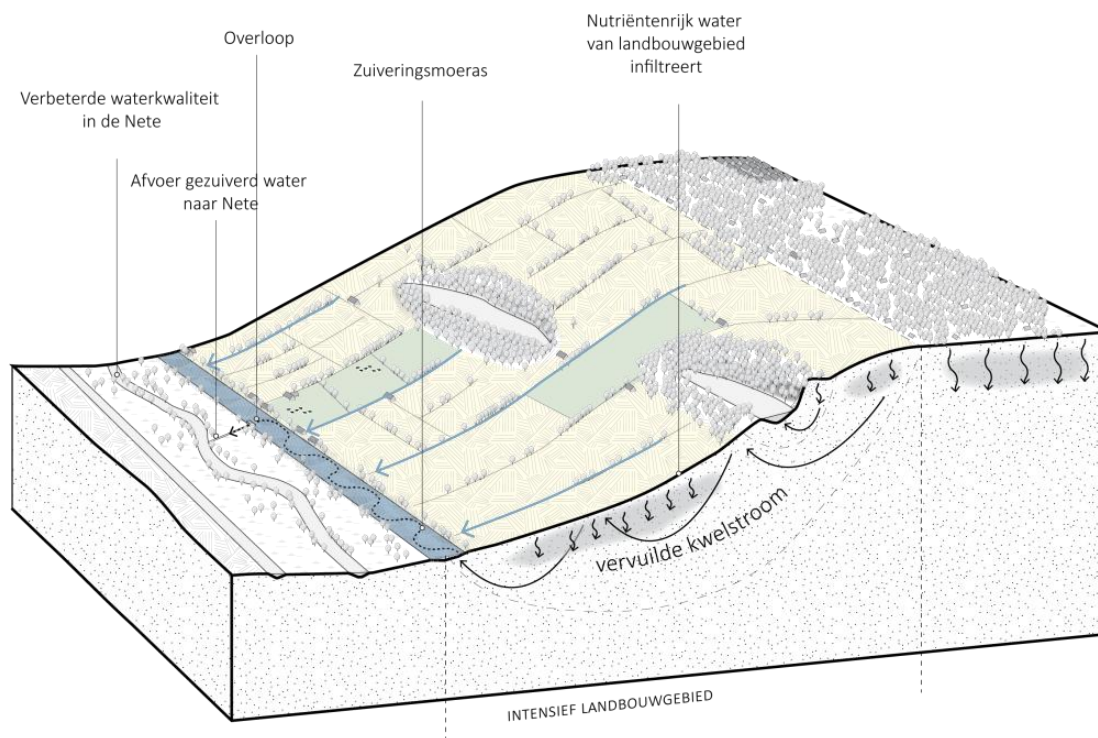


Isoleren van intermediaire grondwaterstromen

De valleiflank wordt vandaag grotendeels gebruikt voor intensieve landbouw en veehouderij. Door de inrichting van deze bedrijven te optimaliseren en te verduurzamen kan dit landgebruik in de toekomst gehandhaafd blijven. Dit betekent dat de intermediaire grondwaterstromen en het afstromend oppervlaktewater vervuild blijven met meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Het afstromend landbouwwater worden opgevangen in de langsgrachten. Deze langsgrachten worden voorzien van zuiveringsmoerassen waardoor het landbouwwater gezuiverd wordt alvorens benedenstroom aan te takken op de Nete.

Een bijkomend voordeel van de zuiveringsmoerassen is de aantrekkingskracht van de vegetatie op pollinerende en plaagbestrijdende fauna. Hierdoor verbeteren de opbrengsten en zijn minder vervuילende bestrijdingsmiddelen nodig. Het maaisel uit de zuiveringsmoerassen kan bovendien gebruikt worden in biovergisters en bioverbrandingsovens die de boerenbedrijven de kans bieden om duurzame energieproductie als nevenactiviteit te ontwikkelen.

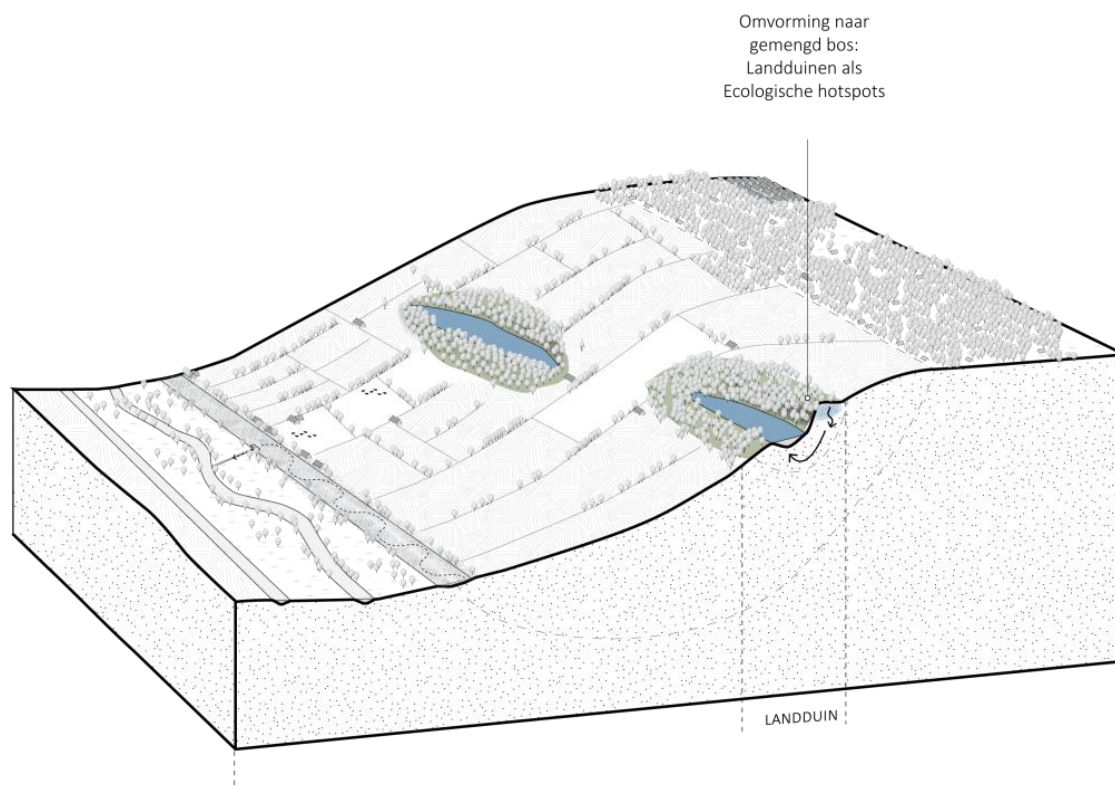
Figuur 63: Zuiveringssysteem van landbouwwater



Lokale grondwaterstromen

De historische landschapsstructuren zoals landduinen en hangvennen worden behouden. Hydrologisch functioneren deze gebieden als lokale watersystemen met een belangrijke ecologische en recreatieve waarde. De bossen en vennen hebben een functie als ecologische hotspot en stepping stone. Daarnaast huisvesten ze tal van plaagregulerende soorten en groeien er tal van planten voor bestuivende insecten. Door het omvormen van naaldbossen tot gemengd loofbos wordt de infiltratiecapaciteit van de bodems verbeterd bovendien. Landschappelijk gezien vormen de vennen en landduinen interessante relictten.

Figuur 64: Schone hangvennen en landduinen



Bebouwing

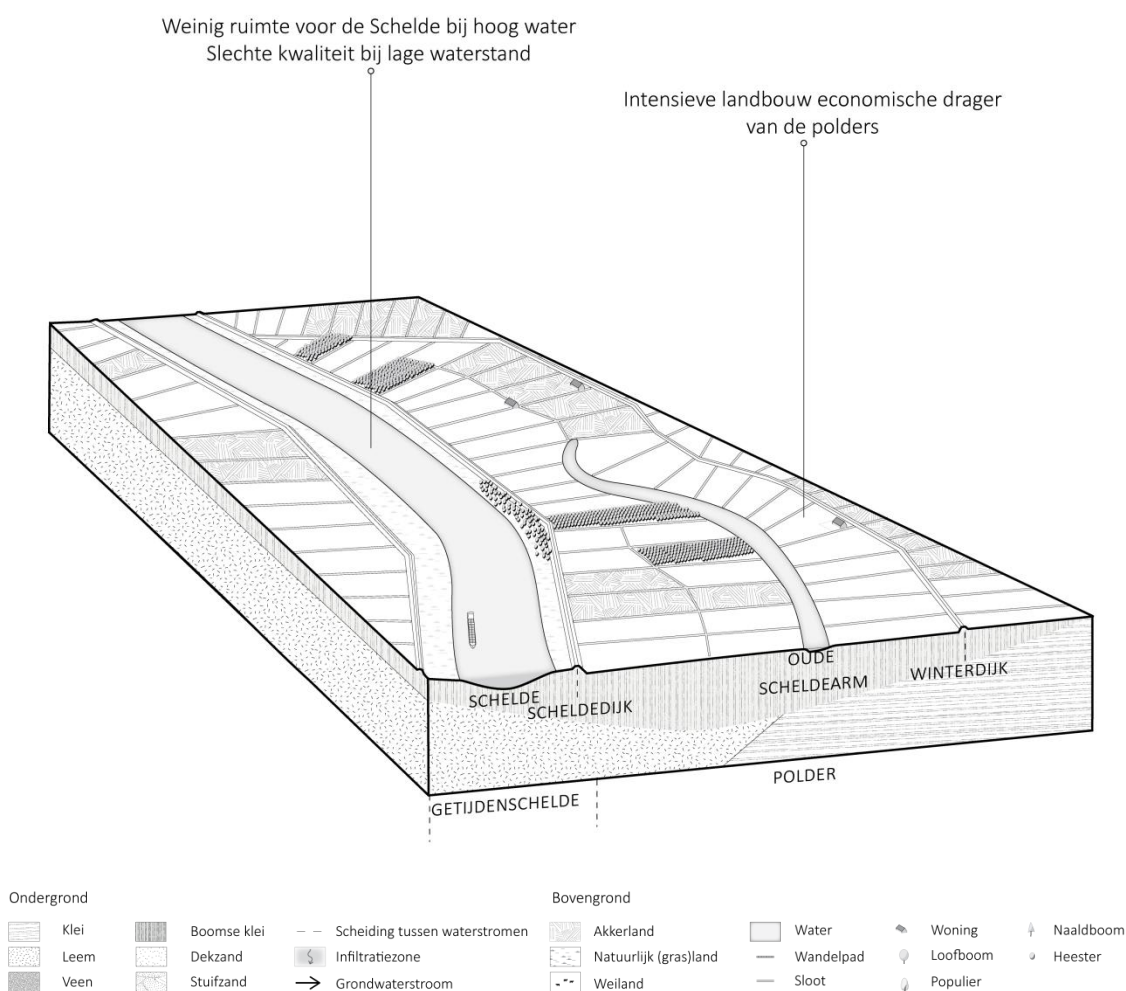
Verdere uitbreiding van de bestaande bebouwingskernen op de infiltratiegebieden en in de valleigebieden is ongewenst. Deze dient bij voorkeur te worden voorzien op de valleiflank langsheen de zuiveringsmoerassen, zodat ze aansluit op de historische bebouwingsstructuur. Verdichting in de bestaande bebouwingskernen is wel mogelijk mits strikte ruimtelijke voorwaarden. Voor de reeds bestaande bebouwingskernen in de infiltratiegebieden is het belangrijk om als het regenwater maximaal te laten infiltreren in functie van het voeden van de regionale grondwaterstromen. Dit kan gebeuren door de aanleg van infiltratievelden en wadi's rondom de dorpskernen. Versnelde afvoer moet beperkt blijven tot extremen situaties.

Daarnaast zouden de bebouwingskernen in de infiltratiegebieden kunnen worden voorzien van een gedecentraliseerd systeem van afvalwaterzuivering. In plaats van het afvalwater naar de stroomafwaarts gelegen waterzuiveringsinstallaties af te voeren, zou het ter plaatse kunnen worden gezuiverd en via een nazuivering in vloeivelden kunnen worden geïnfiltreerd in de bodem (Vissers, 1994).

Polders en Getijdenschelde

Bestaande situatie

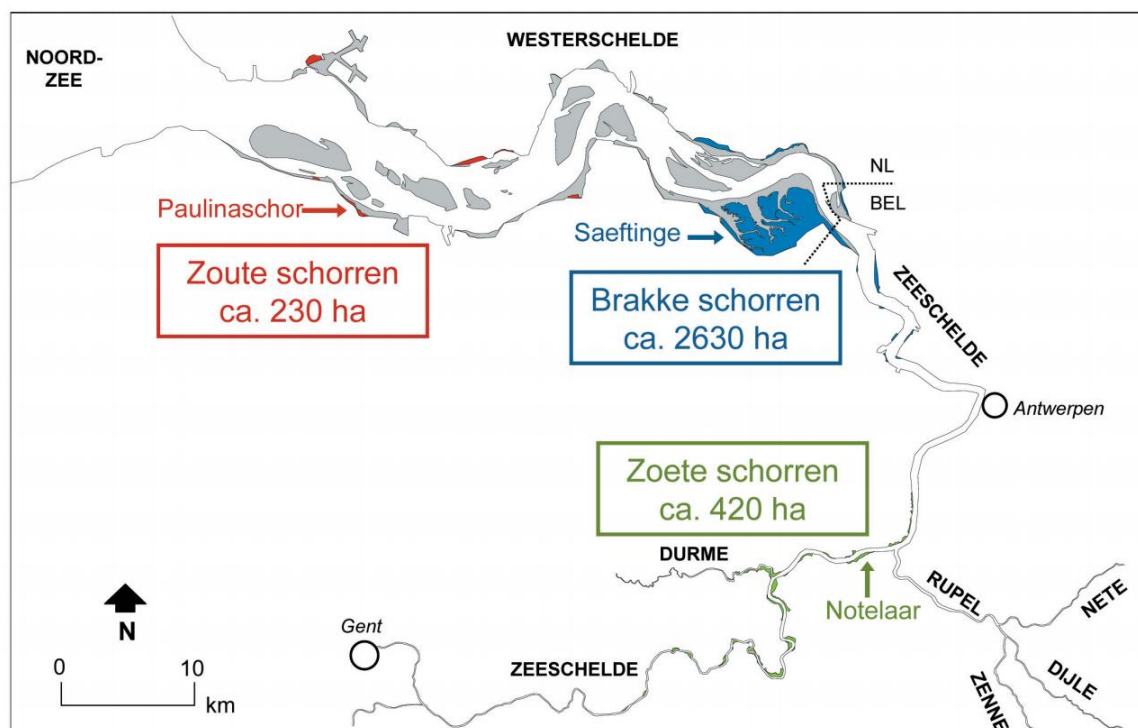
Figuur 65: Polders en Getijdenschelde, bestaande situatie



De ecoregio van de Polders en Getijdenschelde in het Metropolaan Kerngebied wordt gekenmerkt door een ondergrond van zware klei. Het reliëf in het gebied is vrijwel vlak met variaties tussen 1 en 4 meter TAW, waarbinnen plaatselijk microreliëf te vinden is van kreekruggen, krekken en schorren. Het water in de Getijdenschelde ondergaat een geleidelijke verandering van zout water aan de kust, via brakwater naar zoetwater meer landinwaarts. Deze geleidelijke overgang van zout zeewater naar zoet rivierwater in combinatie met de getijdenwerking genereert bijzondere ecologische condities waaronder zout-, brak-, en zoetwaterschorren.

Figuur 66: Schorren in de Getijdenschelde

Locatie van zout-, brak-, en zoetwaterschorren in de Getijdenschelde (Temmerman et al, 2007)



In de polders wordt de waterhuishouding kunstmatig geregeld, waarbij het oppervlaktewater door middel van een grachtenstructuur wordt afgevoerd. De polders zijn aangelegd in het natuurlijke overstromingsgebied van de Schelde en werden in verschillende tijdsperiodes bedijkt, hetgeen af te lezen valt aan de verschillen in de geomorfologie en relatieve hoogteligging tussen polders (Sevenant et al., 2002). Door deze aanleg gedurende meerdere periodes is de oppervlakte aan intergetijdengebieden stelselmatig afgenomen van 38% in 1900 tot 28% in 1990 (Maris et al., 2008). De Getijdenschelde heeft zo een relatief klein stroomgebied gekregen, met veel minder buffercapaciteit, hetgeen ervoor gezorgd heeft dat de waterstanden bij hoog water sterk toenemen, waardoor ook het risico op overstromingen groter is geworden (Maris et al., 2008). Bovendien zijn door de systematische inpolderingen veel natuurlijke schorren en kreken verdwenen. Dit verlies aan schorren en kreken zorgt ook voor een aanzienlijk verlies aan waardevol ecologische habitat en vormt een directe bedreiging voor enkele voor dit habitat kenmerkende flora- en fauna soorten.

Slikken en schorren hebben een zuiverend effect op het rivierwater en herstellen het evenwicht van de natuurlijke voedselketen. Schorren zetten in het water opgeloste nutriënten om in organisch materiaal en functioneren in die zin als een natuurlijke waterzuiveringsinstallatie. Tegelijk vormen ze een natuurlijke buffer tegen overstromingen en temperen ze de golfslag, zodat dijken minder druk ondervinden. Bovendien vangen slikken en schorren zand en slib af, zodat er minder vaak baggerwerken nodig zijn in de Schelde en haar zijrivieren (Sigmaplan, 2016)

Het landgebruik in de meeste polders bestaat uit intensieve landbouw en hoewel dit een belangrijke bron van inkomsten is, zorgt de afvoer van landbouwwater uit de polders in de rivier bovendien voor een degradatie van de waterkwaliteit. Daarnaast heeft de intensieve landbouw in de polders ook een schadelijk effect onder droge omstandigheden. Bij aanhoudende droogte dient in de polders van de bovenstroomse Getijdenschelde water te worden ingelaten om de landbouw te voorzien van voldoende water. Hierdoor kan het waterpeil in de bovenstroomse Getijdenschelde kritisch laag worden voor de scheepvaart. Klimaatverandering draagt er aan bij dat de waterstanden in de Schelde in natte periodes erg hoog zijn, met overstromingsrisico's tot gevolg. In droge periodes kan de waterstand zeer laag worden, zelfs zo laag dat landbouw en scheepvaart met elkaar moeten concurreren om het resterende

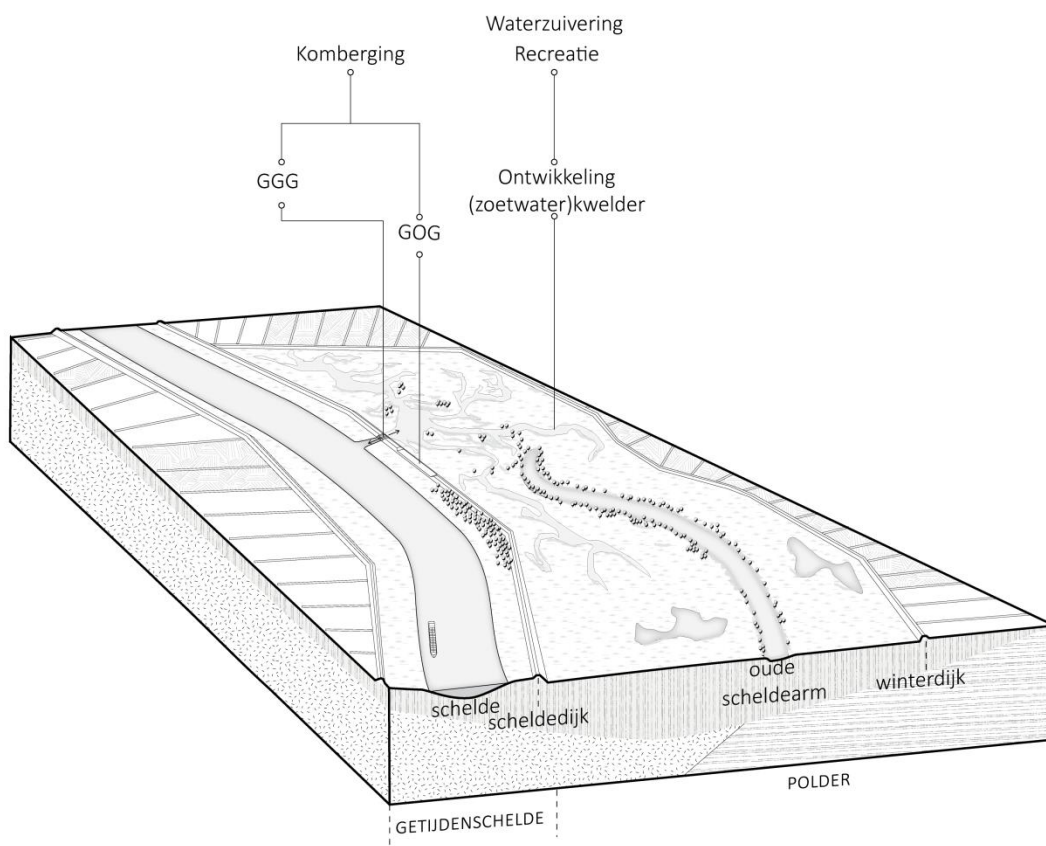
water in de Schelde. Wanneer er weinig water is, is de waterkwaliteit bovendien nog slechter, omdat de hoeveelheid vervuiling gelijk blijft.

Het gidsmodel Polders en Getijdenschelde is gericht op de verbetering van het getijdensysteem van de Schelde en het vergroten van de buffercapaciteit. Mede door het conflict tussen landbouw en ontwikkeling van kweldernatuur enerzijds en de noodzaak aan ontwikkelingsmogelijkheden voor beiden anderzijds, lijkt het niet wenselijk dat elke polder een zelfde ontwikkeling doormaakt. Daarom werden voor de Polders en Getijdenschelde een drietal gidsmodellen ontworpen. Deze gidsmodellen zijn grotendeels gebaseerd op het Sigmaplan en leggen alle drie de focus op waterbuffering, enerzijds in combinatie met natuur en anderzijds in combinatie met landbouw.

Gidsmodel 1 Ecologie en waterbuffering

Figuur 67: Polders en Getijdenschelde, Gidsmodel 1, overzicht

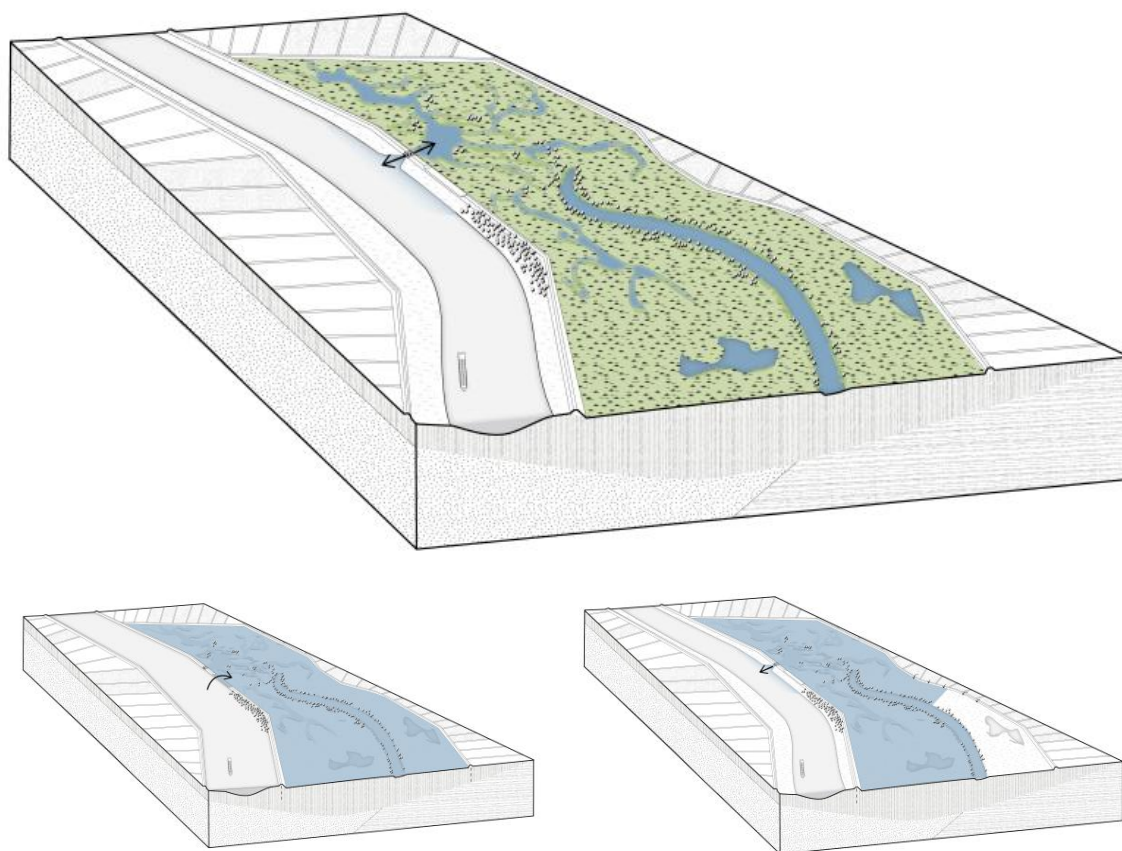
Gereduceerd Gecontroleerd Getij (GGG) i.c.m. Gecontroleerd OverstromingsGebied (GOG).



In dit gidsmodel ligt de focus op ontwikkeling van slikken en schorren, zowel zoet, zout als brak, afhankelijk van de locatie langs de Getijdenschelde. Deze ontwikkeling is reeds gaande in het kader van het Geactualiseerde Sigmaplan. Dit model bestaat uit twee componenten, namelijk waterbuffering (GOG) en waterbuffering in combinatie met natuurontwikkeling (GGG).

Figuur 68: Polders en Getijdenschelde, Gidsmodel 1, werking

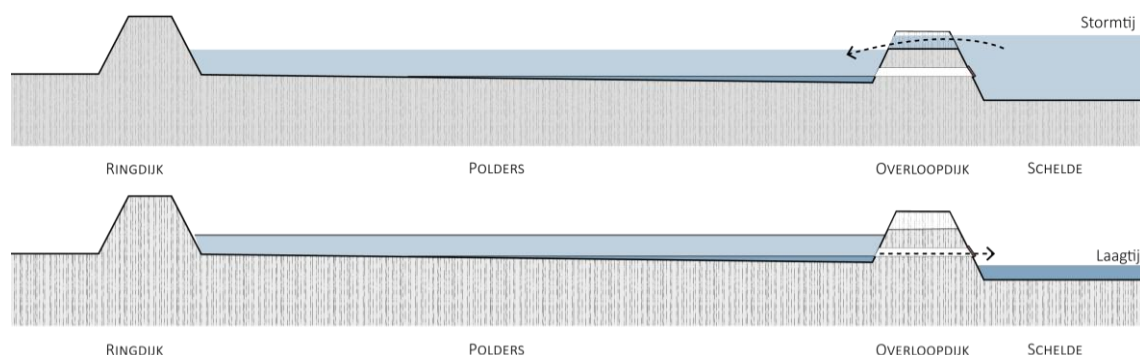
Boven: Kweldernatuur met een gereduceerd getij (GGG); Onder: In extreme situaties loopt de polder vol.



Gecontroleerd Overstromingsgebied (GOG)

Een gecontroleerd overstroomingsgebied is een gebied met een hoge ringdijk eromheen die de achterliggende woonkernen of bedrijven beschermt tegen wateroverlast. Om het water de ruimte te geven wordt de ringdijk verder landinwaarts gelegd ten opzichte van de oude rivierdijk. De oude rivierdijk wordt verlaagd en verstevigd en omgevormd tot een overlooppdijk. Bij hoge waterstanden in de rivier kan het water er overheen kan stromen waardoor het waterpeil van de rivier daalt en de druk op de dijken vermindert. De vloedgolf verliest zo een groot deel van haar kracht, en het risico op overstromingen of dijkbreuken wordt drastisch ingeperkt. Zodra het water in de rivier voldoende gezakt is, loopt het GOG leeg via uitwateringssluizen (Sigmaplan, 2016). Het grote oppervlak van de GOG polders heeft een significant effect op het waterpeil in de rivier en kan zo bijdragen aan de waterveiligheid in vitale gebieden langs de rivier (Maris et al., 2008).

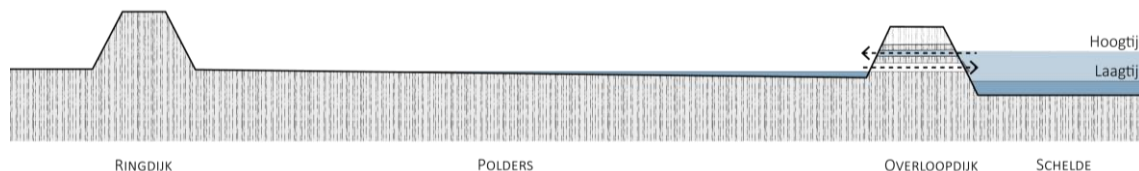
Figuur 69: GOG



Gecontroleerd overstromingsgebied met Gecontroleerd Gereduceerd Getij (GOG-GGG)

Een GOG-GGG is een variant op het gecontroleerde overstromingsgebied (GOG). Het beschermt tegen overstromingen en herstelt tegelijk zeldzame getijdennatuur. Bij vloed laat een inwateringssluis een beperkte hoeveelheid water het gebied instromen. Bij eb stroomt het water terug naar de rivier via een uitwateringssluis. Zo wordt de natuurlijke werking van een getijdenrivier nagebootst. Het nabootsen van de getijdenrivier gebeurt door een systeem met hoge inlaatsuizen en een lage uitlaat. Door de sluizen kan het getij gereduceerd worden tot op het niveau van de polder.

Figuur 70: GOG-GGG



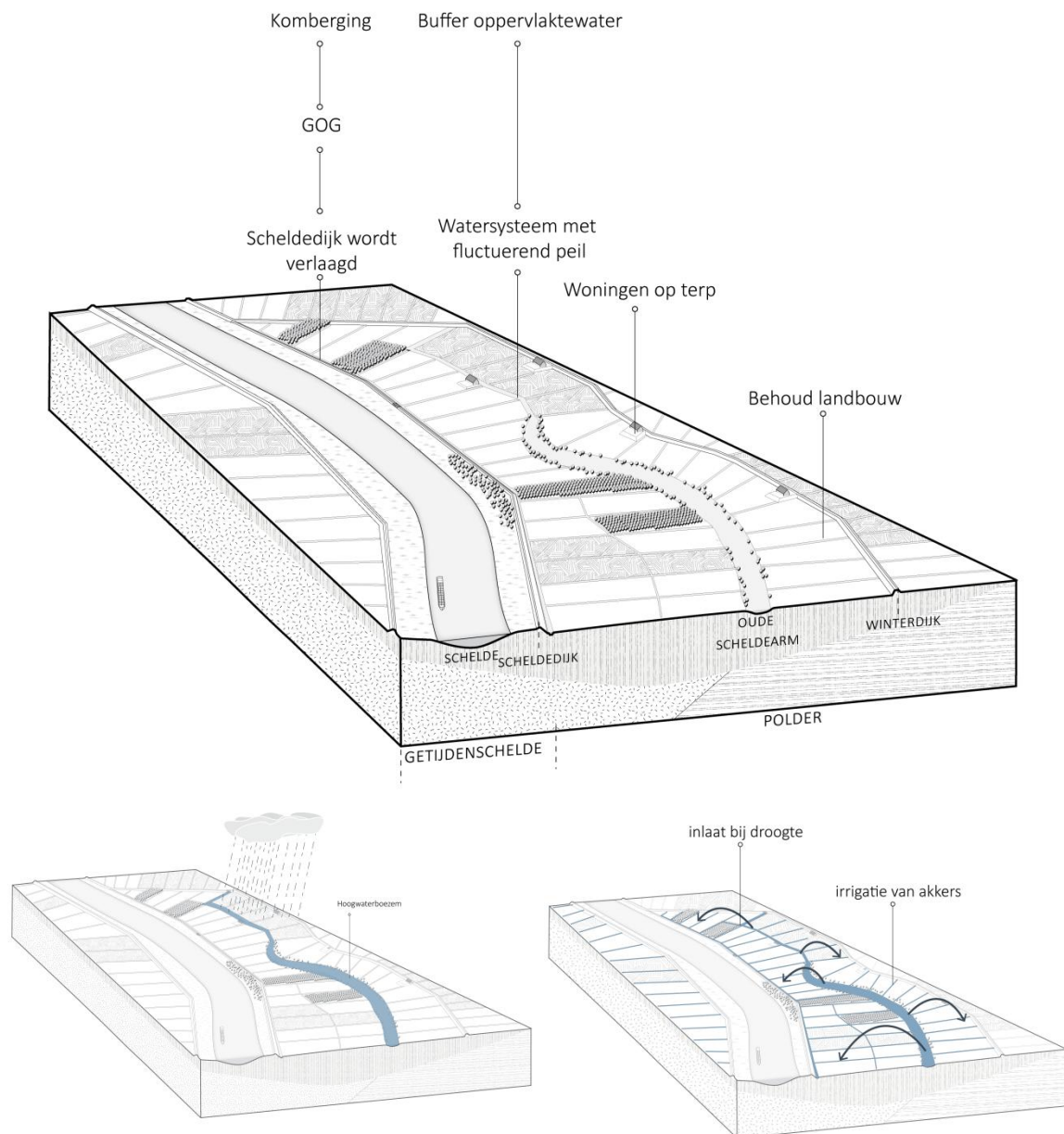
Bij de inlaat van water in de GGG komt er Scheldewater in de polder, met hoge concentraties nutriënten en lage zuurstofwaardes. Zowel door de inlaat via de sluizen als door de spreiding van het water over een groot oppervlak wordt er een grote hoeveelheid zuurstof aan het water toegevoegd. Daarnaast krijgt het water gedurende de tijd dat het stilstaat in het GGG de kans om sediment te laten bezinken. Met dit sediment bezinkt ook het stikstof in het water (Maris et al., 2008). Ook vormen de schorren een buffersysteem voor opgelost silicium: in tijden van overvloedige aanwezigheid van silicium in het Scheldewater nemen de schorren silicium op. Wanneer de Schelde echter bij lagere waterstanden gedomineerd wordt door algenbloei en er een te lage hoeveelheid silicium in het water aanwezig is, dan zal er bij uitstroom uit de polder silicium worden meegevoerd die ook dan de waterkwaliteit sterk verbetert (Maris et al., 2008). Zo vormt de gecombineerde GOG/GGG dus voor een sterke verbetering in waterkwaliteit in de Getijdenschelde.

De omvorming van de polder tot een GOG/GGG is in eerste instantie een omvorming van landbouw naar een ecologische hotspot. Hiermee wordt de economische hoofdactiviteit weggenomen uit het gebied. De polder levert geen directe economische bijdrage meer, maar de GOG-GGG zorgt er enerzijds voor dat het door economische activiteiten vervuilde water gezuiverd wordt en anderzijds draagt ze bij aan een verhoogde waterveiligheid in de economisch en maatschappelijk vitale gebieden langs de Getijdenschelde.

Gidsmodel 2: Landbouw en waterbuffering

Figuur 71: Polders en Getijdenschelde, Gidsmodel 2

Het hoogwaterboezem voorziet de polder van water in droge periodes



Dit model gaat niet uit van een vergroting van het stroomgebied van de Schelde, maar zoekt naar een oplossing voor de lage waterstanden in de Schelde. Er wordt een systeem voorgesteld waarin gewerkt wordt met een ontdubbeld watersysteem in de polders, waarbij één systeem functioneert als regulier watersysteem en één systeem functioneert als buffersysteem voor droge periodes.

Buffersysteem

Het buffersysteem maakt gebruik van de vele oude armen van de Getijdenschelde die in de polders aanwezig zijn. Deze armen zijn vandaag volledig autonome relicten. Door deze armen binnen een polder aan elkaar te koppelen en bovendien te koppelen aan het grachtensysteem in de polder ontstaat een groot waterbufferpotentieel voor droge periodes. Door gebruik van (knijp)stuwten kan water in natte periodes worden vastgehouden in het buffersysteem en in de droge periodes worden ingelaten in het

reguliere systeem van grachten. Het buffersysteem kan worden ingericht met plas-dras oevers, die de waterkwaliteit verbeteren en ecologisch interessant zijn.

Door de aanwezigheid van het buffersysteem hoeft er in droge periodes geen water uit de bovenstroomse Getijdenschelde meer in de polders te worden gelaten. Dit heeft twee voordelen, ten eerste zorgt dit er voor dat de scheepvaart minder hinder en concurrentie ondervindt van de landbouw in dit soort situaties. Bovendien is het water uit het buffersysteem schoner als het water uit de Getijdenschelde, dat zeker bij lage waterstanden van slechte kwaliteit is.

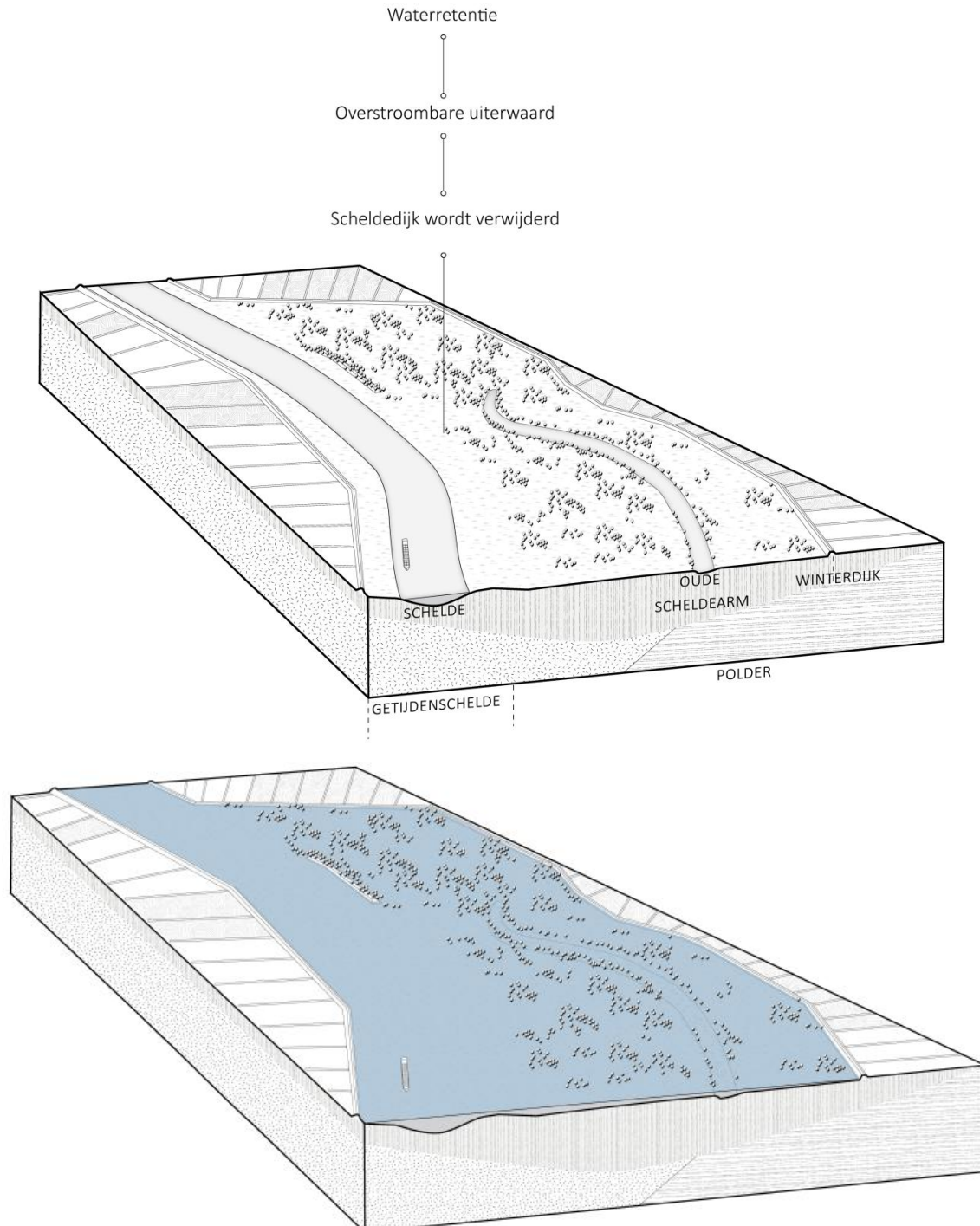
Bebouwing

Verdere uitbreiding van de bestaande bebouwingskernen in de polders van de Getijdenschelde is ongewenst omwille van de bescherming van de bijzondere milieucondities die specifiek zijn voor deze ecoregio (zout-zoet gradiënten in combinatie met getijdenwerking). Nieuwe bebouwing dient bij voorkeur te worden voorzien op de overgangsgebieden tussen de polders en de aangrenzende ecoregio's. De reeds bestaande bebouwing in de polders van de Getijdenschelde is vaak opgehoogd met bouwzand vanwege de slechte bouwtechnische bodemcondities. In het zandpakket zou zoet water kunnen worden geïnfiltreerd en vastgehouden en in droge perioden hergebruikt worden.

Gidsmodel 3: Ontpolderen

Figuur 72: Polders en Getijdenschelde, Gidsmodel 3

Ontpolderen als gidsmodel. Tijdens extreem weer loopt de polder vol (onder).

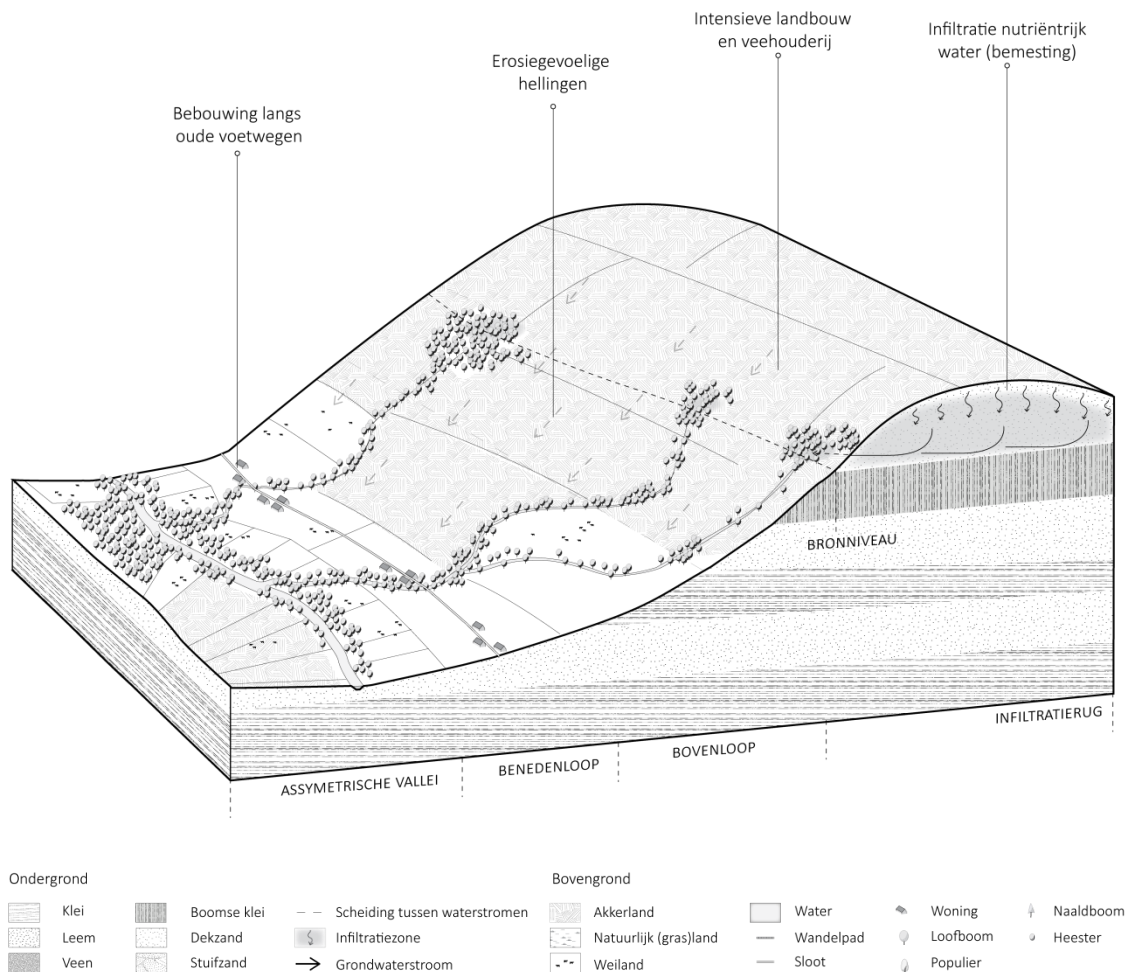


Een derde gidsmodel toont het meest rigoureuze toekomstbeeld voor de polder, namelijk een volledige ontpoldering. Het voordeel van een dergelijke ontpoldering is dat een gebied volledig terug wordt overgeleverd aan de natuurlijke dynamiek van de Schelde, hetgeen kan zorgen voor ontwikkeling van interessante natuur en bovendien zorgt voor veel extra stroomruimte voor de rivier.

De Heuvelzone

Bestaande situatie

Figuur 73: De Heuvelzone, bestaande situatie

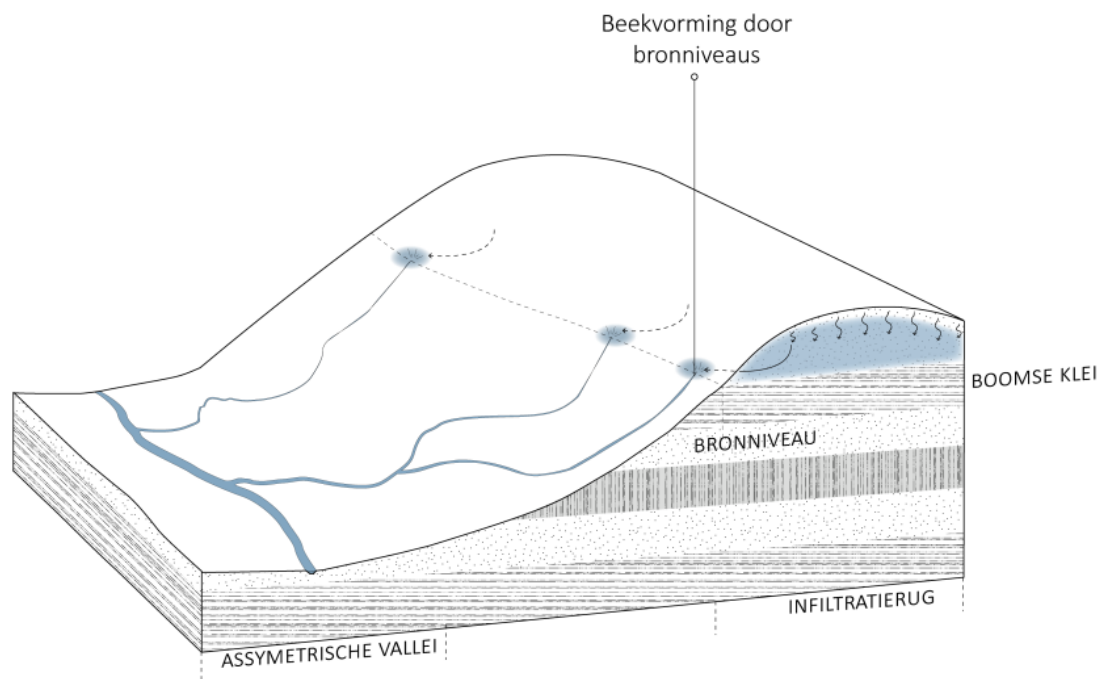


De heuvelzone wordt gekenmerkt door een horizontaal opgebouwde geologische structuur van afwisselend waterdoorlatende zandlagen en ondoordringbare kleilagen (Gysels, 1993). Het hydrografische net is vrij dicht en sterk vertakt vanwege het ondoorlatend kleiig substraat in de ondergrond. De dalen zijn diep uitgesneden in het landschap waardoor een sterk glooiend landschap is ontstaan, gekenmerkt door een afwisseling van open heuvelruggen en gesloten beekdalen. De heuvelruggen zijn plaatselijk goed gedraineerde leemgronden omdat het leem rust op de zanden van de onderliggende tertiaire lagen.

De hydrologische landschapsstructuur van de heuvelzone wordt gekenmerkt door een samenhangend systeem van infiltratiegebieden, bronniveaus en beeklopen. De infiltratiegebieden zijn gelegen aan de bovenzijde van het watersysteem. De bovenste geologische laag van de heuvelzone bestaat uit een relatief dik, waterdoorlatend zandpakket waar een groot deel van het neerslagwater gemakkelijk infiltreert in de bodem en stagneert op een ondoordringbare horizontale kleilaag zodat een watertafel wordt gevormd in de bovenliggende zandlaag. Naarmate de druk op de watertafel toeneemt wordt het grondwater in horizontale richting uit de kleilaag gestuwd en ontspringen bronnen op de plaatsen waar de topografie de kleilagen doorsnijdt (De Geyter, 2001). Rondom deze bronnen liggen vaak bronbossen, hoewel deze tegenwoordig vaak beperkt zijn in omvang. Vanaf de bron wordt het water afgevoerd via een natuurlijk bekenstelsel. Aangezien er zich op de flanken van de heuvelkam op geringe diepte een dikke

ondoorlatende kleilaag bevindt, kan slechts een beperkt gedeelte van het neerslagwater infiltreren in de ondergrond en wordt het merendeel bovengronds afgevoerd. Hierdoor hebben de beeklopen een sterke dynamiek die stroomafwaarts toeneemt en die aan de basis ligt van het zacht glooiende reliëf in het landschap (Allaert et al., 2006).

Figuur 74: Watersysteem Heuvelzone

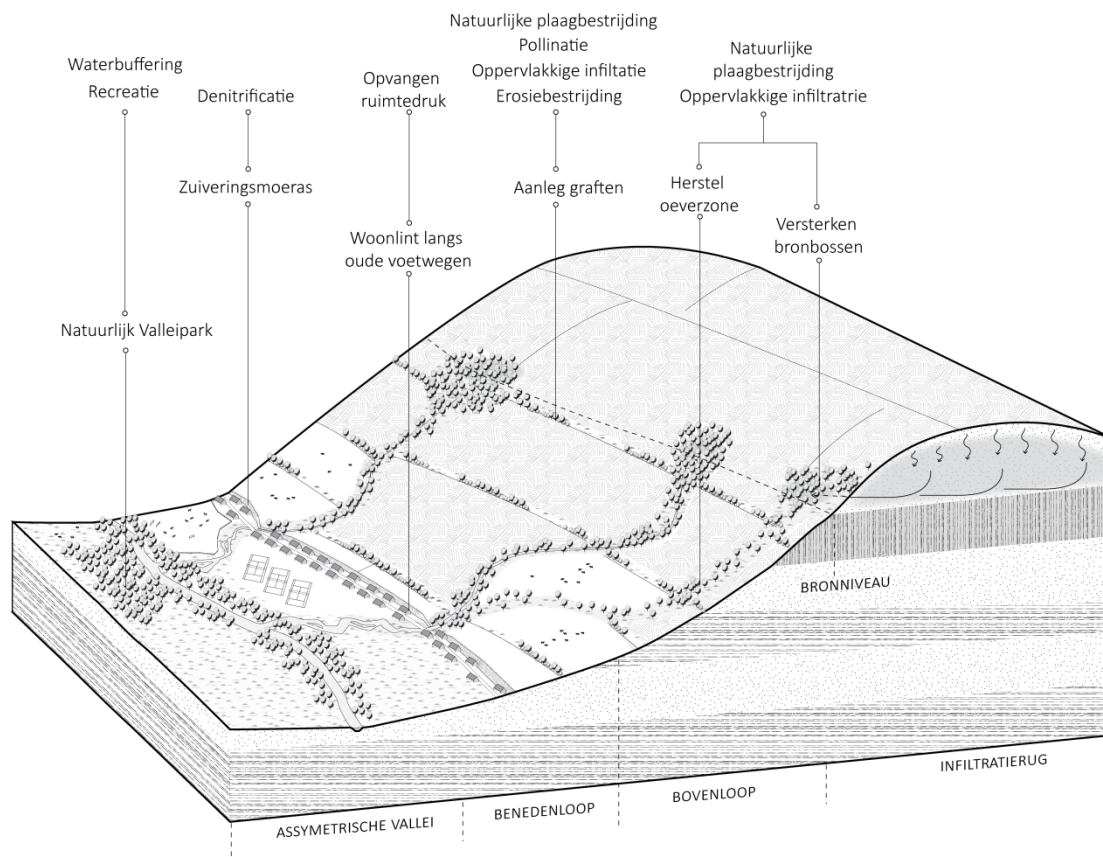


De heuvelzone wordt historisch gekenmerkt door landbouwsysteem bestaande uit akkers op de heuvelruggen en natte weilanden in de beekdalen. De schaalvergroting van de landbouw heeft geleid tot bodemerrosie waarbij de vruchtbare bovenlaag van de bodemlaag wordt afgespoeld. Als gevolg van de schaalvergroting zijn lineaire landschapselementen zoals houtkanten en graften verdwenen, welke een belangrijke rol speelde in de voorkoming van bodemerrosie. Daarnaast heeft de intensivering van de landbouwbedrijfsvoering geleid tot monoculturen met grote afname in aantallen bestuivende insecten als gevolg. Hierdoor is ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen toegenomen, hetgeen weer een negatieve invloed heeft op de kwaliteit van bodem en water.

Ten opzichte van vroegere periodes is het areaal landbouw afgenomen als gevolg van toenemende ruimtedruk door de verstedelijking. Deze ruimtedruk drijft de prijzen omhoog waardoor vrijgekomen grond niet noodzakelijk zal worden opgekocht door agrariërs, maar steeds vaker ten deel valt aan stedelingen. In toenemende mate zijn boerderijen in het landschap omgevormd tot woningen of tweede verblijven, waardoor ook goede landbouwgronden worden omgevormd tot paardenweides en tuinen. Bovendien vindt er een decentrale verstedelijking plaats vanuit een model dat geen rekening houdt met de functionele relaties in de open ruimte. Wanneer deze trend zich voortzet zal een stedelijke wildgroei op gang komen die het agrarisch landgebruik op termijn verdringt en het landschap verdicht (Allaert et al., 2006).

Gidsmodel

Figuur 75: De Heuvelzone, gidsmodel



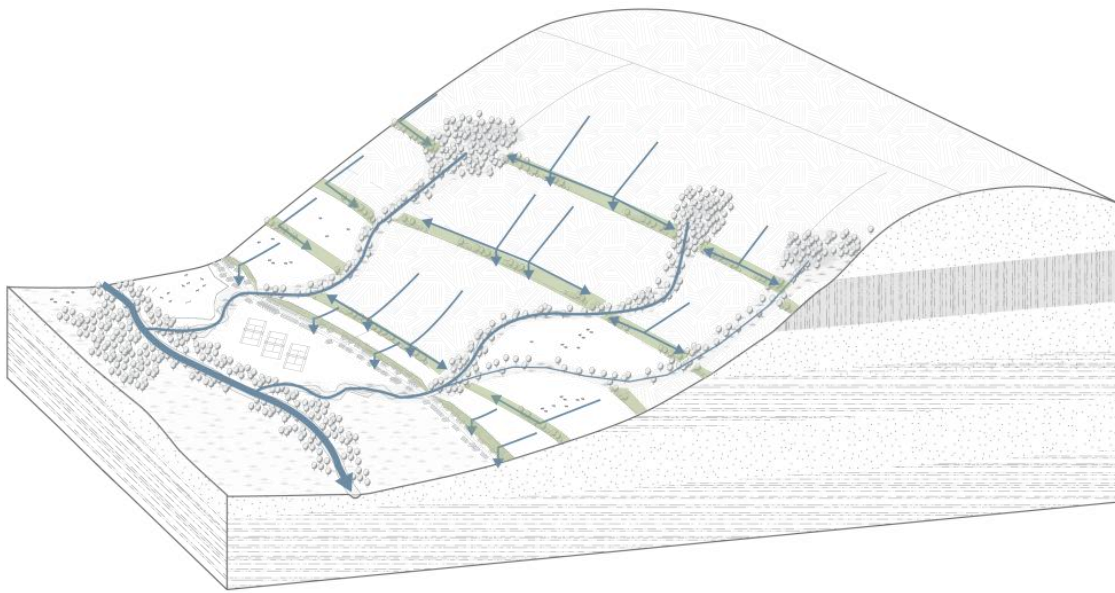
Het gidsmodel voor de heuvelzone richt zich op een geïntegreerde oplossing voor bodemerosie, pollinatie, natuurlijke plaagbestrijding en recreatie. Daarnaast worden er mogelijke oplossingen voorgesteld voor de toenemende stedelijke ruimtedruk, om te voorkomen dat een stedelijke wildgroei optreedt die volledig los staat van het landschap en die zorgt voor een verdichting en verloedering van dat landschap.

Geïntegreerd erosiebestrijdingssysteem

Om de erosieproblemen op te lossen worden parallel aan de hoogtelijnen een stelsel van graften en grasbufferstroken voorgesteld. Afstromend regenwater wordt eerst opgevangen in de grasbufferstrook, waar het sediment bezinkt, een gedeelte van het water infiltreert en het restant wordt afgeleid richting de beken. Het erosiebestrijdingssysteem van grasbufferstroken en beken zorgt tegelijkertijd voor een verbeterde pollinatie en natuurlijke plaagbestrijding. De graften en grasbufferstroken fungeren als fijnmazige landschapselementen in dit systeem, terwijl de bronbosjes worden versterkt en de robuuste basiselementen vormen. Door de graften slechts fragmentarisch toe te passen behoudt het landschap haar openheid en schaal en creëren de graften bovendien een coulissen-achtig landschap dat het geheel aantrekkelijker maakt voor de recreant.

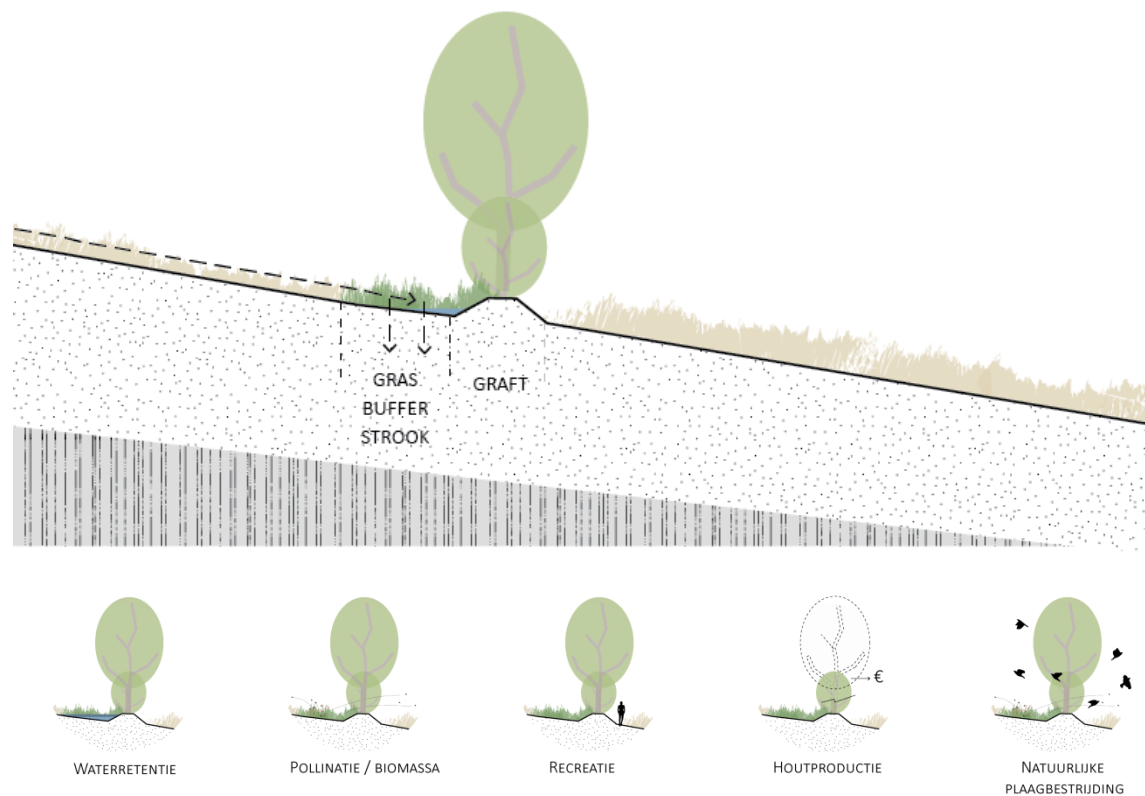
Dit geïntegreerd systeem van plaagbestrijding en bestuiving stelt de intensieve landbouw in staat om te verduurzamen zodat minder bestrijdingsmiddelen hoeft te worden gebruikt als gevolg van het toegenomen aantal plaagregulerende soorten.

Figuur 76: Erosiebestrijdingssysteem



Figuur 77: Systeem van graften

Grasbuffers voorkomen erosie (boven); Nevendiensten worden geleverd door de graften en grasbuffers (onder).



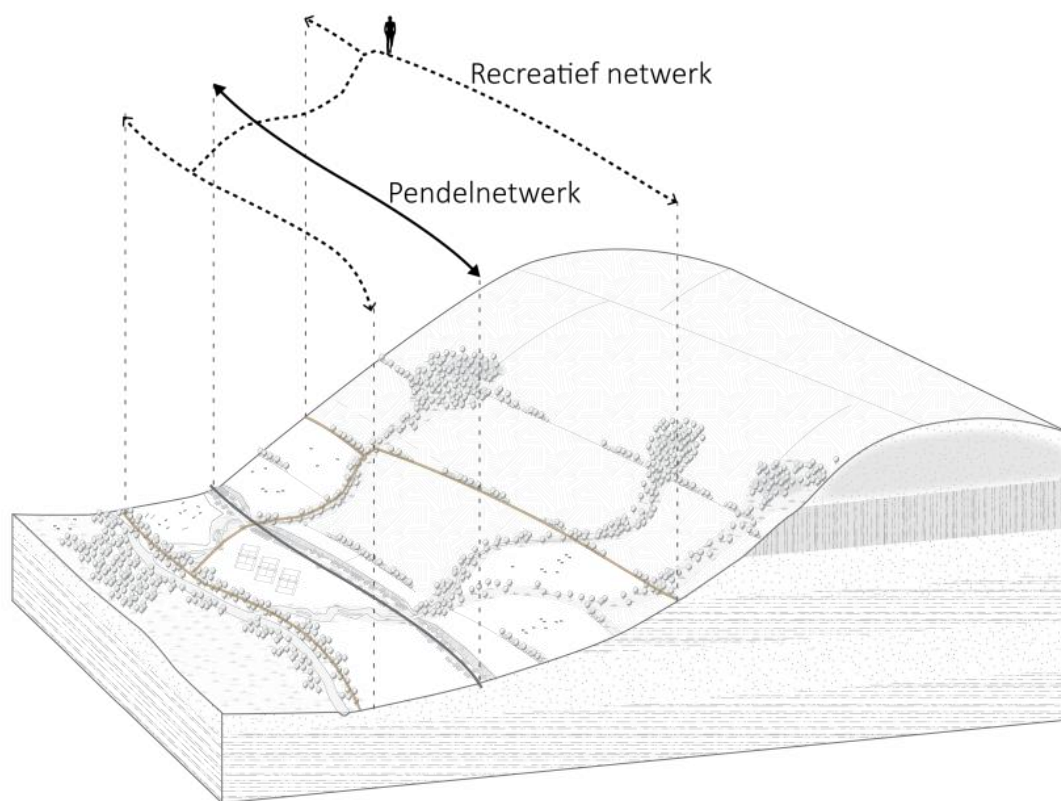
Bebouwing gekoppeld aan valleiranden

Om een passende replek te vinden op de stedelijke ruimtedruk wordt een benadering voorgesteld waarin de historische bebouwingsstructuur op de overgang van de beekvallei naar de heuvelflanken wordt versterkt zodoende verdere verstedelijking op de flanken en heuvelruggen tegen te gaan. Op die manier wordt het karakteristieke open karakter van de heuvelruggen gevrijwaard.

De beekvallei is gekoppeld aan de historische bebouwingsstructuur en zou in de toekomst een gedifferentieerde landschappelijke invulling kunnen krijgen. Een deel van de open ruimte, grenzend aan de beekloop, kan ingericht worden als overstromingsgebied waardoor het watersysteem opnieuw buffercapaciteit krijgt. Een deel van de open ruimte zou ingericht kunnen worden als paardenweiden gekoppeld aan strikte landschappelijke eisen m.b.t. de afgrenzing van perceelsgrenzen door houtkanten. Op die manier kan de toenemende druk van verpaarding op de landbouwgronden worden afgeleid naar de valleien. Een deel van de vallei kan zijn landbouwfunctie behouden en worden gestimuleerd om in te spelen op nichemarkten die samenhangen met de specifieke waterkwaliteit van de vallei zoals de teelt van waterkers, geuzenbrouwerijen, enz.

Het differentiëren van de open ruimte in de vallei biedt kansen om de landschappelijke structuur van de vallei te versterken in combinatie met het versterken van de historische woonkernen en zou een antwoord kunnen vormen op de toenemende verstedelijkingsdruk (Allaert et al., 2006).

Figuur 78: Recreatief netwerk gekoppeld aan graften



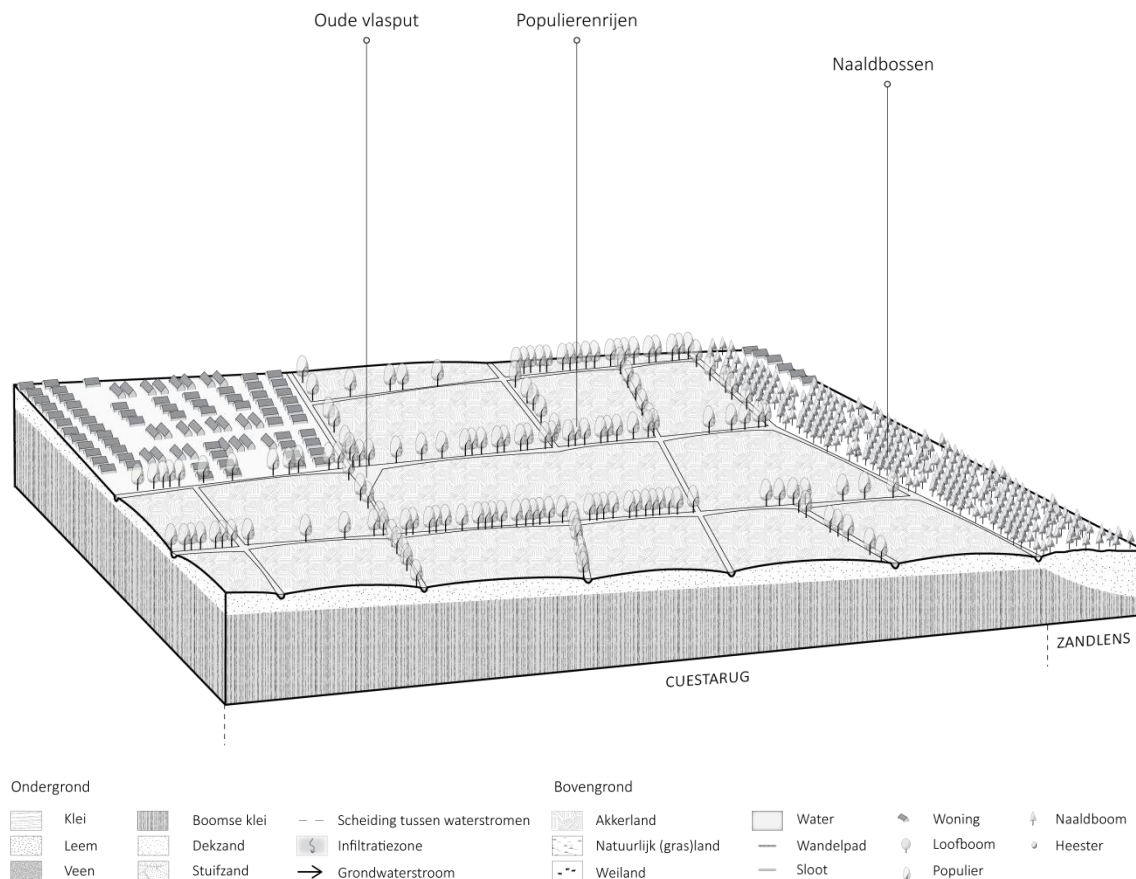
Openheid en schaal van het landschap

Het casco dat wordt voorgesteld garandeert het behoudt van het landelijke karakter van het landschap, met de natuurlijke valleien en de agrarische heuvelflanken. Door de graften slechts fragmentarisch toe te passen behoudt het landschap haar openheid en schaal en creëren de graften bovendien een coulissen-achtig landschap dat het geheel aantrekkelijker maakt voor de recreant.

Cuesta's

Bestaande situatie

Figuur 79: Cuesta's, bestaande situatie



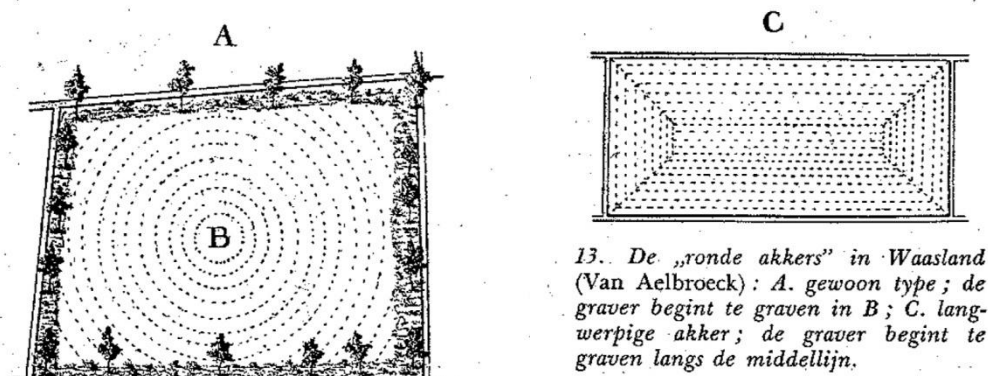
De Cuesta's worden gekenmerkt door een relatief dunne zandafzetting uit het Quartair dat rust op de Rupeliaanse klei. De geringe diepte van de impermeabele kleilaag zorgt voor historische bolvormige akkers t.b.v. de landbouw (Snacken, 1961).

De Rupeliaanse klei helt licht af naar het noordwesten, terwijl ze aan de zuidkant een cuestafront vormen op de overgang naar de Polders en de Getijdenschelde. Dit gidsmodel spitst zich specifiek toe op het Waasland, als voorbeeld van hoe de Cuesta's zich in de nabije toekomst zouden kunnen ontwikkelen.

De relatief ondiepe ligging van de ondoordringbare Rupeliaanse klei zorgt periodiek voor hoge grondwaterstanden in het gebied. Bovendien is er maar een beperkte mogelijkheid tot infiltratie en waterbuffering. Historisch werden deze gronden daarom ontgonnen door de vorming van bolle akkers, omringd door grachten. De grond van de zijanten van de akkers en de grachten werd op het midden van het land gegooid. Langs de grachten werden beplantingsstructuren van els, schietwilg en zwarte populier geplant, later verdrongen door de Canadese populier (Antrop et al., 2006; Uyttenhove, 2006). De perceelsafzoming met populier geeft de bolle akkers het karakteristieke effect van de filterende doorzichtigheid (Snacken, 1961).

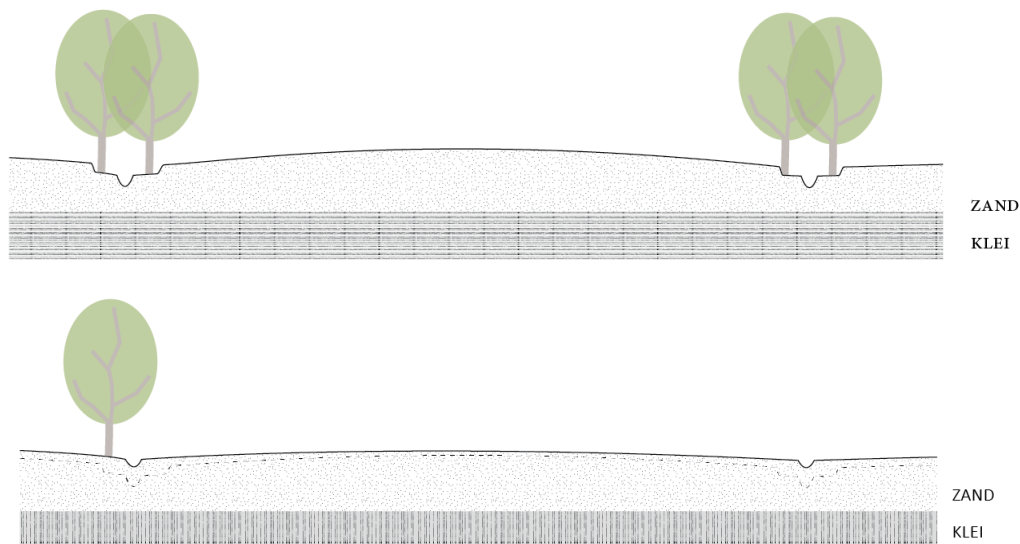
Figuur 80: Systeem van bolle akkers (1)

Schetsen van het systeem van bolle akkers (Lindemans, 1952)



Figuur 81: Systeem van bolle akkers (2)

Principe snede van de historische bolle akkers (boven) en de huidige situatie (onder)



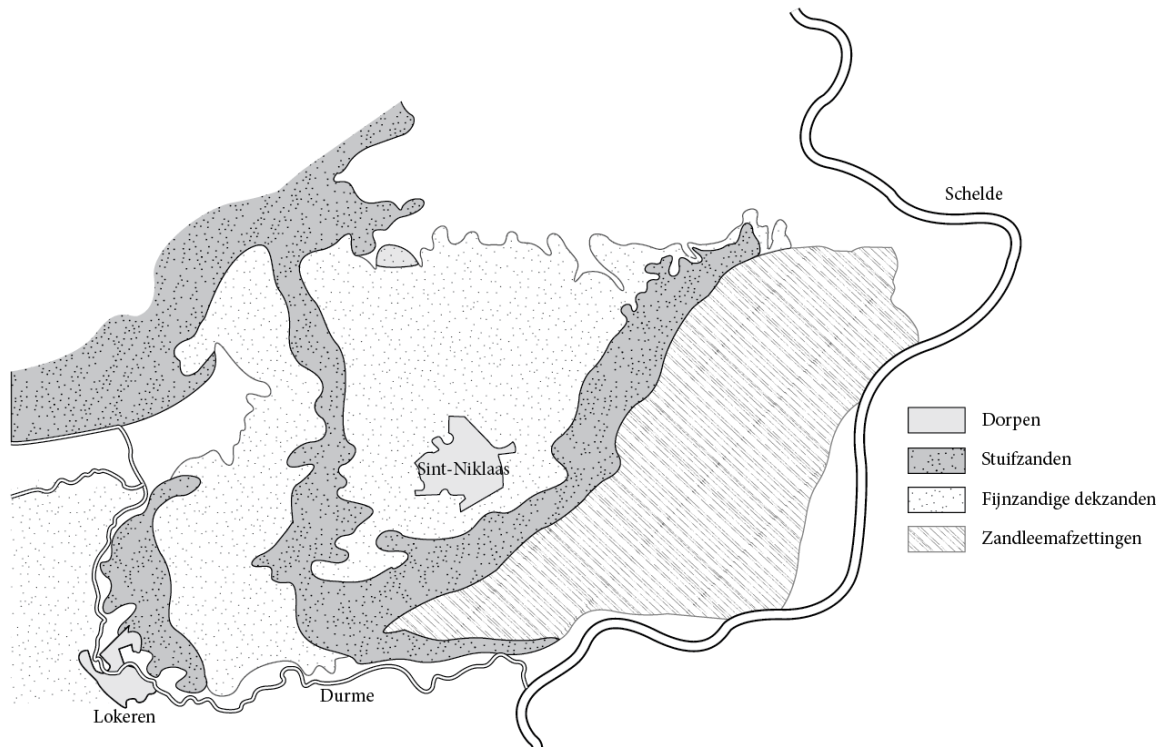
Vandaag zijn er nog slechts restanten terug te vinden van deze historische bolle akkers, omdat het dekzandlandschap een intensivering heeft doorgemaakt. Daarbij zijn grachten gedempt, perceelsafzoming gerooid en de bodems intensief gedraineerd. Het karakteristieke landschap heeft hierdoor veel belevingskwaliteiten verloren.

Geologisch afwijkend in het cuetalandschap is de aanwezigheid van enkele zandlenzen met een hogere infiltratiecapaciteit. Het landgebruik op deze armere zandgronden wordt doorgaans gekenmerkt door heidegebieden, naaldbossen, militaire domeinen (Westakkers) en recreatiedomeinen (de Ster).

De historische bebouwingsstructuur op de cuesta's wordt gekenmerkt door een mozaïekpatroon van kleinschalige kavelstructuren die worden ontsloten door een fijnmazig netwerk van voet- en landbouwwegen. Dit ontsluitingsnetwerk vertoont nagenoeg nergens een hiërarchische structuur. Het bebouwingspatroon is zeer diffuus en bestaat uit een dens patroon van verspreide hoeves, kleine gehuchtjes en enkele grotere dorpen. Gaandeweg heeft zich een schaalvergroting voltrokken, zowel in landbouwbedrijfsvoering als in de groei van de dorpen. Hoeves zijn uitgegroeid tot grootschalige agrarische bedrijven, en historische dorpen zijn uitgebreid met grootschalige verkavelingen.

Figuur 82: Stuifzandlenzen

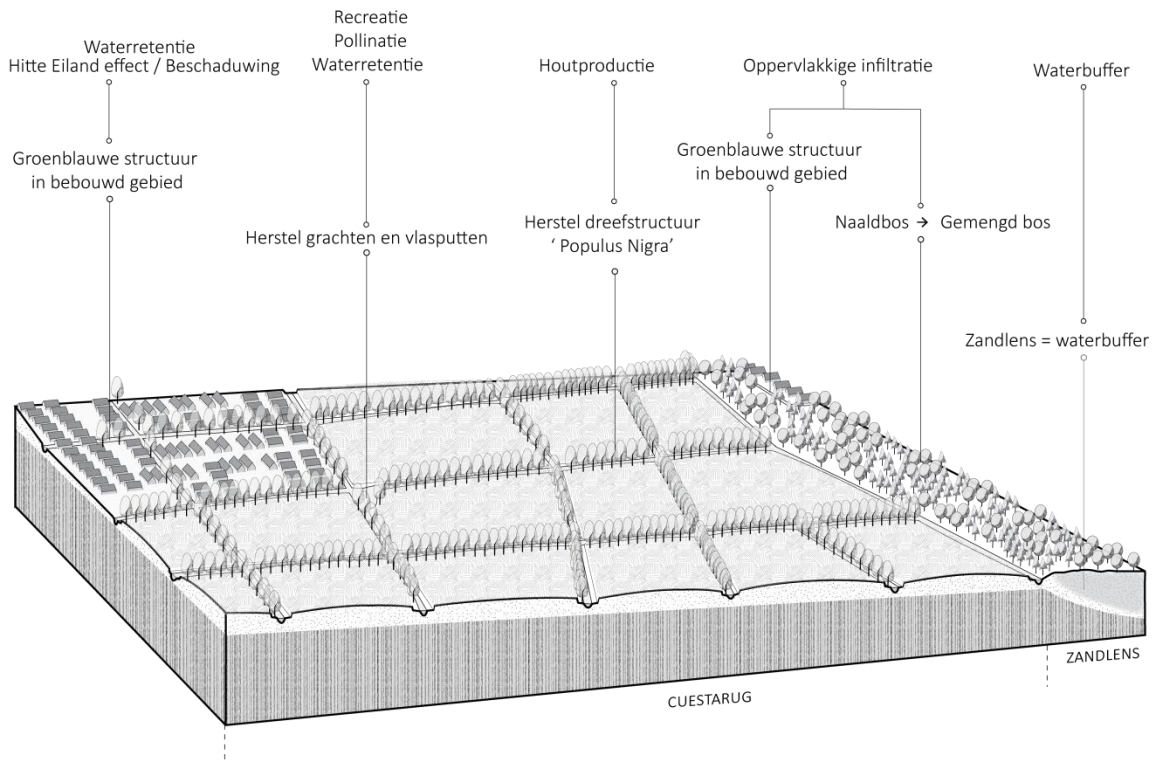
Doorheen de Cuesta's liggen langwerpige stuifzandlenzen (Kaart naar: Streekindeling en begrenzing van het Land van Waas, F. Snacken, 1961)



Gidsmodel

Het gidsmodel voor de cuesta's is gericht op het herintroduceren van het historische systeem van bolle akkers in een eigentijdse variant. Het gaat hierbij niet zozeer om de bolle akkers als landschappelijke structuur, maar wel om het systeem van grachten dat als een multifunctioneel landschappelijk element kan worden teruggebracht in het landschap. Door het herintroduceren van een grachtensysteem op lokaal niveau, in combinatie met de waterbergende capaciteit van de zandlenzen op regionaal niveau ontstaat een robuust adaptief watersysteem.

Figuur 83: Cuesta's, gidsmodel



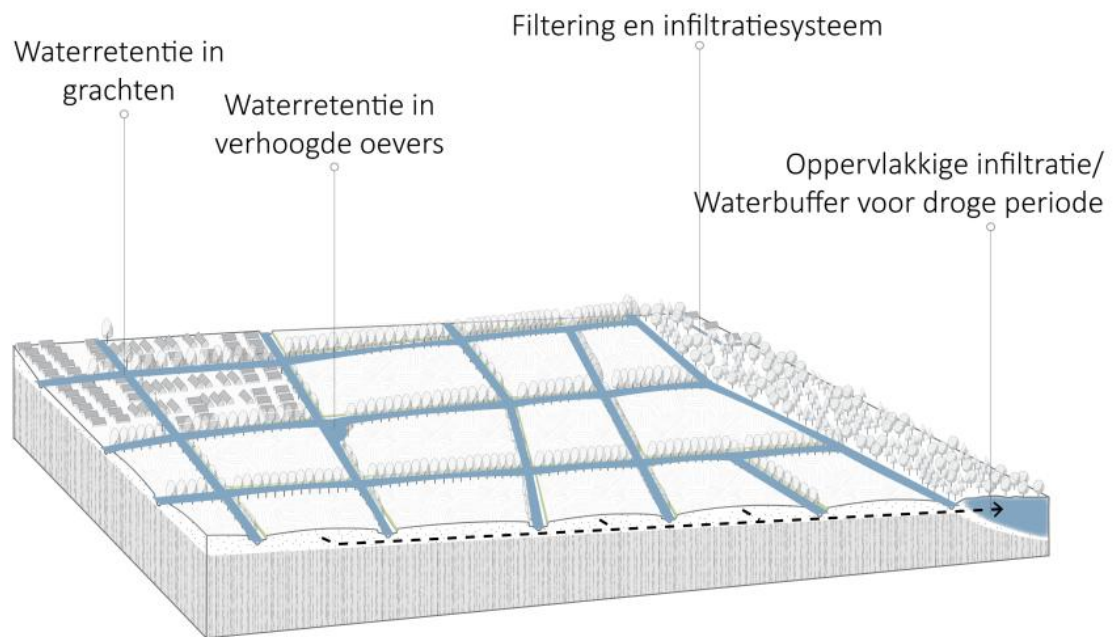
Integraal watersysteem op twee schaalniveaus

Als gevolg van de ondiepe ligging van de ondoordringbare Rupeliaanse klei bezit het landschap van de Cuesta's slechts een zeer beperkte grondwatercapaciteit. Hierdoor kampt de landbouw in periodes van aanhoudende droogte met een probleem van waterbevoorrading.

De langgerekte zandlenzen vormen hierop een uitzondering. Door hun zandige bodemtextuur functioneren ze als hydrologisch geïsoleerde zoetwaterbellen in het landschap. De oplossing voor het watertekort wordt doorgaans gezocht in het aanleggen van waterbassins waardoor kostbare landbouwgrond verloren gaat. Een alternatieve oplossing kan erin bestaande wateroverschotten in natte periodes d.m.v. infiltratie te bergen in de zandlenzen en deze overschotten in de droge periodes aan te wenden voor de waterbevoorrading van de omliggende landbouwgronden. Op die manier wordt de natuurlijke regulatiefunctie van het fysische systeem aangewend om de verdrogingsproblematiek aan te pakken, in plaats van zich te wenden tot technische maatregelen (Verhoestraete and L, 2006).

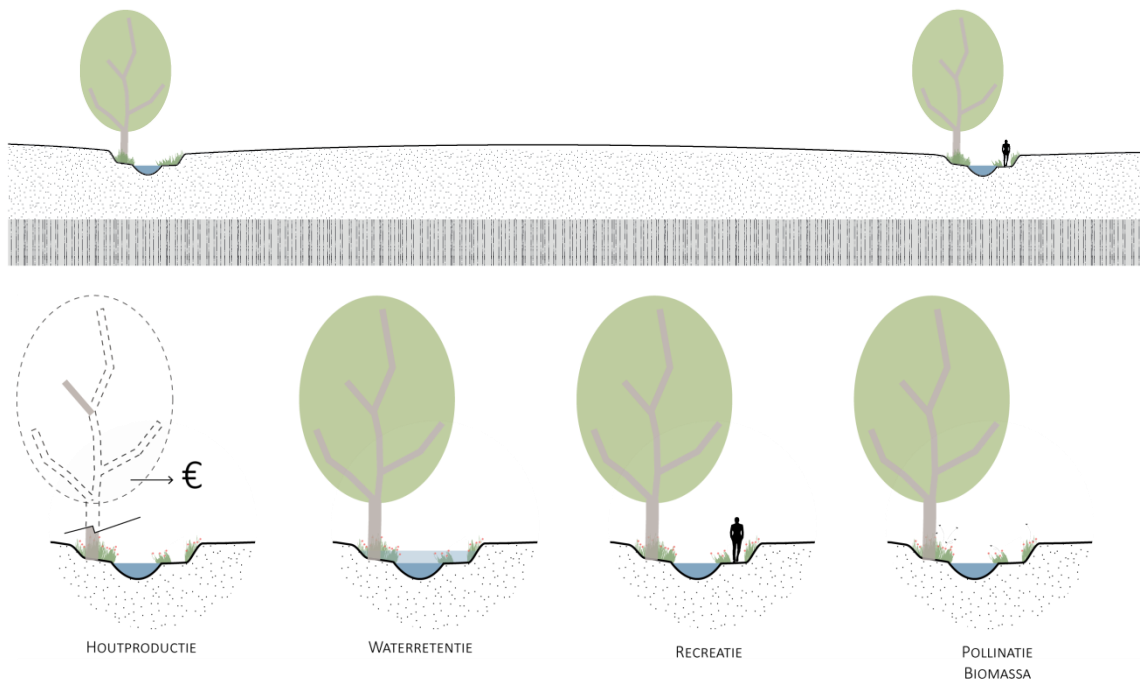
Op lokale schaal fungeren de grachten als waterbuffers: Door aanleg van een getrapt profiel, gebaseerd op het historische profiel ontstaat er extra buffercapaciteit in natte periodes.

Figuur 84: Integraal watersysteem



Figuur 85: Typesnede nieuwe structuur

Principesnede nieuwe landschappelijke structuur (boven); De typesnede levert verschillende ecosysteemdiensten (onder)



Recreatie, Pollinatie en plaagregulatie

Het getrapt profiel biedt ook de mogelijkheid om de historische beplanting van Populieren te herstellen. Er wordt bij voorkeur gekozen voor inheemse *Populus nigra*. Door de historische beplanting te herstellen ontstaat een landschappelijk raamwerk dat in de zomers duidelijke kamers afbakent en in de winter het beeld van de kenmerkende filterende doorzichtigheid geeft.

Door eenzijdig beplanting toe te passen kan de andere droge zijde van de grachten benut worden voor de aanleg van een recreatieve route. Door de lage ligging van het wandelpad worden de historische hoge en bolle akkers benadrukt omdat het maaiveld van de akkers vrijwel op ooghoogte van de wandelaar zit. De recreatieve ontsluiting onthult het historische landschap en versterkt de landschappelijke beleving.

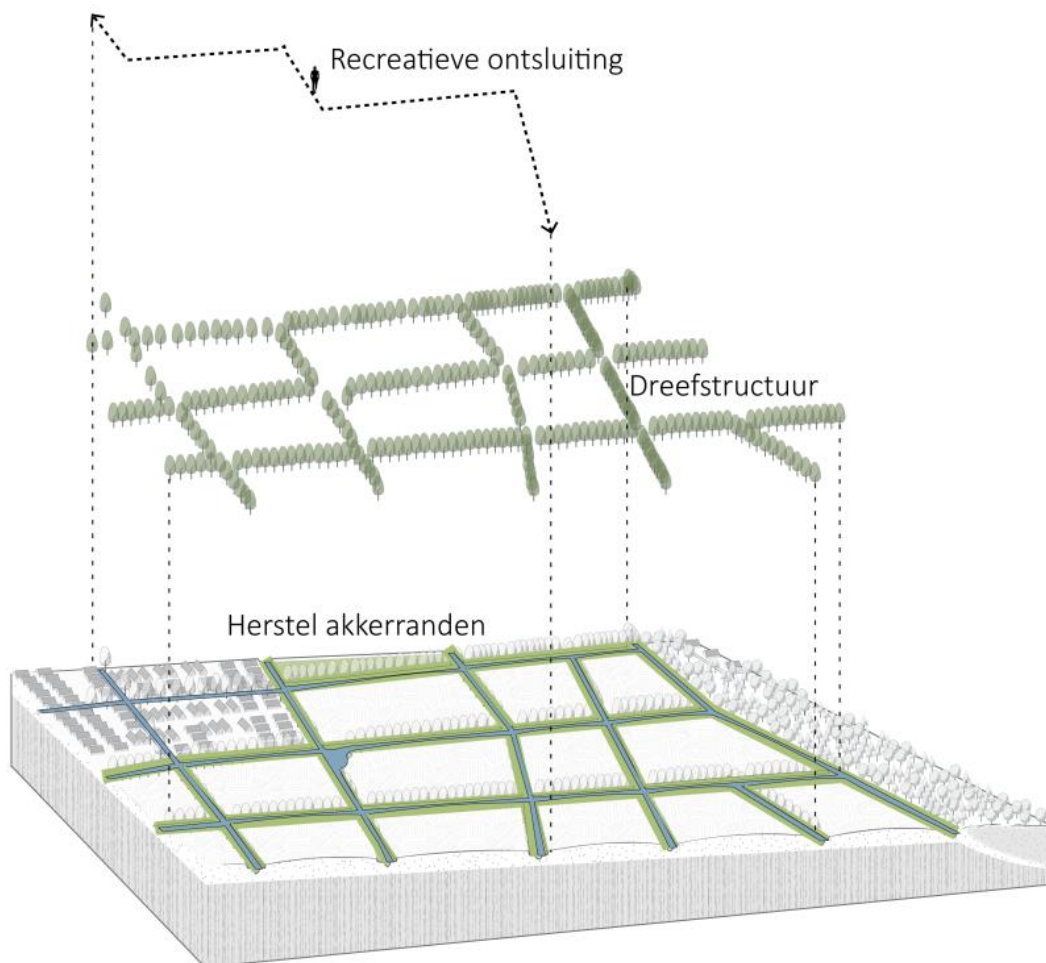
Door het aanleggen van de extensieve, kruidrijke akkerranden ontstaat een habitat dat zeer interessant is voor zowel bestuivende insecten als voor plaagregulerende soorten.

Neveninkomsten uit akkerranden

Het toepassen van populier in de dreven heeft, naast een landschappelijke waarde, ook een economische waarde. De relatief snelgroeiende populieren kunnen namelijk opgenomen worden in een systeem van bosbouw: Door de rijen om en om aan te planten, d.w.z. een jonge boom naast een oude, kan er op termijn van zo'n 40 jaar een eerste rij gekapt worden voor de houtindustrie. Dit genereert een neveninkomen voor boeren.

De extensieve akkerranden dienen 1 a 2 keer per jaar gemaaid te worden. Het maaisel kan worden gebruikt als input voor een biovergister, zodat boeren hun eigen duurzame energie kunnen produceren.

Figuur 86: Moderne variant op een historisch landschap



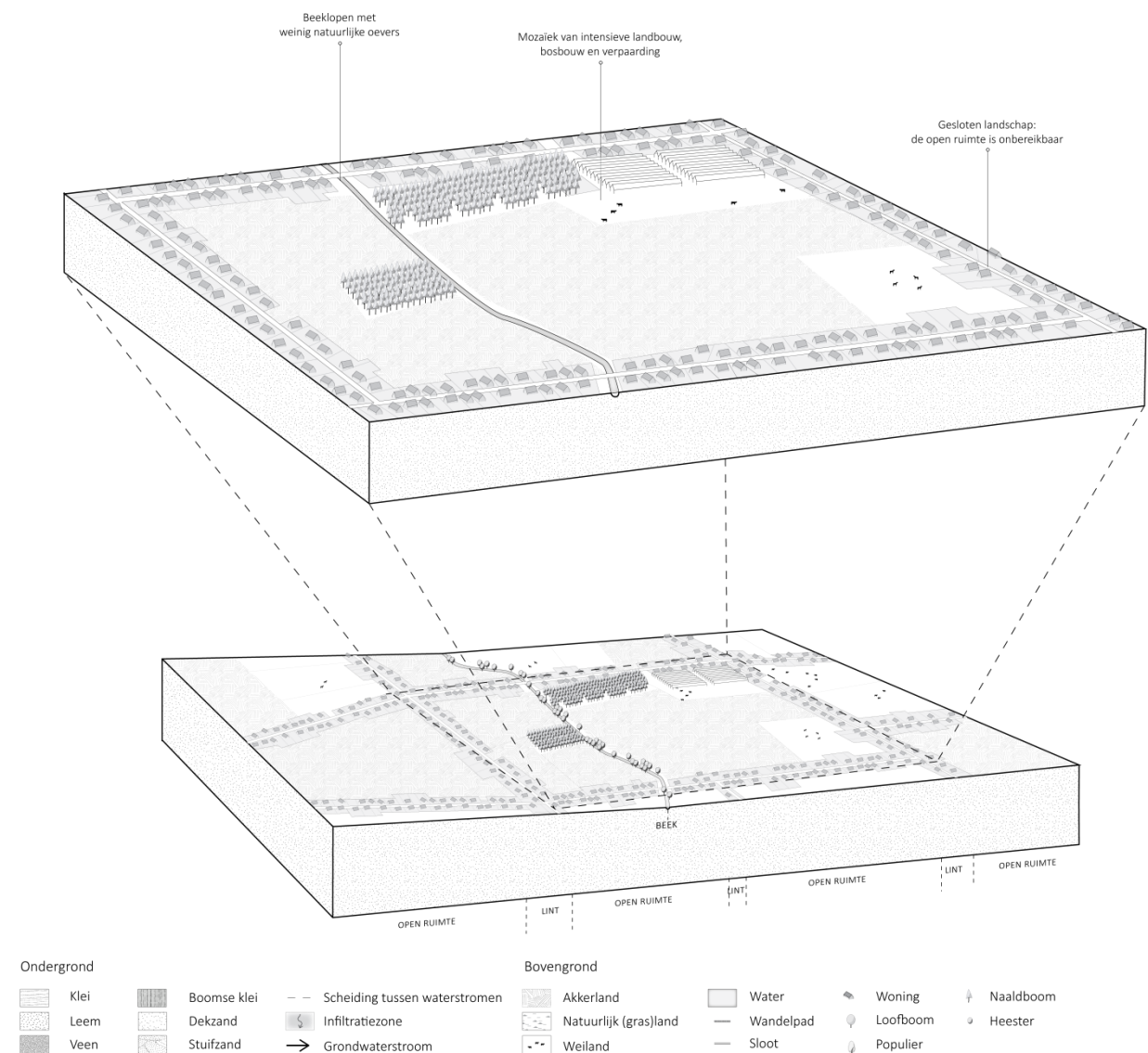
Bebouwing

Veel recentere uitbreidingen van dorpskernen liggen op voormalige bolle akkers. Door de voormalige grachtenstelsels hier op te projecteren en waar mogelijk binnen de stedenbouwkundige structuur terug te brengen kan het oude landschap de verstedelijkte gebieden worden ingetrokken. De grachten zorgen bovendien voor een verbeterde waterhuishouding in de stedelijke gebieden met een verbeterde infiltratiecapaciteit en zuivering van het afstromende water. Daarnaast dragen de grachten bij aan een vermindering van het hitte-eiland effect.

Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden

Bestaande situatie

Figuur 87: Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden, bestaande situatie



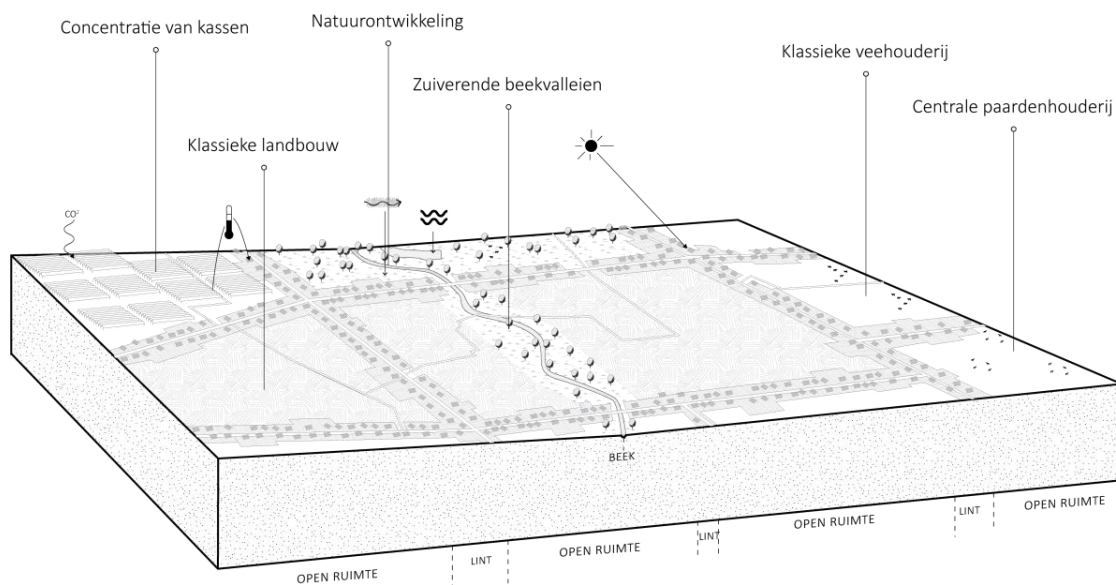
Ondanks een verschil in ondergrond, kennen de ecoregio's van de Pleistocene rivier valleien (zand-zandleem) en de Midden-Vlaamse overgangsgebieden (zandleem-leem) een grote overeenkomstigheid in het huidige landschappelijk beeld. Beide gebieden worden gekenmerkt door een sterke verlinting die geen rekening heeft gehouden met de morfologie van de bodem en de functionele relaties tussen ondergrond en bovengrond. Deze verlinting heeft gezorgd voor een visuele verdichting van het landschap. Doorheen beide regio's zijn vele steenwegen dichtgebouwd, waardoor de indruk ontstaat van een continu urbaan gebied. De ingesloten binnengebieden tussen de lintbebouwing hebben echter een open karakter als gevolg van hun schaalgrootte. Het gebied wordt in de literatuur gekenmerkt als een open ruraal landschap met een gesloten stedelijk karakter (Gulinck and Dessein, 2002).

De binnengebieden hebben doorgaans een agrarisch landgebruik. Afhankelijk van de regio zien we hier een patchwork van akkers, weilanden en kassen op elk binnengebied. Waar de gebieden traditioneel gebruikt werden voor de landbouw, heeft de verlinting ook een grotere variatie aan landgebruik met zich meegebracht in de vorm van vertuining en verpaarding. Dit heeft gezorgd voor een geleidelijke ontwikkeling van het traditionele landbouwlandschap naar een neo-ruraal landschap (Gulinck and Dessein, 2002). Hierbij staat het neo-ruraal landschap voor een combinatie van klassieke landbouw gecombineerd met verpaarding en gewone burgers die in een oude boerderij willen wonen. De samenkomst van al deze functies legt een sterke ruimtedruk op de binnengebieden en er bestaat een kans op versnippering en verdichting van deze gebieden, door een verdere ontwikkeling van het neo-rurale landschap (meer tuinen, paardenstallen, veestallen, graanschuren, ..)

Gidsmodel

Het gidsmodel zoekt naar een oplossing voor de grote ruimtedruk die de verlinting en verstedelijking op de open binnen gebieden legt. Hiertoe wordt de ontwikkeling van neo-rurale velden voorgesteld als instrument ter bescherming van landschapsfragmenten tussen grote infrastructuren en bebouwd gebied.

Figuur 88: Pleistocene riviervalleien en Midden-Vlaamse overgangsgebieden, gidsmodel



Specialisatie op niveau van de binnenruimte

Het neo-rurale veld gaat niet uit van de conventionele benadering van stad-platteland als twee gescheiden eenheden, maar ziet de twee als verweven eenheid (Gulinck and Dessein, 2002). De binnenruimtes tussen de bebouwingslinten worden geïnterpreteerd als een geheel, in plaats van het huidige versnipperde mozaïek van kleinschalige percelen met veel verschillende functies. Dit mozaïek kan namelijk een sterke verdichting tot gevolg hebben, wanneer een ieder zijn of haar perceel voorziet van bijgebouwen (paardenstal, kleine serres in de moestuin, ..). Door in te zetten op de binnenruimtes als geheel kan er een uniek programma ontwikkeld worden per neo-ruraal veld. Deze ontwikkeling impliceert een nieuwe vorm

van ruilverkaveling die er toe leidt dat er een eenheid ontstaat op schaal van de binnenruimte. (Bij)gebouwen kunnen aan de randen, in de bebouwingslinten worden opgenomen. Versnippering en verdichting van de binnenruimtes kan zo worden voorkomen.

Programma

Binnen de sub-urbane gebieden ontstaan zo neo-rurale velden voor landbouw, neo-rurale activiteiten en natuurontwikkeling. De invulling van de neo-rurale velden is gedeeltelijk ook gebiedsafhankelijk. In de groentestreek rondom Mechelen is er bijvoorbeeld vandaag veel landbouw in serres. Door deze serres te concentreren op daarvoor toegewezen neo-rurale velden ontstaat er op andere rurale velden meer open ruimte. Bovendien kunnen deze serres samen weer enkele ecosysteemdiensten leveren, zoals opname van CO₂.

Rondom beken kan meer ruimte worden gegeven aan de valleien en ontwikkeling van ecologische oevers en langsberging. Hieraan gekoppeld kunnen bepaalde velden volledig worden ingericht als natuurgebieden in functie van natuurontwikkeling, vertraagde afvoer en filtering van het water. Extensieve veehouderijen en productie van biomassa voor duurzame energie kunnen als nevenfuncties worden ontwikkeld.

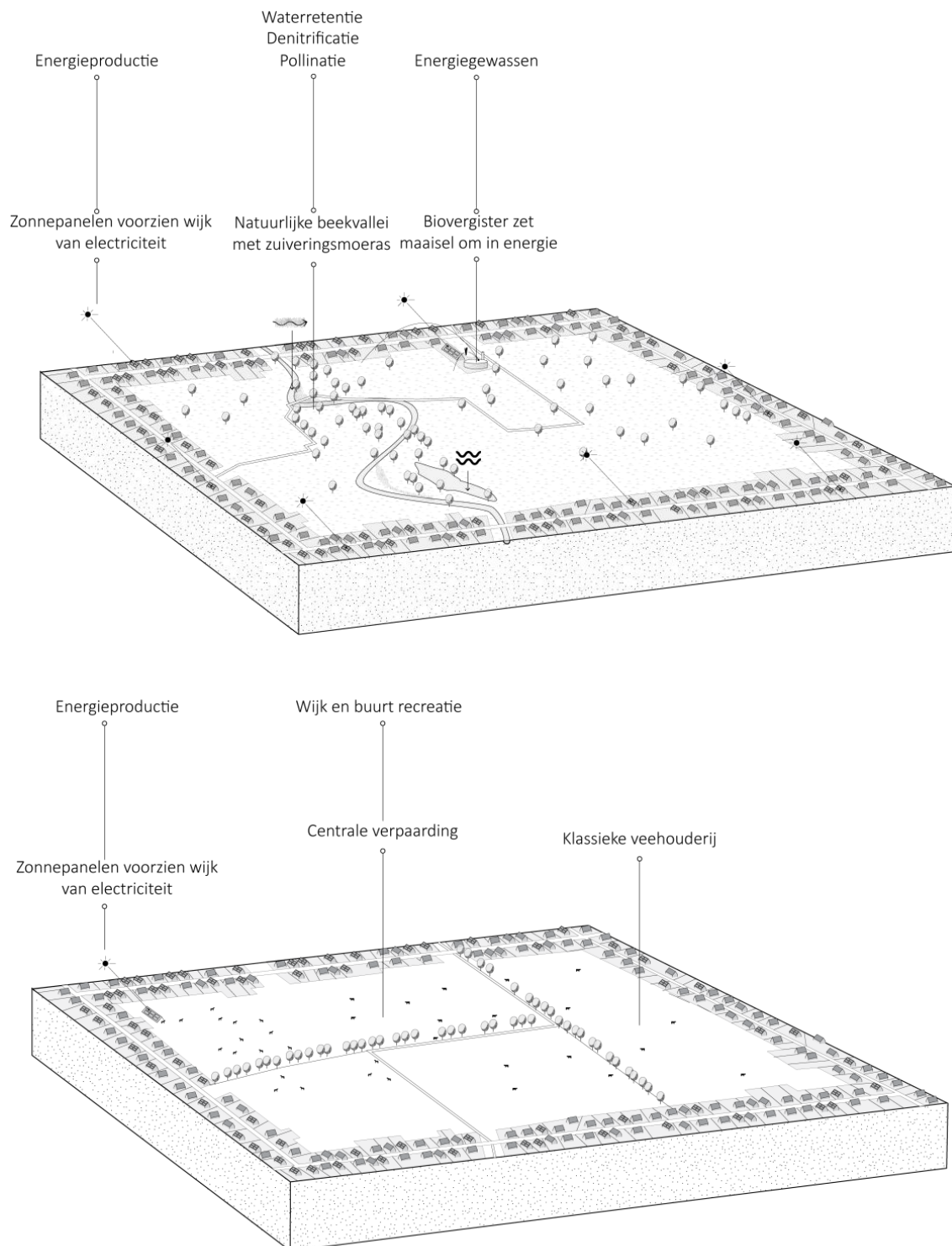
Andersoortige programma's komen meer algemeen voor. Voorbeelden van dergelijke programma's zijn:

- clusters van paardenstallen en paardenweides
- akkerbouw
- veehouderijen
- sportvelden
-

De bebouwingslinten kunnen alle vormen van bebouwing en andersoortige functies opvangen die tot verdichting en verrommeling leiden. Zo zou een integraal beleid voor zonnepanelen op daken kunnen worden ontwikkeld. (Bij)gebouwen kunnen aan de randen, in de bebouwingslinten worden opgenomen. Versnippering en verdichting van de binnenruimtes kan zo worden voorkomen. Het opvangen van bijkomende functies in de huidige bebouwingslinten moet afhankelijk zijn van de aard van het bebouwingslint zelf. Goed bereikbare linten met voldoende voorzieningen moeten voorrang krijgen op slecht bereikbare linten zonder voorzieningen.

Figuur 89: Neo-rurale velden

Boven: Neo-ruraal veld gericht op natuurontwikkeling, waterzuivering en retentie en productie van duurzame energie; Onder: Neo-ruraal veld met focus op veehouderijen en het concentreren van verpaarding (buurt- en wijkgroen).



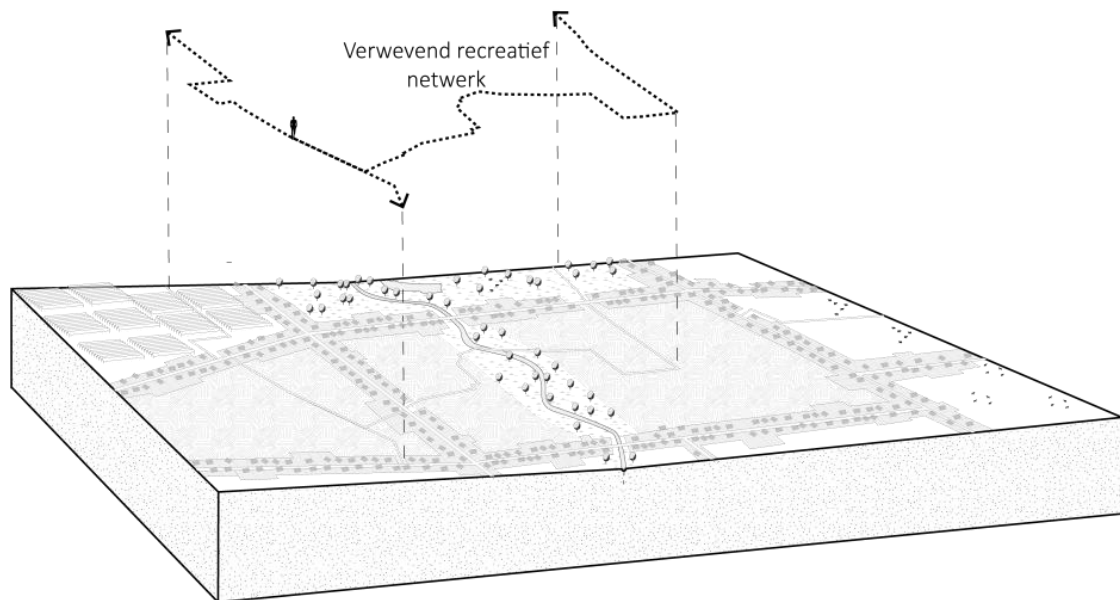
Toegankelijkheid en beleving van het open landschap

Langsheen de bebouwingslinten zijn plaatselijk nog open kavels die doorzichten bieden op het open binnengebied. Deze doorzichten dienen gekoesterd te worden, omdat ze de relatie tussen de steenwegen en de binnengebieden in stand houden, hoe precair deze relatie ook is, en het binnengebied beleefbaar houden.

Naast deze visuele relaties kunnen de binnengebieden ook ontsloten worden door aanleg van een verwevend netwerk voor wandelaars en fietsers. De herontwikkeling van de binnengebieden tot neo-rurale velden leidt tot een grote variatie aan landschappen tussen de verschillende binnengebieden. Het recreatief netwerk rijgt deze verschillende velden aaneen tot een afwisselende route langsheen beken en natuur, akkers en serres.

Bijkomend voordeel van het verwevend netwerk voor langzaam verkeer is dat fietsers en wandelaars niet langer aangewezen zijn op de vaak onveilige steenwegen. Bovendien boort de ontsluiting een groot oppervlak aan buurt- en wijkgroen aan, voor hardlopen, wandelen met de hond, etc.

Figuur 90: Verwevend recreatief netwerk



Discussie en conclusies

Beschikbare datasets

De analyse van ruimtelijke relaties tussen ESD en de opmaak van de knelpuntenkaart steunt sterk op de beschikbaarheid en kwaliteit van de gebruikte datasets. Voor Vlaanderen zijn de laatste jaren sterke inspanningen geleverd om een reeks kwalitatieve, ruimtelijk expliciete datasets te ontwikkelen voor ESD. Dit is een complexe opgave en het spreekt voor zich dat niet voor elke ESD een dataset beschikbaar is. Voor deze analyse hebben we aan de aanbodzijde en vraagzijde respectievelijk 19 en 11 datasets kunnen weerhouden, die zowel producerende, regulerende als culturele ESD vertegenwoordigen. Dit geeft reeds een behoorlijk overzicht van de brede waaier aan ESD die een rol spelen in het MKG. Het is echter van belang om te blijven inzetten om de kennisvelden op het vlak van het ruimtelijk voorkomen van ESD, te dichtten. Er kunnen nog belangrijke inspanningen geleverd worden om de beschikbare data te actualiseren, te verfijnen, en verder uit te breiden.

Problematischer dan het ontbreken van enkele ESD in de gebruikte kaartenbundel, is het feit dat bepaalde types (of klassen?) ESD sterk ondervertegenwoordigd zijn. Met name culturele ESD blijken erg moeilijk te kwantificeren en dreigen dan ook systematisch ondervertegenwoordigd te zijn. Dit is toch een aandachtspunt voor ruimtelijke planning en beleid dat zich beroept op het ESD-concept. Een soortgelijke problematiek stelt zich rond het verschil in beschikbaarheid van gegevens tussen aanbod aan en vraag naar ESD. Goede data rond de vraag naar ESD blijken relatief schaars te zijn. En voor vele ESD bestaat er ofwel een aanbod ofwel een vraag kaart. Echter zit net in de vergelijking van aanbod en vraag cruciale informatie voor planning en beleid dat gebruik maakt van het ESD concept (Burkhard et al., 2012; Castro et al., 2014; Kroll et al., 2012).

ESD aanbod kaarten zijn minder schaars. Voor een aantal van de aanbodkaarten, zit er echter ook impliciet een aspect van de vraag mee vervat in deze datasets. Een voorbeeld hiervan is de ESD geluidsbuftering, waarbij de geluidsoverlast mee in de aanbodkaart vervat zit. Op die manier is de ESD geluidsbuftering hoog, enkel op deze plaatsen waar hoge geluidsniveaus (= een vraag) zich voordoen in combinatie met de hoge bufterwerking van de vegetatie (= een aanbod). Op plaatsen waar de vegetatie wel in staat is tot geluidsbuftering, maar de geluidsniveaus laag zijn, vindt op die manier geen aanbod van deze ESD plaats, hoewel de capaciteit voor het leveren van deze ESD wel aanwezig is. Dit heeft te maken met het feit dat ESD een vraag-gedreven concept is. Wanneer men aanbod aan en vraag naar ESD wil vergelijken, is het aangewezen om het ESD aanbod vooral te karteren op basis van de aanwezige biofysische structuren en processen. In welke mate zijn er structuren en processen aanwezig die een dienst kunnen leveren. De ESD vraag geeft dan aan of er deze structuren en processen een voordeel leveren voor de maatschappij, i.e. of ze een baat leveren die het welzijn verhoogt.

Een ander aandachtspunt vormen de regionale verschillen in beschikbaarheid van gegevens rond de levering van ESD en het gebrek aan standaardisatie tussen landsdelen (Kroll et al., 2012). Voor het geval van België zijn de uitgesproken verschillen tussen de regio's bijzonder problematisch, waardoor een gebiedsdekkende analyse praktisch onmogelijk blijkt. Desondanks zou het opnemen van Brussel, van waar een uitgesproken vraag naar ESD uitgaat, alsook Wallonië, waar vb. tal van gedelocaliseerde ESD worden geleverd (denk aan waterbuftering, luchtkwaliteit) een betekenisvolle verbetering inhouden van voorliggende analyse. Dit mogelijk maken begint met de ontwikkeling van uniforme of vergelijkbare datasets, volgens duidelijk afgesproken protocols, in eenzelfde tijds kader. Het spreekt voor zich dat vraag naar en aanbod aan ESD niet wijzigt of stopt aan de administratieve grenzen.

Een belangrijke aanbeveling van deze studie is dan ook het verder ontwikkelen van kwalitatieve en actuele datasets van ESD levering en –vraag in Vlaanderen, alsook verder werk maken van een standaardisatie van dit soort datasets voor analyses over de lands- en regiogrenzen heen. Hiervoor verwijzen we expliciet naar de CICES classificatie van ESD (Haines-young and Potschin, 2016)².

Een gedetailleerde evaluatie van welke ESD prioritair dienen gekarteerd te worden ligt buiten de scope van voorliggende studie. Desalniettemin willen we enkele reflecties hieromtrent maken. Een vergelijking

² Cices.eu

van de gebruikte reeks datasets met de CICES classificatie kan een eerste stap vormen om data-lacunes te identificeren. Voor productiediensten bestaan er onder meer data-lacunes op het vlak van (drink)waterproductie en materialenproductie (anders dan hout). Ook datasets omtrent genetische materialen en energie uit dierlijke productie ontbreken momenteel. Dierlijke productie op zich is momenteel enkel indirect meegenomen, via de aanwezigheid van grasland, en aquatische productie ontbreekt geheel.

Op het vlak van regulerende ESD denken we aan water- en bodemzuivering, nutriënten regulatie, zaadverbreiding, en pest- en ziektecontrole als mogelijke aanvullingen aan de dataset. De gebruikte datasets voor klimaat- en geluidregulatie zijn rudimentair.

Op het gebied van culturele ESD bestaan de grootste, en wellicht ook de moeilijkst in te vullen, data-lacunes. Naast recreatie dienen we hier ook rekening te houden met de gezondheids- en welzijnseffecten van groen, en met de culturele en symbolische (incl. spirituele) waardering van landschappen en soorten.

Ruimtelijke analyse

De analyse toont aan dat ESD in het MKG geen random patronen vertonen, maar ruimtelijke trade-offs en synergieën kennen, wat in lijn is met andere studies (vb. Butler et al., 2013; Turner et al., 2014; van der Biest et al., 2014). Dit is op zich reeds een resultaat met belangrijke implicaties voor beleid. Het wil immers zeggen dat geen beleid kan gevoerd worden op een specifieke ESD, zonder daarmee ook de levering van andere ESD in positieve of negatieve zin te beïnvloeden. Een ruimtelijk beleid rond ecosysteemdiensten gaat daarom vanuit een praktisch oogpunt beter uit van ecosysteembundels (Bennett et al., 2009; Raudsepp-Hearne et al., 2010).

Ook individuele ESD kennen steeds een zekere graad van ruimtelijke associatie, ze komen in het beschouwde gebied nergens volkomen random, en ook nergens perfect ruimtelijk gegroepeerd voor. De trade-offs en synergieën tussen verschillende ESD en het feit dat individuele ESD steeds een zekere graad van ruimtelijke associatie kennen, wil zeggen dat plaatselijke inspanningen om de levering van één of meerdere ESD te verhogen, vrijwel steeds een invloed zullen hebben op de levering van andere ESD in die locatie, én op de levering van ESD in de ruimere omgeving. Met deze analyse hebben we hiervoor voor het MKG een belangrijke stap gezet, door ruimtelijk structuur te brengen in het kluwen van ESD, en deze structuur te linken aan specifieke ESD bundels. Dit hebben we zowel voor de aanbod- als voor de vraagzijde gedaan. De gebruikte benadering laat toe kilometerhokken die gelijkaardige combinaties van ESD aanbod of vraag vertonen samen te voegen in clusters. Deze clusters werden dan benoemd op basis van de ESD die sterk vertegenwoordigd zijn in de clusters. Een onderbouwde kennis van deze patronen, in combinatie met inzichten in de (auto)correlatie binnen en tussen ESD, biedt een aanzienlijke meerwaarde om een gebiedsgericht beleid uit te kunnen tekenen.

De clusters – en de ecosysteembundels – vormen markante ruimtelijk-geografische patronen. Voor het creëren van clusters hebben we een afweging gemaakt om al dan niet gebruik te maken van ordinatietechnieken als basis voor de clustering. Dit komt in grote lijnen neer op een afweging tussen de technische voordelen die een ordinatietechniek kan bieden, waarvan het vermijden van dubbeltellingen één van de voornaamste is in dit geval, en de relatieve moeilijkheid naar interpretatie toe van de resultaten. Dat laatste is volgens ons van doorslaggevend belang, wil men op een zinvolle manier naar beleidsvertalingen doorwerken. Deze afweging is verder besproken in de technische Annex.

Naar vervolgonderzoek toe is het van belang om mee te geven dat de clusterafbakening sterk afhankelijk is van welke ESD er meegenomen worden in de analyse. Het valt dus te verwachten dat een vergelijkbare analyse op basis van nieuwe datasets tot een andere (daarom niet minder relevante) clusterafbakening kan leiden.

Naarmate men meer ESD in de analyse meeneemt, dient men rekening te houden met een hoger risico op dubbeltellingen enerzijds, en een hogere cognitieve belasting in de expertbenadering anderzijds. Het risico op dubbeltellingen kan analytisch aangepakt worden door alsnog te opteren voor het gebruik van ordinatietechnieken als PCA of factoranalyse (zie ook de Annex). Paradoxaal genoeg leidt dit tot een nog hogere cognitieve belasting bij de expertberoordeling, aangezien de te evalueren clusters op een veel abstractere manier gedefinieerd worden.

Knelpuntenkaart

De opmaak van de knelpuntenkaart is gebaseerd op een vergelijking van aanbod- en vraagbundels door een panel van experts. Middels een expertbenadering kan in zekere mate de complexiteit van de realiteit in rekening gebracht worden. Bovendien kan een belangrijke nuancering in de vergelijking gebracht worden door naar het belang van de ingeschatte (mis)match te peilen.

De combinatie van de knelpuntenkaart met een hotspot kaart levert een rijk en complex kaartbeeld op, waaruit tal van ruimtelijke interacties naar boven komen. Zo blijkt de situatie in en rond de stedelijke centra van Gent en Antwerpen fundamenteel te verschillen met deze in en rond de kleinere en iets zuidelijker gelegen stedelijke centra van Leuven en Aalst. Deze laatste vertonen veel kleinschaligere, complexere maar ook beslist minder problematische patronen van (mis)match. Dat steden zelf, met een intrinsiek hoge vraag naar ESD, maar een beperkt areaal aan open, groene ruimte, op kleine schaal gekenmerkt zijn door een mismatch, hoeft niet te verbazen. De invloedssfeer van steden vertoont vrijwel steeds een uitgesproken asymmetrie, waarbij knelpunten significant meer voorkomen langs verbindingssassen tussen stedelijke centra, al zijn dat niet de enige bepalende structuren rond steden. De invloedssfeer van Brussel bijvoorbeeld, vertoont grote verschillen tussen het oostelijke en het westelijke deel, waarbij de regio tussen Brussel en Leuven meer met knelpunten geconfronteerd wordt dan de regio ten westen van Brussel. Opvallende knelpuntconcentraties in sommige intrastedelijke gebieden is wellicht te wijten aan verstedelijkingsdruk.

De combinatie van de knelpuntenkaart met beide toekomstscenario's levert inzichten op van waar bestaande knelpunten nog sterker onder druk kunnen komen te staan. De kaartbeelden voor beide scenario's tonen uiteraard een aanzienlijk verschil in de mate waarin knelpunten voorkomen. Opvallend is wel dat voor beide scenario's de afbakening van aandachtsgebieden vrijwel hetzelfde blijft.

Gidsmodellen

Een eerste conclusie betreft de methodiek van de gidsmodellen. Een gidsmodel is een bruikbaar instrument om de academische invulling van het begrip ecosysteemdiensten te koppelen aan concrete ontwerpprincipes uit het vakgebied van het ruimtelijk ontwerp. De koppeling tussen de academische en ontwerpmatige benadering van ecosysteemdiensten gebeurt aan de hand van ontwerpend onderzoek op twee schaalniveaus. Op regionaal schaalniveau (ecoregio) wordt een ruimtelijk toekomstbeeld per ecoregio opgesteld. Op lokaal schaalniveau wordt gezocht naar geïntegreerde inrichtingsmaatregelen die meerdere lokale ecosysteemdiensten combineren.

Een tweede conclusie betreft het hanteren van een gebiedsspecifieke milieuzonering als alternatief voor de huidige generieke reglementering van het ruimtegebruik. Deze gebiedsspecifieke milieuzonering is gebaseerd op het functioneren van de onderliggende hydrologische landschapsstructuur. De hydrologische landschapsstructuur geeft de ordening van het landschap op basis van de stromingsprocessen van watersystemen weer. Voor elke ecoregio kan een samenhangend systeem van ruimtelijke eenheden worden gedefinieerd. Een ruimtelijke eenheid is een samenhangende zone met specifieke milieuoedities, zoals infiltratiegebieden, kwelgebieden, intermediaire gebieden, brongebieden, Het toekomstig ruimtegebruik dient bij voorkeur te worden afgestemd op de specifieke draagkracht en milieuoedities van elk van deze ruimtelijke eenheden, in plaats van het huidige generieke beleid per bestemmingszone.

In het kader van bovenstaande is het wenselijk om een waterkansenkaart per ecoregio te ontwikkelen. Deze waterkansenkaart kan een complementair instrument vormen aan de huidige watertoetskaart. De watertoetskaart is een beleidsinstrument dat ontwikkeld is om de afstemming tussen water en ruimtelijke ordening te verbeteren en bestaat uit een set van kaartbeelden waarin ruimtelijke informatie met betrekking tot het functioneren van watersystemen wordt weergegeven. Deze informatie laat toe ruimtelijke beslissingen met betrekking tot het watersysteem op lokaal en/of regionaal niveau te beïnvloeden. De huidige watertoetskaart is opgebouwd uit thematische datalagen (bodemtextuur, drainageklassen, hellingskaart, ...) en geeft de ruimtelijke potenties weer voor waterberging, waterconservering en infiltratie. De watertoetskaart houdt echter geen rekening met de stromingsprocessen van het grond- en oppervlaktewater die leiden tot specifieke ruimtelijke patronen en daarmee samenhangende variatie in natuurlijke milieuoedities en grondgebruikspotentieel. De kaart vertrekt dus niet vanuit het functioneren van het stromingsstelsels als ruimtelijk systeem met bijhorende

processen en patronen waardoor de onderlinge samenhang niet in rekening wordt gebracht. Het opstellen van een waterkansenkaart vergt verder onderzoek.

Een derde conclusie betreft het hanteren van geïntegreerde lokale inrichtingsmaatregelen. Voor elke ecoregio kunnen gebiedsspecifieke lineaire landschapsstructuren worden ontworpen die verschillende ecosysteemdiensten ruimtelijk en functioneel combineren.

Bronnen

- afdeling Bos en Groen, n.d. Technisch Vademecum Water, Harmonisch Park en Groenbeheer. Brussel.
- Albrechts, L., Coppens, T., Van den Broeck, J., Verachtert, K., 2003. Netwerken en netwerking als uitdaging voor de ruimtelijke planning, Research report for the Flemish Community. Brussels.
- Allaert, G., Brouwer, L., De Sutter, R., Gulinx, H., Meire, P., Van Damme, S., Van den Broeck, P., Van Eetvelde, V., 2012. CcASPAR. Klimaat in Vlaanderen als ruimtelijke uitdaging. Academia Press, Ghent.
- Allaert, G., Leinfelder, H., vanden Abeele, P., Verhoestraete, D., 2006. Randvoorwaarden voor duurzaam agrarisch ruimtegebruik in een verstedelijkende netwerksamenleving. Bijlage III. Alternatieve planningsdiscoursen over de relatie tussen stad en platteland, casestudies. Brussel.
- Antrop, M., De Maeyer, P., Vandermotten, C., Beyaert, M., Billen, C., Decroly, J.-M., Neuray, C., Ongena, T., Queriat, S., Van den Steen, I., Wayens, B., 2006. België in kaart, de evolutie van het landschap in drie eeuwen cartografie. Uitgeverij Lannoo, Tielt.
- Bennett, E.M., Peterson, G.D., Gordon, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol. Lett.* 12, 1394–404. doi:10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x
- Bomans, K., Vervaet, C., Meuleman, L., Engelen, G., Vranckx, S., 2014. Meetinstrument omgevingskwaliteit.
- Broekx, S., De Nocker, L., Poelmans, L., Staes, J., Jacobs, S., Van der Biest, K., Verheyen, K., 2013. Raming van de baten geleverd door het Vlaamse Natura 2000.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol. Indic.* 21, 17–29. doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.019
- Butler, J.R. a., Wong, G.Y., Metcalfe, D.J., Honzák, M., Pert, P.L., Rao, N., van Grieken, M.E., Lawson, T., Bruce, C., Kroon, F.J., Brodie, J.E., 2013. An analysis of trade-offs between multiple ecosystem services and stakeholders linked to land use and water quality management in the Great Barrier Reef, Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 180, 176–191. doi:10.1016/j.agee.2011.08.017
- Castro, A.J., Verburg, P.H., Martín-López, B., García-Llorente, M., Cabello, J., Vaughn, C.C., López, E., 2014. Ecosystem service trade-offs from supply to social demand: A landscape-scale spatial analysis. *Landsc. Urban Plan.* 132, 102–110. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.08.009
- Clifford, P., Richardson, S., Hemon, D., 1989. Assessing the Significance of the Correlation between Two Spatial Processes. *Biometrics* 45, 123–134.
- Couderé, K., Van Gassen, B., Nagels, M., Dhondt, A., Debuysere, F., 2016. Klimaatadaptatie en kwalitatieve en kwantitatieve richtlijnen voor de ruimtelijke inrichting van gebieden. Brussel.
- De Blust, G., Van Renterghem, T., 2014. Hoofdstuk 20- Ecosysteemdienst regulatie van geluidsoverlast. (INBO.R.2014.2008296). Brussel.
- De Bruyn, L., 2014. Hoofdstuk 16 - Ecosysteemdienst bestuiving. (INBO.R.2014.1994351). Brussel.
- De Geyter, G., 2001. Toelichting bij de geologische kaart van België, Kaartblad 31. Brussel.
- Dutilleul, P., Clifford, P., Richardson, S., Hemon, D., 1993. Modifying the t Test for Assessing the Correlation Between Two Spatial Processes. *Biometrics* 49, 305–314.
- Geertsma, W., Steingröver, E., Van Wingerden, W., Spijker, W., Dirksen, J., 2006. kwaliteitsimpuls groenblauwe dooradering voor plaagonderdrukking in de hoeksche waard.
- Gellynck, X., Van Huylenbroeck, G., Vandermeulen, V., Bervoets, K., Allaert, G., Leinfelder, H., Verhoestraete, D., Van Orshoven, J., Bomans, K., Gulinx, H., Vloebergh, G., Laureys, G., De Greef, J., Wuillaume, P., 2007. Analyse van de huidige en toekomstige ruimtebehoefte voor land- en tuinbouw en de toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen binnen land- en tuinbouw. Studie in opdracht van Departement Landbouw en Visserij. Brussel.
- Gulinx, H., Dessein, J., 2002. Vergeten landschappen, nieuwe boeren? *Landschap* 19, 239–245.
- Gysels, H., 1993. De landschappen van Vlaanderen en zuidelijk Nederland. Garant, Leuven/Apeldoorn.
- Haines-young, B.R., Potschin, M., 2016. Categorisation systems : The classification challenge.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2014. Typology / Classification of Ecosystem Services., in: Potschin, M., Jax,

- K. (Eds.), *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book*.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting.
- Hendriks, K., Snellen, B., n.d. Biodiversiteit werkt voor waterberging.
- Hiemstra, J., Schoenmaker-van der Bijl, E., Tonneijk, A., 2008. Bomen, een verademing voor de stad. Plant Publicity Holland (PPH) en Vereniging van Hoveniers en Groenvoorzieners (VHG).
- Holzschuh, A., Dudenhöffer, J.-H., Tschardt, T., 2012. Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biol. Conserv.* 153, 101–107. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.04.032>
- Huisman, W., 1990. Sound Propagation over Vegetation-covered Ground.
- Jacobs, S., Spanhove, T., Thoonen, M., De Smet, L., Boerema, A., Van der Biest, K., Landuyt, D., 2014. Hoofdstuk 9 - Interacties tussen aanbod, gebruik en vraag van ecosysteemdiensten in Vlaanderen (INBO.R.2014.6160569). Brussel.
- Kroll, F., Müller, F., Haase, D., Fohrer, N., 2012. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land use policy* 29, 521–535.
- Lenzholzer, S., 2013. Het weer in de stad; Hoe ontwerp het stadsklimaat bepaalt. nai010, Wageningen University, Rotterdam.
- Lerouge, F., Vranken, L., Gulink, H., Dewaelheyns, V., 2015. Bioproductieve ruimte. Brussel.
- Liekens, I., Van der Biest, K., Staes, J., De Nocker, L., Aertsens, J., Broekx, S., 2013. Waardering van ecosysteemdiensten, een handleiding., Studie in opdracht van LNE, afdeling milieu-, natuur- en energiebeleid.
- Luske, B., Janmaat, L., 2015. Bijen op het landbouwbedrijf: Werken aan een bijvriendelijker platteland. Driebergen.
- Maris, T., Cox, T., Jacobs, S., Beauchard, O., Teuchies, J., Van Liefferinge, C., Temmerman, S., Vanderbruwaene, W., Meire, P., 2008. Natuurontwikkeling in het Lippenbroek. *Natuur.focus* 7.
- McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., Frantzeskaki, N., 2014. Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosyst. Serv.* 1–5. doi:10.1016/j.ecoser.2014.07.012
- Meiersonne, L., Turkelboom, F., 2012. Biodiversiteit als basis voor ecosysteemdiensten in regio Vlaanderen. Brussel.
- Oosterbaan, A., Tonneijck, A.E.G., de Vries, E.A., 2006. Kleine landschapselementen als invangers van fijn stof en ammoniak, Alterra-rapport. Alterra.
- Poelmans, L., Engelen, G., 2014. Ruimtegebruik in Vlaanderen: Business-as-usual of de omslag maken naar een ruimteneutrale ontwikkeling? Brussel.
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D., Bennett, E.M., 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 5242–7. doi:10.1073/pnas.0907284107
- Samara, T., Tsitsoni, T., 2011. The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. *Noise Control Eng. J.* 59, 68–74.
- Schneiders, A., Spanhove, T., Breine, J., Zomlot, Z., Verbeiren, B., Batelaan, O., Decleyere, D., 2014. Hoofdstuk 22 - Ecosysteemdienst regulering overstromingsrisico. (INBO.R.2014.2001135). Brussel.
- Sevenant, M., Menschaert, J., Couvreur, M., Ronse, A., Heyn, M., Janssen, J., 2002. Ecodistricten: ruimtelijke eenheden voor gebiedsgericht milieubeleid in Vlaanderen. Brussel.
- Simoens, I., Thoonen, M., Meiersonne, L., Van Daele, T., 2014. Hoofdstuk 26 – Ecosysteemdienst groene ruimte voor buitenactiviteiten. (INBO.R.2014.1987887). Brussel.
- Snacken, F., 1961. Streekindeling en begrenzing van het Land van Waas. *Tijdschr. van Belgische Ver. voor Aardrijkskd. Stud.* 2.
- Spoelstra, J., Truijen, G., 2010. Handboek groene waterzuivering. Van Hall Larenstein.
- Technum, 2015. Klimaatadaptatie en kwalitatieve en kwantitatieve richtlijnen voor de ruimtelijke inrichting van gebieden.
- Turner, K.G., Odgaard, M.V., Bøcher, P.K., Dalgaard, T., Svenning, J.-C., 2014. Bundling ecosystem services in Denmark: Trade-offs and synergies in a cultural landscape. *Landsc. Urban Plan.* 125, 89–104.

doi:10.1016/j.landurbplan.2014.02.007

- Uyttenhove, P., 2006. Recollecting Landscapes: herfotografie, geheugen en transformatie 1904-1980-2004.
- Van Buuren, M., 1997. Landschapsplanning en watersystemen in de zandgebieden van Nederland.
- Van den Berg, F., n.d. Informatieblad Groen en Geluid.
- van der Biest, K., D'Hondt, R., Jacobs, S., Landuyt, D., Staes, J., Goethals, P., Meire, P., 2014. EBI: An index for delivery of ecosystem service bundles. *Ecol. Indic.* 37, 252–265. doi:10.1016/j.ecolind.2013.04.006
- Van Gossum, P., Danckaert, S., Spanhove, T., 2014. Hoofdstuk 11 Ecosysteemdienst voedselproductie. Brussels.
- Van Kerckvoorde, A., Van Reeth, W., 2014. Hoofdstuk 14 - Ecosysteemdienst productie van energiegewassen (INBO.R.2014.1987641), Stevens, M. et al. (eds.), *Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen*. Technisch rapport. Brussel.
- Verbist, K., Gillijns, K., Gabriels, D., Govers, G., Poesen, J., Van Hecke, E., 2004. Richtlijnenboek Erosiebestrijding.
- Verhoestraete, D., L, V., 2006. Podo II, een wetenschappelijk onderzoek naar de plaats van landbouw in het verstedelijkte Vlaamse landschap. *Ruimte en Plan.* 26, 6–9.
- Verhoestraete, D., Meire, P., 2009. Ecosysteemdiensten als theoretisch kader voor nieuwe ruimtelijke concepten voor de open ruimte in stedelijke netwerken., in: Bouma, G. (Ed.), *Tussen Droom En Werkelijkheid*. Stichting Planologische Discussiedagen, Delft, pp. 507–518.
- Vissers, J., 1994. Effluentboeren, Een voorbeeldplan vierde nota.

Annex: technisch-analytische nota

In deze nota worden de technische aspecten van de analyse overlopen. De ruimtelijke analyses zijn uitgevoerd in ArcGIS 10 (ESRI), met behulp van de Geospatial Modelling Environment (GME, Spatial Ecology LLC). Statistische analyses zijn uitgevoerd in R 3.2 (r-project.org).

Kilometerhokken en dataset

De kilometerhokken zijn afgebakend als shapefile met de GME, met de contour van Vlaanderen als afbakening. Enkel kilometerhokken die volledig binnen deze contour liggen werden weerhouden. Afbakening van het Metropolaan Kerngebied (MKG) gebeurde op een pragmatische manier, door een bufferzone te leggen rond Gent, Brussel, Antwerpen en Leuven, en het gebied tussen deze buffers mee te nemen. Kilometerhokken die in deze zone liggen werden tot het MKG gerekend, met uitzondering van de kilometerhokken die binnen Brussel liggen.

Er werd een attribuut 'link' toegevoegd aan de kilometerhokken, met een unieke identifier per kilometerhok. 'Link' wordt gebruikt om de analyseresultaten te kunnen koppelen aan de shapefile, om ze ruimtelijk expliciet te kunnen maken.

De gemiddelde levering van ecosysteemdiensten (ESD) per kilometerhok is berekend met de zonal statistics functie, waarbij het attribuut 'link' als zone identifier is gebruikt. De output van deze berkenningen werd gebundeld in één dataset, dat voorzien werd van een codebook met metadata over de variabelen.

Berekening van proxies

Voor enkele ESD werden proxies berekend op basis van de Groenkaart 2013 (ANB). Hiertoe werd eerst water als bijkomende categorie aan de Groenkaart toegevoegd. Deze categorie werd gebaseerd op de NARA landgebruikskaart niv 1 (Jacobs et al., 2014), door extractie van de categorie '2000_water'. Deze categorie werd met reclass naar een waarde 0 gezet, en alle andere categorieën naar een waarde 1. De kaart werd vervolgens geresampled naar de resolutie van de Groenkaart, om tot slot vermenigvuldigd te worden met de Groenkaart. Hieruit werden twee proxies berekend volgens de onderstaande reclassificatie (Tabel 2).

Ruimtelijke (auto)correlatie

De ruimtelijke autocorrelatie is ingeschat aan de hand van Moran's I, voor een radius van 1 km tot 10km (in stappen van 1 km). Moran's I wordt als volgt berekend:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2}$$

Met z_i de afwijking van een attribuut voor een kilometerhok i van het gemiddelde ($x_i - \bar{x}$), $w_{i,j}$ het ruimtelijk gewicht tussen kilometerhokken i en j , n het totaal aantal kilometerhokken, en S_0 het aggregaat van alle ruimtelijke gewichten.

Correlatie tussen ESD

Paarsgewijze correlaties zijn berekend op basis van Pearson's correlatie coëfficiënt r_p .

Bij het bepalen van de significantieniveaus van de correlatie, dienen we een correctie toe te passen voor de ruimtelijke autocorrelatie (Clifford et al., 1989). Dit doen we volgens de methode ontwikkeld door Dutilleul et al. (1993).

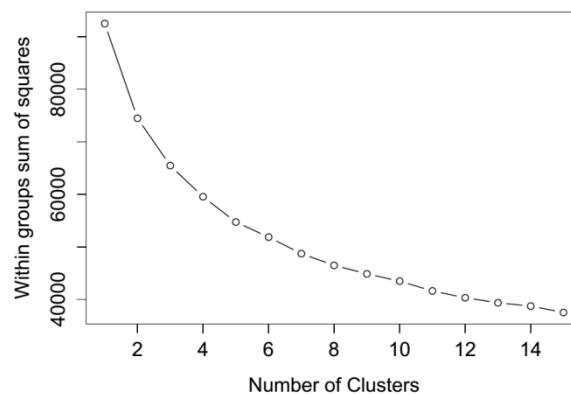
Clustering

De groepering van kilometerhokken in gelijkaardige clusters, is gebeurd op basis van k-means clustering in ArcGIS. Een clusteranalyse is erop gericht om binnen de multivariate dataset groepen af te bakenen met gelijkaardige karakteristieken. Deze clustering kan gebeuren op basis van de originele dataset, of op basis van een geordende dataset (vb. met principale componenten- of factoranalyse). We hebben geopteerd om dit niet te doen (zie box 'Ordinatie toepassen of niet?').

K-means clustering kent kilometerhokken toe aan een vooraf gespecificeerd aantal clusters, op basis van de nabijheid van het gemiddelde van de cluster. Hierbij wordt de *within cluster sum of squares*, de gesommeerde afstand van alle waarden tot de gemiddeldes van de clusters, geminimaliseerd. Ook voor het bepalen van het 'optimaal' aantal clusters kan gekeken worden naar het verloop van deze 'sum of squares' ten opzichte van het gekozen aantal clusters. Een duidelijke knik in de curve geeft een optimum aan. Maar deze visuele techniek levert niet steeds eenduidige resultaten op, waardoor de keuze in zekere mate pragmatisch dient te gebeuren.

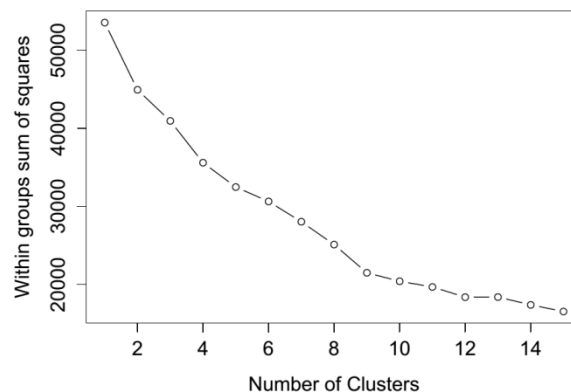
Figuur 91: Within groups sum of squares in functie van aantal aanbodclusters

Verloop van de within groups sum of squares in relatie tot het hypothetisch aantal aanbodclusters.



Figuur 92: Within groups sum of squares in functie van aantal vraagclusters

Verloop van de within groups sum of squares in relatie tot het hypothetisch aantal vraagclusters.



Ordinatie techniek toepassen of niet?

Het toepassen van een ordinatie techniek an sich kan zinvol zijn om gradiënten van maximale variatie uit de dataset te distilleren. Op basis van deze techniek kunnen we de voornaamste ecologische gradiënten van variatie in ecosysteemdiensten tussen de kilometerhokken beschrijven. Indien we deze gradiënten kunnen verklaren, verkrijgen we een beter inzicht in de onderliggende structuren die aan de basis liggen voor een verschillende levering van ecosysteemdiensten. Mogelijke gradiënten die hierbij een rol spelen zijn deze van verstedelijkt naar open, van droog naar nat, van hoog naar laag, ...

Belangrijke voordelen van het gebruik van ordinatie technieken in de analyse:

- Complexe dataset te exploreren naar belangrijke en relevante onderliggende gradiënten

- Multidimensionele dataset te reduceren, i.e. het zo accuraat mogelijk weergeven van een multidimensionele dataset in een hanteerbaar aantal dimensies.
- Ondersteuning bij het formuleren van hypothesen (de resultaten van exploratieve factor analyse kan je trachten te formuleren als een set hypothesen, waarbij de factoren een specifieke set latente variabelen voorstellen die achter de waargenomen variabelen schuilen).
- Redundantie (i.e. onderlinge correlatie) uit de dataset te halen terwijl zoveel mogelijk van de oorspronkelijke variantie behouden blijft. Hierdoor kan het statistisch onderscheidend vermogen van verdere analyses toenemen.

Een belangrijk nadeel echter van de ordinatie is dat resultaten moeilijker interpreteerbaar zijn. Dit is afhankelijk van hoe duidelijk de assen van de ordinatie geïnterpreteerd kunnen worden. Hoewel een exploratieve analyse met PCA doet uitschijnen dat dit voor de eerste component(en) relatief eenvoudig zou zijn, lijkt dit voor verdere componenten niet zo voor de hand liggend. Door gebruik te maken van FA wordt deze interpretatiestap weliswaar vereenvoudigd, maar desalniettemin is er nog steeds een extra vertaalslag nodig. Een tweede nadeel is dat ordinatietechnieken ook fouten en vertekeningen kunnen introduceren wanneer de dataset niet of niet voldoende in overeenstemming is met de onderliggende assumpties.

Aangezien de resultaten een doorvertaling moeten kunnen krijgen naar beleidstoepassingen toe, is interpreteerbaarheid van groot belang. Daarom hebben we geopteerd om geen ordinatiestap uit voeren, maar een rechtstreekse clustering.

Knelpuntenkaart en hotspot analyse

De statistiek die gebruikt wordt bij de hotspot analyse is de Getis-Ord G_i^* . Deze vergelijkt lokale gemiddelde waarden met globale gemiddelde en bepaalt hierbij de statistische significantie van de afwijking. De statistiek wordt als volgt berekend:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\left[\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1} \right]}}$$

Waarbij x_j de attribuutwaarde is voor kilometerhok j , $w_{i,j}$ staat voor een ruimtelijke gewichtsfactor tussen hokken i en j , en n gelijk is aan het totaal aantal beschouwde kilometerhokken. De schaal van de output (Z-waarde) is altijd dezelfde (negatief in het geval van coldspots), en leert waar hoge, respectievelijk lage waarden van kilometerhokken ruimtelijk geclusterd zijn:

- 90% significant: ≥ 1.645
- 95% significant: ≥ 1.960
- 99% significant: ≥ 2.576
- 99.9% significant: ≥ 3.291

Ook de contouren voor de aandachtsgebieden in Figuur 42 en Figuur 43 zijn gebaseerd op een hotspot analyse. Hiertoe is een hotspot kaart opgemaakt met een radius van 5 km. Vervolgens is een contourlijn uitgetekend op een waarde van 2.58 SD. Hiermee worden de gebieden afgebakend die een significante concentratie van hoge knelpuntwaarden hebben in een radius van 5 km.



Vlaanderen
is ruimte

Veerkracht voor het Metropolitane Kerngebied vanuit het perspectief van ecosysteemdiensten

In dit onderzoek is vanuit het ecosysteemdienst-concept een knelpuntenkaart opgesteld voor het Metropolitane Kerngebied. Op basis hiervan werden enkele ontwerp oefeningen uitgewerkt om vorm te geven aan mogelijke acties om ruimtelijke synergieën op te zoeken tussen vraag en aanbod van ecosysteemdiensten. Deze acties vormen de basis tot het formuleren van algemenere ruimtelijke principes, richtlijnen en strategieën.

Colofon

Verantwoordelijke uitgever:

Ruimte Vlaanderen
Afdeling Onderzoek en Monitoring
Koning Albert II-laan 19 bus 12
1210 Brussel
aom@rwo.vlaanderen.be
www.ruimtevlaanderen.be

Bronverwijzing: Lerouge F, Vranken L, Verhoestraete D, Schuwer T (2016), Veerkracht voor het Metropolitane Kerngebied vanuit het perspectief van ecosysteemdiensten, uitgevoerd in opdracht van Ruimte Vlaanderen.