

# Kansenkaarten Nature-based Solutions Geuldal

*Kleinschalige maatregelen op grote schaal implementeren: De theoretische haalbaarheid op basis van landschap, hydrologie en planologie*



Datum: 28 November 2025

Auteurs: Anneleen H. Geurts, Alphons van Winden, Jos de Bijl, Peter Veldt

# Kansenkaarten Nature-based Solutions Geuldal

*Kleinschalige maatregelen op grote schaal implementeren: De theoretische haalbaarheid op basis van landschap, hydrologie en planologie*

**Datum:** 28 November 2025

**Colofon:**

**Auteurs:** Anneleen H. Geurts, Alphons van Winden, Jos de Bijl, Peter Veldt

**Bureau Stroming**

**In opdracht van:** Waterveiligheid en Ruimte Limburg (WRL)



## Inhoud

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Inleiding .....</b>                                          | <b>3</b>  |
| <b>2 Wateroverlast verminderen in het Geuldal .....</b>           | <b>5</b>  |
| 2.1 Nature-based Solutions – theoretisch kader .....              | 5         |
| <b>3 Methodiek .....</b>                                          | <b>8</b>  |
| 3.1 Basisdata en kaarten van het Geuldal.....                     | 8         |
| 3.2 Maatregelen selectie en clustering .....                      | 16        |
| 3.3 Het opstellen van rekenregels .....                           | 18        |
| 3.4 De productie van kansenskaarten .....                         | 20        |
| <b>4 Overzicht Nature-based Solutions voor het Geuldal.....</b>   | <b>21</b> |
| 4.1 Overzicht natuurlijke maatregelen .....                       | 21        |
| 4.2 Hydrologische werking van de verschillende maatregelen .....  | 26        |
| <b>5 Rekenregels en maatvoering per maatregel .....</b>           | <b>34</b> |
| 5.1 Fysische rekenregels m.b.t. hydrologische effectiviteit ..... | 34        |
| 5.2 Planologische uitsluitingsregels m.b.t. bestaand beleid ..... | 37        |
| 5.3 Maatvoering en lokalisering van ingrepen .....                | 39        |
| <b>6 Kansenskaarten.....</b>                                      | <b>42</b> |
| 6.1 Kansenskaart per maatregel .....                              | 42        |
| 6.2 Kleinschalige artefacts .....                                 | 46        |
| 6.3 Cumulatieve kansenskaart .....                                | 47        |
| <b>7 Conclusies .....</b>                                         | <b>50</b> |
| <b>Referenties .....</b>                                          | <b>51</b> |

**Bijlage 1 - Basiskaarten**

**Bijlage 2 - Factsheets en kansenskaarten per NbS maatregel**

**Bijlage 3 – Catalogus met maatregelen**

## 1 Inleiding

Na de overstromingen van juli 2021 is door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Provincie Limburg, Waterschap Limburg en de Limburgse gemeenten het programma *Waterveiligheid en Ruimte Limburg (WRL)* gestart. Doel van dit programma is om schade en risico's als gevolg van extreme neerslag in de toekomst zoveel mogelijk te beperken. In het werkgebied Maastricht-Heuvelland, met het stroomgebied van de Geul als zwaartepunt, is binnen WRL een project opgestart gericht op het in beeld brengen van de bijdrage van natuurlijke oplossingen - zogenaamde *Nature based Solutions (NbS)* - aan het verminderen van wateroverlast.

Deze rapportage beschrijft het resultaat van de eerste stap binnen dit project waarin allereerst een overzicht wordt gepresenteerd van NbS maatregelen die kansrijk zijn binnen het stroomgebied van de Geul. Onder 'kansrijk' verstaan we binnen de context van dit rapport: maatregelen die effectief zijn in het vertragen, bufferen of infiltreren van neerslagafvoer én die landschappelijk inpasbaar zijn binnen het cultuurlandschap van de Geul. Vervolgens is op basis van landschappelijke kenmerken en het patroon van oppervlakkige afstroom geanalyseerd wáár binnen het stroomgebied deze maatregelen het meest effectief kunnen bijdragen. Antwoord op deze vraag wordt gegeven in de vorm van een gebieddekkende 'kansenkaart', waarin iedere NbS maatregel ruimtelijk gepositioneerd is op basis van landschap, hydrologie en de belangrijkste planologische randvoorwaarden.



**Figuur 1:** De hevige regenval in Juli 2021 zorgde voor veel afstromend water al hoog op de hellingen of in de droogdalen, wat benedenstrooms in het Geuldal leidde tot overstroming. Deze foto is genomen in de kop van het dal van Pesaken, net ten zuidwesten van Gulpen, waar een waterbuffer overstroomd (foto genomen door Hettie Meertens).

Belangrijk om te benadrukken is dat het allereerst een theoretische benadering betreft, waarbij het maximale oppervlakte van de verschillende maatregelen in beeld is gebracht, en alleen de allerbelangrijkste (beleidsmatige) uitsluitingsgronden zijn meegenomen. De praktische en maatschappelijke haalbaarheid is minstens zo belangrijk, maar deze afwegingen vormen deel van het vervolgproces van dit project.

Er is een selectie gemaakt van 21 natuurlijke maatregelen, die ieder afzonderlijk zijn beoordeeld op hydrologisch effect, ruimtelijke toepasbaarheid en samenhang met het cultuurlandschap. Om de theoretische toepasbaarheid van deze maatregelen in het stroomgebied inzichtelijk te maken, is voor elk maatregeltipe een aparte kansenskaart opgesteld. Daarnaast is een cumulatieve maatregelenkaart gemaakt die laat zien hoeveel verschillende maatregelen op een locatie kunnen worden toegepast, en dus ook waar meerdere NbS-maatregelen eventueel gecombineerd kunnen worden. Alle informatie is bovendien per maatregel samengevat in afzonderlijke factsheets met illustraties.

De kaarten vormen input voor neerslag-afvoer modellering met OpenLISEM, waarmee de effectiviteit van de voorgestelde maatregelen onder verschillende neerslagsscenario's kan worden doorgerekend. Hiermee leveren de kansenskaarten een belangrijke bouwsteen voor de gebiedsontwikkeling binnen WRL en voor de plan-MER die in een latere fase volgt. Lees deze analyse daarom als een stap in de goede richting om te komen tot een klimaatadaptief Geul stroomgebied.



**Figuur 2:** Ondergelopen straten in Valkenburg op 15 Juli 2021 (bron: H2Owaternetwerk.nl).



## 2 Wateroverlast verminderen in het Geuldal

### 2.1 Nature-based Solutions – theoretisch kader

Extreme neerslag betekent niet per definitie wateroverlast. Pas wanneer het landschap onvoldoende in staat is om regenwater te infiltreren, tijdelijk vast te houden of vertraagd af te voeren, ontstaat benedenstrooms een te snelle aanvoer van water. Juist daar waar de bewoningskernen zich bevinden — vaak in de lagere delen van het stroomgebied en te dicht op de beekloop – zorgt dit voor problemen.

Traditioneel wordt waterbeheer vooral technisch benaderd, met de nadruk op het zo veel en zo snel mogelijk afvoeren van water. Nu klimaatverandering de kans op extremere weersomstandigheden (meer én intensere regen en vaker langdurige droogte) laat toenemen, schiet deze eenzijdige aanpak echter tekort. Omdat zowel te natte als te droge omstandigheden steeds vaker voorkomen, is het noodzakelijk om de buffercapaciteit – ook wel sponswerking – van het landschap te vergroten. Oplossingen die gebruikmaken van natuurlijke processen en structuren bieden hier veel potentie. Deze zogenaamde *Nature-based Solutions (NbS)* zetten juist in op herstel en benutting van natuurlijke systemen om water vast te houden, vertraagd af te voeren en geleidelijk weer beschikbaar te stellen.

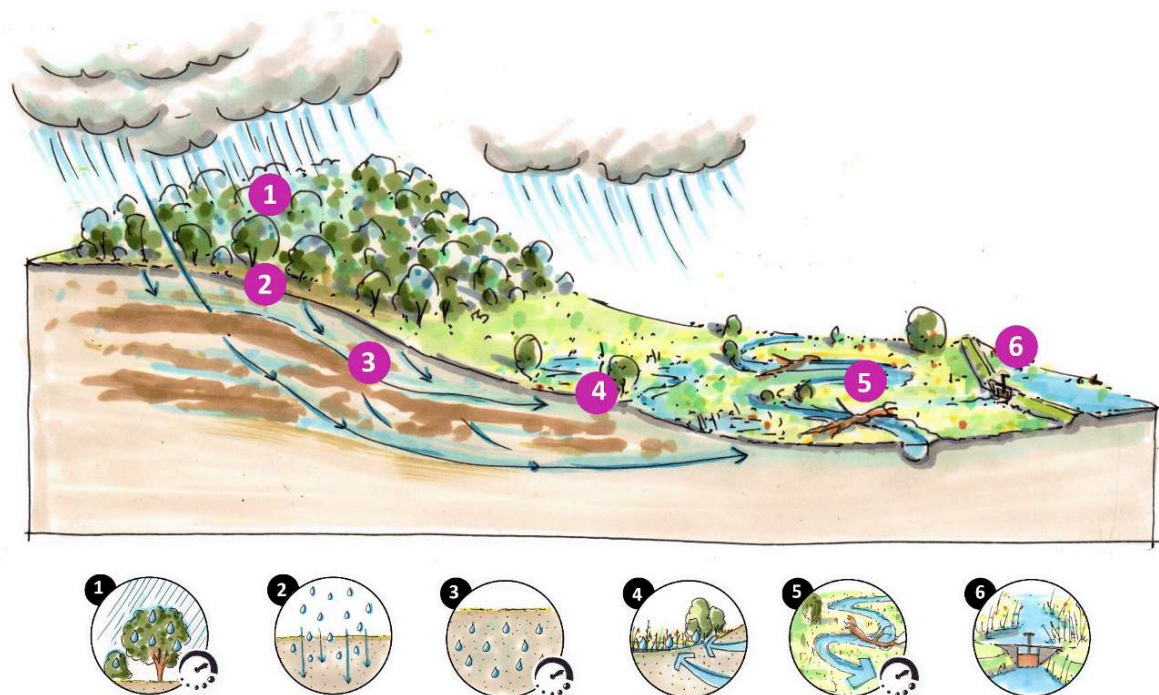


**Figuur 3:** Het gebied rond Wolfhaag waar ARK Rewilding volop werkt aan ‘sponsherstel’ door voormalig landbouwgrond om te zetten in structureel grasland met extensieve begrazing.



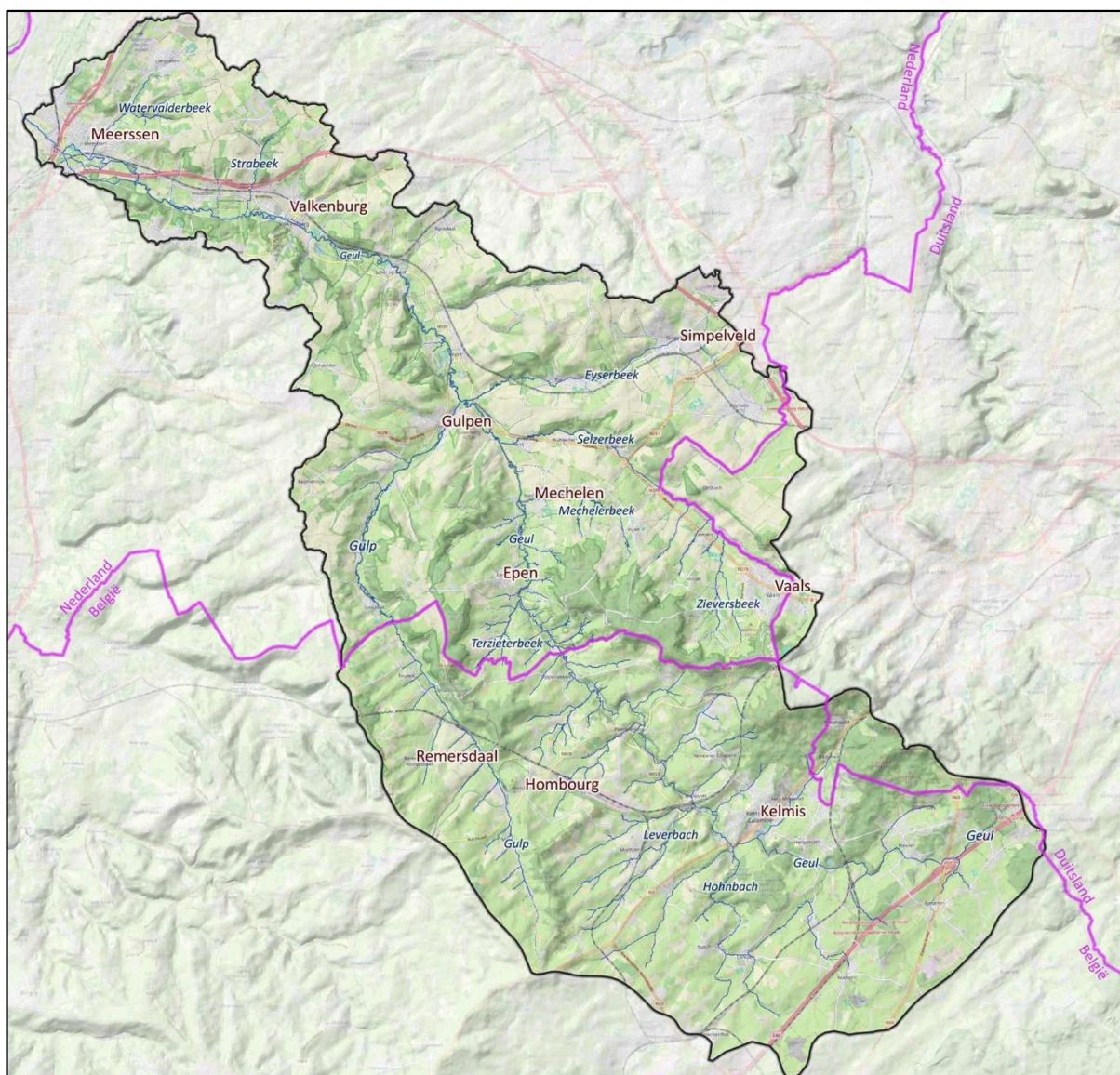
Een natuurlijk ingericht landschap — met bos, ruige graslanden, houtwallen, meanderende beken en ruime overstromingsvlakten — heeft deze sponswerking van nature. Cruciaal daarbij is het samenspel tussen vegetatie en bodem. Natuurlijke vegetatie zorgt voor een rijk bodemleven en een diep doorwortelde, luchtige, organisch-rijke bodem waarin water makkelijker infiltreert. Afgestorven planten en bladeren vormen organisch materiaal dat vocht vasthoudt en tegelijk voeding biedt aan het bodemleven. In deze levende bodem ontstaat zo een natuurlijke spons die niet alleen water opvangt, maar dit ook beschikbaar houdt voor droge perioden. De vegetatie boven de grond vertraagt het water ook, door als eerste neerslag op te vangen, maar ook door weerstand te bieden aan oppervlakkig afstromend water.

Figuur 4 verbeeldt deze principes door middel van ‘de reis van de druppel’ door een gevarieerd landschap waarin natuurlijke structuren samenwerken om water langer vast te houden en trager af te voeren. De tekening toont een ideaal, volledig natuurlijk landschap, bedoeld als inspiratiebron voor stroomgebieden zoals dat van de Geul. Ondanks de aanwezigheid van bebouwing en intensief landgebruik, bieden ook daar Nature-based Solutions oplossingen voor herstel van sponswerking en klimaatadaptatie.



**Figuur 4:** Tekening van ‘de reis van de druppel’ door een natuurlijk sponzenlandschap. De nummers laten verschillende fases zien waarin water kan worden vastgehouden en vertraagd: 1) Invangen van regen door vegetatie, 2) infiltratie in de bodem, 3) Vasthouden van water in de bodem, 4) Weer aan de oppervlakte komen van het water, 5) Afstromen van het water door een beek. 6) Het tijdelijk bergen van water in waterbuffers.





**Figuur 5:** Topografische kaart van het Geuldal, met de Geul en haar zijrivieren.



**Figuur 6:** Ter illustratie van het plateaulandschap in het Geuldal, met vooral intensief gebruikt akkerland en productiegasland. In de voorgrond de Mechelenderbeek ongeveer 1 km stroomopwaarts van Mechelen.

### 3 Methodiek

In dit hoofdstuk beschrijven we de aanpak die is gevolgd om te komen tot de Nature-based Solutions (NbS) kansenskaarten van het Geuldal, bestaande uit vijf onderdelen:

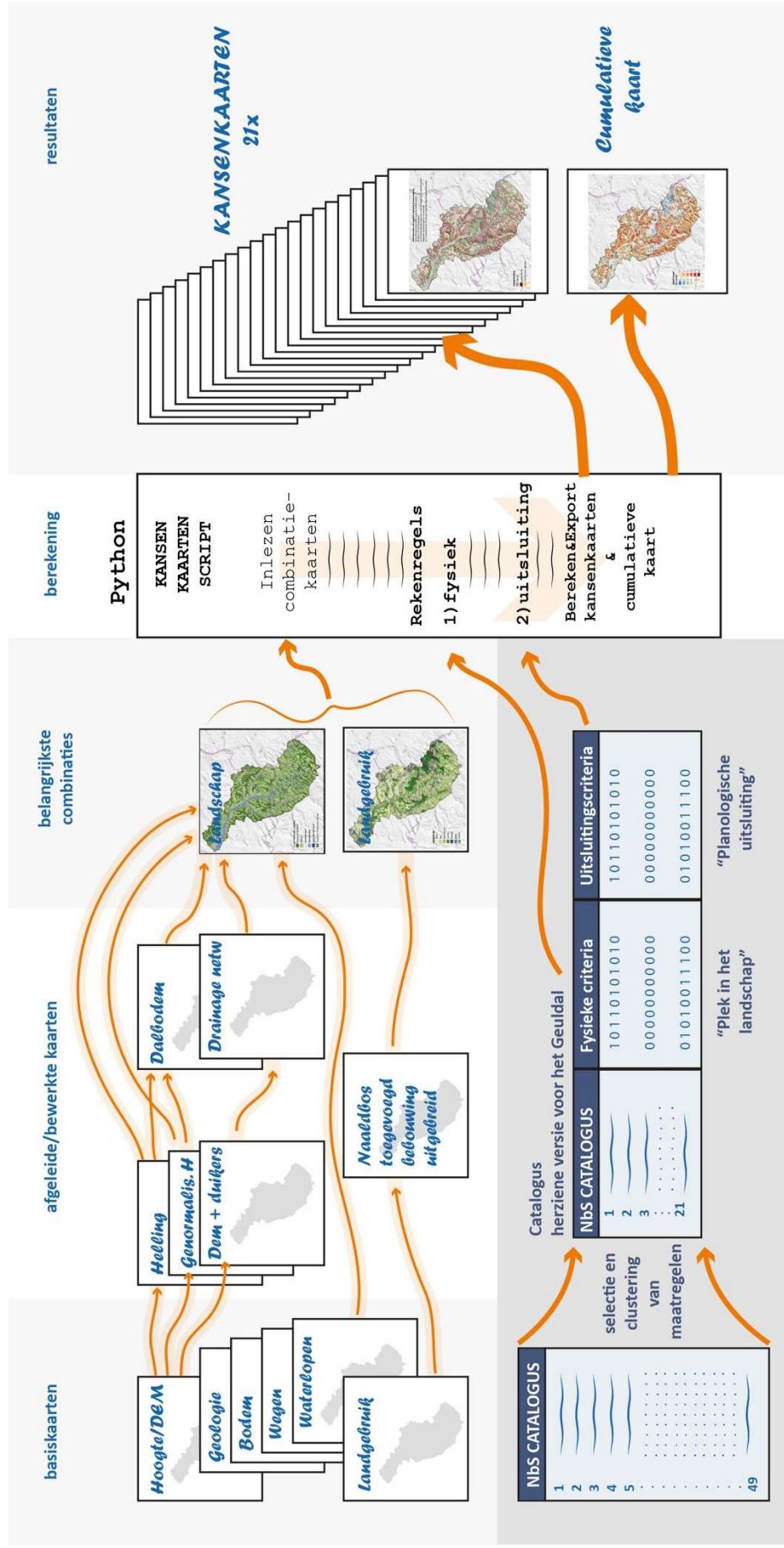
- **Het verzamelen en verwerken van landschappelijke basisdata** van het gehele stroomgebied van de Geul en haar zijrivieren (paragraaf 3.1),
- **het selecteren en clusteren van NbS-maatregelen** die effectief zijn in het vertragen, bufferen of infiltreren van neerslagafvoer in het Geuldal (zie 3.2),
- **het opstellen van rekenregels** die voor iedere NbS maatregel aangeven waar in het landschap deze kansrijk is of juist waar deze uitgesloten moet worden (zie 3.3),
- **de productie van de kansenskaarten** door de rekenregels toe te passen op de basiskaarten van het stroomgebied en daarmee vast te stellen waar de verschillende maatregelen kansrijk zijn (zie 3.4) en
- **de lokalisering en dimensionering** van sommige maatregelen waarbij grond moet worden verzet of bepaalde structuren moeten worden gebouwd (besproken in Hoofdstuk 5).

Figuur 7 geeft onze werkwijze schematisch weer en laat de onderlinge samenhang van de verschillende (basis-, tussen- of eind-) producten zien. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat deze aanpak voortbouwt op eerdere uitgebreide systeemanalyses van het Geuldal (o.a. *Bureau Stroming* 2022; *Bureau Stroming et al.* 2023; *Deltares* 2022).

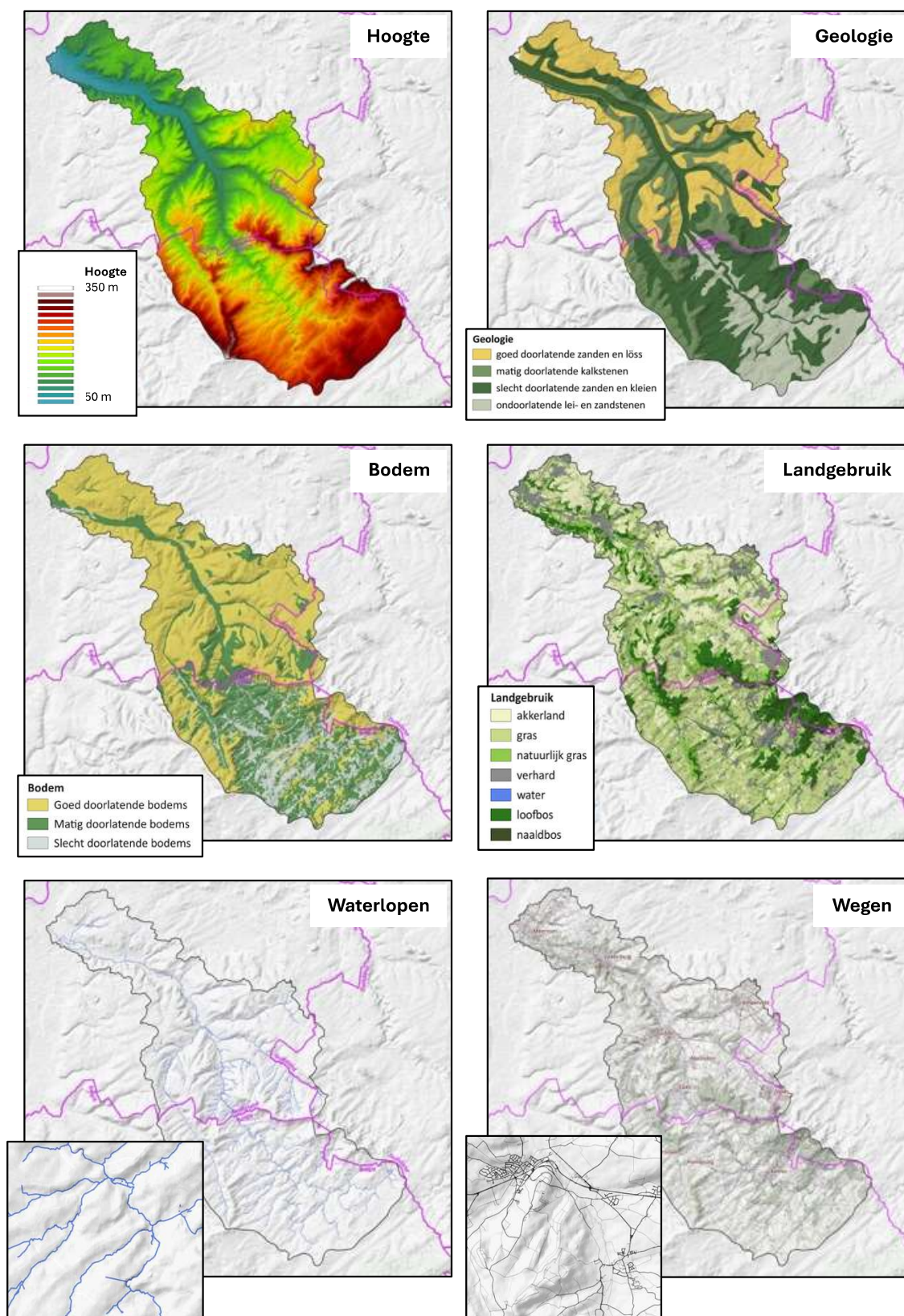
#### 3.1 Basisdata en kaarten van het Geuldal

Om te kunnen bepalen waar in het landschap de verschillende NbS maatregelen kansrijk zijn, zijn diverse ruimtelijke datasets verzameld en verwerkt tot stroomgebieddekkende kaarten (raster formaat; 5x5 m resolutie; coördinaten projectie EPSG:28992). Omdat het Geuldal delen van zowel Nederland, Vlaanderen, Wallonië, als Duitsland omvat bestaat voor sommige datasets aanzienlijke verschillen in datakwaliteit. In een aantal gevallen ontbreekt data zelfs geheel voor sommige delen van het stroomgebied. Kaartlegenda's tussen de verschillende landen moesten op elkaar worden afgestemd. Figuur 8 geeft een overzicht van de zes basiskaarten, namelijk *Hoogte*, *Landgebruik*, *Wegen*, *Waterlopen*, *Bodem* en *Geologie*. De hoogtekaart (het hoogteraster) heeft een continue schaal, wat betekent dat elke pixel een exacte hoogtewaarde weergeeft (tussen ongeveer 42 en 350 meter). De kleuren op deze kaart lopen geleidelijk over, zonder vaste klassen. De andere kaarten zijn geclassificeerd met een klasseindeling zoals zichtbaar in de legenda's van Figuur 8. Voor de basiskaarten op hoge resolutie verwijzen we naar Bijlage 1.





**Figuur 7:** Schematische weergave van de werkwijze gebruikt tijdens dit kanssenkaarten project.



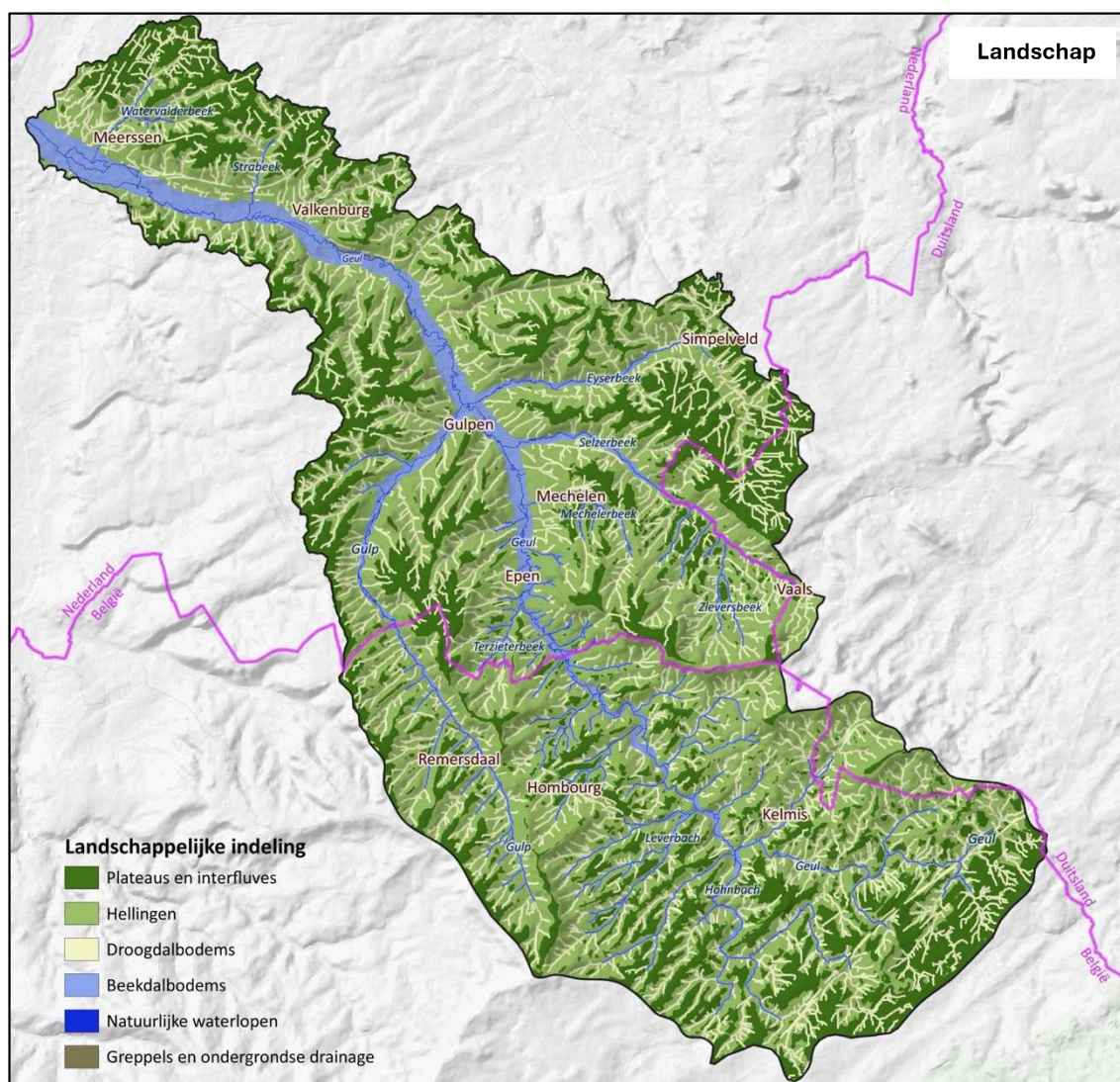
**Figuur 8:** Overzicht zes basiskaarten Geuldal, samengesteld op basis van data uit Nederland, België en Duitsland, geprojecteerd op 5 m resolutie rasters. Zie Bijlage 1 voor kaarten op hoge resolutie.



Vervolgens zijn er extra kaarten afgeleid uit de hoogtekaart, zoals weergegeven in Figuur 10 en Tabel 1. Deze kaarten waren nodig om – speciaal voor dit project - een ‘Landschapskaart’ te kunnen maken die samen met *Landgebruik* de belangrijkste twee kaarten waren voor het maken van de kansenskaarten. Om die reden worden deze twee kaarten hieronder in meer detail besproken.

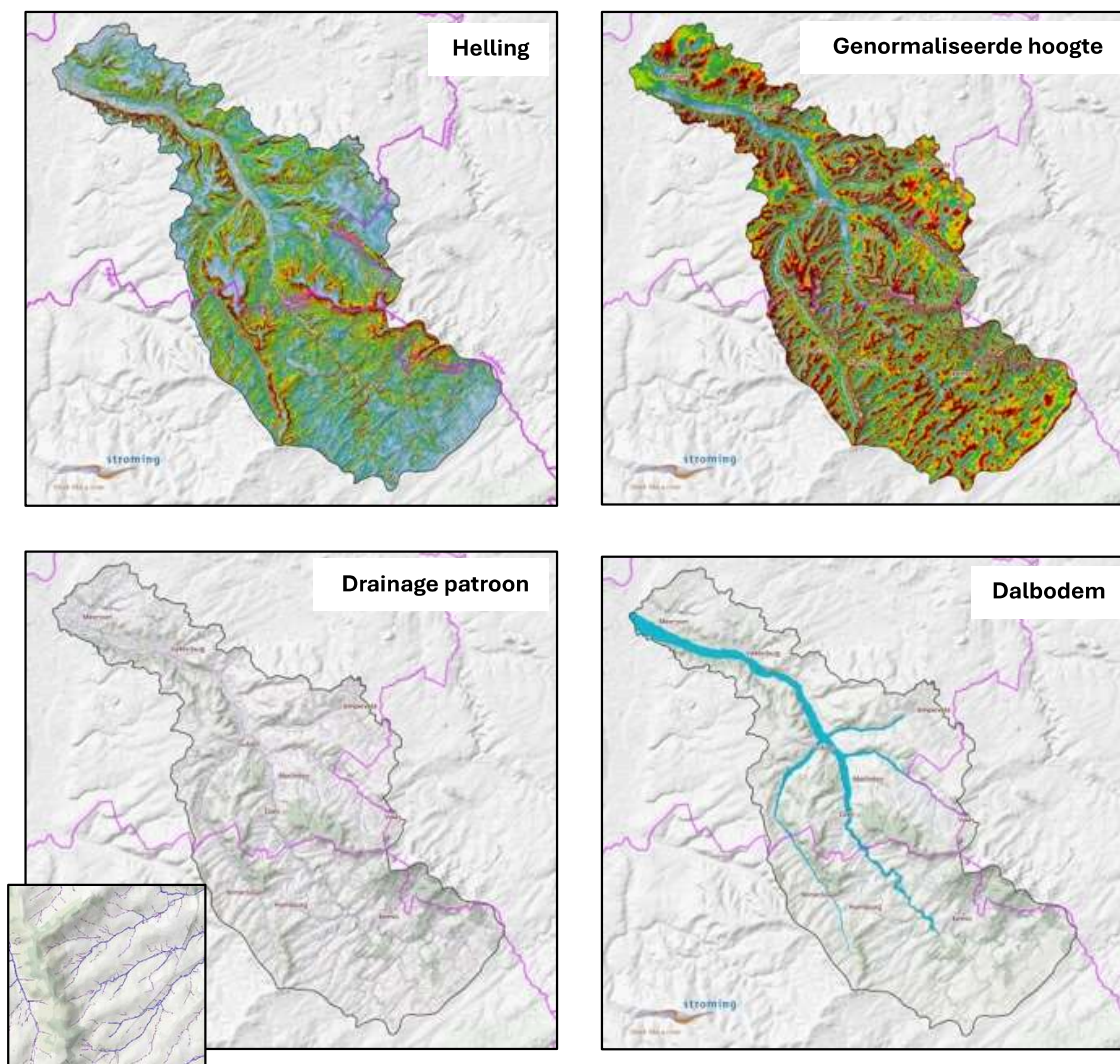
## Landschapskaart

De Landschapskaart is weergegeven in Figuur 9 en bevat morfologische informatie die relevant is voor de oppervlakkige afstroming van regenwater. Op basis van helling, genormaliseerde hoogte en de ligging ten opzichte van (natte) waterlopen of de bodems van droogdalen zijn verschillende landschapseenheden van elkaar onderscheiden. De landschapsvormen zijn geïdentificeerd door gebruik te maken van zo veel mogelijk geautomatiseerde analyse en technieken, met een zo gering mogelijk aantal handmatige correcties.



**Figuur 9:** Landschapskaart van het Geuldal.





**Figuur 10:** Overzicht vier afgeleide kaarten, namelijk Helling, Genormaliseerde hoogte, Drainagepatroon en Dalbodem. Voor hoge resolutie zie Bijlage 1. Voor uitleg zie Tabel 2.

**Tabel 1:** Uitleg bij kaarten die zijn afgeleid uit (of aangepaste versies zijn van) de hoogtekaart.

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Helling</b>                      | Hellingen zijn berekend op basis van de hoogtekaart en weergegeven in %.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Genormaliseerde hoogte</b>       | Hoogtekaart met relatieve waarden tussen 0 en 1 die het lokale relief weerspiegelt: beekdalen (laag, ~0), plateaus / interfluves (hoog, ~1). Gemaakt in QGIS met de SAGA-tool <i>Relative Heights and Slope Positions</i> . Handmatige correctie waar nodig.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Dalbodem</b>                     | Omdat automatische afleiding niet werkt bij brede dalbodems (>~65 m), zijn deze handmatig gedigitaliseerd op basis van een duidelijke knik in de helling (~5–6%). Stroomopwaarts van deze dalbodem polygoon is een constante dalbreedte van 65 m gebruikt.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Hoogte aangepast met duikers</b> | Om de ligging van droogdalen te kunnen bepalen is het patroon van oppervlakkige afwatering berekend (zie hieronder). Hiervoor is een aangepast digitaal hoogtebestand gebruikt, waarin lokaal hoogtewaardes zijn verlaagd daar waar de berekende afwatering vastloopt op kunstmatige barrières zoals wegen en spoorlijnen. Dit zijn de locaties waar in werkelijkheid duikers/culverts liggen.                                                                                                                                                         |
| <b>Drainagepatroon</b>              | Het drainagepatroon is gebaseerd op het principe van steilste afstroming, waarbij per locatie wordt bepaald in welke richting water zich verplaatst. Het resultaat is een raster waarin iedere celwaarde weergeeft hoeveel bovenstrooms gebied deze cel heeft. D.m.v. een drempelwaarde van minimaal 2 ha kon een lijnenpatroon worden gegenereerd dat het belangrijkste drainage patroon weergeeft.                                                                                                                                                   |
| <b>Landschap</b>                    | Voor het maken van de landschapskaart zijn allereerst de vlakke of flauw-hellende hoger gelegen terreinen (plateau/interfluves) geïdentificeerd o.b.v. helling (<6%) en de genormaliseerde hoogte (daar waar deze hoger is dan 0.5). Vervolgens zijn o.b.v. de waterlopen en het drainage patroon de beekdalbodems en droogdalbodems bepaald. De waterlopen en greppels vormen ook losse eenheden. De laatste eenheid - die van 'hellend terrein' - vormt uiteindelijk al het overige terrein, wat dus niet hoort bij één van de andere kaarteenheden. |

In de landschapskaart worden de volgende landschapseenheden onderscheiden:

1. Plateaus en *interfluves* (ruggen tussen beek- of droogdalen): relatief hooggelegen, vlak of flauw hellend terrein (<6%) waar nauwelijks afstroming plaatsvindt.
2. Hellingen: terrein steiler dan 6%, waar stroomlijnen van afstromend regenwater relatief parallel naast elkaar lopen.
3. Droogdalbodems: dalen waar afstromend regenwater zich tijdens neerslag concentreert (waar stroomlijnen samenkomen). Er is gebruik gemaakt van een constante droogdalbodembreedte van 55 m (vanwege modelleerdoeleinden).
4. Beekdalbodems: laaggelegen vlaktes aan weerszijden van natuurlijke waterlopen. Handmatig gedigitaliseerd in de hoofddalen op basis van 'hellingknik'. Verder bovenstrooms is een constante dalbodembreedte gebruikt van 65 m tot daar waar de waterlopen beginnen.
5. Natuurlijke waterlopen: de Geul en haar zijrivieren, aangetakt op het grondwater.
6. Greppels en ondergrondse drainage: kunstmatige afwateringsstructuren, vaak in het verlengde (en bovenstrooms) van natuurlijke waterlopen.

Bijna de helft van het areaal in het Geuldal bestaat uit hellingen, namelijk 47%. Een ander kwart betreft relatief vlak en hooggelegen terrein (de plateaus en interfluves; 26%). De bodems van de droogdalen beslaan bijna 19% van het oppervlak. De beekdalbodem en natuurlijke waterlopen vormen respectievelijk 7% en 1% van het stroomgebied.

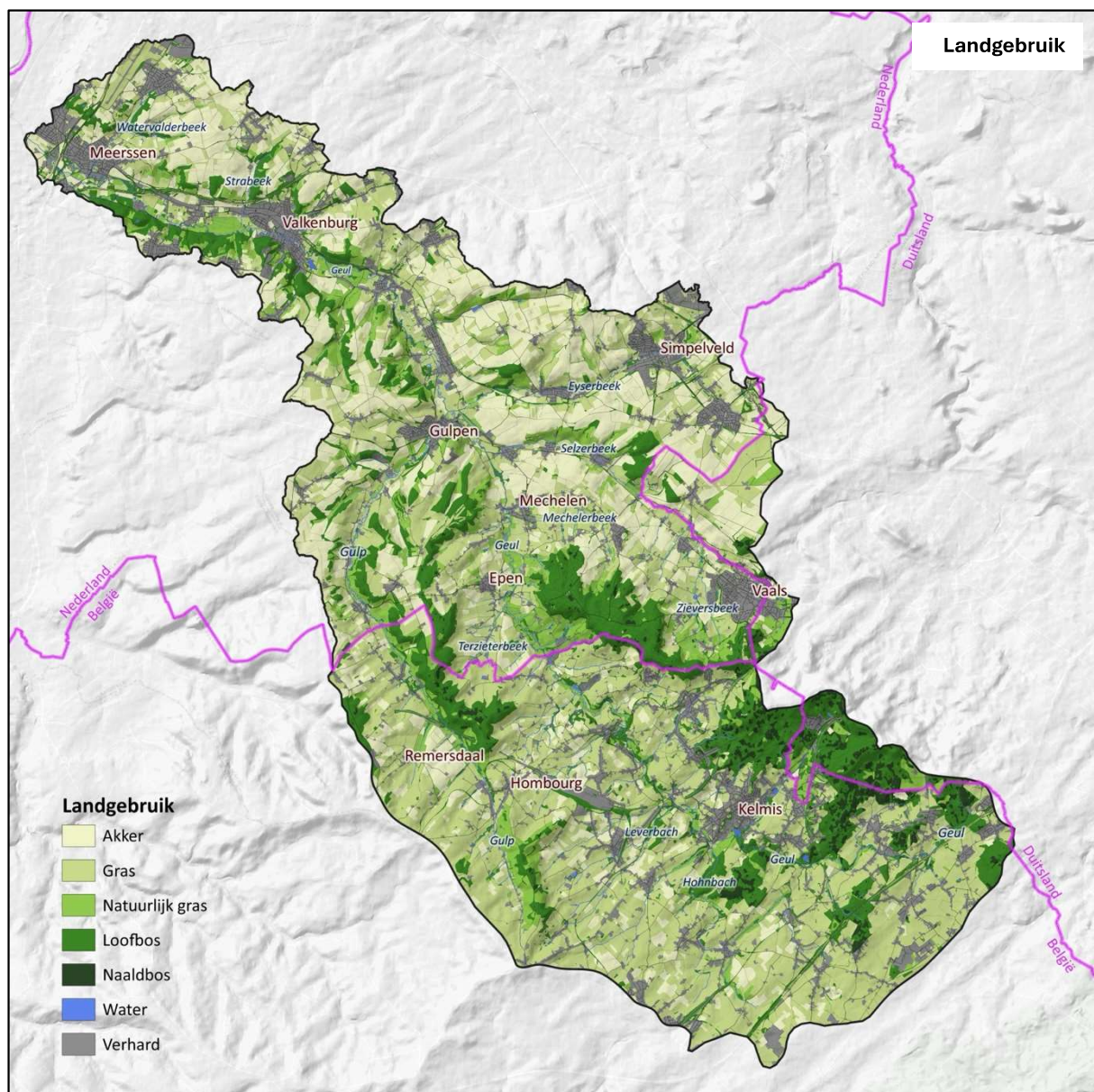
Hoewel de kaart grote gelijkenis vertoont met bestaande morfologische kaarten van het gebied, is het belangrijk te benadrukken dat dit geen morfologische kaart is waarbij de ontstaanswijze is meegenomen. De focus ligt volledig op hoe de morfologie bijdraagt aan de afstroming van regenwater. Maar omdat de verschillende eenheden op grotendeels automatische wijze zijn berekend, is de begrenzing nauwkeuriger en objectiever dan die van eerdere landschap/morfologische kaarten.

## Landgebruikskaart

De landgebruikskaart is gebaseerd op Open Street Map, die voor alle drie de landen beschikbaar is (zie Figuur 11). Een belangrijke tekortkoming was het ontbreken van 'naaldbos', een relevante landgebruikseenheid voor sommige NbS-maatregelen. Deze is toegevoegd met Sentinel-2 satellietdata. De kaart bevat nu zeven landgebruikstypes, zoals weergegeven in de legenda van Figuur 11. Daarnaast is het areaal bebouwd terrein uitgebreid: Allereerst met bevolkingskernpolygonen van het CBS, die ook onverhard terrein zoals parken omvatten, om NbS-maatregelen binnen de dorpen uit te sluiten. Daarnaast is het bebouwde terrein ook handmatig uitgebreid door middel van visuele inspectie in Google Earth.



Een belangrijk aandachtspunt bij het gebruik van deze landgebruikskaat binnen dit kansenkaartenproject is dat veel geselecteerde NbS-maatregelen zich specifiek richten op **akkerland of productiegrasland**. Hoewel deze categorieën expliciet zijn opgenomen in de kaart, moet worden opgemerkt dat de werkelijke situatie op perceelsniveau van jaar tot jaar aanzienlijk kan variëren, doordat de landbouwgewassen rouleren. Ook recente satellietbeelden bieden hierin geen sluitende oplossing, omdat het landgebruik in het volgende groeiseizoen opnieuw gewijzigd kan zijn. Voor het berekenen van de effectiviteit van de verschillende maatregelen met OpenLISEM worden echter geen significante nadelige effecten verwacht, omdat de kaart een representatief gemiddeld beeld geeft van de verdeling tussen akkerland en productiegrasland binnen het Geuldal.



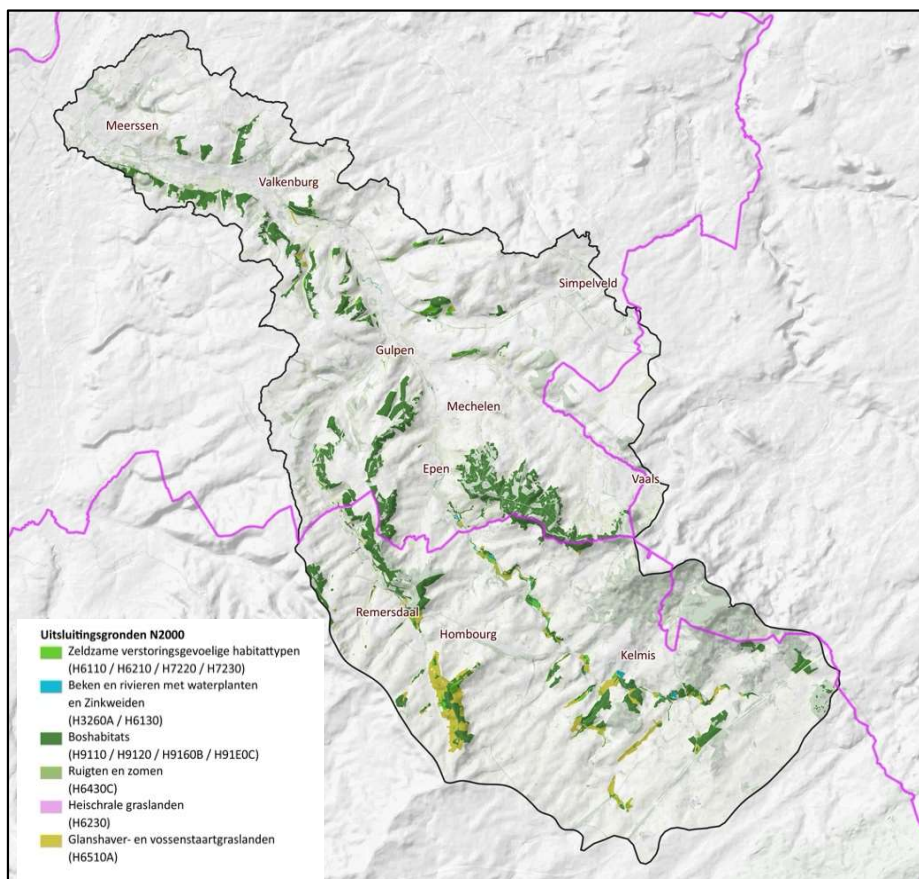
**Figuur 11:** Landgebruikskaat van het Geuldal.

Productiegrasland is veruit het dominante landgebruik in het Geuldal, met een aandeel van 37% van het totale stroomgebied, gevolgd door akkerland met 22%. De verhouding tussen deze twee typen landbouwgrond verschilt echter sterk tussen het bovenstroomse Waalse deel en het benedenstroomse Nederlandse deel van het Geuldal. In Wallonië bedraagt het aandeel akkerland maximaal 10%, terwijl productiegrasland daar een veel groter aandeel heeft, oplopend tot ruim 50%. In Nederland is er meer variatie tussen de verschillende zijbeken, maar gemiddeld genomen zijn de aandelen akkerland en productiegrasland hier meer in balans, beide rond de 30–35%.

Naast landbouwgrond bestaat het Geuldal voor ongeveer 16% uit loofbos, 15% uit verhard terrein, 8% uit natuurlijk grasland, en 1,5% uit naaldbos.

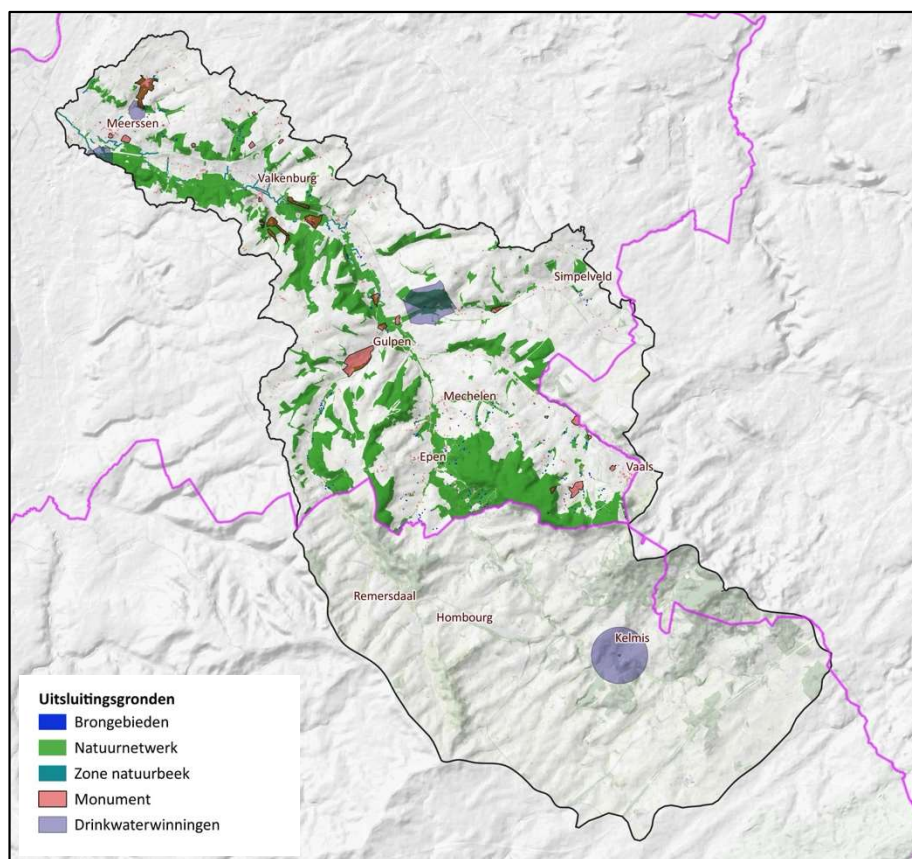
## Uitsluitingsgronden

Typerend voor Nature-based Solutions is dat ze vriendelijk zijn voor natuur en landschap. Toch kunnen bepaalde maatregelen in conflict komen met bestaande regelgeving, zoals Natura 2000-gebieden of beschermde archeologische monumenten. De belangrijkste uitsluitingsgronden zijn weergegeven in Figuur 12 en 13, en zijn gebruikt om maatregelen in potentieel kansrijke gebieden alsnog uit te sluiten (zie paragraaf 5.2). Hierbij is gewerkt volgens het algemene uitgangspunt *“Maatregelen alleen uitsluiten indien echt nodig”*, omdat wettelijke procedures in een later stadium nog doorlopen kunnen/zullen worden.



**Figuur 12:** Overzicht van de verspreiding van Natura 2000 habitats in het Geuldal.





**Figuur 13:** Overige uitsluitingsgronden, namelijk waterwinning, archeologische monumenten, natuurbekzones, natuurnetwerk, en brongebieden. Omdat in België minder regelgeving is op het gebied van natuur en archeologie vindt vooral binnen Nederland uitsluiting van maatregelen plaats.

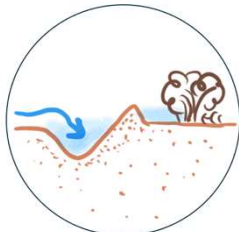
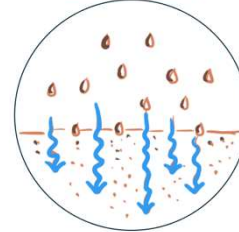
### 3.2 Maatregelen selectie en clustering

Het startpunt van dit project was de conceptmaatregelenencatalogus van WRL, waarin 48 mogelijke Nature-based Solutions (NbS) waren opgenomen (exclusief teelttechnische maatregelen). Eén aanvullende maatregel is vervolgens direct toegevoegd: de ruigtebaan in droogdalen. Dit bracht het totaal in de beginfase op 49 maatregelen.

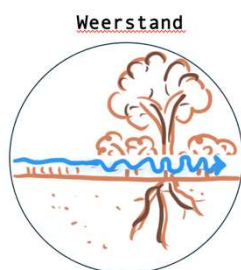
Omdat dit aantal te groot was voor verdere uitwerking in kansenkaarten en modellering, is de catalogus herzien. Deze herziening bestond uit het selecteren én clusteren van relevante maatregelen, allereerst op basis van verwachte hydrologische werking. Dit is gedaan door voor alle maatregelen hun effectiviteit in te schatten met betrekking tot de volgende drie hydrologische mechanismen: bergen (B), infiltratie (I) en weerstand (W). Deze drie effecten worden kort uitgelegd in Tabel 2. Hierbij is gebruik gemaakt van effectiviteitscores die variëren tussen -1 en +5, waarbij -1 staat voor een negatief effect en +5 voor een zeer groot positief effect op berging, infiltratie of weerstand. Deze inschattingen zijn voornamelijk gebaseerd op 'expert judgement', met literatuur slechts ondersteunend. Aangezien de effectiviteit van de meeste NbS maatregelen sterk varieert afhankelijk van de context, bleek de vertaling van gerapporteerde effecten uit andere gebieden naar het Geuldal slechts indicatief mogelijk.

Terwijl er ook andere processen zoals interceptie (het invangen van neerslag door bladeren en takken) en evapotranspiratie (het verdampen van water van en door bladeren) een belangrijke rol kunnen spelen bij het vertragen van afvoer in het Geuldal, beperken we ons hier tot de drie processen bergen, infiltratie en weerstand omdat deze goed ingebouwd zijn in OpenLISEM, het neerslag-afvoer model dat gebruikt gaat worden om de kansencarten door te rekenen.

**Tabel 2:** Korte beschrijving van de drie hydrologische mechanismen, en hoe NbS maatregelen via deze mechanismen effect kunnen hebben op het vertragen en verkleinen van de oppervlakkige afstroom van regenwater in het Geuldal.

|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>Berging</u></p>       | <p><b>Berging</b> van regenwater kan op verschillende manieren plaatsvinden. Allereerst via morfologische depressies in het bodemoppervlak, zoals waterbuffers of hoefafdrukken, die zeer effectief bergen tot het moment dat ze vol geraken en overlopen. Dit betekent dat waterbuffers vooral effectief zijn aan het begin van een regenbui na een lange tijd van droogte. Berging kan ook in vegetatiestructuren plaatsvinden (zoals doorstroommoerassen) maar hierbij is meer sprake van vertraging van de afstroom doordat vegetatie altijd enige doorstroming toelaat. Voor beide vormen van berging geldt dat ook infiltratie kan worden vergroot doordat stilstaand water de tijd krijgt om te infiltreren (zie kanttekening hierover hieronder). De effectiviteit van deze maatregelen is het grootst op hellingen of in de bodems van droogdalen of beekdalen, waar het afstromende water samenkomt. Op de hellingen is sprake van permanente berging (zolang de buffers nog niet helemaal vol zitten). In de overstromingsvlakten gaat het om tijdelijke berging, omdat het water weer terugstroomt naar de beek zodra het waterpeil weer is gezakt. Een derde vorm van berging vindt plaats in de bodem waarbij de dikte van de onverzadigde laag bepaalt hoeveel berging er kan plaatsvinden. Doordat deze beschikbare ruimte samenhangt met de hoogte van het grondwaterniveau is het lastig te voorspellen wat het netto-effect van sommige ‘vernattende maatregelen’ kan zijn op deze vorm van berging.</p> |
| <p><u>Infiltratie</u></p>  | <p><b>Infiltratie</b> kan lokaal worden versterkt via plasvorming, als gevolg van waterbergende maatregelen die stilstaand water de tijd geven om te infiltreren. Hoeveel infiltratie er daadwerkelijk in waterbuffers plaatsvindt hangt echter sterk af van of de buffers naast water ook sediment invangen. In het stroomgebied van de Geul vullen buffers zich vaak met löss wat meekomt met het afstromende water vanaf kaal akkerland. Dit fijne sediment zorgt ervoor dat de bodem van waterbuffers nagenoeg ondoorlatend wordt waardoor – ondanks hun gunstige effect op berging - het effect op infiltratie nagenoeg teniet wordt gedaan. Buffers in terrein met vooral grasland en natuur hebben deze aanvoer van fijn sediment niet en kunnen wél sterk bijdragen aan infiltratie. Infiltratie kan ook over grotere oppervlakken worden bevorderd door het vergroten van de infiltratiecapaciteit van de bodem door verandering in landgebruik. De lithologie van de bodem is een gegeven, maar de infiltratiecapaciteit kan wel worden vergroot door de bodemstructuur te verbeteren. Dit kan door middel van betere doorworteling, meer organisch materiaal, het voorkomen van of ongedaan maken van bodemverdichting of het vervangen van verhard of kaal oppervlak door vegetatie. In het algemeen geldt dat infiltratie sterk afhangt van de verzadigingstoestand van de bodem bij aanvang van een regenbui.</p>                                                                                             |





**Weerstand:** Maatregelen die de oppervlakteruwheid vergroten, vertragen de stroming van water over land of door geulen. Voorbeelden zijn vegetatie in afvoerbanen of op hellingen en dood hout in waterlopen. Ook beheer-maatregelen die gericht zijn op het tegengaan van erosie, zoals checkdams die water opstuwten maar ook gedeeltelijk doorlaten, zijn vaak weerstand verhogend. Buffers die water volledig bergen kunnen echter leiden tot een afname in weerstand vanaf het moment dat de buffers vol zitten en overstromen. Hierdoor kan ook de weerstand van NbS maatregelen aanzienlijk veranderen gedurende de loop van een regenbui.

Naast hydrologische werking was de landschappelijke inpasbaarheid van maatregelen net zo belangrijk bij het selecteren van maatregelen. Met andere woorden: Welke maatregelen passen bij het karakteristieke cultuurlandschap van het Geuldal? Maatregelen die als ‘exotisch’ worden beschouwd, zoals het aanleggen van terrassenlandschappen, zijn om die reden niet meegenomen – ondanks hun bewezen effectiviteit in andere regio’s. Eveneens zijn maatregelen uitgesloten die elders in Nederland of België kansrijk kunnen zijn, maar in de context van het Geuldal minder relevant blijken. Een voorbeeld hiervan is het hermeanderen van beeklopen; in het Geuldal zijn de beeklopen namelijk grotendeels nog intact en niet rechtgetrokken, waardoor de maatregel hier weinig tot geen toegevoegde waarde heeft voor het vertragen van de afvoer.

Uiteindelijk zijn 21 kansrijke maatregelen (of maatregelclusters) geselecteerd voor verdere analyse en uitwerking tot kanskaarten. Deze maatregelen worden beschreven in Hoofdstuk 4, inclusief een onderbouwing van hun verwachte hydrologische werking.

### 3.3 Het opstellen van rekenregels

Voor iedere maatregel is een set van criteria opgesteld waarmee berekend is waar in het Geuldal deze maatregelen kansrijk zijn. Oftewel: Aan welke eigenschappen moet het terrein voldoen om het een geschikte locatie te maken voor een bepaalde maatregel? Voor de generieke maatregelen betekent dit maar één of twee criteria. Een voorbeeld is het omzetten van akkerland in grasland, waarbij het enige criterium is dat het akkerland moet zijn. Meer specifieke maatregelen hebben daarentegen wel meerdere criteria. Een voorbeeld hiervan is het verwijderen van perceeldrainage, wat alleen relevant is in productie grasland en naaldbos op relatief flauw hellende terreinen en in gebieden met een niet-tot-slecht-doorlatende geologische ondergrond (zie Figuur 14). Deze criteria samen vormen een ‘logische rekenregel’ die kan worden gebruikt om met behulp van de

basiskaarten te berekenen welk terrein geschikt is voor een bepaalde maatregel, en welk terrein niet. Voor iedere maatregel wordt onderscheid gemaakt tussen:

- *Landschappelijke of fysische criteria* met betrekking tot de hydrologische effectiviteit van een maatregel. Deze criteria samengenomen geeft voor iedere maatregel een rekenregel waarmee de **plek in het landschap** kan worden bepaald waar de maatregel kansrijk is. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de basiskaarten en afgeleide kaarten in Figuur 8 t/m 11.
- *Planologische criteria* met betrekking tot bestaand beleid. Is een maatregel ergens kansrijk, maar botst deze daar ter plekke met (de belangrijkste) bestaande regelgeving? Zo ja, dan wordt deze maatregel daar alsnog uitgesloten. Deze criteria worden samengevat in een extra set rekenregels, die de **planologische uitsluiting** bepaald. De uitsluitingsgronden die hiervoor gebruikt zijn zijn weergegeven in Figuur 12 en 13.

```
rekenregels = [  
    # 1 - Structuurrijk grasland met hoefafdrukken grazers  
    lambda r: (np.isin(r['landscape_location'], [1,2,3,4,6])) &  
               (np.isin(r['landuse'], [1,3,4])) &  
               (r['roads'] != 1),
```

Structuurrijk grasland is overal in het landschap (1,2,3,4,6 (uitgezonderd van in de beek 5)) kansrijk, mits het landgebruik akkerland (=1), productiegrasland (=3) of natuurlijk grasland (=4) is, en bovendien de locatie niet op een weg of pad ligt (ongelijk aan kaartenheid 1).

```
# 5 - Perceel drainage verwijderen (boven- en ondergronds)  
lambda r: (np.isin(r['landscape_location'], [1,2,3,4,6])) &  
           (np.isin(r['landuse'], [3,7])) &  
           (np.isin(r['geology'], [2,3,4])) &  
           (r['roads'] != 1),
```

Perceel drainage kan overal in het landschap (1,2,3,4,6 (uitgezonderd van in de beek 5)) worden aangetroffen, maar vooral wanneer het huidige landgebruik productiegrasland (=3) of naaldbos (=7) is, de ondergrond niet-tot-slecht doorlatend is (2,3 of 4) en bovendien de locatie niet op een weg of pad ligt (ongelijk aan kaartenheid 1).

```
# 18 - Dalbodem/beekoevers verruwen / Doorstroommoeras / Alluvia  
lambda r: np.isin(r['landscape_location'], [4,5]) &  
           (np.isin(r['landuse'], [1,3,4,6])) &  
           (r['opstuwing'] != 1) &  
           (r['roads'] != 1),
```

Het verruwen van de dalbodem is overal langs de dalbodem kansrijk (4=dalbodem, 5=beek), daar waar het huidige landgebruik akker (=1), productiegrasland (=3), natuurlijk grasland (=4) of greppel (=6) betreft, de locatie zich niet te kort op dorpskernen bevindt (buiten opstuwingsgebied) en niet op een weg of pad ligt (ongelijk aan kaartenheid 1).

**Figuur 14:** Voorbeeld van een drietal 'logische' rekenregels uit het Python script dat gebruikt is voor het produceren van de kansenkaarten van maatregelen #1, #5 en #18, met eronder de betekenis ervan uitgelegd in woorden.



### 3.4 De productie van kansenkaarten

Voor het opstellen van de kansenkaarten is gebruikgemaakt van een geautomatiseerd script waarin de rekenregels per maatregel zijn uitgewerkt. Dit script is geschreven in Python, maar kan desgewenst worden omgezet naar een andere programmeertaal. Binnen het script worden de rekenregels toegepast op de eerder beschreven basiskaarten, waarna de kansenkaarten automatisch worden gegenereerd. Een belangrijk voordeel van deze aanpak is dat het gehele proces reproduceerbaar en controleerbaar is. Bovendien kunnen aanpassingen relatief eenvoudig worden doorgevoerd, bijvoorbeeld bij gewijzigde criteria of nieuwe databronnen.

In totaal zijn 21 afzonderlijke kansenkaarten ontwikkeld, elk representatief voor één specifieke maatregel of een cluster van vergelijkbare maatregelen. Daarnaast is één aanvullende kaart opgesteld: de cumulatieve kansenkaart. Deze laat zien hoeveel verschillende maatregelen op een locatie kansrijk zijn.

## 4 Overzicht Nature-based Solutions voor het Geuldal

### 4.1 Overzicht natuurlijke maatregelen

In dit rapport worden 21 maatregelen gepresenteerd die kunnen bijdragen aan het langer vasthouden en vertragen van neerslag water in het Geuldal. Een overzicht van de maatregelen is gegeven in Tabel 3 hieronder. Het betreft uiteenlopende maatregelen die allemaal op net iets andere locaties kansrijk zijn en bovendien verschillen in hun effect op de verschillende hydrologische processen berging, infiltratie en weerstand (zie Tabel 2). Op enkele uitzonderingen na, hebben ze gemeen dat ze grotendeels ‘nature-based’ zijn, waarbij de oorspronkelijk natuurlijke situatie wordt hersteld of waarbij een ingreep wordt gedaan die een natuurlijk systeem of proces imiteert. Vanwege de bebouwing in het Geuldal kunnen technische oplossingen niet volledig worden vervangen, omdat de bebouwing zich vooral concentreert dicht op de waterlopen. Om die reden zijn sommige van de maatregelen in dit rapport deels technisch van aard, zoals de checkdams en de waterbuffers (zie kolom ‘NbS’ in Tabel 2).

**Tabel 3:** Overzicht NbS maatregelen Geuldal. *NbS classificatie:* 1 = maatregel is vooral nature-based, 2 = gedeeltelijk (of vooral) technisch. *Maatvoering* kolom: Nee = geen maatvoering nodig/gegeven, Ja = maatvoering gegeven in Hoofdstuk 6.

|                  | Nr | Maatregel                                                    | NbS   | Maatvoering |
|------------------|----|--------------------------------------------------------------|-------|-------------|
| (vrijwel) overal | 1  | Structuurrijk grasland met hoefafdrukken grote grazers       | 1     | Nee         |
|                  | 2  | Natuurlijk hooiland                                          | 1     | Nee         |
|                  | 3  | Productiegrasland                                            | 1 / 2 | Nee         |
|                  | 4  | Afleidende water vanaf (holle) wegen of paden                | 2     | Ja          |
|                  | 5  | Perceeldrainage verwijderen (boven- en ondergronds)          | 1     | Nee         |
|                  | 6  | Voedselbossen / Agrarische bosbouw                           | 1     | Nee         |
|                  | 7  | Ontwikkeling van natuurlijk bos                              | 1     | Nee         |
|                  | 8  | Houtplantages omvormen tot structuurrijke bossen             | 1     | Nee         |
| helling          | 9  | Contourgreppels ('swales')                                   | 2     | Ja          |
|                  | 10 | Graften                                                      | 1     | Ja          |
|                  | 11 | Houtwallen / Heggen / Takkenrillen (contour-volgend)         | 1     | Ja          |
|                  | 12 | Infiltratiestroken met opgaande begroeiing (contour-volgend) | 1     | Ja          |
| droogdal         | 13 | Waterbuffers in droogdal                                     | 2     | Ja          |
|                  | 14 | Ruigtebaan in droogdal                                       | 1     | Ja          |
|                  | 15 | Checkdams in droogdal                                        | 2     | Ja          |
| dalbodem / beek  | 16 | Greppels / Beekextensies / Ondergrondse drainage verwijderen | 1     | Nee         |
|                  | 17 | Beekbedding verondiepen met hout of sediment                 | 1     | Nee         |
|                  | 18 | Dalbodem verruwen / Doorstroommoeras / Alluviaal bos         | 1     | Nee         |
|                  | 19 | Houten checkdams over beek                                   | 2     | Ja          |
|                  | 20 | Grondnam in beek                                             | 2     | Nee         |
|                  | 21 | Waterbuffer naast beek                                       | 2     | Nee         |

In de catalogus zijn de maatregelen zo geordend (en genummerd) dat de generieke maatregelen — die vrijwel overal in het landschap toepasbaar zijn — bovenaan staan (zie Tabel 3). Deze generieke maatregelen betreffen vooral veranderingen in landgebruik of vegetatietype, namelijk de grasland- (#1–3) en bosmaatregelen (#6–8), of hebben betrekking op het afvoeren van water vanaf wegen en paden (#4). Ook het verwijderen van perceeldrainage (#5) wordt gezien als een algemene maatregel, omdat perceeldrainage in principe overal in het Geuldal aanwezig kan zijn. De ruimtelijke verspreiding van deze generieke maatregelen wordt vooral gestuurd door het type *Landgebruik*.

De generieke maatregelen worden gevolgd door maatregelen die specifiek ontworpen zijn voor, achtereenvolgens, de hellingen (#9–12), de droogdalen (#13–15) en de beekdalen (#16–21). Voor deze maatregelen geldt dat hun ruimtelijke patroon in de kansenkaarten primair wordt bepaald door het patroon van respectievelijk de helling-, droogdal- en beek(-dal)eenheden van de *Landschapskaart* (Figuur 9). Hellingmaatregelen zoals contourgreppels en graften hebben bijvoorbeeld alleen effect op hellend terrein waar ze afstromend water kunnen opvangen of vertragen. Dammen en doorstroommoerassen, aan de andere kant, zijn juist weer duidelijk verbonden met het beekstelsel. *Landgebruik* is bij deze meer specifieke maatregelen van secundair belang.

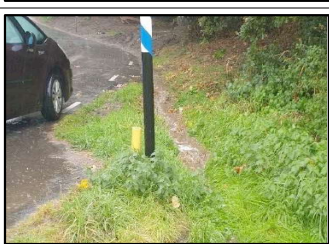
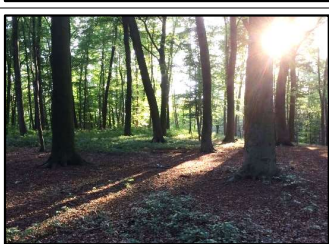
In Tabel 4 op de volgende drie pagina's wordt iedere maatregel kort beschreven, gevolgd door een bespreking in samenhang per groep.

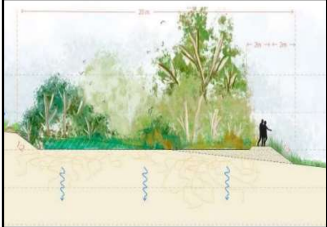


**Figuur 15:** Voorbeeld van maatregel #16 in één van de percelen nabij Wolfhaag: Het verwijderen van greppels of beekextensies. Dit kan actief gedaan worden met grondverzet, of meer passief zoals hier, d.m.v. de activiteit van grazers en het dichtgroeien met vegetatie.



**Tabel 4:** Korte beschrijving en illustratie bij iedere maatregel.

|                                                                         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1- Structuurrijk grasland met hoefafdrukken grote grazers</b></p> |    | <p>Structuurrijke graslanden worden gedefinieerd als natuurlijke graslanden die extensief begraaasd worden door grote grazers. In structuurrijke graslanden is ruimte voor een variatie aan grassen en kruiden maar ook voor houtige gewassen, zoals struweel en bomen (ca. 10 % van het areaal). De grote grazers zorgen voor microreliëf door, met name in de nattere delen van het terrein, hoefafdrukken achter te laten in het bodemoppervlak.</p>                                                                                          |
| <p><b>2 - Natuurlijk hooiland</b></p>                                   |    | <p>Natuurlijke hooilanden worden gedefinieerd als natuurlijke graslanden die 1 à 2 keer per jaar worden gemaaid. Ze omvatten zowel de schraalgraslanden hoger op de helling als de rijkere natuurlijke graslanden in het dal. Door het maaien bevinden zich in natuurlijke hooilanden geen houtige gewassen. Wel zorgt het natuurlijke beheer voor een grotere variëteit aan grassoorten en kruiden wat het organische stofgehalte en de structuur van de bodem bevordert.</p>                                                                   |
| <p><b>3 - Productiegrasland</b></p>                                     |    | <p>Productiegrasland is agrarisch grasland dat wordt bemest en meerdere keren per jaar gemaaid en/of geploegd. Hierdoor bevinden zich er geen houtige gewassen, is de variëteit aan gras- en kruidensoorten zeer gering en is de organische laag minder goed ontwikkeld dan bij structuurrijke graslanden of natuurlijke hooilanden. Productiegrasland op natte percelen is vaak voorzien van ondergrondse of bovengrondse drainage.</p>                                                                                                         |
| <p><b>4 - Afleiden water vanaf (holle) wegen of paden</b></p>           |   | <p>Wegen vormen een netwerk van verhard oppervlak waar (uittredend) regenwater zich kan verzamelen en afstromen naar één van de beken in het Geul systeem. Het wegennetwerk acteert in tijden van langdurige neerslag daarmee als een verlengstuk van de beeklopen. De maatregel om water af te leiden van de verharde weg beoogt om van wegen afstromend regenwater op knooppunten te onderscheppen en te bergen in een buffergebied voordat het water de beek bereikt.</p>                                                                     |
| <p><b>5 – Perceeldrainage verwijderen (boven- en ondergronds)</b></p>   |  | <p>Gedraineerde percelen voeren het water versneld af naar de beek. De maatregel om ondergrondse en bovengrondse drainage uit deze percelen te verwijderen beoogt het water langer vast te houden. Een kanttekening bij deze maatregel is dat de onverzadigde zone dunner wordt waardoor het netto-effect tijdens hevige regenval moeilijk voorspelbaar is. Omdat van oorsprong natte gebieden zijn gedraineerd, heeft de verwijdering van drainage tot gevolg dat er een extensivering en daarmee verruwing van de begroeiing zal optreden.</p> |
| <p><b>6 - Voedselbossen / Agrarische bosbouw</b></p>                    |  | <p>Voedselbossen zijn agrarische ecosystemen met de gelaagde structuur en diverse soortensamenstelling van een natuurlijk bos. In een voedselbos groeien hoofdzakelijk meerjarige planten, bomen en struiken, die eetbare of anderszins bruikbare producten leveren. Agrarische bosbouw ('Agroforestry') is hieraan verwant en combineert de aanplant van bomen en struiken met agrarische gewassen en/of vee.</p>                                                                                                                               |
| <p><b>7 - Ontwikkeling van natuurlijk bos</b></p>                       |  | <p>Een natuurlijk bos met ondergroei is een bos waarin de vegetatie zich op natuurlijke wijze heeft ontwikkeld, met een duidelijke ondergroei van struiken, jonge bomen, klimplanten en andere planten onder het bladerdak van de hoofdbomen. De ontwikkeling van alluviale bossen in de dalvlakte vallen niet onder deze maatregel maar wel onder maatregel #18 ('Dalbodem verruwen').</p>                                                                                                                                                      |

|                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>8- Houtplantages omvormen tot structuurrijke bossen</b></p>               |    | <p>Monotone productiebossen (in dit geval naaldbossen) die worden omgezet naar natuurlijke (loof)bossen. Het omvormen van productiebos naar een natuurlijk loofbos is een proces waarbij ruimte wordt gecreëerd voor loofbomen met ondergroei. Dit kan gefaseerd gebeuren door bomen te kappen of het bos uit te dunnen en loofbomen te planten of te laten groeien. Het doel is om een gevarieerder bos in leeftijd en soorten te creëren, die uiteindelijk dezelfde eigenschappen heeft als een natuurlijk bos (zie ook maatregel 7).</p>                             |
| <p><b>9 - Contourgreppels ('swales')</b></p>                                    |    | <p>Contourgreppels ('swales') zijn gegraven geulen en laagtes die oppervlakkig afstromend water onderscheppen. De greppels worden parallel aan de hoogtelijnen in serie aangelegd. De dimensies variëren, maar de recentelijk aangelegde contourgreppels in het Geuldal waren ca. 5 meter breed en ca. 50 centimeter diep. Met de hoogte van de wal erbij is de bergingsruimte ca. 1 m. Het oppervlakkig afstromend water wordt geborgen in de greppels en krijgt daarbinnen de kans om te infiltreren of te verdampen.</p>                                             |
| <p><b>10 - Graften</b></p>                                                      |    | <p>Een graft is een landschapselement van aangeplante heggen, struiken of bomen met een sterke knik in het reliëf. Graften horen sinds de middeleeuwen bij het Limburgse landschap en zijn ontstaan doordat grond zich hellingafwaarts verplaatste als gevolg van ploegen of erosie en zich ophoopte tegen hagen op perceelsgrenzen. Een helling met opeenvolgende graften vormt een miniterrassenlandschap. Door het aanleggen van nieuwe graften kan erosie op hellende akkers en weilanden worden tegengegaan.</p>                                                   |
| <p><b>11 - Houtwallen / Heggen/ Takkenrillen (contour-volgend)</b></p>          |   | <p>Een houtwal of heg is een lijnvormig element in het landschap dat is begroeid met bomen of struiken. Een takkenril is een lijnvormig element dat bestaat uit paaltjes waartussen dood hout wordt gestapeld. Deze verschillende structuren zorgen allemaal voor extra weerstand tegen afstromend water wat voor vertraging, tijdelijke berging en extra infiltratie zorgt.</p>                                                                                                                                                                                        |
| <p><b>12 - Infiltratiestroken met opgaande begroeiing (contour-volgend)</b></p> |  | <p>Een infiltratiestrook is een houtsingel evenwijdig aan de contourhelling van ~20 meter breed die is begroeid met bomen, struiken, kruiden en grassen. Oppervlakkig afstromend water krijgt de kans te infiltreren in een brede zone met gelaagde vegetatie. Het is in potentie een zeer effectieve maatregel maar kan in praktijk moeilijk inpasbaar zijn in het landschap vanwege zijn omvang.</p>                                                                                                                                                                  |
| <p><b>13 - Waterbuffers in droogdal</b></p>                                     |  | <p>Een waterbuffer is een relatief kleine gegraven laagte of poel in het landschap waar oppervlakkig afstromend water tijdelijk geborgen kan worden (meest effectief bij eerste regen na een droge periode). Waterbuffers kunnen zelfstandig of in serie worden aangelegd. De bodem van de waterbuffer wordt niet afgedicht zodat het water kan infiltreren en er weer nieuwe ruimte ontstaat in de buffer om water te bergen. Bij buffers in of benedenstrooms van (kaal) akkerland is infiltratie vaak minimaal doordat de bodem dichtslibt met geërodeerde löss.</p> |
| <p><b>14 - Ruigtebaan in droogdal</b></p>                                       |  | <p>Een ruigtebaan in een droogdal is een strook natuurlijke vegetatie die de bodem van het droogdal volgt. Tijdens nattere periodes kan een ruigtebaan functioneren als een doorstroommoeras met riet, grassen, kruiden, en mogelijk struiken. Tijdens hevige regenval ondervindt afstromend water extra weerstand door de vegetatie en wordt de afstroom vertraagd. Zie Figuur 18 voor nog een ander voorbeeld van een ruigtebaan.</p>                                                                                                                                 |



|                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>15 - Checkdams in droogdal</b></p>                                        |    | <p>De maatregel dammen in droogdal is een maatregel waarbij obstructies in serie geplaatst worden op de bodem van de droogdalen om afstromend water als gevolg van regenval langer vast te houden. De dammen kunnen gemaakt worden van hout of steen. De dammen zijn deels permeabel waardoor vertraagde afvoer geleidelijk tot afstroom komt en de berging snel weer beschikbaar is.</p>                                                                                                                                                                  |
| <p><b>16 – Greppels / Beekextensies / Ondergrondse drainage verwijderen</b></p> |    | <p>Daar waar het water genoeg kracht heeft om een bedding te vormen, daar begint de beek te stromen. De haarvaten van de Geul en zijbeken zijn echter in veel gevallen door mensen verlengd. Deze beekextensies zijn te herkennen aan hun rechte en onnatuurlijke lopen. Deze maatregel beoogt om de artificiële beekextensies ongedaan te maken, waardoor het dal weer gaat functioneren als een natuurlijk brongebied (zie ook Figuur 15). Ook het verwijderen van andere (veelal gekarteerde) greppels en drainagebuizen valt onder deze maatregel.</p> |
| <p><b>17 - Beekbedding verondiepen met hout of sediment</b></p>                 |    | <p>Beekbeddingen verondiepen met hout en/of sediment is een maatregel waarbij extra weerstand in de beekbedding ervoor zorgt dat water langzamer stroomt en waterstanden worden verhoogd. Bij gelijke afvoer stroomt het water uit de beek eerder de dalvlakte in, wat berging oplevert en waar extra weerstand zorgt voor verdere vertraging van de stroomsnelheid en het afvlakken van afvoerpieken.</p>                                                                                                                                                 |
| <p><b>18 - Dalbodem verruwen / Doorstroommoeras / Alluviaal bos</b></p>         |   | <p>De dalbodem verruwen is een maatregel waarbij de overstromingsvlakte aan weerszijde van de beek wordt voorzien van ruige vegetatie. Dit kunnen doorstroommoerassen zijn, alluviale bossen of structuurrijke (extensief begraasde) graslanden met struiken en bomen. De ruwe dalbodem vertraagt afstromend water wanneer de beek door hoge afvoeren uit zijn bedding is getreden.</p>                                                                                                                                                                    |
| <p><b>19 - Houten checkdams over beek</b></p>                                   |  | <p>Het toepassen van houten dammen in (of eigenlijk over) de beek is een maatregel waarbij de beek wordt overspannen door een houten constructie. Bij lage afvoeren voert de beek zijn water zonder obstructie van de dam af. Bij hoge afvoeren stuit het afstromende water op de dam en wordt het de dalvlakte ingestuurd, waar het tijdelijk wordt geborgen. De maatregel heeft met name effect daar waar de dalvlakte geschikt is om tijdelijk water te bergen maar waar dit in praktijk te weinig gebeurt.</p>                                         |
| <p><b>20 - Gronddam in beek</b></p>                                             |  | <p>Een gronddam damt de gehele overstromingsvlakte van het beekdal af waardoor de dalvlakte effectiever benut wordt bij hoge afvoeren. Een duiker (al dan niet met gestuurde afsluiter) of checkdam zorgt ervoor dat het water bij lage afvoeren ongehinderd kan doorstromen. De maatregel kan ingezet worden bovenstrooms van een dorp of stad om de piek van de afvoer te bergen in de dalvlakte.</p>                                                                                                                                                    |
| <p><b>21 - Waterbuffer naast beek</b></p>                                       |  | <p>Bij deze maatregel wordt het water bij hogere afvoeren uit de beek naar een laagte in de dalvlakte geleid. De waterbuffer creëert ruimte voor het bergen van de piek van de afvoergolf en laat vervolgens gedoseerd zijn water af naar de beek. De maatregel bestaat uit een constructie in de beek die het water boven bepaalde afvoeren naar de berging begeleidt, bijvoorbeeld een houten checkdam of gronddam.</p>                                                                                                                                  |



## 4.2 Hydrologische werking van de verschillende maatregelen

Als uitgelegd in paragraaf 3.2 is voor iedere maatregel in de oorspronkelijke catalogus de hydrologische effectiviteit ingeschat – met als (enige) doel – om de maatregelen te kunnen clusteren en vervolgens te kunnen selecteren voor de uiteindelijke catalogus en reeks kansenskaarten. Hierbij zijn effectiviteitsscores toegekend met betrekking tot de effecten berging, infiltratie en weerstand die weergegeven zijn in Figuur 16. De scores variëren op een schaal tussen -1 en 5, waardes die staan voor:

5 = *zeer groot effect*

4 = *groot effect*

3 = *gemiddeld effect*

2 = *klein effect*

1 = *zeer klein effect*

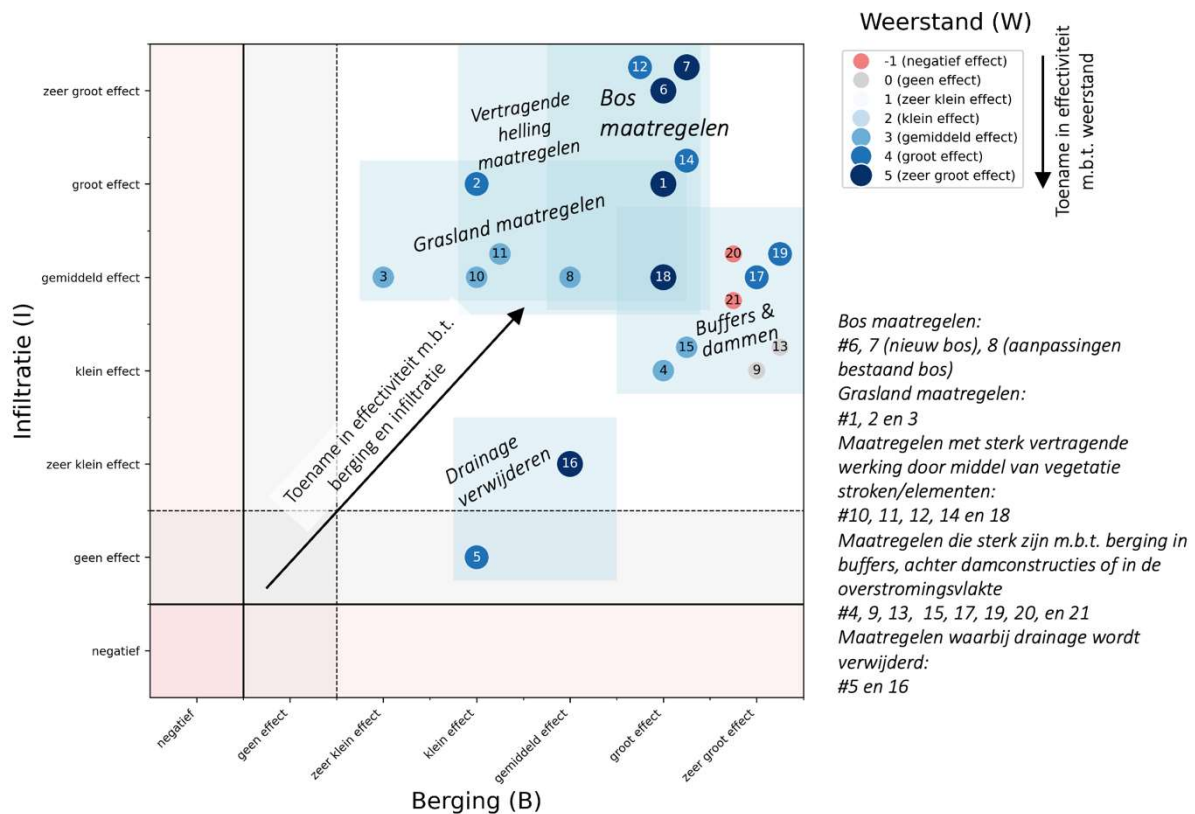
0 = *geen effect*

-1 = *negatief effect*

De scores zijn vooral gebaseerd op onze kennis en inschatting en zijn bedoeld om een gemiddeld beeld te geven van hoe de maatregelen zich ten opzichte van elkaar verhouden. Het is dan niet relevant of een score bijv. 3 in plaats van 4 zou moeten zijn, maar maakt het diagram vooral inzichtelijk of een bepaalde maatregel vooral potentie heeft met betrekking tot één van de hydrologische mechanismen (berging, weerstand of infiltratie) of misschien juist m.b.t. alledrie de mechanismen maar in meer gemiddelde mate. Dus de relatieve positionering van de 21 maatregelen in het diagram kan als hulpmiddel dienen om te zien welke maatregelen een vergelijkbare werking hebben en welke juist heel afwijkend zijn van de rest.

Om het selectie & clustering proces inzichtelijk te maken, zijn deze scores opgenomen in de rapportage. Maar we benadrukken dat de scores geen absolute voorspelling van de effectiviteit zijn. Allereerst omdat het areaal waarover of de dichtheid waarin maatregelen worden genomen relevant zijn voor het uiteindelijke effect op de beekafvoer. Maar ook vanwege de hoeveelheid complexiteit die inherent is aan neerslag-afvoerprocessen. De uitgangspositie van het landschap bij aanvang van een regenbui (zoals bodemvocht of het seizoen in relatie tot bodem en vegetatie), maar ook het exacte verloop van de bui wat betreft intensiteit en duur, bepalen sterk de werkelijke effectiviteit van de verschillende maatregelen. Ook verandert voor veel maatregelen hun effectiviteit gedurende een regenbui, met als meest extreme voorbeeld een waterbuffer die volraakt en vervolgens overloopt. De berekeningen met OpenLISEM zullen uiteindelijk meer inzicht geven in de effectiviteit van de maatregelen.

Hieronder gebruiken we het diagram in Figuur 16 als hulpmiddel om de verschillende maatregelen op hoofdlijnen met elkaar te vergelijken.



**Figuur 16:** Geschatte hydrologische effectiviteit van de 21 verschillende maatregelen m.b.t. 3 verschillende processen: Berging (X-as), Infiltratie (Y-as) en Weerstand (symbool grootte). Getallen 1-21 verwijzen naar de maatregelen (Tabel 4).

Een van de meest opvallende kenmerken van het diagram is dat een aanzienlijk deel van de maatregelen hoog scoort op alle drie de hydrologische mechanismen: berging (B), infiltratie (I) en hydraulische weerstand (W). Deze maatregelen bevinden zich rechtsboven in het diagram en worden weergegeven met een groot donkerblauw symbool. Deze meest effectieve maatregelen - die het sterkst een natuurlijk landschap en watersysteem benaderen - bespreken we als eerste hieronder.

In het bijzonder geldt dit voor de **bosmaatregelen (#6–8)**, die volgens onze scores tot de meest effectieve behoren. Omdat enkel natuurlijk loofbos (#7) echter niet realistisch is — onder meer vanwege de blijvende behoefte aan agrarisch landgebruik — vormt een voedselbos (#6) een interessant compromis. Deze maatregel combineert een hoge hydrologische effectiviteit met voedselproductie en biedt daarmee een alternatief waarin agrarische, hydrologische en ecologische functies worden verenigd. In het algemeen verwachten we dat het uitbreiden van bosareaal — daar waar mogelijk — één van de meest doeltreffende strategieën is om wateroverlast structureel te verminderen. Ook het omzetten van houtplantages (naalddhout) in loofbos (#8) kan hieraan bijdragen, ook al is de winst hierdoor minder groot dan bij de aanplant/ontwikkeling van nieuw bos (#6 of 7).

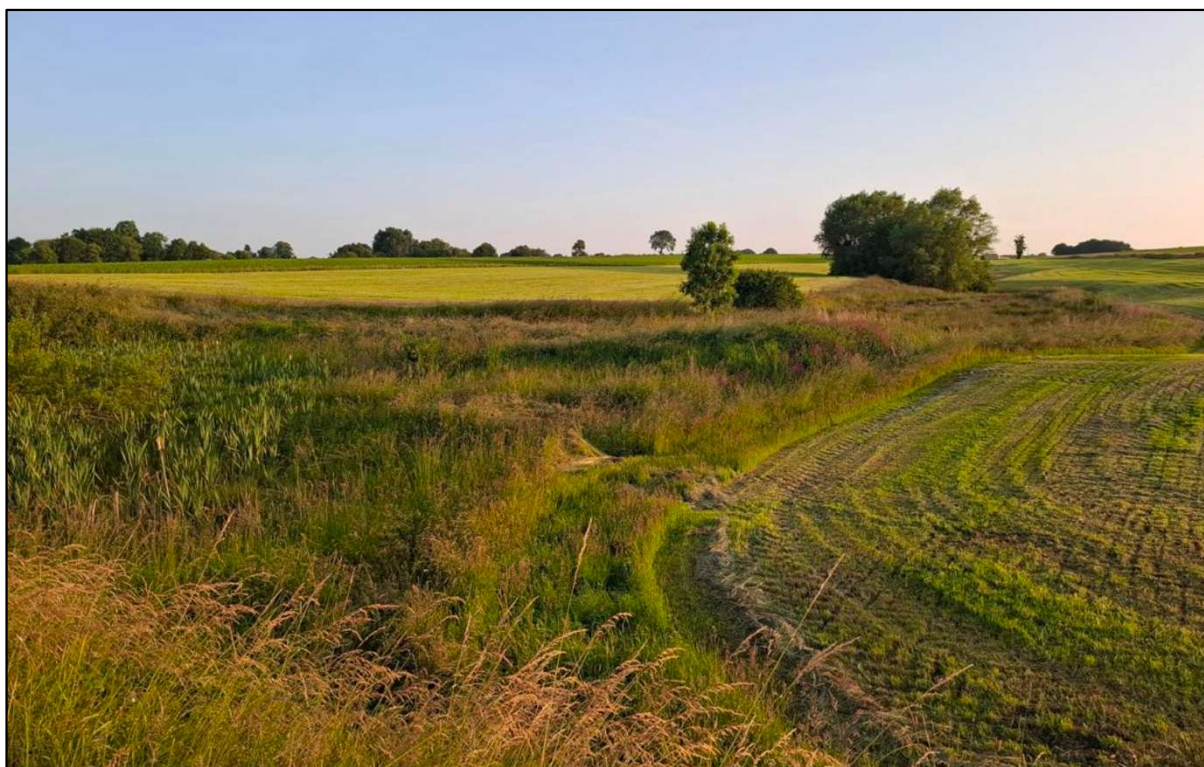


**Figuur 17:** Voorbeeld van natuurlijk loofbos in het Geuldal (maatregel #7).

Een andere groep die over het geheel genomen goed scoort, zijn de **droogdalmaatregelen (#13–15)**. De reden hiervoor is dat hierbij ingrepen worden gedaan langs de gehele lengte van de droogdalbodem. Omdat hier het afstromende water vanaf de hellingen samenkomt (zie ook de foto in Figuur 1), is dit bij uitstek een effectieve locatie om maatregelen te treffen, zoals het aanleggen van checkdams (#15) of een ruigtebaan (#14). Ook waterbuffers (#13) dragen hier goed bij aan berging en infiltratie, maar zijn daarentegen niet weerstandverhogend als de buffers eenmaal vol zijn. In tegenstelling tot de bosmaatregelen houden de droogdalmaatregelen geen verandering van landgebruik in. De waterbuffers, checkdams en ruigtebaan (Figuur 18) kunnen binnen een smalle strook langs de as van het droogdal worden ingepast in bestaand akkerland of productiegrasland.

Uiteindelijk verzamelt al het afstromende water zich in de beekdalbodems, waardoor ook hier een groot effect te behalen valt, met name met betrekking tot berging en weerstand. Alle vijf **beekdalmaatregelen (#17–21)** bevinden zich aan de rechterzijde van het diagram, wat betekent dat ze goed tot zeer goed scoren op het tijdelijk bergen van water. Bijna net zo goed scoren ze op infiltratie (een gemiddeld tot groot effect), terwijl deze vijf maatregelen behoorlijk uiteenlopen wat betreft hun effect op weerstand.

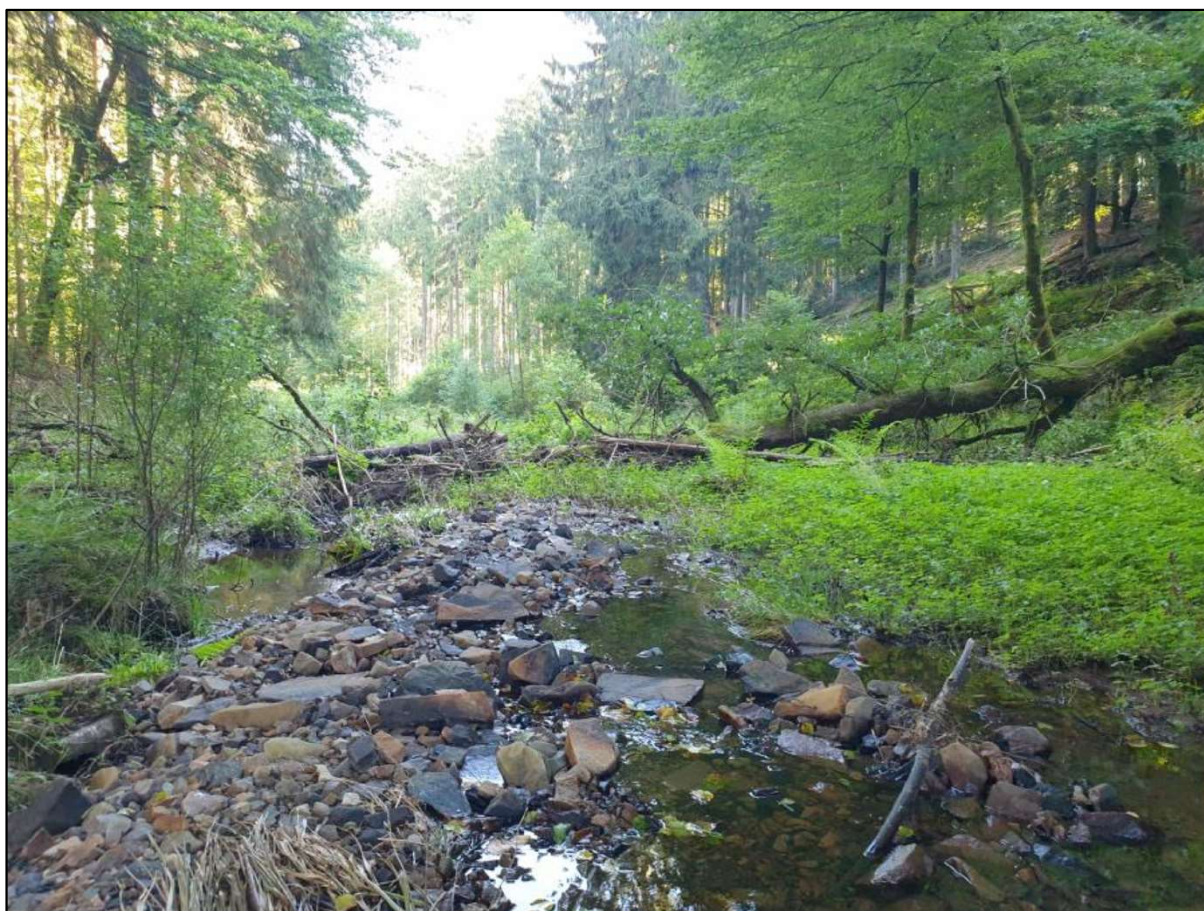




**Figuur 18:** Voorbeeld van een ruigtebaan over de bodem van een droogdal (maatregel #14).

Het verondiepen / verruwen van de beekbedding (#17), het verruwen van de dalbodem met ruigere vegetatie (#18) en het aanbrengen van checkdams over de beekloop (#19) hebben een groot tot zeer groot effect op weerstand. Dit komt doordat ze óf het water eerder buiten de bedding laten treden (#17,19), óf het water dat reeds door de overstromingsvlakte stroomt vertragen door hogere en meer gevarieerde vormen van vegetatie (#18). Omdat deze maatregelen opstuwend werken zijn ze uitgesloten binnen de eerste circa 500 m benedenstrooms van de bewoningskernen in de hoofddalen van het stroomgebied.

In groot contrast hiermee staan gronddammen (#20; Figuur 22) en waterbuffers (#21), die zelfs een negatief effect kunnen hebben op de weerstand. Dit komt doordat ze relatief grote open wateroppervlaktes creëren die nauwelijks hydraulische weerstand bieden tegen het stromende water. In tegenstelling tot ruige vegetatie of andere vormen van ruwheid, remt een wateroppervlak de stroming niet, waardoor het effect op weerstand zelfs negatief uitvalt zodra de dam of buffer vol zit. Deze twee, meer technische maatregelen (#20 en 21), dienen daarom met terughoudendheid te worden toegepast — en uitsluitend direct bovenstrooms van dorpskernen die koste wat het kost beschermd moeten worden, en waar extra bergingscapaciteit daadwerkelijk kan bijdragen aan het beperken van het risico op overstroming.



**Figuur 19:** Voorbeeld van verruwing van de beekbedding door dood hout te laten liggen (maatregel #17).

De effectiviteit van de **hellingmaatregelen (#9–12)** varieert aanzienlijk. Zowel swales (#9) als infiltratiestroken (#12) behoren tot de meest effectieve maatregelen, met een groot tot zeer groot effect op berging en infiltratie. Bij swales zorgt de tijdelijke opslag van water in de greppel ervoor dat het water ruim de tijd krijgt om in de onderliggende bodem te infiltreren. In het geval van infiltratiestroken wordt het water eveneens effectief tegengehouden, mede dankzij de relatief grote breedte van circa 20 meter. Daarnaast zorgt de goed doorwortelde en organisch-rijke bodem ervoor dat infiltratie zeer efficiënt verloopt. Deze brede vegetatiestrook draagt bovendien sterk bij aan de hydraulische weerstand. Bij swales is dat effect geringer, omdat de gevormde wateroppervlakken weinig weerstand bieden aan stromend water. Een belangrijk voordeel van swales is echter dat het water zich langs de lengte van de greppel kan verspreiden, waardoor verschillen in wateraanvoer vanaf de hellingen worden vereffend.

De andere twee hellingmaatregelen — graften (#10) en houtwallen en heggen (#11) — zijn hydrologisch gezien aanzienlijk minder effectief dan swales en infiltratiestroken. Door hun beperkte breedte van slechts 1 à 2 meter wordt afstromend water er nauwelijks door afgeremd en vindt er vrijwel geen berging plaats. Het effect op infiltratie is desondanks gemiddeld, dankzij de aanwezigheid van een goed ontwikkelde bodemstructuur met



diepe worteling en veel organisch materiaal. Het zijn echter landschappelijk aantrekkelijke elementen die goed passen in het Geuldallandschap en bovendien ecologisch zeer waardevol zijn (Figuur 20).

De drie **graslandmaatregelen (#1–3)** onderscheiden zich vooral door hun gebruiksintensiteit en vegetatiestructuur, wat direct doorwerkt in hun hydrologische effectiviteit. Structuurrijke graslanden en natuurlijke hooilanden zijn vormen van natuurlijk graslandbeheer, waarbij alleen gebruik wordt gemaakt van extensieve begrazing en extensief (1 à 2 keer per jaar) maaibeheer, respectievelijk. Productiegraslanden daarentegen worden intensief agrarisch benut, met frequente bemesting, maaien en in sommige gevallen ploegen. Deze verschillen uit zich vooral in de mate van bodemontwikkeling, organische stofopbouw, doorworteling en de aanwezigheid van microreliëf en houtige vegetatie.

Structuurrijke graslanden (#1) blijken hydrologisch het meest effectief, met een hoge score op alle drie de mechanismen: berging, infiltratie en weerstand. Dit is te danken aan de ruige vegetatie, aanwezigheid van bomen en struiken, en het microreliëf dat ontstaat door begrazing, wat samen zorgt voor een sponsachtige bodemstructuur én weerstand tegen afstroming. Natuurlijke hooilanden (#2) hebben vergelijkbare voordelen op het vlak van infiltratie, maar missen houtige begroeiing en reliëf, waardoor de bergingscapaciteit en weerstand lager uitvallen. Productiegrasland (#3) scoort daarentegen beduidend lager op alle drie de mechanismen, vooral door een verdichte bodemstructuur, geringe doorworteling en een laag gehalte aan bodemleven, wat de infiltratie en het waterbergend vermogen beperkt. Ook ontbreekt de vegetatieruwheid en -variatie die de afstroming kan remmen. Daarmee is productiegrasland hydrologisch veruit het minst gunstig van de drie graslandtypen, en vormt het hooguit een verbetering ten opzichte van akkerland.

Er zijn twee **drainage-gerelateerde maatregelen (#5 en #16)** die inhoudelijk sterk overeenkomen, maar verschillen in schaal en locatie. Maatregel #5 betreft het verwijderen van greppels of ondergrondse drainage binnen percelen, vaak in relatie tot het type landgebruik en de gevoeligheid voor natte omstandigheden. Omdat drainage binnen perceelgrenzen meestal niet gekarteerd is geeft kansenkaart #5 weer waar perceeldrainage zou kunnen liggen. Maatregel #16 richt zich daarentegen op grotere, veelal gekarteerde, drainagebuizen en beekextensies die meerdere percelen of grotere delen van het stroomgebied beïnvloeden (zie ook beschrijving in Tabel 4). Doordat beide maatregelen ervoor zorgen dat geïnfiltreerd water langer in de bodem blijft of oppervlakkig afstroomd over een ruw perceel oppervlak (in plaats van versneld via een greppel) scoren ze goed op weerstand. Wat betreft infiltratie en berging kunnen de effecten ook positief uitpakken, maar bestaan er tegelijkertijd meer onzekerheden. Dit komt omdat het verwijderen van drainage zorgt voor een hogere grondwaterstand en



daarmee voor een afname van de dikte van de onverzadigde zone, waar regenwater in geborgen kan worden. Als het grondwater tot aan het maaiveld reikt, kan het effect van deze maatregel op infiltratie zelfs negatief uitpakken. Het netto effect van deze maatregelen is daarom moeilijk te voorspellen wat wordt weerspiegelt door het vlak tussen #5 en #16 in Figuur 16.

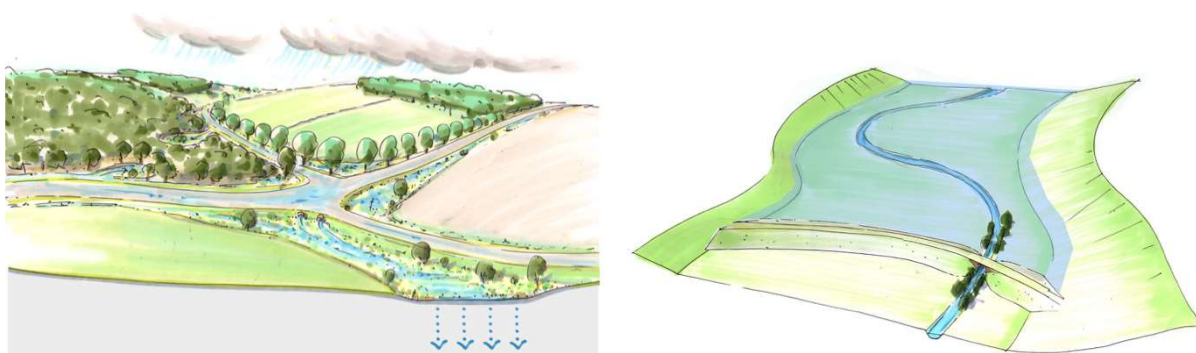


**Figuur 20:** Helling in het Gulpdal waar ARK Rewilding werkt aan sponsherstel (Foto's Hettie Meertens). Boven: situatie voorafgaand aan herstelmaatregelen. Onder: nieuwe situatie met natuurlijk grasland, heggen en andere ruige vegetatie stroken die zorgen voor meer infiltratie, berging en weerstand.



**Figuur 21:** Voorbeeld van gegraven beekextensies (greppels en overblijfselen van oude drainage buizen) die verwijderd kunnen worden om water langer vast te houden bovenstrooms (maatregel #16).

**Water afleiden van (holle) wegen en paden (#4):** Wegen en (veelal verdichte) paden vormen in natte omstandigheden vaak onbedoelde afvoerkanalen voor regenwater richting de beek. Zowel op verharde als onverharde maar verdichte wegen/paden is de infiltratie verwaarloosbaar en de weerstand tegen oppervlakkige afstroming laag. Door afstromend water op strategische punten van het weg oppervlak af te leiden naar een buffer, kan het tijdelijk worden geborgen en deels infiltreren voordat het de beek bereikt (Figuur 22). De effectiviteit van deze maatregel hangt vooral af van de omvang en positionering van de buffer in relatie tot het bovenstroomse wegprofiel en de eigenschappen van de buffer.



**Figuur 22:** Visualisaties van maatregel #4 Afleiden water vanaf wegen (links) en #20 Gronddammen in beek (rechts)



## 5 Rekenregels en maatvoering per maatregel

Door de verschillende basiskaarten gepresenteerd in paragraaf 3.1 te combineren, konden geschikte locaties voor iedere NbS maatregel worden geïdentificeerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de criteria zoals gegeven in de catalogus en beschreven in het voorgaande hoofdstuk. Deze fysische criteria zijn vervolgens verwerkt tot rekenregels die we kort beschrijven in Tabel 5, en vervolgens in samenhang bespreken. Meer uitleg van de maatregelen en rekenregels is te vinden in Bijlage 2.

### 5.1 Fysische rekenregels m.b.t. hydrologische effectiviteit

In de praktijk zijn *Landschap* (Figuur 9) en *Landgebruik* (Figuur 11) de belangrijkste kaarten gebleken waarop de (kansrijke) plek in het landschap van de verschillende maatregelen is gebaseerd. De landschapskaart is belangrijk omdat deze veel verschillende aspecten representeert, zoals de relatieve hoogte, de steilheid van het terrein, het drainagepatroon (bijvoorbeeld parallelle afstroming over hellingen versus zich concentrerende afstroming in droogdalen) en de nabijheid tot de waterlopen. Het effect van de bodem zit indirect verwerkt in landgebruik. Dit komt doordat goed doorlatende bodems in het Geuldal – zoals goed-doorlatende lössbodems – vooral in gebruik zijn als akkerland en productiegrasland. Deze vormen van agrarisch gebruik hebben geleid tot een toegenomen bodemverdichting, een matige tot slechte doorworteling, en een bodemoppervlak dat gevoelig is voor verslemping (Figuur 23). Om die reden is ervoor gekozen om *Landgebruik* te gebruiken als indirecte indicator voor bodemeigenschappen die van invloed zijn op infiltratie.

Naast *Landschap* en *Landgebruik* vormen ook *doorlatendheid van de ondergrond* (*Geologie*) en het *Wegennetwerk* onderdeel van de rekenregels voor sommigen maatregelen.



**Figuur 23:** Verslempde leembodem in het Geuldal (bron: Waterschap Limburg). Verslemping is een vorm van bodemdegradatie waarbij – door de afwezigheid van vegetatie bedekking – de toplaag van de bodem dichtslibt met fijne deeltjes. Hierdoor ontstaat een harde korst die geen water doorlaat en oppervlakkige afstroming en erosie bevordert. Met name op akkers met laat-kiemende gewassen kan verslemping plaatsvinden.



**Tabel 5:** Overzicht fysische rekenregels – die de ‘Plek in het landschap’ van de verschillende NbS maatregelen bepalen – én de planologische uitsluitingsregels die bepalen waar de maatregelen (toch) uitgesloten zijn m.b.t. bestaand beleid.

|                                                                    |   | Plek in het landschap                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Planologische uitsluiting                                                                                                                                               |                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                    |   | Waar is de maatregel kansrijk?                                                                                                                                                                                                                                                                        | Natura 2000                                                                                                                                                             | Overige uitsluiting                                                              |
| Generieke maatregelen (vrijwel overal in het landschap toepasbaar) | 1 | <b>Structuurrijke grasland</b> is kansrijk op huidig productiegrasland of akkerland overal in het landschap. Ook in grasland dat al als ‘natuurlijk’ is geclassificeerd liggen mogelijk kansen op verbetering.                                                                                        | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                                                     | Geen verdere uitsluiting.                                                        |
|                                                                    | 2 | <b>Natuurlijk hooiland:</b> is kansrijk op huidig productiegrasland of akkerland overal in het landschap. Ook in grasland dat als ‘natuurlijk’ is geclassificeerd liggen mogelijk kansen op verbetering.                                                                                              | In alle N2000 habitats uitgesloten, maar kan mogelijk wel bijdragen aan verbetering van glanshaver- en vossenstaarthooilanden die nog in ontwikkeling zijn.             | Geen verdere uitsluiting.                                                        |
|                                                                    | 3 | <b>Productiegrasland</b> is kansrijk op huidig akkerland overal in het landschap.                                                                                                                                                                                                                     | Vanwege agrarische functie in alle N2000, natuurnetwerk en natuurbeekzone gebieden uitgesloten.                                                                         | Uitgesloten nabij bronnen.                                                       |
|                                                                    | 4 | <b>Het afleiden van wegwater</b> naar buffergebieden is in principe op alle wegen en (onverharde maar verdichte) paden buiten de bebouwing kansrijk. Maar meest relevant in terrein steiler dan 6% (d.w.z. vooral op de hellingen en in de droogdalen) welke zichtbaar zijn in deze kansenkaart.      | Buffers wel toegestaan aan de rand van bos habitats. In alle andere N2000 habitats uitgesloten.                                                                         | Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen. |
|                                                                    | 5 | <b>Perceeldrainage verwijderen</b> – Perceeldrainage kan overal in het landschap aangetroffen worden, maar wordt vooral verwacht in huidig productiegrasland of naaldbos, daar waar ook de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend is.                                                      | In geen enkel N2000 habitat bij voorbaat uitgesloten omdat deze maatregel kan bijdragen aan kwaliteitsverbetering van veel habitats, mits met uiterste zorg uitgevoerd. | Uitgesloten bij archeologische monumenten                                        |
|                                                                    | 6 | <b>Voedselbossen</b> zijn overal in het landschap kansrijk, maar niet in de dalbodem vanwege het risico op schade door overstroming. De voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland.                                                    | Vanwege agrarische functie in alle N2000, natuurnetwerk en natuurbeekzone gebieden uitgesloten.                                                                         | Uitgesloten nabij bronnen en bij archeologische monumenten.                      |
|                                                                    | 7 | <b>Natuurlijke bosontwikkeling</b> is overal in het landschap kansrijk, m.u.v. de dalbodem, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland. De dalbodem is uitgezonderd omdat bosontwikkeling daar al valt onder maatregel #18. | In alle N2000 habitats uitgesloten behalve in de boshabitats (omdat deze mogelijk nog in ontwikkeling zijn en er hier kansen liggen op verdere verbetering).            | Alleen uitgesloten bij archeologische monumenten.                                |
|                                                                    | 8 | <b>Houtplantages</b> omvormen tot natuurlijke bosontwikkeling is overal in het landschap kansrijk, waarbij de enige voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit naaldbos.                                                                                                                   | In alle habitats uitgesloten behalve in de boshabitats, want ook in N2000 bosgebieden kunnen percelen met naaldbos liggen.                                              | Geen verdere uitsluiting.                                                        |

|                                               |    |                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                         |                                                                                  |
|-----------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Hellingen                                     | 9  | <b>Contourgreppels</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op hellingen. Want natuurlijk grasland doet al genoeg. Eventueel kunnen ze doorgetrokken worden over de bodem van droogdalen.   | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                                                     | Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen. |
|                                               | 10 | <b>Graften</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op hellingen en (eventueel verder doorgetrokken) in droogdalen.                                                                         | In alle N2000 habitats uitgesloten, maar wel toegestaan in de glanshaver- en vossenstaarthooilanden, mits goed ingepast.                                                | Uitgesloten bij archeologische monumenten en nabij bronnen.                      |
|                                               | 11 | <b>Houtwallen en heggen</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op hellingen en (eventueel verder doorgetrokken) in droogdalen.                                                            | In alle N2000 habitats uitgesloten, maar wel toegestaan in de glanshaver- en vossenstaarthooilanden, mits goed ingepast.                                                | Uitgesloten nabij bronnen.                                                       |
|                                               | 12 | <b>Infiltratiestroken</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op hellingen en (eventueel verder doorgetrokken) in droogdalen.                                                              | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                                                     | Uitgesloten bij archeologische monumenten en nabij bronnen.                      |
| Droogdalen                                    | 13 | <b>Waterbuffers in droogdal</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op de bodem van droogdalen, waar oppervlakkig afstromend water zich concentreert.                                      | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                                                     | Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen. |
|                                               | 14 | <b>Ruigtebanen in droogdal</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op de bodem van droogdalen, waar oppervlakkig afstromend water zich concentreert.                                       | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                                                     | Geen verdere uitsluiting.                                                        |
|                                               | 15 | <b>Checkdams in droogdal</b> zijn kansrijk op huidig productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland op de bodem van droogdalen, waar oppervlakkig afstromend water zich concentreert.                                         | In alle N2000 habitats uitgesloten, maar wel toegestaan in de glanshaver- en vossenstaarthooilanden mits de habitatkwaliteit gewaarborgd blijft.                        | Uitgesloten in waterwingebieden en nabij bronnen.                                |
| Dalbodem / In of in het verlengde van de beek | 16 | <b>Het verwijderen van greppels / beekextensies / ondergronds drainage</b> is overal kansrijk. De kanskaart laat de gekarteerde greppels en drainage zien. In werkelijkheid zijn het er meer.                                      | In geen enkel N2000 habitat bij voorbaat uitgesloten omdat deze maatregel kan bijdragen aan kwaliteitsverbetering van veel habitats, mits met uiterste zorg uitgevoerd. | Uitgesloten bij archeologische monumenten.                                       |
|                                               | 17 | <b>Het verondiepen van de beekbedding met hout of sediment</b> is langs het gehele beekstelsysteem kansrijk, maar niet binnen of direct (eerste ca. 500 m) benedenstrooms van bewoningskernen.                                     | Uitgesloten daar waar de beek grenst aan heischraal grasland, pionier begroeiing op rotsbodem, kalkgraslanden en -tufbronnen of ruigten & zomen.                        | Geen verdere uitsluiting.                                                        |
|                                               | 18 | <b>Het verruwen van de dalbodem</b> is langs het gehele beekstelsysteem kansrijk, op huidig productiegrasland, natuurlijk grasland of akkerland. Maar niet binnen of direct (eerste ca. 500 m) benedenstrooms van bewoningskernen. | Uitgesloten in alle grasland habitats, pionier begroeiing op rotsbodem, kalkgraslanden en -tufbronnen en ruigten & zomen.                                               | Uitgesloten bij archeologische monumenten.                                       |

|    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                      |                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | <b>Houten checkdams over de beek</b> zijn langs het gehele beeksysteem kansrijk waar de beek smaller is dan 10 m, ongeacht het aangrenzende landgebruik. Maar niet binnen of direct (eerste ca. 500 m) benedenstrooms van bewoningskernen. | Uitgesloten aangrenzend aan heischraal grasland, pionier begroeiing op rotsbodem, kalk-graslanden en -tufbronnen en ruigten & zomen. | Geen verdere uitsluiting.                                                        |
| 20 | <b>Grondhammen</b> zijn alleen in de hoofddalen geschikt. Daar zijn ze overal in de dalbodem kansrijk, maar niet binnen of direct (eerste ca. 500 m) benedenstrooms van bewoningskernen.                                                   | In alle N2000 habitats uitgesloten.                                                                                                  | Uitgesloten bij archeologische monumenten en nabij bronnen.                      |
| 21 | <b>Waterbuffers naast beek</b> zijn alleen in de hoofddalen geschikt. Daar zijn ze overal in de dalbodem kansrijk mits bebouwing geen overlast ondervindt.                                                                                 | Uitgesloten in heischraal grasland, pionier begroeiing op rotsbodem, kalk-graslanden en -tufbronnen en bij ruigten & zomen.          | Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen. |

## 5.2 Planologische uitsluitingsregels m.b.t. bestaand beleid

Het huidige landschap herbergt lokaal waarden waardoor bepaalde ingrepen niet mogelijk zijn. Zo sluiten zeldzame natuurwaarden bijvoorbeeld uit dat het landgebruik verandert, of beperken archeologische waarden de mogelijkheid om te graven of (diep-wortelende) bomen aan te planten om verstoring te voorkomen. De uitsluitingsregels zijn in het kort weergegeven in de twee rechter kolommen van Tabel 5, voor iedere maatregel afzonderlijk. Hieronder geven we een onderbouwing per type uitsluitingsgrond, beginnend met de verschillende **Natura 2000**-habitattypen.

In het algemeen geldt voor ieder kwalificerend N2000-habitat dat de staat niet mag verslechteren en dat het huidige areaal behouden moet blijven. Voor alle maatregelen die voorgesteld zijn in dit rapport geldt daarom dat de implementatie ervan nooit de kwaliteit of het areaal van het habitatype mag laten afnemen. Omdat de maatregelen ‘*nature-based*’ zijn bieden ze echter ook kansen, zoals we hieronder verder toelichten.

In het Geuldal komen dertien verschillende N2000-habitats voor, waarvan acht zeer zeldzame habitattypen betreffen, namelijk: *Pionierbegroeiing op rotsbodem*, *kalkgrasland*, *kalktufbronnen*, *kalkmoerassen*, *heischraal grasland* en *ruigten & zomen*. Vanwege de verstoringsgevoeligheid van deze habitats maar ook vanwege hun zeer beperkte areaal zijn alle NbS maatregelen in deze gebieden uit voorzorg uitgesloten. Uitzonderingen hierop vormen maatregel #5 en 16 – het verwijderen van perceeldrainage of gekarteerde beekextensies/greppels/drainagebuizen – omdat deze kunnen bijdragen aan het verkleinen van het risico op verdroging van veel van deze zeldzame habitats. Mits deze ingrepen met uiterste zorg worden uitgevoerd kunnen deze maatregelen dus juist de kans bieden op betere ontwikkeling/bescherming van deze habitats.



Voor de meer voorkomende N2000-habitats kan echter gelden dat de kwaliteit ervan kan worden verbeterd door het implementeren van bepaalde NbS-maatregelen. Mits deze maatregelen met uiterste zorg (maatwerk) worden uitgewerkt en afgestemd op het habitattype. Met name in N2000-gebieden die nog sterk in ontwikkeling zijn bestaan dus kansen. Om die reden is m.b.t. de nog resterende vijf habitattypen – namelijk die habits die op grotere schaal in het Geuldal voorkomen – volgens ons algemene uitgangspunt gewerkt: *“Maatregelen alleen uitsluiten indien echt nodig”*. Deze habitattypen bespreken we hieronder, geordend naar type begroeiing.

In *glanshaver- en vossenstaartgraslanden* zijn landgebruiksveranderingen uitgesloten, maar kunnen wel graften en heggen worden aangelegd, omdat deze er van nature vaak voorkomen. Infiltratiestroken zijn daarentegen niet toegestaan, aangezien die een te grote impact hebben op het habitat. Ook ingrepen in het watersysteem zijn mogelijk, met uitzondering van het aanleggen van constructies die het water opstuwen.

In de vier boshabitats zijn landgebruiksveranderingen uitgesloten. Met uitzondering van maatregel #7 en #8 omdat het omvormen naar natuurlijker bos nog relevant kan zijn als het N2000 gebieden betreft die nog volop in ontwikkeling zijn. Bijvoorbeeld als het bos gebieden zijn die nog steeds gedeeltelijk bestaan uit stukjes naaldbos. Ingrepen die invloed hebben op de waterhuishouding zijn vooralsnog toegestaan (perceeldrainage of beekextensies verwijderen #5 en 16), evenals het afleiden van wegwater naar buffers aan de rand van het bos (#4).

In de *beken en rivieren met waterplanten* en *zinkweiden* N2000 habitats zijn de meeste dalbodemmaatregelen toegestaan, met uitzondering van de aanleg van gronddammen. De reden hiervoor is dat de voorgestelde maatregelen, omdat ze nature-based zijn, juist de kwaliteit van deze habitats kan verbeteren, mits met uiterste zorg uitgewerkt. Bovendien kan het areaal van deze habitats sterk worden uitgebreid en kunnen losse habitat snippers met elkaar worden verbonden.

Uitsluitingsgronden als gevolg van overig natuur- en landschapsbeleid zijn:

Op locaties van **archeologische monumenten**, zijn maatregelen uitgesloten die graafwerk vereisen, waarbij doorworteling van bomen en struiken optreedt of waarbij op grote schaal grond wordt opgebracht (zoals gronddammen).

In **waterwingebieden** zijn maatregelen uitgesloten waarbij waterbuffers worden aangelegd of constructies die water ophouden, vanwege het risico op infiltratie van vervuild water.

Binnen het Nederlandse **natuurnetwerk** en **natuurbeekzones** zijn alleen maatregelen uitgesloten die voor landgebruiksveranderingen zorgen die de natuur niet versterken,

zoals productiegrasland en voedselbossen met een agrarische productiedoelstelling. In **kwetsbare bronmilieus** zijn maatregelen die water ophouden, zoals graven van constructies, uitgesloten vanwege het risico op vervuilde infiltratie. Uitsluiting geldt binnen 25 m van de bron. Andere ingrepen, zoals graften en houtwallen, worden eveneens uitgesloten vanwege mogelijke verstoring. Het verwijderen van greppels of beekextensies is echter toegestaan, mits zorgvuldig uitgevoerd, omdat dit vaak bij de bron begint en kan bijdragen aan herstel van de natuurlijke situatie.

### 5.3 Maatvoering en lokalisering van ingrepen

Voor de maatregelen die een fysieke ingreep in het landschap vergen — zoals swales, houtwallen, checkdams of waterbuffers — zijn in dit project ruimtelijke locaties aangewezen – binnen de kansrijke terreinen – waar deze ingrepen potentieel effectief zijn. Deze locaties zullen aanvankelijk vooral voor hydrologische modelleerdoeleinden gebruikt worden (zoals uitgelegd hieronder). De exacte afmetingen of tussenafstanden van deze structuren in de praktijk zijn echter afhankelijk van lokale omstandigheden en kunnen pas definitief vastgesteld worden in de technische ontwerpfase.

Bij repeterende ingrepen, zoals houtwallen of infiltratiestroken, spelen bijvoorbeeld perceelsgrenzen, huidig en toekomstig landgebruik en praktische uitvoerbaarheid een belangrijke rol. Een houtwal of graft (Figuur 24) wordt bij voorkeur op een perceelsgrens aangelegd. Indien er ingrepen binnen landbouw percelen moeten worden geplaatst, dan moet de onderlinge afstand dusdanig zijn dat landbouwmachines er werkbaar omheen kunnen manoeuvreren. In het algemeen moet ernaar worden gestreefd dat de ingrepen de esthetiek van het cultuurlandschap versterken, in plaats van verminderen.

Om de kansenkaarten geschikt te maken om mee te kunnen modelleren, is wel een gestandaardiseerde benadering gehanteerd zodat op stroomgebiedsniveau inzicht kan worden verkregen omtrent het aantal ingrepen, hun spreiding en zo uiteindelijk hun effectiviteit. Alle ingrepen zijn geschaald naar het resolutieniveau van het modelraster (5x5 meter), wat betekent dat ze zijn vereenvoudigd tot vaste afmetingen (veelvouden van 5 m). De locaties van repeterende structuren zijn automatisch gegenereerd aan de hand van hoogtelijnen. De gebruikte contourintervallen en horizontale dimensies zijn samengevat in Tabel 6. Voor enkele maatregelen — zoals waterbuffers langs wegen (#4) — is daarbij ook rekening gehouden met het hellingsverloop en het weg-oppervlak waarvan water wordt opgevangen (max ~500 m<sup>2</sup> tussen de waterbuffers, rekening houdend met de breedte van de weg/pad). Tot slot zijn voor maatregel #20 en #21 - de gronddammen en waterbuffers in de beekdalen – de exacte ingreeplocaties niet bepaald omdat de hoofddalen buiten de scope van de OpenLISEM modellering vallen en de

ruimtelijke inpassing van deze ingrepen uiterst maatwerk vergt tussen de bevolkingskernen en andere bebouwing en infrastructuur door.

Puur als richtlijn geven we in de laatste kolom van Tabel 6 de dimensies van de verschillende ingrepen weer zoals deze zouden kunnen worden toegepast in het veld. Deze afmetingen kunnen/moeten echter worden aangepast aan de lokale omstandigheden. De breedtes voor houtwallen en infiltratiestroken zijn gebaseerd op gangbare maten. De afmetingen gegeven voor de graften zijn richtlijnen voor nieuw aan te leggen graften (met zo min mogelijk grondverzet), die in dimensies een stuk kleiner zijn dan sommige van de oudere bestaande graften in het gebied (Figuur 24). Voor ingrepen met een bergende of vertragende werking – zoals checkdams, waterbuffers en swales – is afstemming van zowel dimensies als aantal op de te verwachten oppervlakkige afstroom essentieel voor de effectiviteit.

**Tabel 6:** Contourintervallen en dimensies die zijn gebruikt in de kaart. De onderlinge horizontale afstand is niet vooraf bepaald maar simpelweg een uitkomst van het gekozen contour interval. Hiervoor geven we een range van waarden waarbinnen de meeste situaties vallen. Deze afstand varieert doordat de hellingshoek van het terrein varieert.

|    |                                    | Op de kanskaarten (vooral voor modelleerdoeleinden) |             |                                  |                        | Richtlijnen voor ingreep dimensies in het veld    |
|----|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|
|    | Maatregel                          | Contour Interval (m)                                | Breedte (m) | Lengte (m)                       | Onderlinge afstand (m) | lengte (L), breedte (B), diepte (D) of hoogte (H) |
| 9  | Contourgreppels ('swales')         | 10                                                  | 5           | doorlopend                       | ~50-200 m              | B: ~3-6 m; D: 0,5-1 m                             |
| 10 | (Moderne) graften                  | 5                                                   | 5           | doorlopend                       | ~25-100 m              | B: ~1-2 m; H: ~0,5 m                              |
| 11 | Houtwallen / Heggen / Takkenrillen | 5                                                   | 5           | doorlopend                       | ~25-100 m              | B: ~1-2 m                                         |
| 12 | Infiltratiestroken                 | 20                                                  | 20          | doorlopend                       | ~100-400 m             | B: ~20 m                                          |
| 13 | Waterbuffers in droogdal           | 10                                                  | 10          | 10                               | ~100-400 m             | LxBxD: ~10x10x2 m                                 |
| 15 | Checkdams in droogdal              | 5                                                   | 5           | 55 (breedte van droogdal strook) | ~25-100 m              | LxBxH: ~10x0,5x1 m                                |
| 19 | Houten checkdams over beek         | 5                                                   | 5-15        | 5-15 (breedte van beek)          | ~200-500 m*            | LxBxH: ~15x0,5x1 m                                |

\* Vanwege het veel lagere verhang van de dalbodem zijn de horizontale afstanden tussen de contourlijnen hier groter dan op de hellingen en in de droogdalen. De schatting van 200-500 m geldt voor de zijrivieren van de Geul, terwijl in het hoofddal benedenstrooms van Mechelen de afstanden nog groter worden tot max ~1500 m.





**Figuur 24:** Nieuw te vormen graften kunnen het best aangelegd worden op reeds bestaande knikken in de helling, hoe klein ook, zoals in de bovenste foto. Ook kunnen oude graften opnieuw beplant worden, zoals de graften die zichtbaar zijn op de onderste foto.

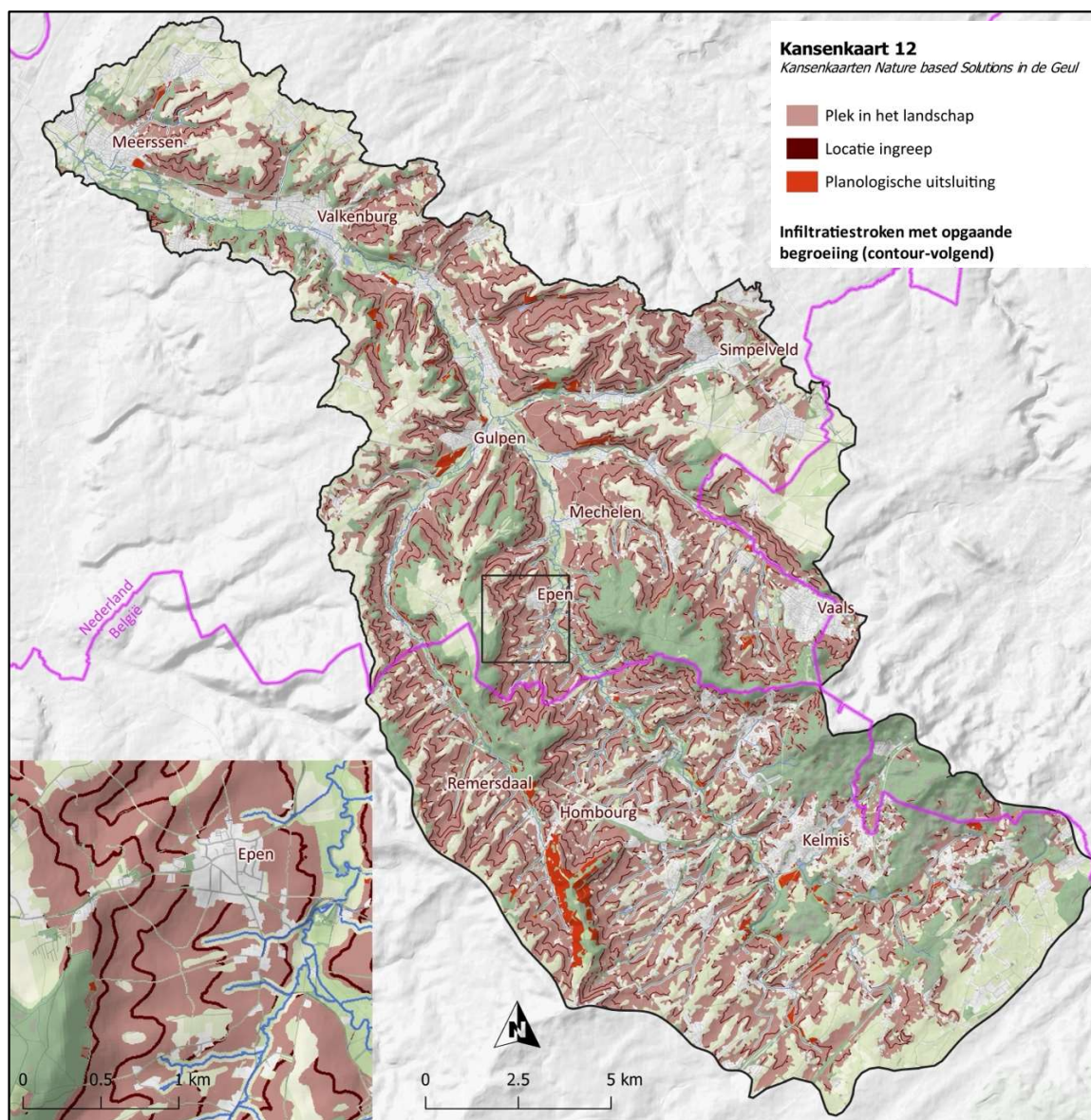


## 6 Kansenskaarten

### 6.1 Kansenskaart per maatregel

Waar in het Geuldal liggen kansen voor de verschillende NbS maatregelen om te worden geïmplementeerd? Dat is wat de 21 kansenskaarten voor de verschillende maatregelen laten zien. In de kansenskaarten kunnen cellen de volgende waardes hebben:

1. Plek in het landschap waar de maatregel kansrijk wordt geacht
2. Dimensies van eventuele ingrepen (bijv. vegetatiestructuur, waterbuffer of checkdam)
3. Planologische uitsluiting (zoals beschreven in paragraaf 5.2)
0. Terrein waar de maatregel niet kansrijk wordt geacht



**Figuur 25:** Kansenskaart van maatregel #12 Infiltratiestroken. De kaart op hoge resolutie, samen met alle andere kansenskaarten, is te vinden in Bijlage 2.

De kansenkaarten zijn gegeven in Bijlage 2. Ter illustratie is hieronder de kansenkaart van maatregel #12 gegeven, die laat zien waar infiltratiestroken zouden kunnen bijdragen aan het vertragen en verminderen van de oppervlakkige afstroom in het Geuldal (Figuur 25).

Een aantal kansenkaarten vertoont sterke gelijkenissen, vooral bij vergelijkbare maatregelen. Dit is zichtbaar in de kaarten zelf én in het staafdiagram in Figuur 26, dat toont welk % van het stroomgebied binnen de verschillende kaarteenheden (0, 1, 2, 3) valt per maatregel. Clusters zijn herkenbaar als staven met eenzelfde verdeling. Zowel deze clusters als kaarten met een uniek patroon worden hieronder kort besproken.

De kansenkaarten van maatregel #1 en #2 tonen waar structuurrijk grasland en natuurlijk hooiland kansrijk zijn (zie ook Figuur 27). Ze vertonen een zeer wijdverspreid patroon over het hele stroomgebied, omdat deze maatregelen zich richten op al het productiegrasland, akkerland en natuurlijk grasland — samen goed voor ruim 60% van het totale areaal.

Maatregel #3, omvorming naar productiegrasland, is alleen kansrijk op huidig akkerland (ca. 20% van het gebied), wat zich grotendeels in Nederland bevindt. Maatregel #5, het verwijderen van perceeldrainage, is daarentegen vooral kansrijk in Wallonië, waar productiegrasland en naaldbos voorkomen op slecht doorlatende bodems. De kaarten van maatregel #3 en #5 zijn sterk bepaald door de exacte ligging van akkerland, productiegrasland en naaldbos. Zoals besproken in paragraaf 3.1, kunnen jaarlijkse gewaswisselingen of naaldboskap zorgen voor afwijkingen tussen deze kaarten en de actuele situatie. Voor de modelberekeningen is dit weinig problematisch, maar het is wel van belang bij latere planologische stappen.

Net als de graslandmaatregelen zijn ook maatregel #6 (voedselbos) en #7 (natuurlijk bos) in grote delen van het stroomgebied kansrijk (zie Figuur 26). Voedselbos is iets meer uitgesloten dan natuurlijk bos, omdat het om agrarisch gebruik gaat en daarom vanwege natuur-wetgeving vaak niet is toegestaan of ongeschikt is, bijvoorbeeld vanwege het risico op overstroming in de dalvlaktes.

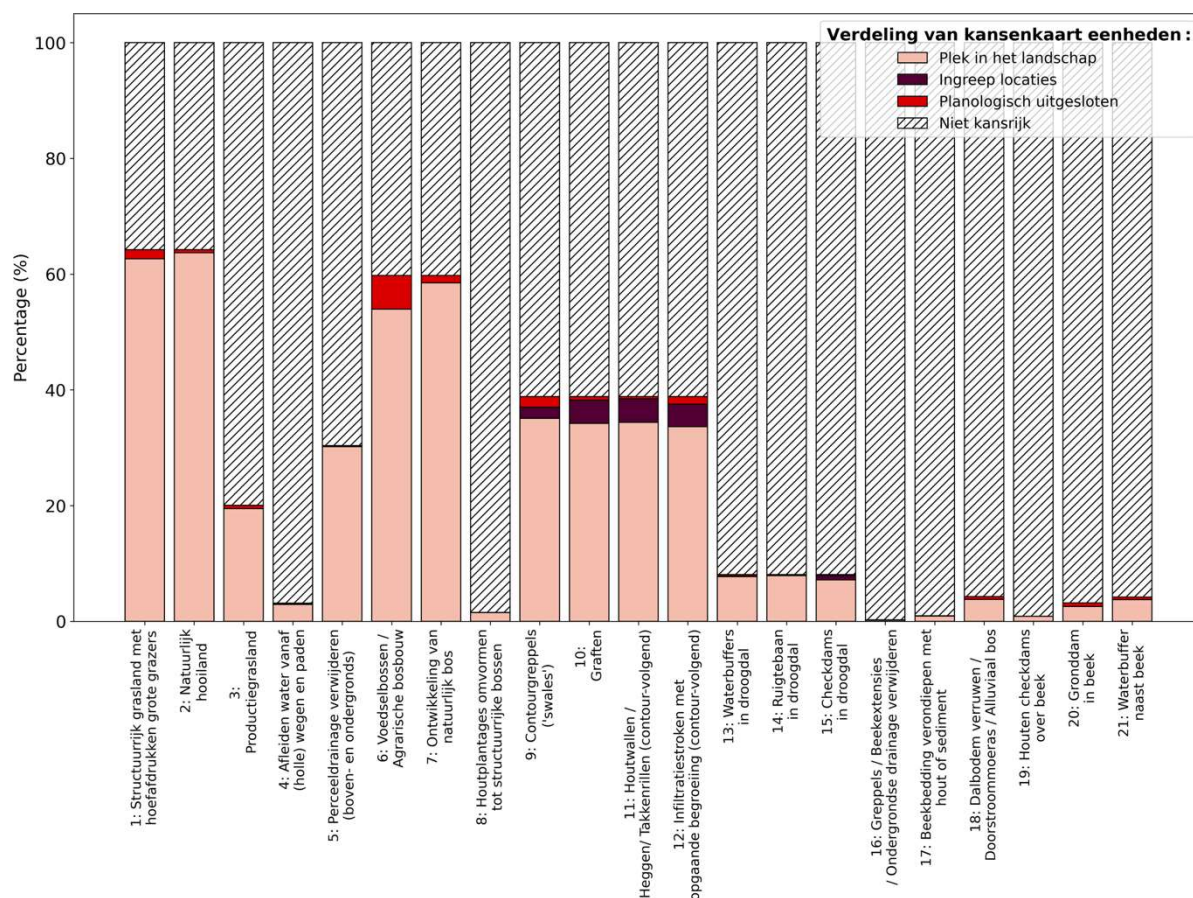
Alle hellingmaatregelen (#9–12) hebben een identiek kansrijk areaal (bijna 40% van het stroomgebied), bestaande uit productie- en natuurlijk grasland en akkerland op de hellingen maar eventueel ook doorlopend in de droogdalen. De ingreep oppervlaktes en uitsluitingsgronden verschillen per maatregel. Ook de drie droogdalmaatregelen (#13–15) beslaan nagenoeg hetzelfde kansrijke gebied (~10%). Dit komt doordat alle drie deze maatregelen op productiegrasland, natuurlijk grasland en akkerland kunnen worden toegepast binnen de grenzen van de droogdal bodems. Maatregel #13 (waterbuffers) en #15 (checkdams) zijn iets meer uitgesloten dan #14 (ruigtebaan), omdat ze lokaal voor extra infiltratie kunnen zorgen dat conflicteert met o.a. waterwinning. De ingreep oppervlaktes verschillen eveneens.



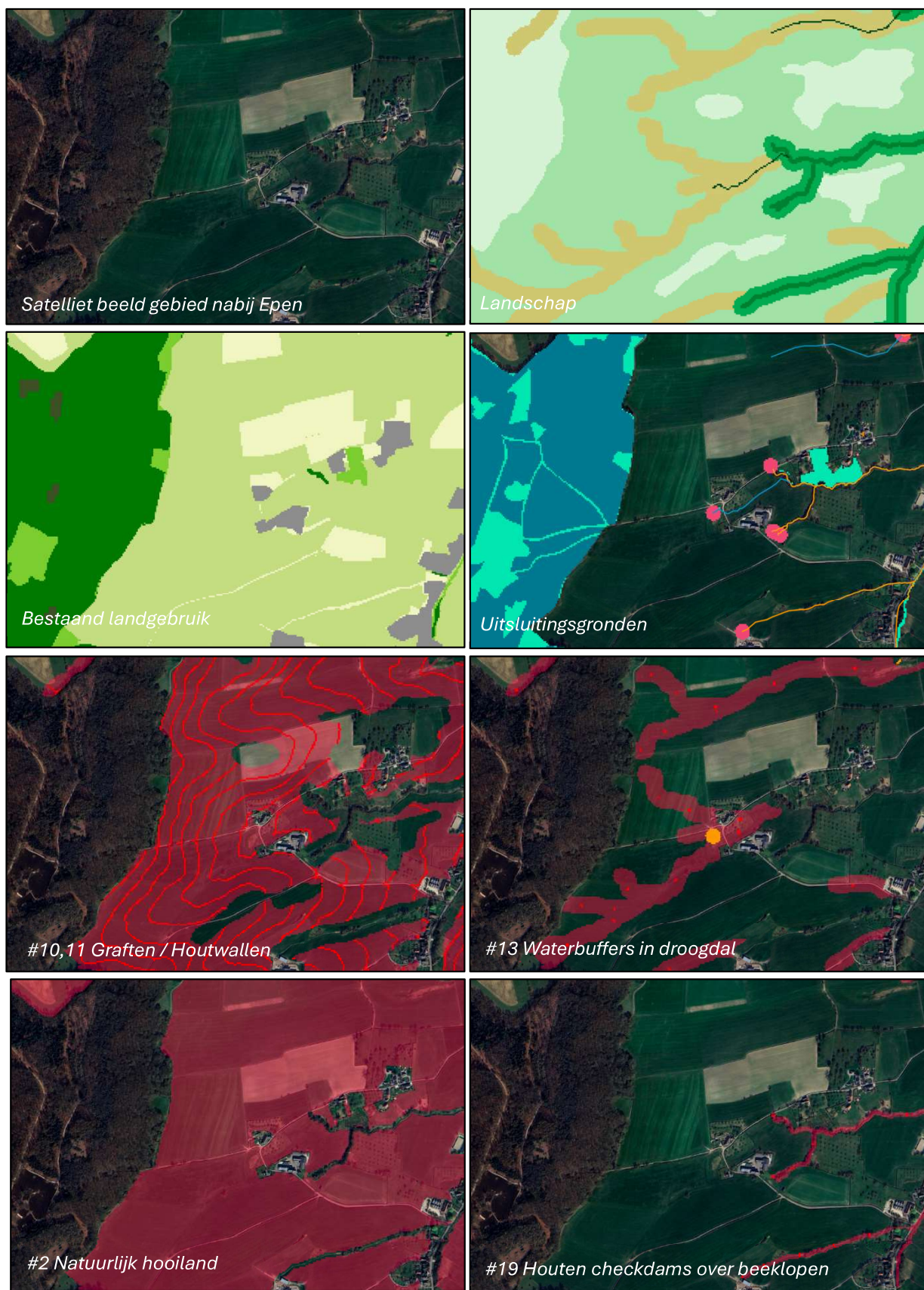
Uit Figuur 26 blijkt dat maatregelen vanaf #16 een veel kleiner kansrijk areaal hebben (<5%). Vooral maatregel #16, gericht op het verwijderen van ondergrondse drainage en greppels, is beperkt in oppervlakte omdat alleen gekarteerde greppels, buizen en beekextensies zijn meegenomen. In werkelijkheid ligt dit aantal vermoedelijk veel hoger, wat betekent dat het belang van deze maatregel wordt onderschat in de huidige kaart.

Maatregel #17 en #19 zijn beperkt tot de beeklopen: respectievelijk voor het verondiepen of verruwen van de bedding (met sediment of hout), en voor het plaatsen van houten checkdams (zie ook Figuur 27). Beide maatregelen zijn vrijwel overal langs de beek mogelijk, behalve nabij sommige kwetsbare Natura 2000-habitats zoals beschreven in Tabel 5. De houten checkdams zijn bovendien alleen kansrijk daar waar de beek smaller is dan ~10 m.

Maatregel #18 – het verruwen van de dalvlakte laat die percelen binnen de dalvlakte zien die momenteel als akkerland, natuurlijk grasland of productiegrasland worden gebruikt. In het benedenstroomse deel van het stroomgebied — waar de dalvlakte breder is dan ~65 meter — zijn de uiterste grenzen bepaald op basis van de gedigitaliseerde dalbodempolygoon die ook is gebruikt bij het opstellen van de landschapskaart (Tabel 1). Verder stroomopwaarts is een standaardbreedte van 65 meter gebruikt voor de dalvlakte.



**Figuur 26:** Dit diagram laat voor iedere maatregel zien hoeveel % van het stroomgebied kansrijk is, onderdeel is van een ingreep locatie (indien van toepassing), of (toch) uitgesloten is door regelgeving.



**Figuur 27:** Voorbeeld gebied nabij Epen, om de details van verschillende type kansenkaarten te illustreren.



Het kansrijke gebied van de gronddammen (#20) en waterbuffers (#21) omvat enkel de dalvlaktes van de hoofddalen. Deze grotendeels technische maatregelen worden alleen aanbevolen als aanvullende ingrepen direct stroomopwaarts van dorpskernen. Dit gebied wordt niet in OpenLISEM, maar in D-HYDRO gemodelleerd.

Twee kansenkaarten met een heel eigen patroon zijn die van maatregel #4 (water afleiden van wegen) en maatregel #8 (omvormen van naaldbos naar structuurrijk loofbos). Deze tonen respectievelijk de wegen op hellingen en in droogdalen, en de naaldbospercelen als kansrijke gebieden.

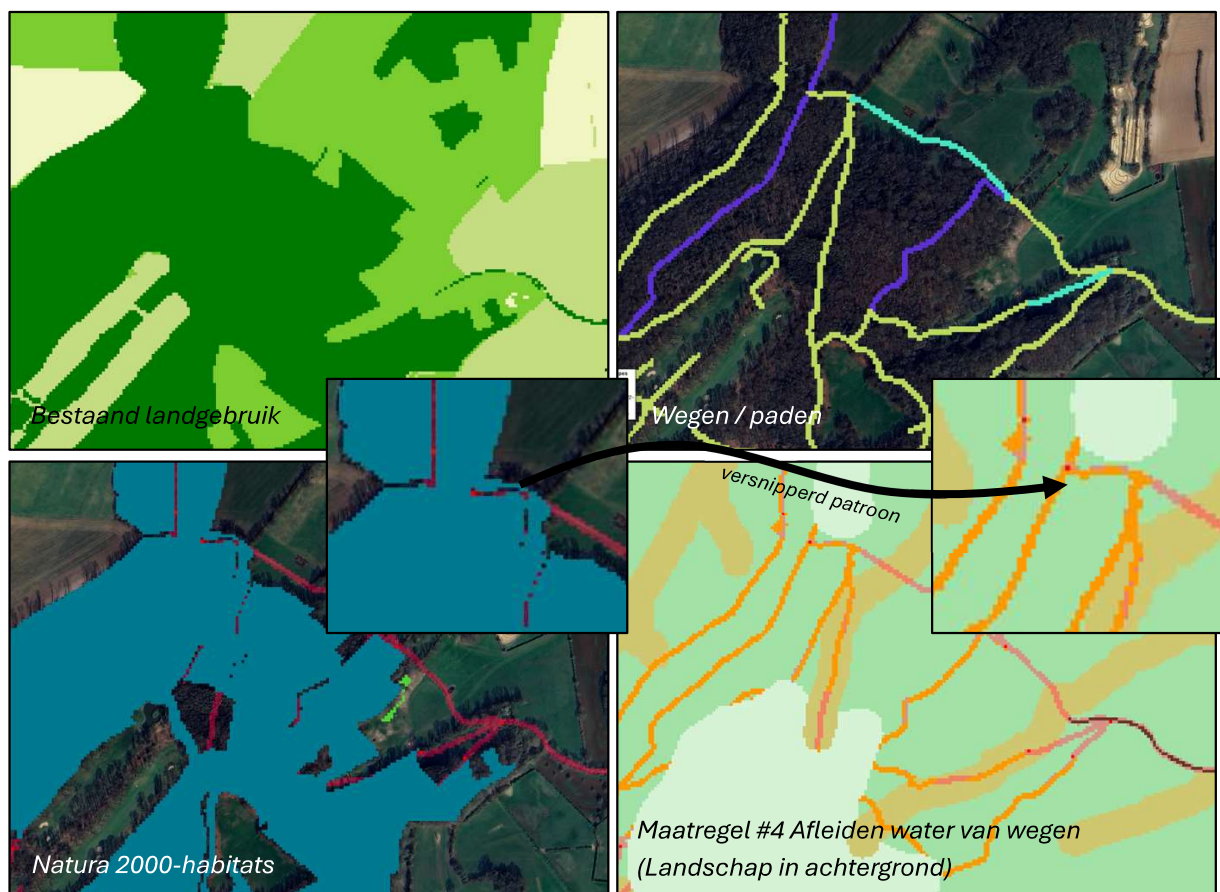
## 6.2 Kleinschalige artefacts

Een deel van het vlekkerige patroon bij sommige maatregelen (dat zichtbaar wordt bij het inzoomen) wordt echter veroorzaakt door allereerst de kenmerken van de bronbestanden. Veel van de thematische bronbestanden zoals landgebruik, geologie en allerlei wetgeving (bijv. Natura 2000) zijn namelijk handmatig gedigitaliseerd, en vaak in meerdere fases, waardoor aangrenzende polygonen soms overlappen of juist elkaar net niet raken. Hierdoor ontstaan onbedoeld gaten of foutieve weergaves. Doordat in dit project deze vectorbestanden bovendien moesten worden omgezet naar rasterformaat, zijn dit soort fouten vaak nog meer versterkt of is extra ruis/versnippering ontstaan doordat een fijnmazig grillig landschap moet worden vertaald naar 5x5 m pixels.

Ter illustratie laat Figuur 28 een omgeving zijn met wegen/paden die in eerste instantie kansrijk waren voor het afleiden van wegwater (volgens de landgebruik en landschap regels). Vanwege N2000 regelgeving moet deze maatregel op deze wegen toch worden uitgesloten. Maar omdat het N2000 gebied gaten bevat, ontstaan in de kansenkaart toch stukjes ‘kansrijke weg’. In dit soort situaties wordt dus geadviseerd om naar de context en grote patronen te kijken in de kansenkaart om deze versnippering te interpreteren.

Deze kleinschalige onnauwkeurigheden kunnen – bijv. voor modelleerdoeleinden – worden gecorrigeerd met eenvoudige bewerkingstechnieken. Daarbij worden kleine losse pixels of ruis uit de kaart gefilterd, zodat het eindresultaat er minder vlekkerig uitziet en de belangrijkste patronen beter herkenbaar blijven, ook op hoge resolutie.





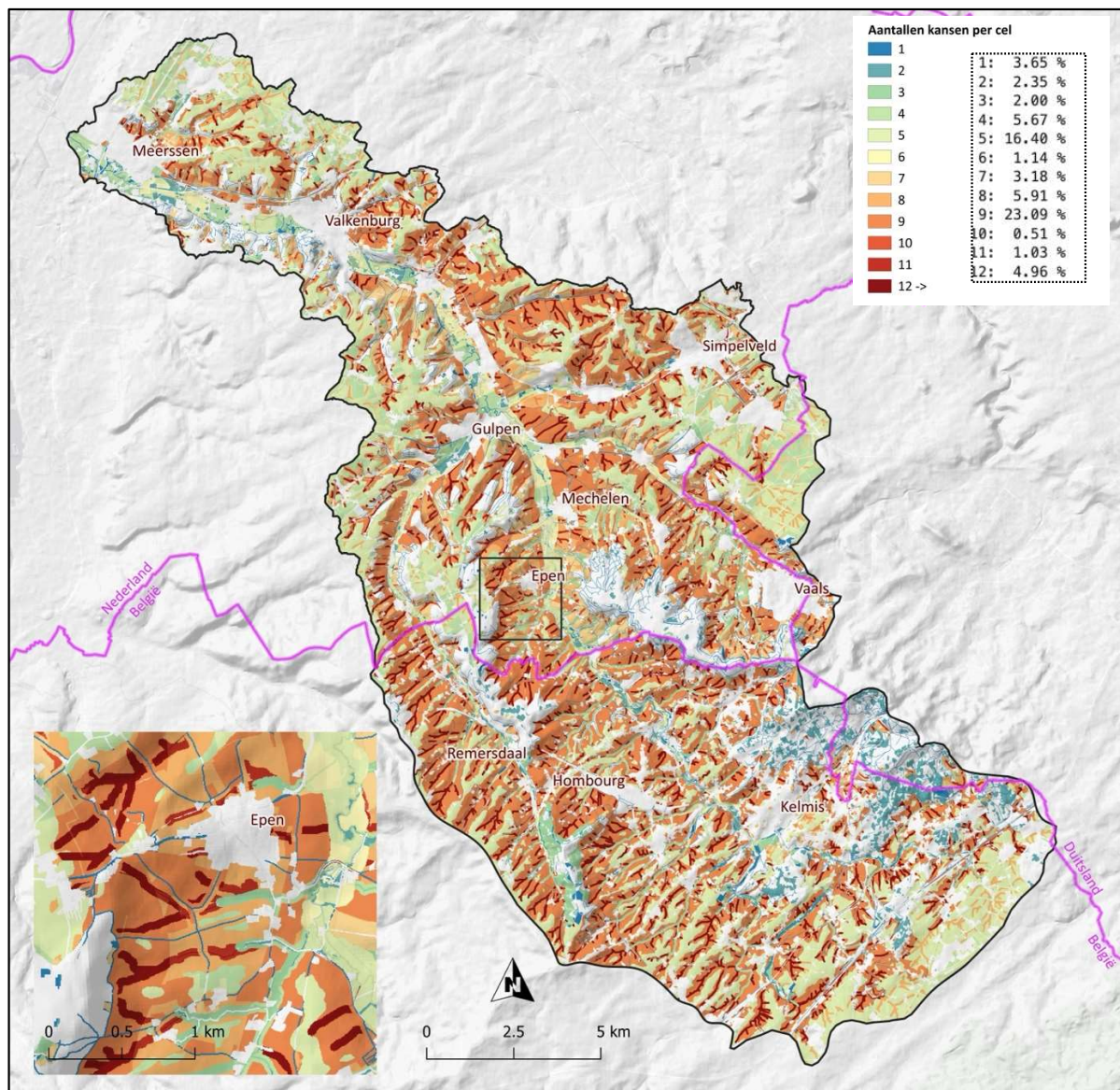
**Figuur 28:** Voorbeeld van kleinschalige artefacts die te zien zijn in sommige kansenskaarten (uitleg in tekst).

### 6.3 Cumulatieve kansenskaart

Als alle 21 kansenskaarten worden gecombineerd ontstaat een cumulatieve kansenskaart zoals weergegeven in Figuur 29 en Bijlage 2. De kleuren laten zien hoeveel verschillende maatregelen op een locatie kansrijk zijn.

- In ongeveer 30% van het stroomgebied is geen enkele maatregel kansrijk. Dit zijn gebieden die ofwel buiten beschouwing zijn van dit project (bebouwing), of waar regelgeving iedere vorm van ingrijpen uitsluit (bijv. archeologisch monument of kwetsbare N2000 habitats), of die hydrologisch gezien al gunstig ontwikkeld zijn. Tot deze laatste categorie behoren vooral de loofbossen waar geen extra maatregelen nodig zijn.
- In ~ 6% van het stroomgebied zijn één of twee maatregelen kansrijk. Hier zijn dus geen of nauwelijks keuzemogelijkheden. Dit zijn vooral de wegen waarvoor alleen maatregel #4 geldt, of de naaldbossen waar drainage verwijderd kan worden (#5) of die omgevormd kunnen worden tot natuurlijk loofbos (#8).
- Vervolgens varieert binnen ongeveer 64% van het stroomgebied het aantal kansrijke maatregelen tussen de drie en twaalf. Hier valt dus redelijk of zelfs volop

te kiezen tussen verschillende maatregelen, of kunnen er meerdere maatregelen gecombineerd worden. Hierin vallen clusters te herkennen die samenhangen met de verschillende landschapseenheden, die we hieronder bespreken.



**Figuur 29:** Cumulatieve kansenkaart. Voor hoge resolutie, zie Bijlage 2. De percentages in de legenda laten zien hoe groot aandeel iedere legende eenheid heeft binnen het gehele stroomgebied. In ongeveer 30% van het stroomgebied is geen enkele maatregel kansrijk (legenda eenheid 0). In ongeveer 70% van het gebied varieert het aantal mogelijke maatregelen tussen 1 en 12.

De plekken waar het meeste te kiezen of te combineren valt zijn de **droogdalen**, waar meestal elf of twaalf maatregelen mogelijk zijn. Naast de drie specifieke droogdalmaatregelen (#13,14,15) kunnen ook de ingrepen op de hellingen zoals de graften en de infiltratiestroken (#9-12) doorgetrokken worden dwars over de bodem van het droogdal, overal zoveel mogelijk parallel aan de hoogtelijnen. Hierbij is het belangrijk om te bekijken of de hellingmaatregelen geen afbreuk doen aan de landschappelijke



kenmerken van het droogdal. In veel droogdalen is het landgebruik productiegrasland of akkerland dus ook de natuurlijke grasland/hooilandmaatregelen (#1,2) of de (voedsel-/natuurlijk) bosmaatregelen (#6,7) kunnen worden toegepast. Als er perceeldrainage (#5) of greppels/beekextensies (#16) aanwezig zijn kunnen deze bovendien worden verwijderd. Als het om akkerland gaat, is het mogelijk om het om te zetten in productiegrasland (#3). Op de **hellingen** zijn dezelfde maatregelen kansrijk, met uitzondering van de vier specifieke droogdalmaatregelen, waardoor hier het aantal kansrijke maatregelen op acht of negen uitkomt.

Op de hoger gelegen vlakke tot flauw hellende terreinen – de **plateaus of interfluves** – zijn alleen maatregelen kansrijk die een verandering in landgebruik inhouden. Structuren die water invangen en bergen of vertragen zijn namelijk minder geschikt omdat stroombanen van afstromend water hier beginnen en nog een beperkt volume hebben. Als afstromend water toch gevormd wordt, is bovendien het afwateringspatroon vaak niet eenduidig en veranderlijk vanwege zijn gevoeligheid voor relatief kleine obstakels en bijv. veranderingen in gewassen of ploegrichtingen. De veranderingen in landgebruik richten zich dan ook vooral op het bevorderen van infiltratie door natuurlijkere vormen van grasland (#1,2) of door het ontwikkelen van voedsel- of natuurlijk bos (#6,7). Indien het huidige landgebruik akkerland is, kan eventueel ook gekozen worden voor het omzetten naar productiegrasland (#3). Hierdoor komt op de plateaus of interfluves het totale aantal maatregelen waaruit gekozen kan worden uit op vier of vijf.

In de **dalvlaktes** aan weerszijden van de beeklopen varieert het aantal mogelijke maatregelen meer uitgesproken, namelijk tussen één en zeven. Dit komt omdat naast de specifieke dalvlaktemaatregelen (#18,20,21) ook de meeste meer generieke veranderingen in landgebruik (#1,2,3,7,8) kansrijk zijn. Máár omdat de beekdalen aan de andere kant ook meer beïnvloed worden door (met name natuur-)wetgeving, kan het aantal kansrijke maatregelen lokaal sterk verminderd zijn, wat de grote variatie binnen de beekdalen verklaart. Binnen de **beeklopen** zijn twee of drie maatregelen kansrijk in de kleinere waterlopen, terwijl in de Geul en andere grotere beeklopen behoort ook de aanleg van gronddammen tot de mogelijkheden waardoor hier het aantal maatregelen op maximaal vier uitkomt.

Als laatste moet worden opgemerkt dat de waardes in de cumulatieve kaart lokaal oplopen tot zelfs veertien. Echter, nadere inspectie van deze (zeer kleine) gebieden met waardes hoger dan twaalf laat zien dat deze hoge waardes vooral te maken hebben met de artefacten die eerder besproken zijn in paragraaf 6.2. Omdat met verschillende basisbestanden is gewerkt, waarvan een aantal bovendien gerasteriseerde versies zijn van lijnbestanden, kan het bijv. voorkomen dat een pixel zowel ‘weg’, als ‘greppel’ als ‘akkerland of grasland’ is. Hierdoor stapelt het aantal kansrijke maatregelen zich op. Om die reden zijn waardes hoger dan twaalf in de cumulatieve kaart niet realistisch.



## 7 Conclusies

In dit project is voor het stroomgebied van de Geul een set van 21 gebiedsdekkende kansenskaarten ontwikkeld die weergeven waar Nature-based Solutions (NbS) kansrijk kunnen worden toegepast om wateroverlast als gevolg van extreme neerslag te beperken. Door landschapskenmerken, hydrologische werking en uitsluitingsgronden met elkaar te combineren, is per maatregel bepaald waar in het stroomgebied deze kansrijk is. Daarmee vormen de kaarten een theoretische en ruimtelijk onderbouwde basis voor maatregelkeuze in het kader van WRL en toekomstige gebiedsontwikkeling.

De geselecteerde NbS-maatregelen variëren in schaal, werkingsprincipe en mate waarin de ingreep puur 'nature-based' is of gedeeltelijk technisch, maar dragen elk op hun eigen manier bij aan het vergroten van de sponswerking van het landschap. De maatregelen zijn vertaald naar afzonderlijke kansenskaarten, waarmee het mogelijk is om per locatie de meest geschikte maatregel(en) te selecteren. De cumulatieve kaart laat bovendien zien waar meerdere maatregelen gecombineerd kunnen worden, of tussen welke maatregelen gekozen kan worden.

De analyse laat zien dat in ~70% van het stroomgebied NbS maatregelen kunnen worden toegepast, en dat in ~64% van het gebied zelfs drie of meer maatregelen gecombineerd of uit gekozen kan worden. Acht maatregelen houden directe (#1,2,3,6,7,18) veranderingen van landgebruik in, of indirect, doordat ze ervoor zorgen dat percelen natter worden (#5,16). De meeste andere maatregelen richten zich op relatief kleine ingrepen, zoals vegetatiestructuren (#10,11,12,14), damconstructies (#15,19,20) en waterbuffers (#4,9,13,21) of op geleidelijke aanpassingen van de beekbedding (#17) en bossen (#8). Deze grootste groep van relatief kleine ingrepen laat zien dat veel maatregelen grotendeels geïntegreerd kunnen worden in het bestaande gebruik van het landschap, waarbij een combinatie met een extensiever landgebruik mogelijk is.

Wat de kaarten vooral duidelijk maken, is dat het vergroten van het waterbergend vermogen van het landschap niet per se grootschalige ingrepen vergt. Juist met een fijnmazige toepassing van relatief kleinschalige maatregelen, verspreid over het hele stroomgebied, is al veel te winnen. Daarbij bieden de kaarten ruimte voor creativiteit: ze nodigen uit om verschillende maatregelen slim te combineren — op plekken waar dat hydrologisch zinvol is, én waar het cultuurhistorisch/landschappelijk iets toevoegt.

In dit rapport is een kwalitatieve inschatting gemaakt van de verwachte effectiviteit van de verschillende maatregelen. Uiteindelijk zal de modellering met OpenLISEM meer inzicht geven in de daadwerkelijke hydrologische impact onder verschillende neerslagsscenario's en wordt in de Plan-MER studie de haalbaarheid van verschillende varianten onderzocht.

## Referenties

Boehner, J. and Selige, T. (2006): Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. In: Boehner, J., McCloy, K.R., Strobl, J. [Ed.]: SAGA - Analysis and Modelling Applications, Goettinger Geographische Abhandlungen, Goettingen: 13-28.

Bureau Stroming, H+N+S+ en Acacia Water (2023) in opdracht van Natuurkracht: *Water vertragen en vasthouden in het Geuldal – Natuur inzetten tegen wateroverlast en droogte*: <https://dz8tqgfhghma.cloudfront.net/Rapporten/Water-vasthouden-en-vertragen-in-het-Geuldal-rapport.pdf>

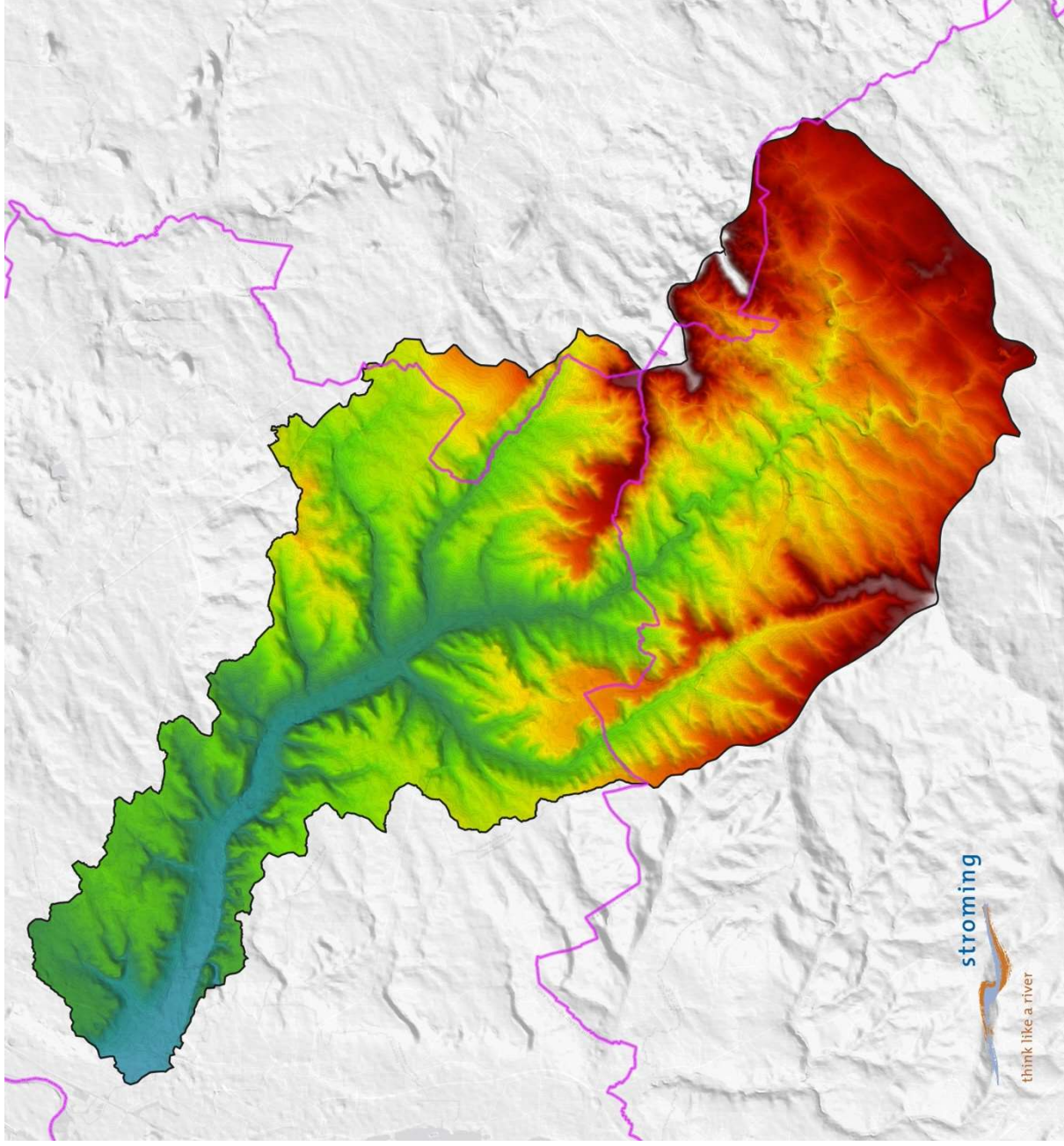
Bureau Stroming (2022) in opdracht van Natuurmonumenten: Analyse functioneren klimaatbuffers in het Geul stroomgebied tijdens extreme neerslag in juli 2021: [https://res.cloudinary.com/natuurmonumenten/raw/upload/v1655730336/2022-06/Klimaatbuffer%20Geuldal\\_rapportage%20juni%202022\\_1.pdf](https://res.cloudinary.com/natuurmonumenten/raw/upload/v1655730336/2022-06/Klimaatbuffer%20Geuldal_rapportage%20juni%202022_1.pdf)

Deltares (2022): Analyse overstrooming Valkenburg - Watersysteemevaluatie Waterschap Limburg: [https://publications.deltares.nl/11207700\\_000\\_0014.pdf](https://publications.deltares.nl/11207700_000_0014.pdf)

## **Bijlage 1**

Alle basis en afgeleide kaarten van het Geuldal (zie volgende pagina's).

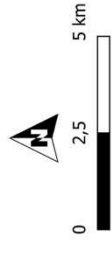


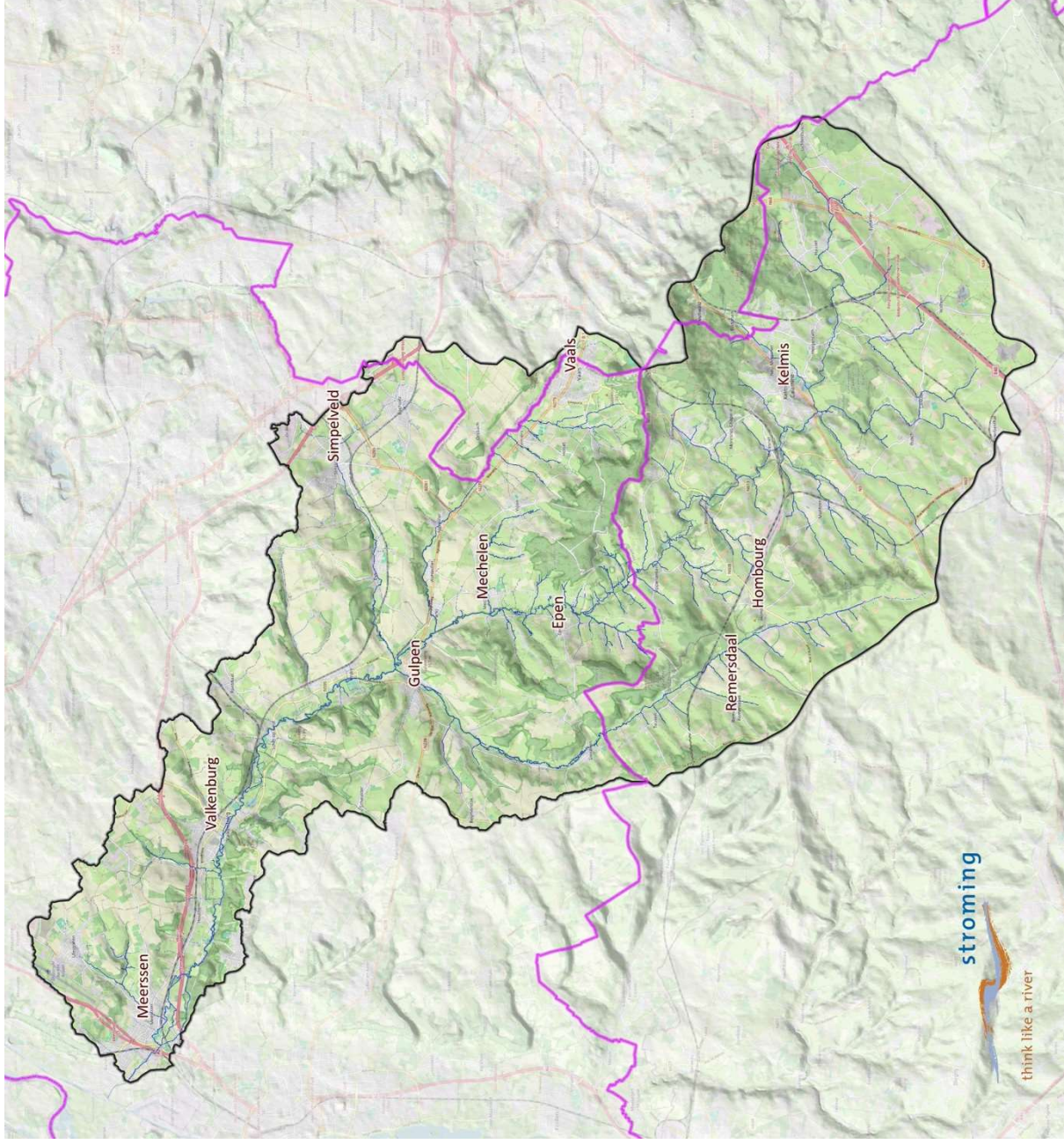


## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

Hoogtekaart

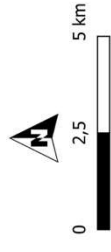




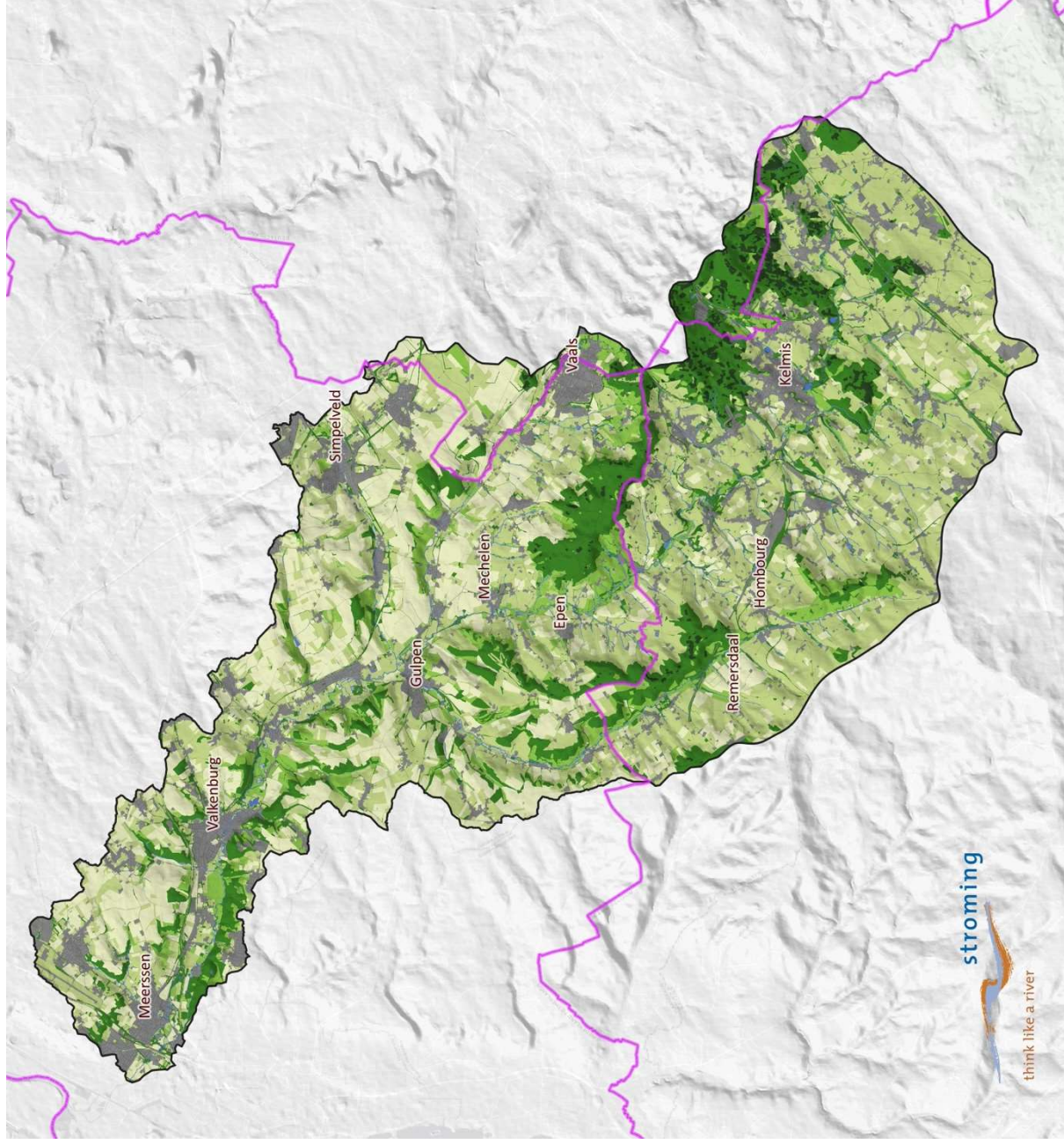
## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gulp

Waterlopen



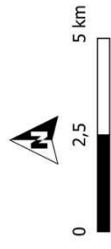




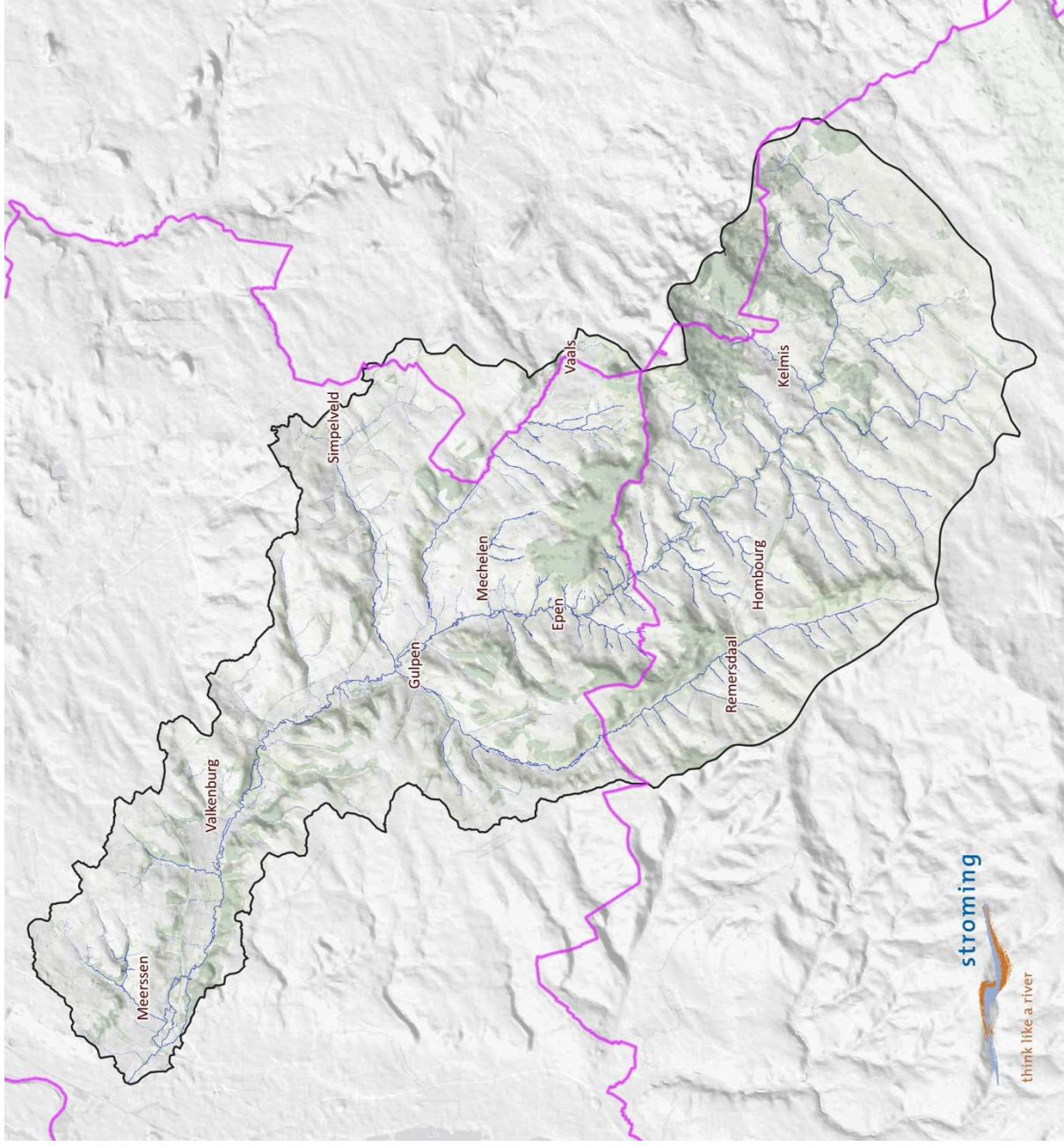
# Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gault

- Landgebruik
- Akker
  - Gras
  - Natuurlijk gras
  - Loofbos
  - Naaldbos
  - Water
  - Verhard



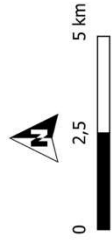


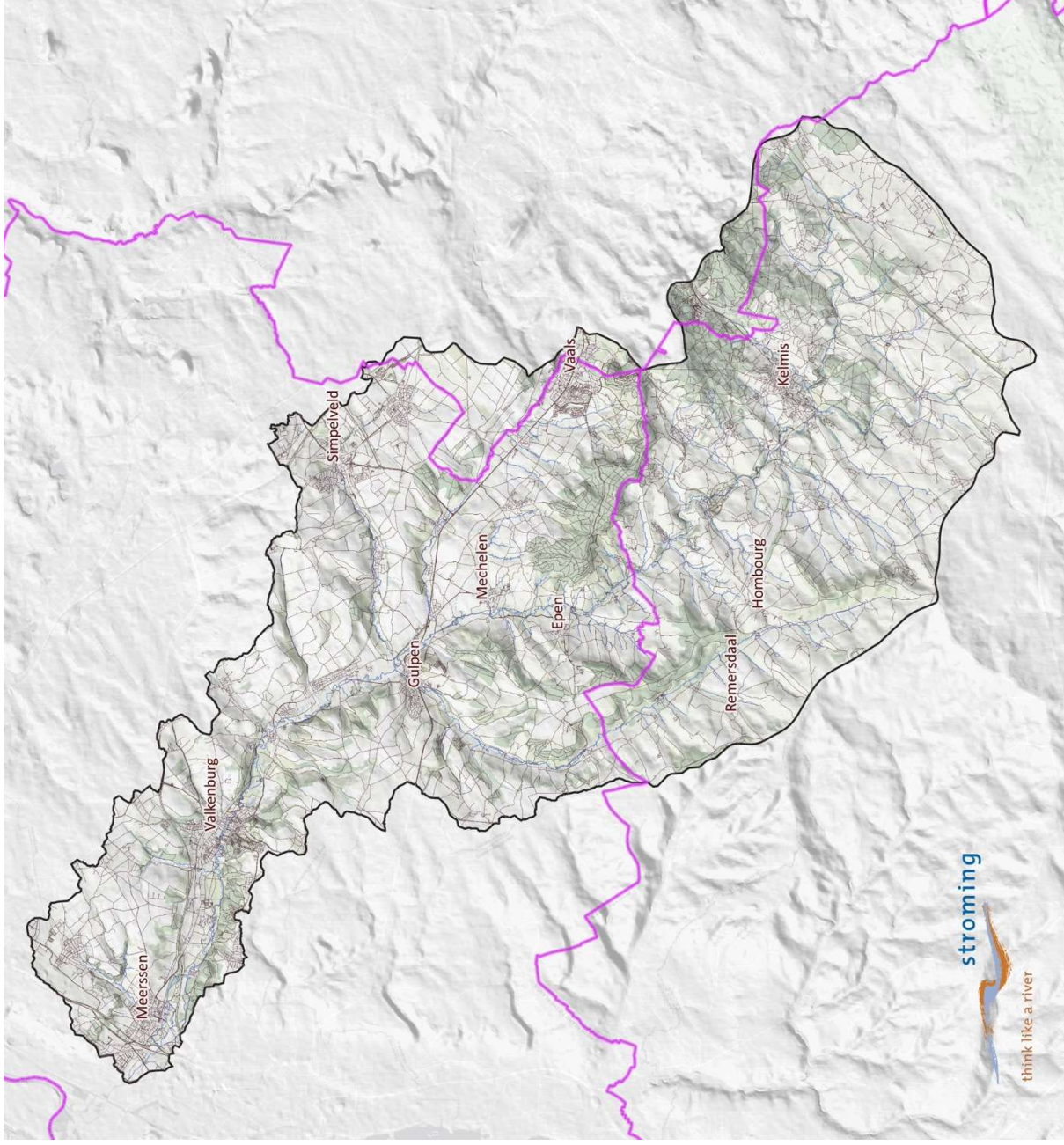


## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gaul

Waterlopen



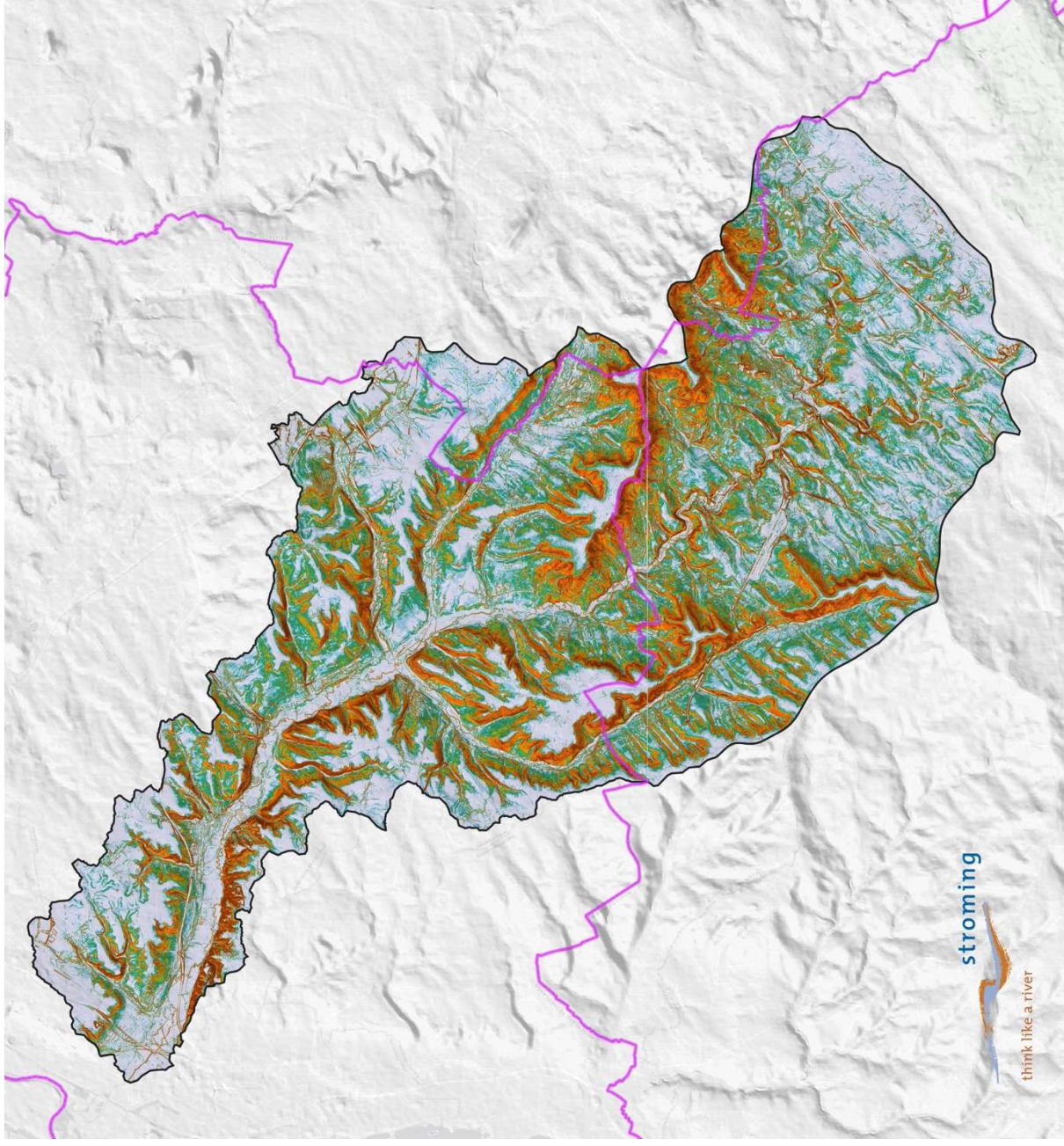


**Themakaarten**  
*Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul*

■ Wegen



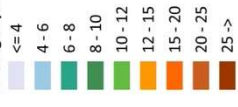




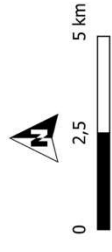
## Themakaarten

*Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gaul*

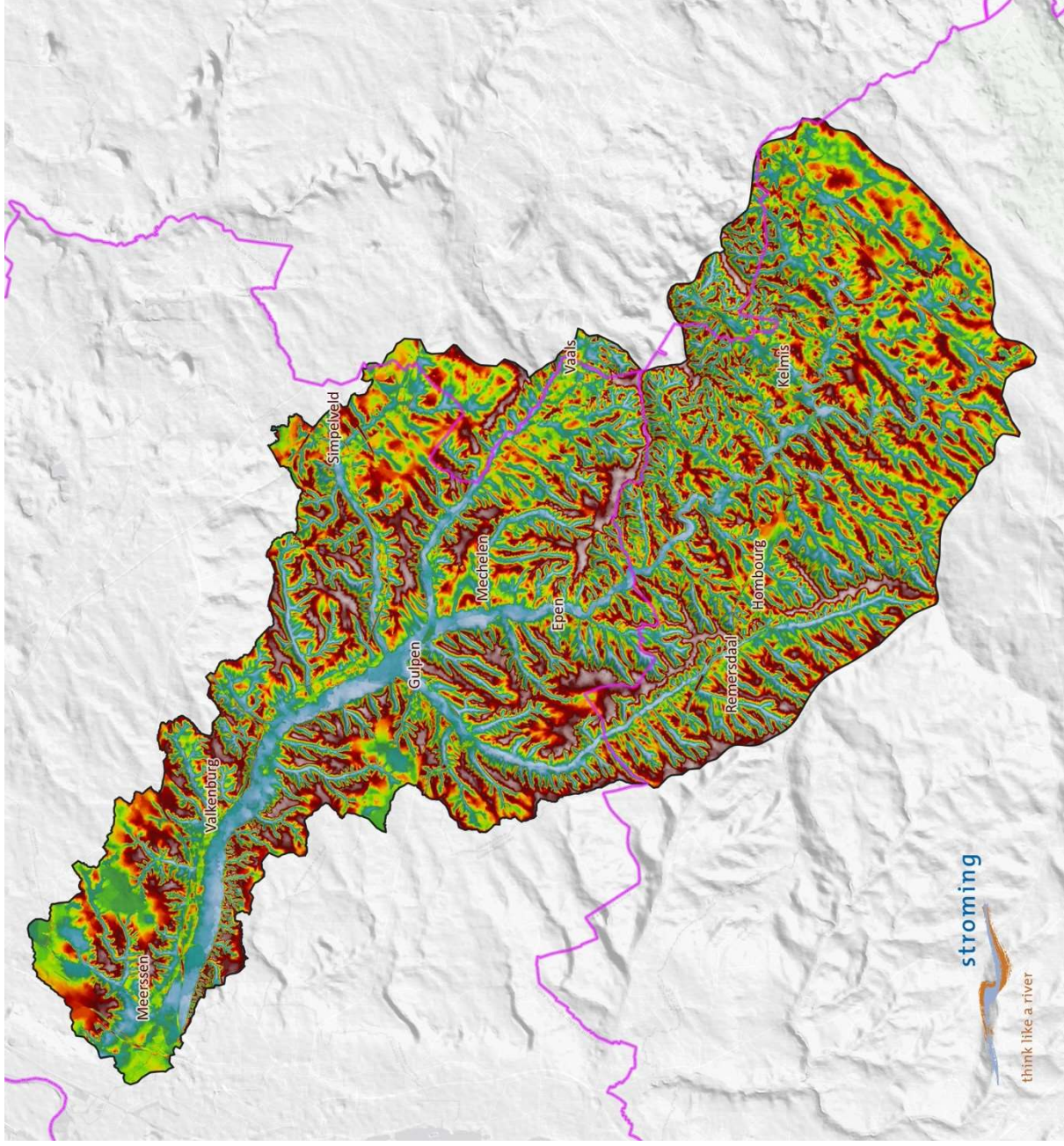
Helling in percentages



stroming  
think like a river





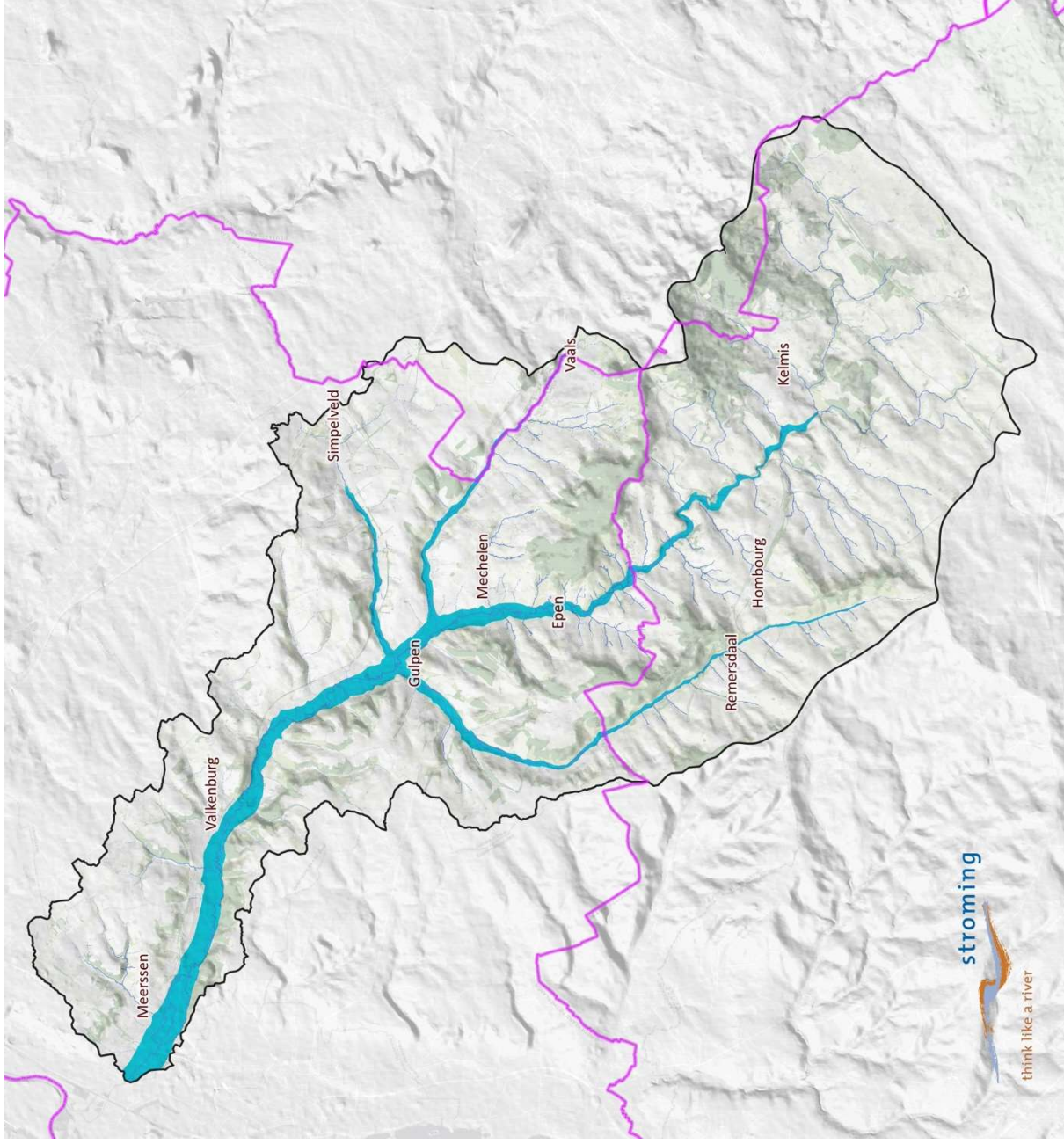


## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

Genormaliseerde hoogte



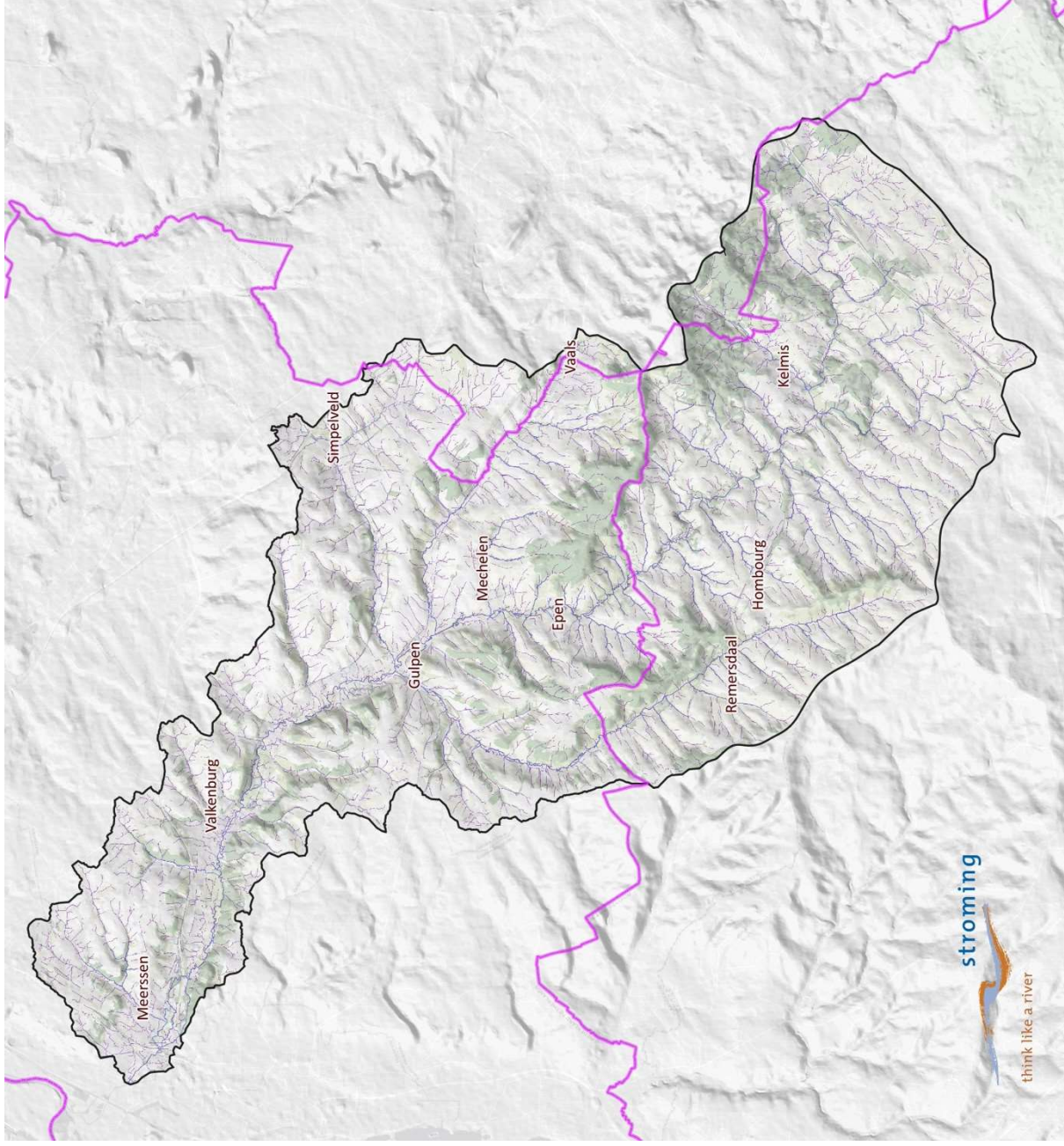


## Themakaarten

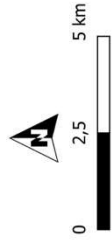
Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gulp

Beekdalbodem

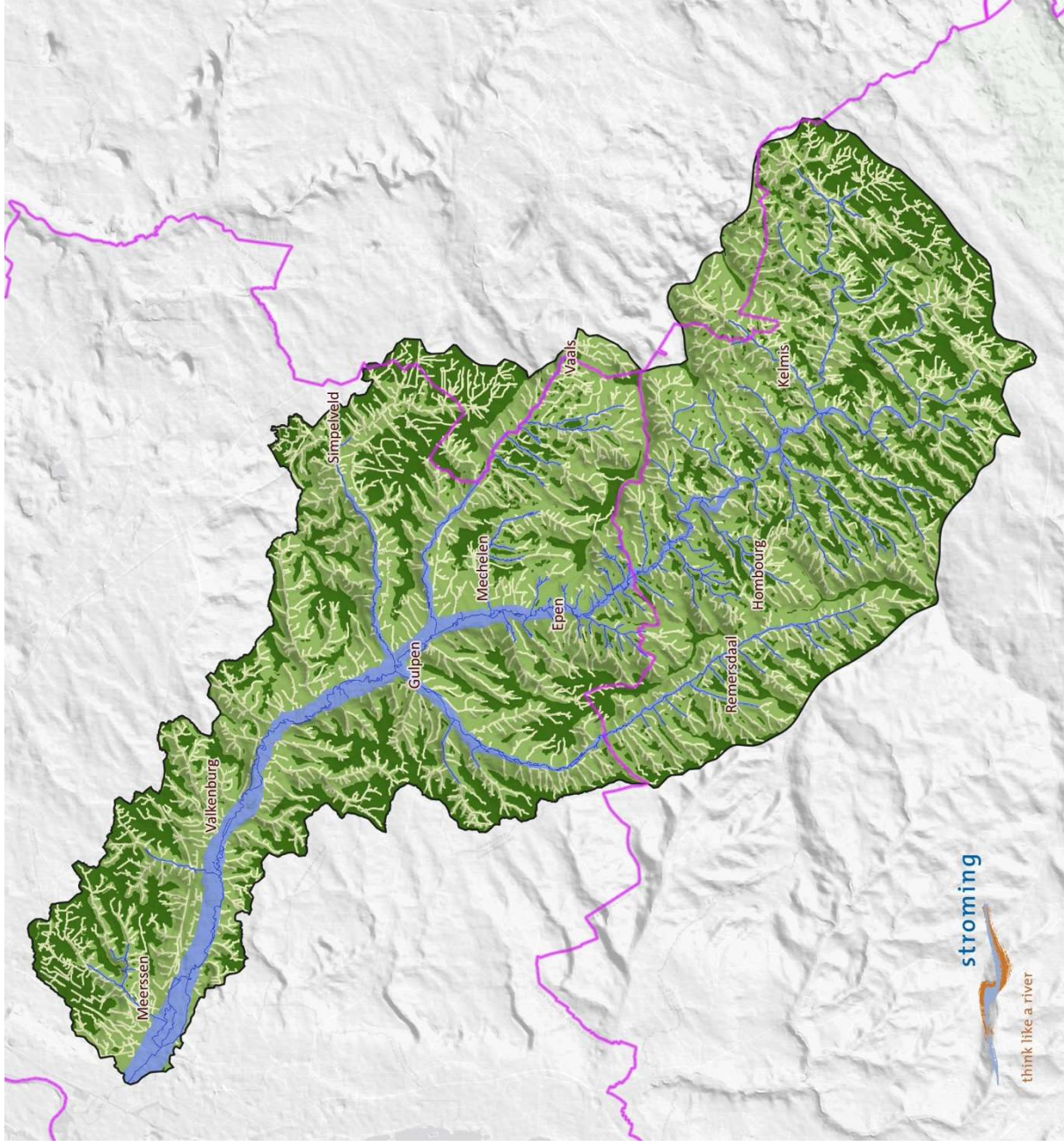




**Themakaarten**  
*Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gaai*  
■ Drainagenetwerk



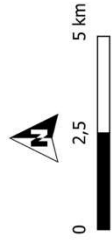


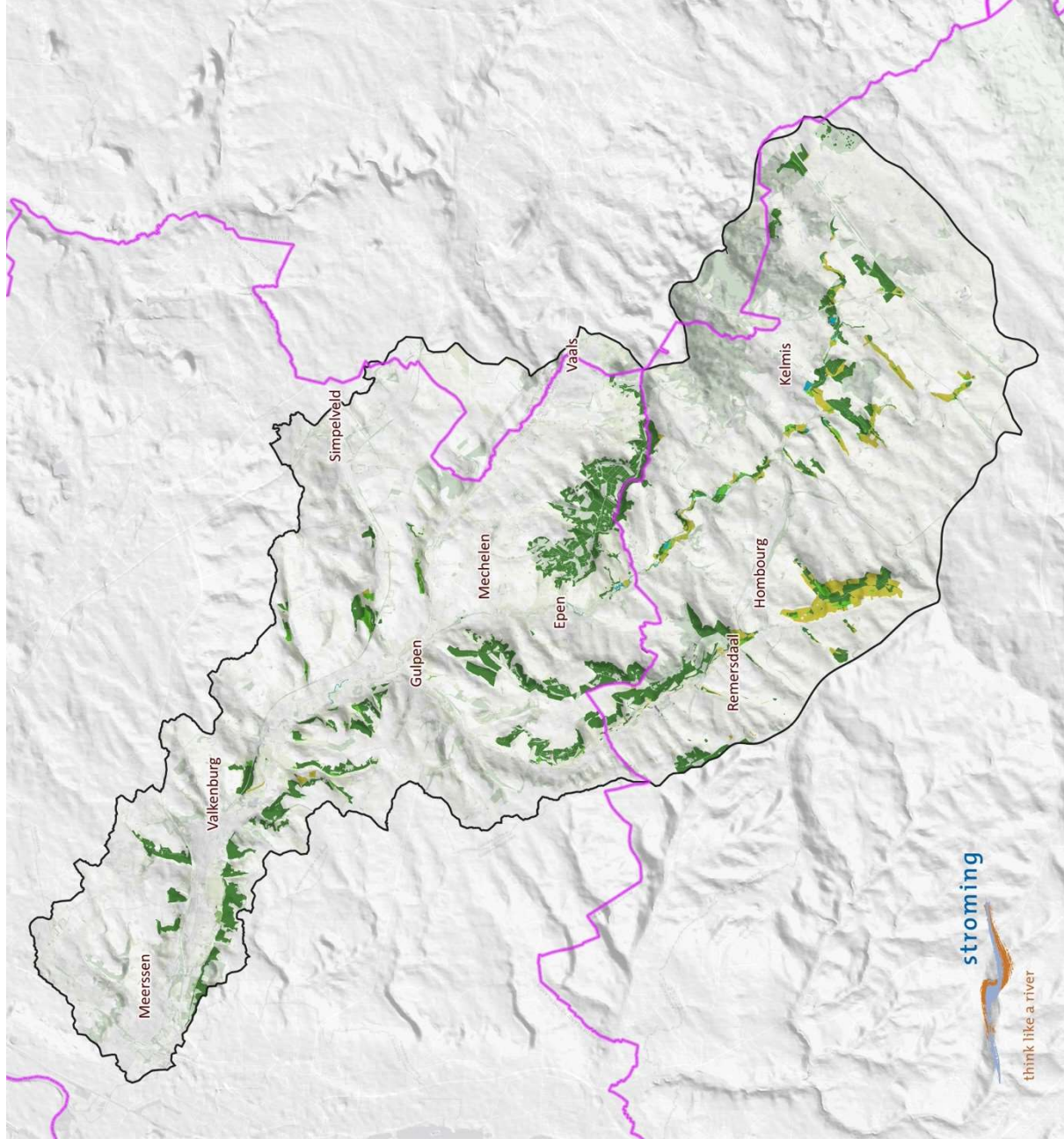


## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gulp

- Landschap**
- Plateaus en interfluves
  - Hellingen
  - Droogdalbodems
  - Beekdalbodems
  - Natuurlijke waterlopen
  - Greppels en ondergrondse drainage





## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gaai

### Uitsluitingsgronden N2000

- Zeldzame verstoringgevoelige habitattypen  
(H6110 / H6210 / H7220 / H7230)
- Beken en rivieren met waterplanten  
en Zinkweiden  
(H3260A / H6130)
- Boshabitats  
(H9110 / H9120 / H9160B / H91E0C)
- Ruigten en zomen  
(H6430C)
- Heischrale graslanden  
(H6230)
- Glanshaver- en vossenstaartgraslanden  
(H6510A)

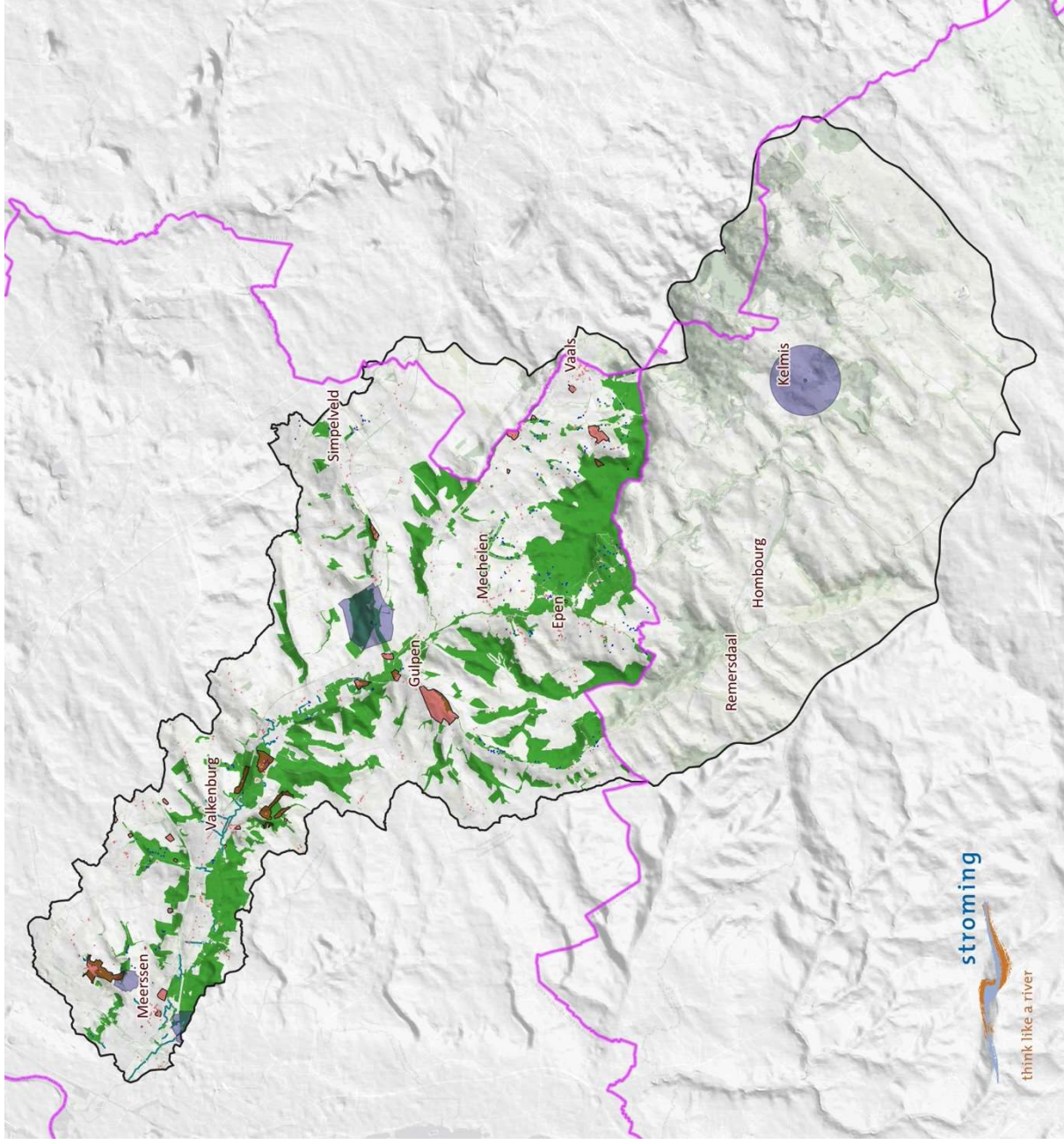


stroming



think like a river



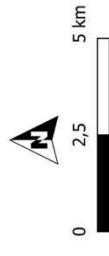


## Themakaarten

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Gaul

### Uitsluitingsgronden

- Brongebieden
- Natuurnetwerk
- Zone natuurbeek
- Monument
- Drinkwaterwinningen





## **Bijlage 2**

Deze bijlage bevat meer uitleg bij de 21 verschillende maatregelen, de rekenregels, en alle kansenskaarten.

## #1 - Structuurrijk grasland met hoefafdrukken grote grazers



### *Beschrijving maatregel*

Structuurrijke graslanden worden gedefinieerd als natuurlijke graslanden die extensief begraasd worden door grote grazers. In structuurrijke graslanden is ruimte voor een variatie aan grassen en kruiden maar ook voor houtige gewassen, zoals struweel en bomen (ca. 10 % van het areaal). De grote grazers zorgen voor microreliëf door, met name in de nattere delen van het terrein, hoefafdrukken achter te laten in het bodemoppervlak.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

Structuurrijk grasland scoort voor alle drie de hydrologische effecten hoog:

B: Structuurrijke graslanden met hoefafdrukken hebben een grote bergingscapaciteit door de gevarieerde vegetatie en daarmee samenhangende structuurrijke bodem, maar ook door het microreliëf in het bodemoppervlak.

I: De hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem door grassen, kruiden, struiken en bomen zorgen ervoor dat de bodem zijn maximale infiltratiecapaciteit benaderd. Bovendien zorgt de toename in bergingscapaciteit in de hoefafdrukken ervoor dat een deel van het water extra tijd krijgt om in de bodem te infiltreren.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de ruwe begroeiing en het oneffen bodemoppervlak voor weerstand en daarmee een trage oppervlakkige afstroming. M.b.t. weerstand kan een zeer groot effect worden verwacht.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Structuurrijk grasland is een maatregel die overal in het landschap effect kan hebben, als het akkerland of productiegrasland is dat wordt omgezet. Het gaat dus over een verandering van landgebruik.

De maatregel zal met name effect hebben als de bodem matig tot slecht doorlatend is of de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend. Goed doorlatende bodems (textuur) kunnen qua structuur (verslemping/verdichting) slecht doorlatend worden, afhankelijk van het type landgebruik. Omdat dit zeker voor akkers, maar ook in hoge mate voor productiegrasland geldt, is alleen landgebruik – en niet bodem doorlatendheid – opgenomen in de rekenregel.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart*

Structuurrijke graslanden zijn overal in het landschap kansrijk, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland.



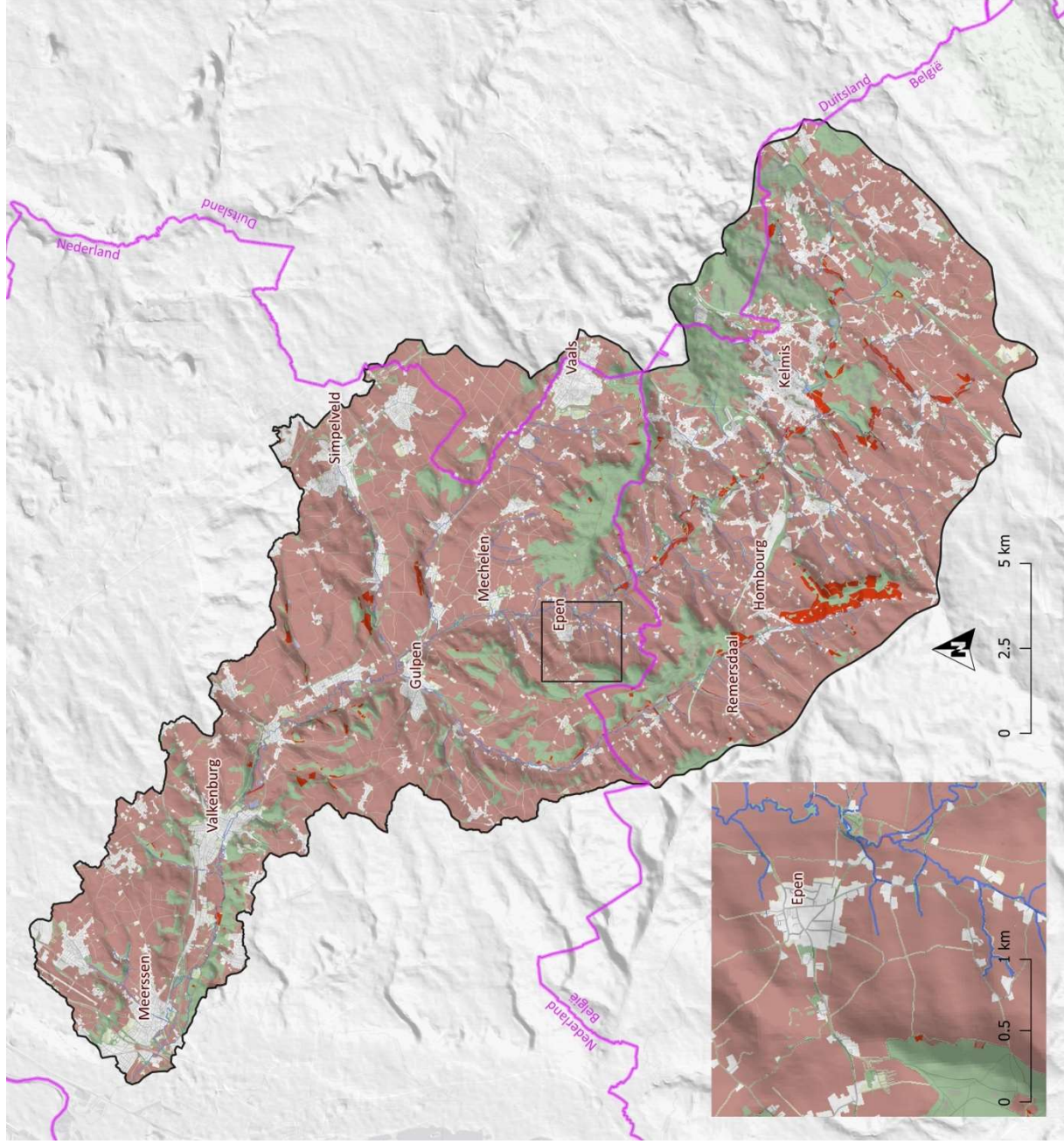
## Kansenkaart 1

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

## Structuurrijk grasland met hoofafdrukken grote grazers

Overall in het landschap kansrijk  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
In alle N2000 habitats uitgesloten



stroming



think like a river

## #2 - Natuurlijk hooiland



### *Beschrijving maatregel*

Natuurlijke hooilanden worden gedefinieerd als natuurlijke graslanden die 1 à 2 keer per jaar worden gemaaid. Ze omvatten zowel de schraalgraslanden hoger op de helling als de rijkere natuurlijke graslanden in het dal. Door het maaien bevinden zich in natuurlijke hooilanden geen houtige gewassen. Wel zorgt het natuurlijke beheer voor een grotere variëteit aan grassoorten en kruiden wat het organische stofgehalte en de structuur van de bodem bevordert.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

Natuurlijk hooiland scoort gemiddeld tot hoog m.b.t. infiltratie en weerstand, maar draagt weinig bij aan berging. Dit is om de volgende redenen:

**B:** In vergelijking met structuurrijke graslanden hebben natuurlijke hooilanden een veel minder grote bergingscapaciteit wegens het ontbreken van ruwere (houtige) vegetatie en microreliëf in het bodemoppervlak.

**I:** De hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem door grassen en kruiden zorgen ervoor dat de bodem zijn maximale infiltratiecapaciteit benaderd.

**W:** Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgt het natuurlijke hooiland voor enige weerstand en daarmee een tragere oppervlakkige afstroming. De weerstand is echter lager dan die van structuurrijke graslanden, vanwege het ontbreken van houtige gewassen.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Natuurlijk hooiland is een maatregel die overal in het landschap effect kan hebben, als het akkerland of productiegrasland is dat wordt omgezet. Het gaat dus over een verandering van landgebruik.

De maatregel zal met name effect hebben als de bodem matig tot slecht doorlatend is of de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend. Goed doorlatende bodems (textuur) kunnen qua structuur (verslemping/verdichting) slecht doorlatend worden, afhankelijk van het type landgebruik. Omdat dit zeker voor akkers, maar ook in hoge mate voor productiegrasland geldt, is alleen landgebruik – en niet bodem doorlatendheid – opgenomen in de rekenregel.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Natuurlijke hooilanden zijn overal in het landschap kansrijk, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland, akkerland of natuurlijk grasland.



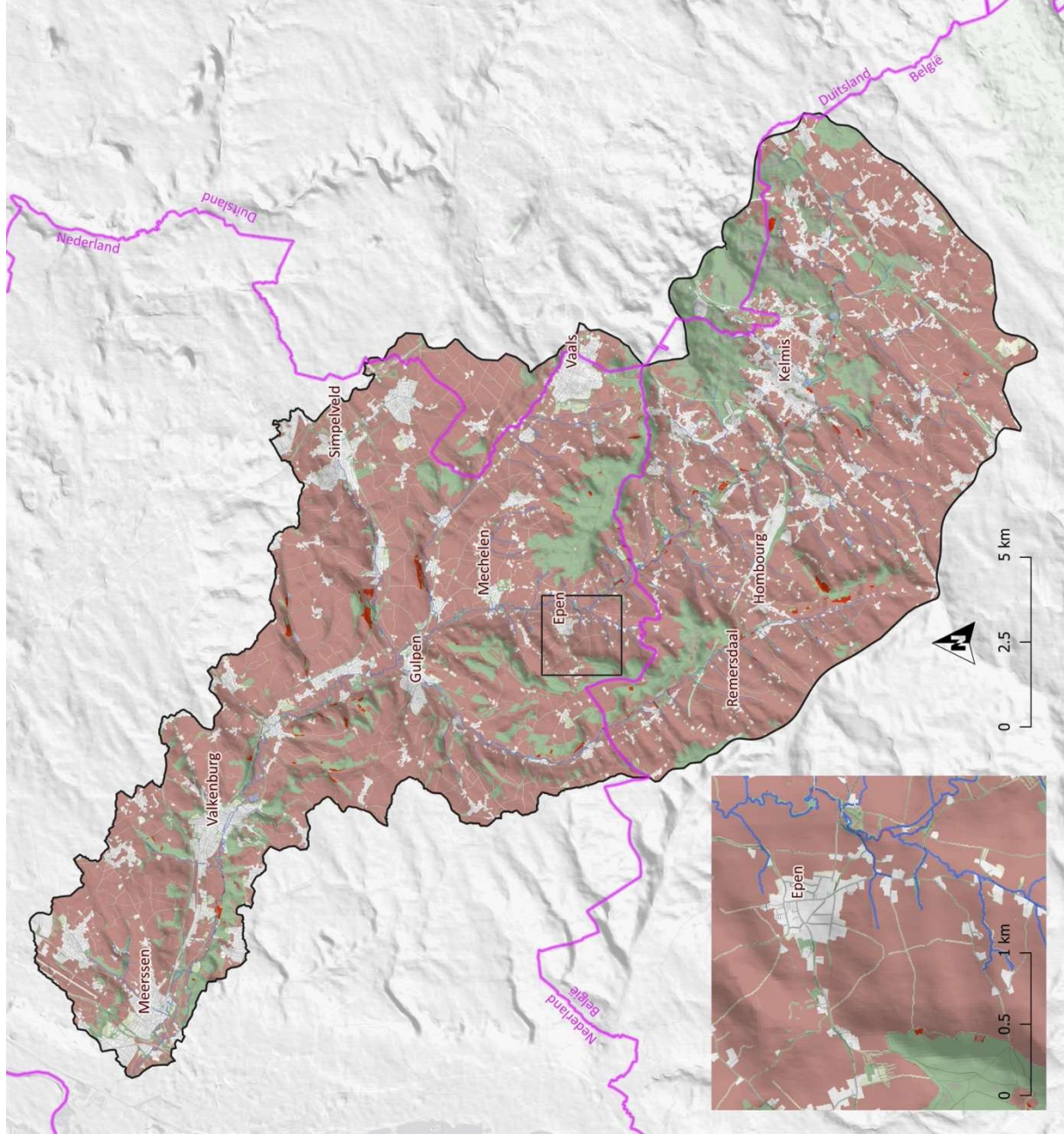
## Kansenkaart 2

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

-  Plek in het landschap
-  Planologische uitsluiting

### Natuurlijk hooiland

Overall in het landschap kansrijk  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk  
grasland  
In alle N2000 gebieden uitgesloten, maar  
kan mogelijk wel bijdragen aan verbetering  
van glanshaver- en vossenstaartheuilen



stroming



think like a river

### #3 – Productiegrasland



#### *Beschrijving maatregel*

Productiegrasland is agrarisch grasland dat wordt bemest en meerdere keren per jaar gemaaid en/of geploegd. Hierdoor bevinden zich er geen houtige gewassen, is de variëteit aan gras- en kruidensoorten zeer gering en is de organische laag minder goed ontwikkeld dan bij structuurrijke graslanden of natuurlijke hooilanden.

Productiegrasland op natte percelen is vaak voorzien van ondergrondse of bovengrondse drainage.

#### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

Productiegrasland scoort van alle drie de grasland typen het laagst m.b.t. de verschillende hydrologische effecten. Voor infiltratie en weerstand scoort productiegrasland gemiddeld. Geen effect wordt verwacht voor berging.

B: In vergelijking met structuurrijke graslanden hebben productiegraslanden een verwaarloosbare bergingscapaciteit wegens het ontbreken van ruwere en gevarieerde vegetatie en microreliëf in het bodemprofiel.

I: Productiegraslanden hebben een permanente bedekking van de bodem, maar een lager organisch stofgehalte en minder goede doorworteling vergeleken met natuurlijke hooilanden. Bovendien is er bodemverdichting als gevolg van het gebruik van zware machines waardoor de infiltratiecapaciteit afneemt.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgt productiegrasland voor minder weerstand dan structuurrijke graslanden om de oppervlakkige afstroming te vertragen. In vergelijking met natuurlijk hooiland zal de weerstand ongeveer gelijk zijn.

#### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Productiegrasland is een maatregel die overal in het landschap effect kan hebben, als het akkerland is dat wordt omgezet. Het gaat dus over een verandering van landgebruik.

De maatregel zal met name effect hebben als de bodem matig tot slecht doorlatend is of de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend. Goed doorlatende bodems (textuur) kunnen qua structuur (verslemping / verdichting) slecht doorlatend worden, afhankelijk van het type landgebruik. Omdat dit zeker voor akkers het geval is, is alleen landgebruik – en niet bodem doorlatendheid – opgenomen in de rekenregel.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Productiegraslanden zijn overal in het landschap kansrijk. De voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit akkers.



### Kansenkaart 3

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

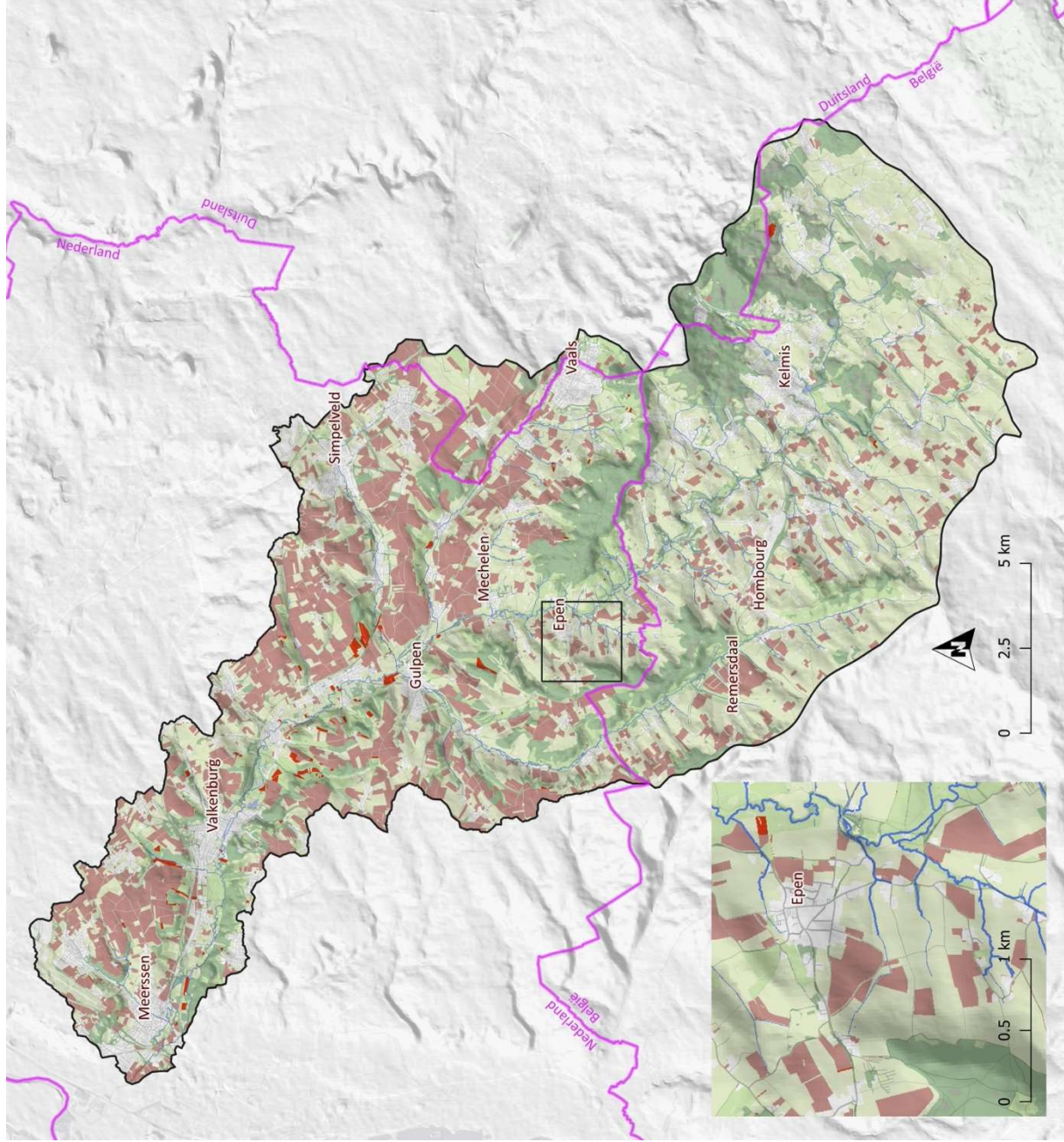
- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

#### Productiegrasland

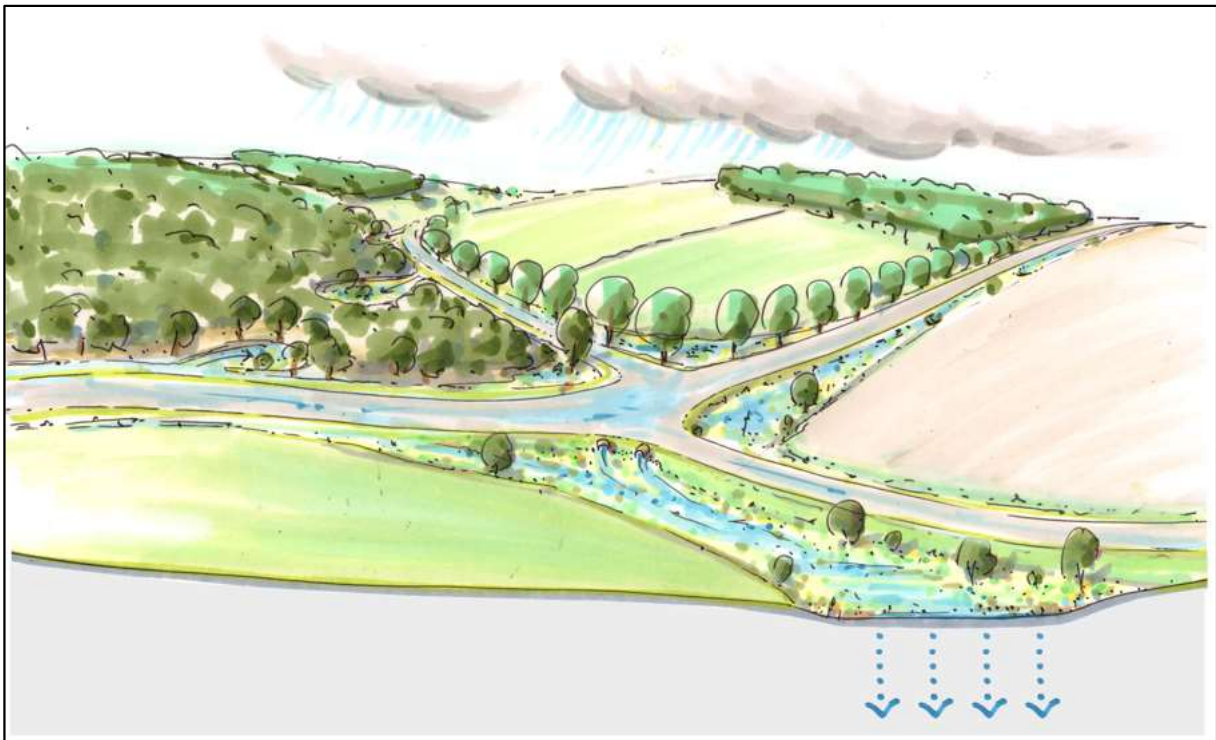
Overal in het landschap kansrijk  
Op akkers  
Vanwege agrarische functie in alle N2000, natuurnetwerk en natuurgebiedzone gebieden uitgesloten



**stroming**  
think like a river



## #4 - Afleiden van water vanaf (holle) wegen en paden



### *Beschrijving maatregel*

Wegen vormen een netwerk van verhard oppervlak waar (uittredend) regenwater zich kan verzamelen en afstromen naar één van de beken in het Geul systeem. Het wegennetwerk acteert in tijden van langdurige neerslag daarmee als een verlengstuk van de beeklopen. De maatregel om water af te leiden van de verharde weg beoogt om van wegen afstromend regenwater op knooppunten te onderscheppen en te bergen in een buffergebied voordat het water de beek bereikt.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Indien de maatregel gecombineerd wordt met een buffer heeft dit effect op de bergingscapaciteit. De omvang van de buffer bepaalt de grootte van het effect.

I: De maatregel heeft een beperkt positief effect op de infiltratiecapaciteit doordat het water van een niet-doorlatende weg wordt afgeleid naar een buffer met meer infiltratiecapaciteit.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit van de buffer overstijgen en oppervlakkig afstromen, dan zorgt het afleiden van water via wadi's en buffers voor extra weerstand t.o.v. het afstromen van water over de weg.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het afleiden van water van wegen kan in principe worden toegepast op alle wegen en paden in het Geulstroomgebied die gevoelig zijn voor hoge waterafvoer tijdens hevige regenval. Een betrouwbare berekening van deze gevoeligheid op de schaal van het hele

Geuldal bleek echter niet mogelijk. Dit komt doordat de waterafvoer over wegen sterk wordt bepaald door kleinschalig reliëf – zoals het hoogteverschil tussen weg en berm, en stoepranden – dat niet wordt weergegeven in hoogtedata met een resolutie van 5x5 meter. Aangezien de kans op waterafvoer via wegen toeneemt met een groter verhang, is ervoor gekozen om alleen wegen en paden op hellingen (>6%) en in droogdalen als kansrijk te classificeren. Omdat er ruimte moet zijn voor de aanleg van buffergebieden naast de weg, zijn alleen wegen buiten de bebouwde kom als kansrijk aangemerkt.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Het afleiden van wegwater naar buffergebieden is in principe kansrijk op alle wegen en paden buiten de bebouwing. Het meeste effect is echter te behalen op wegen met een aanzienlijke helling (op de hellingen of in de droogdalen) waarbij in de kansenkaart gekozen is voor een minimaal helling percentage van 6%. Hierdoor is de kaart genoeg onderscheidend van 'simpelweg de gehele wegenkaart' van het gebied.



#### Kansenkaart 4

Kansenkaarten Mature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

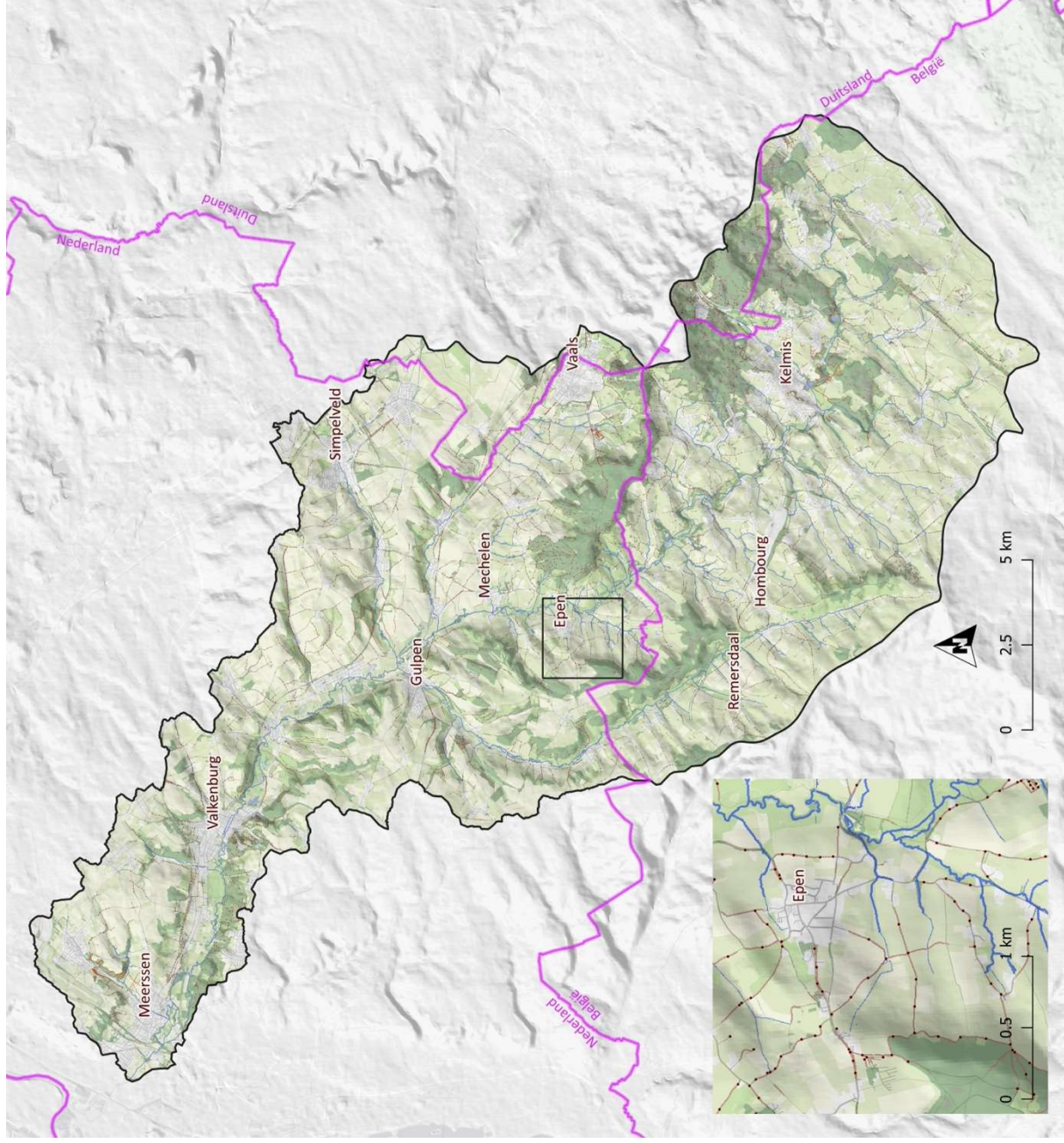
#### Afleiden water vanaf (holle) wegen en paden

Kansrijk langs alle wegen en (verdichte) paden buiten de bebouwing  
Meest relevant in hellend terrein steiler dan 6%  
In alle N2000 gebieden uitgesloten, maar buffers wel toegestaan aan de rand van boshabitats  
Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen  
Waterbuffers elke +/- 500 m2  
wegoppervlak: locatie bepaling van buffers op de kaart is één 5x5 m cel (voor modelleerdoeleinden)



stroming

think like a river



## #5 – Perceeldrainage verwijderen



### *Beschrijving maatregel*

Gedraineerde percelen voeren het water versneld af naar de beek. De maatregel om ondergrondse en bovengrondse drainage uit deze percelen te verwijderen beoogt het water langer vast te houden. Een kanttekening bij deze maatregel is dat de onverzadigde zone dunner wordt waardoor het netto-effect tijdens hevige regenval moeilijk voorspelbaar is. Omdat van oorsprong natte gebieden zijn gedraineerd, heeft de verwijdering van drainage tot gevolg dat er een extensivering en daarmee verruwing van de begroeiing zal optreden.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie(I) en weerstand (W)*

B: Het verwijderen van drainage heeft een negatief effect op bergingscapaciteit in de bodem, maar een positief effect op de bergingscapaciteit in de ruwere begroeiing.

I: Het verwijderen van drainage heeft een negatief effect op de infiltratie omdat het vochtgehalte in de bodem toeneemt, en daardoor de infiltratiecapaciteit afneemt.

W: Het verwijderen van drainage en de daarmee gepaard gaande ruwere begroeiing zorgt voor extra weerstand waardoor oppervlakkig afstromend water wordt afgeremd.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Bij het verwijderen van drainage is het van belang te achterhalen wat de meest kansrijke plekken zijn om drainage aan te treffen. Ook al is de kans verwaarloosbaar klein dat perceeldrainage aangetroffen wordt op terrein steiler dan ~12%, is er toch voor gekozen om steiler terrein niet uit te sluiten. Het wel gebruiken van een helling drempelwaarde zorgt namelijk voor een harde grens dwars door percelen heen. Ook zorgt het wel of niet uitsluiten van steil terrein niet voor een significant andere kansenkaart.

Landgebruik zien we als de meest belangrijke factor voor deze maatregel. Het landgebruik waarbij gebruik gemaakt wordt van drainage zijn productiegraslanden en naaldbossen.

Drainage in het Geuldal wordt vooral verwacht aanwezig te zijn daar waar de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend is.

De uiteindelijke toepassing van deze maatregel vraagt maatwerk in het veld.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Het verwijderen van drainage is een kansrijke maatregel, indien er drainage aanwezig is om te verwijderen. De kansenkaart is daarmee een kansenkaart voor het aantreffen van gedraineerde percelen.

Gedraineerde percelen zijn in principe overal in het landschap kansrijk om aan te treffen, m.u.v. van terrein steiler dan 12%, en daar waar het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of naaldbos en de geologische ondergrond niet tot slecht doorlatend is.



## Kansenkaart 5

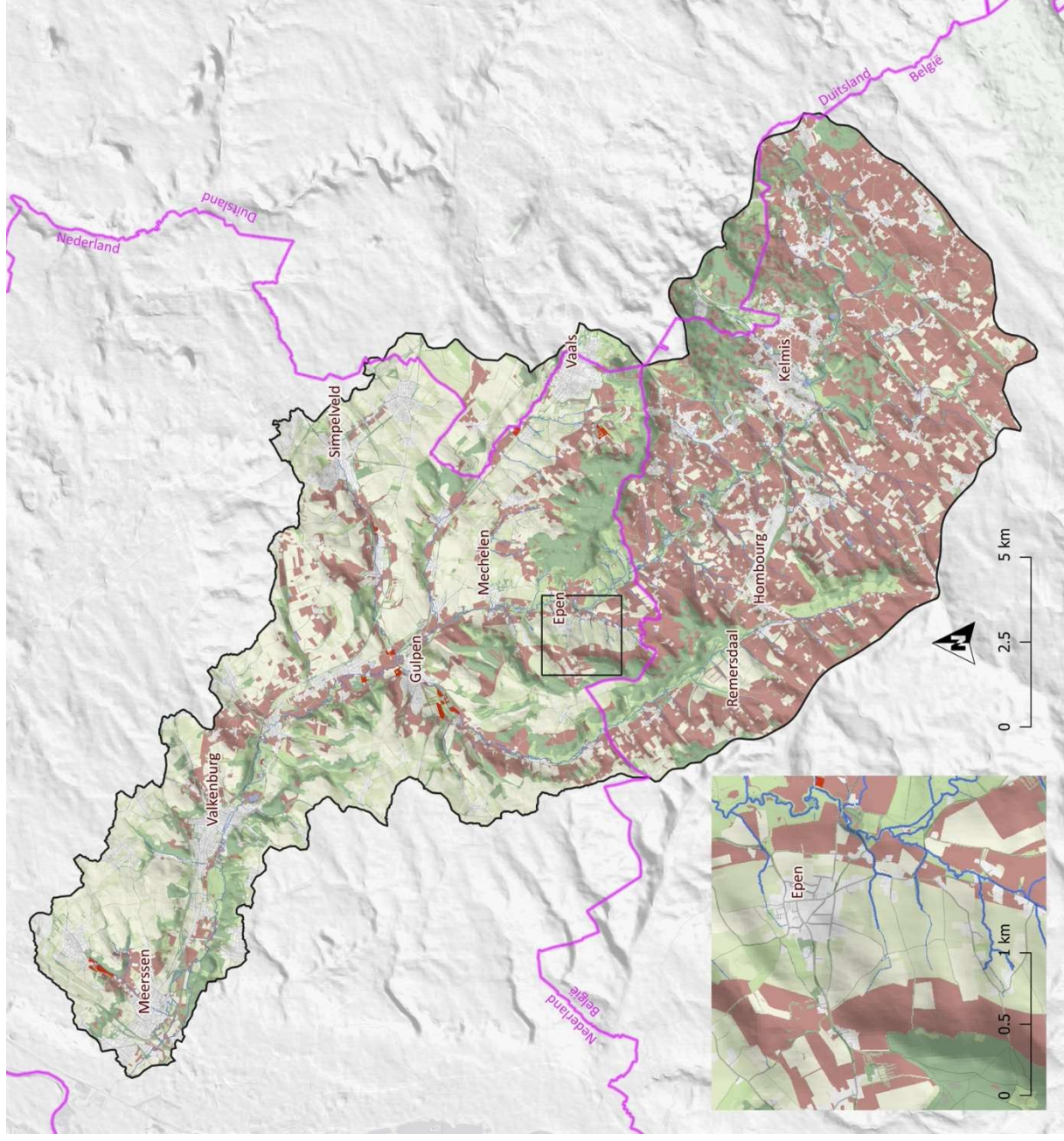
Kansenkaarten Mature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Perceeldrainage verwijderen (boven- en ondergronds)

Kan overal in het landschap aangetroffen worden, maar vooral te verwachten: in huidige productiegrasland of naaldbos. Op matig- tot niet-doorlaatbare (geologische) ondergrond. In geen enkel N2000 habitat type bij voorbaat uitgesloten mits de ingreep bijdraagt aan kwaliteitsverbetering van het habitat.

Uitgesloten bij archeologische monumenten



stroming

think like a river

## #6: Voedselbossen / Agrarische bosbouw



### *Beschrijving maatregel*

Voedselbossen zijn agrarische ecosystemen met de gelaagde structuur en diverse soortensamenstelling van een natuurlijk bos. In een voedselbos groeien hoofdzakelijk meerjarige planten, bomen en struiken, die eetbare of anderszins bruikbare producten leveren. Agrarische bosbouw ('Agroforestry') is hieraan verwant en combineert de aanplant van bomen en struiken met agrarische gewassen en/of vee.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Voedselbossen hebben door hun gelaagde begroeiing van zowel grassen, kruiden, struweel en bomen een grote bergingscapaciteit

I: Een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem door de grote variatie aan plantensoorten zorgen ervoor dat de bodem zijn maximale infiltratiecapaciteit benaderd.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de variatie in begroeiing voor weerstand en daarmee een trage oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

De aanleg van voedselbossen is een maatregel die overal in het landschap kansrijk is, met uitzondering van de dalbodem, omdat het voedselbos of de oogst daar kan lijden onder overstromingen.

De maatregel zal een positief effect hebben als het akkers of productiegraslanden zijn die worden omgezet naar voedselbossen.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Voedselbossen zijn overal in het landschap kansrijk, uitgezonderd de dalbodem, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akkerland.

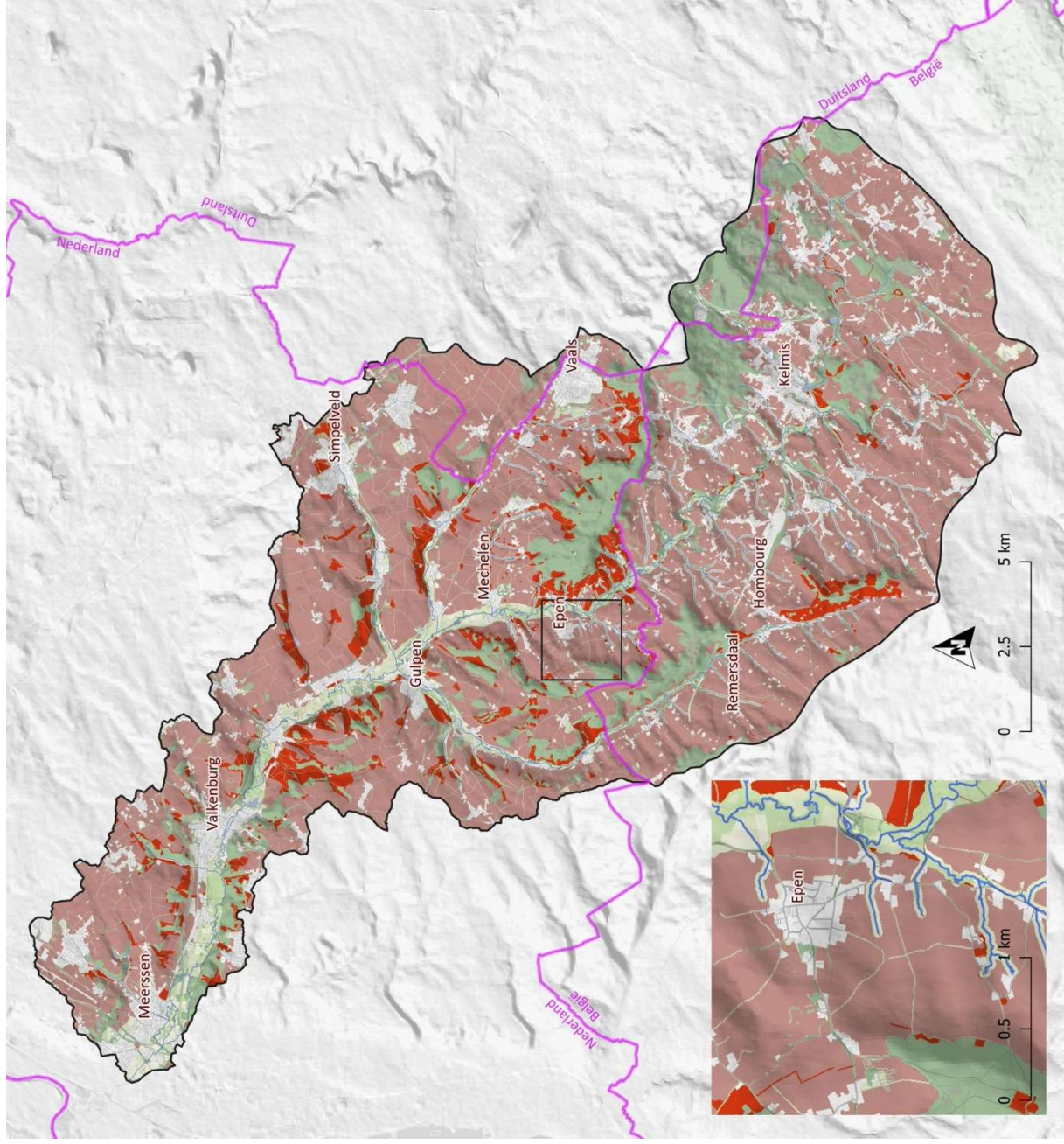


## Kansenkaart 6

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

**Voedselbossen / Agrarische bosbouw**  
 Overal in het landschap kansrijk, behalve in de dalbodem  
 Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
 Vanwege agrarische functie in alle N2000, natuurnetwerk en natuurbeekzone  
 gebieden uitgesloten  
 Uitgesloten bij archeologische monumenten



stroming



think like a river



## #7 - Ontwikkeling van natuurlijk bos



### *Beschrijving maatregel*

Een natuurlijk bos met ondergroei is een bos waarin de vegetatie zich op natuurlijke wijze heeft ontwikkeld, met een duidelijke ondergroei van struiken, jonge bomen, klimplanten en andere planten onder het bladerdak van de hoofdbomen. De ontwikkeling van alluviale bossen in de dalvlakte vallen niet onder deze maatregel maar wel onder maatregel #18 ('Dalbodem verruwen').

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

**B:** Natuurlijke bossen hebben door hun gelaagde begroeiing van zowel het bladerdak als de ondergroei een grote bergingscapaciteit

**I:** De hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem door bomen en ondergroei zorgen ervoor dat de bodem zijn maximale infiltratiecapaciteit benadert.

**W:** Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de grote variatie in begroeiing voor weerstand en daarmee een trage oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

De ontwikkeling van nieuwe natuurlijke bossen is een maatregel die overal in het landschap kan worden toegepast. De maatregel zal een positief effect hebben als het bos wordt ontwikkeld/aangelegd op terrein dat voorheen als akker en productiegrasland werd gebruikt. Het omzetten van naaldbossen naar natuurlijke bossen wordt als aparte maatregel hieronder beschreven.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Natuurlijke bosontwikkeling is overal in het landschap kansrijk, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akker.

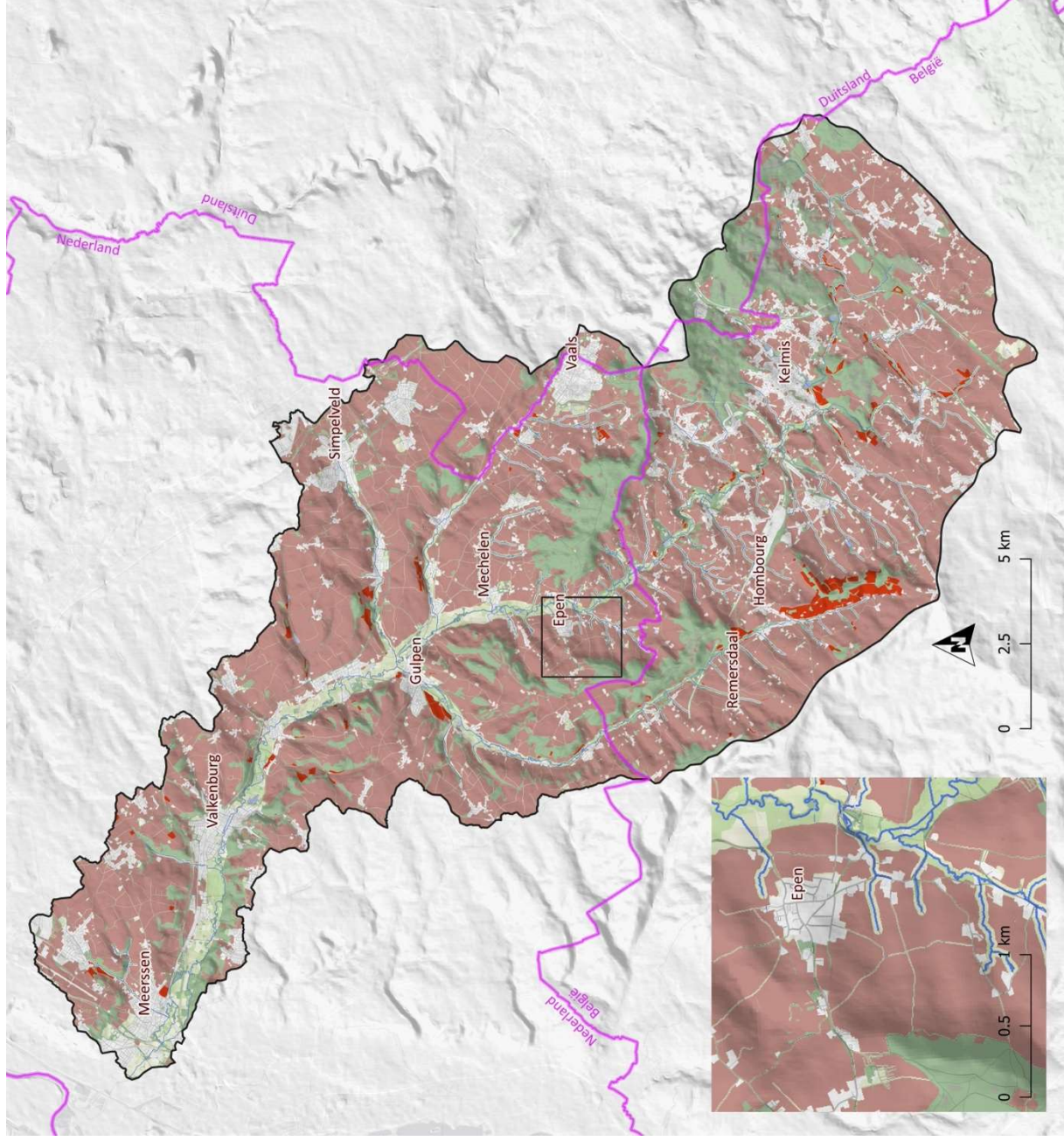
## Kansenkaart 7

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Ontwikkeling van natuurlijk bos

Overal in het landschap kansrijk  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
In alle N2000 gebieden uitgesloten, behalve in de bossen die nog in ontwikkeling zijn  
Uitgesloten bij archeologische monumenten



stroming



think like a river



## #8 - Houtplantages omvormen tot structuurrijke natuurlijke bossen



### *Beschrijving maatregel*

Monotone productiebossen (in dit geval naaldbossen) die worden omgezet naar natuurlijke (loof)bossen. Het omvormen van productiebos naar een natuurlijk loofbos is een proces waarbij ruimte wordt gecreëerd voor loofbomen met ondergroei. Dit kan gefaseerd gebeuren door bomen te kappen of het bos uit te dunnen en loofbomen te planten of te laten groeien. Het doel is om een gevarieerder bos in leeftijd en soorten te creëren, die uiteindelijk dezelfde eigenschappen heeft als een natuurlijk bos (zie ook maatregel 7).

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Natuurlijke bossen hebben door hun gelaagde begroeiing van zowel het bladerdak als de ondergroei een grote bergingscapaciteit

I: De hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem door bomen en ondergroei zorgen ervoor dat de bodem zijn maximale infiltratiecapaciteit benaderd.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de grote variatie in begroeiing voor weerstand en daarmee een trage oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

De omvorming van houtplantages naar natuurlijke bossen is een maatregel die in alle huidige naaldbossen toegepast kan worden.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Houtplantages omvormen tot natuurlijke bosontwikkeling is overal in het landschap kansrijk, waarbij de enige voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit naaldbossen.

## Kansenkaart 8

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

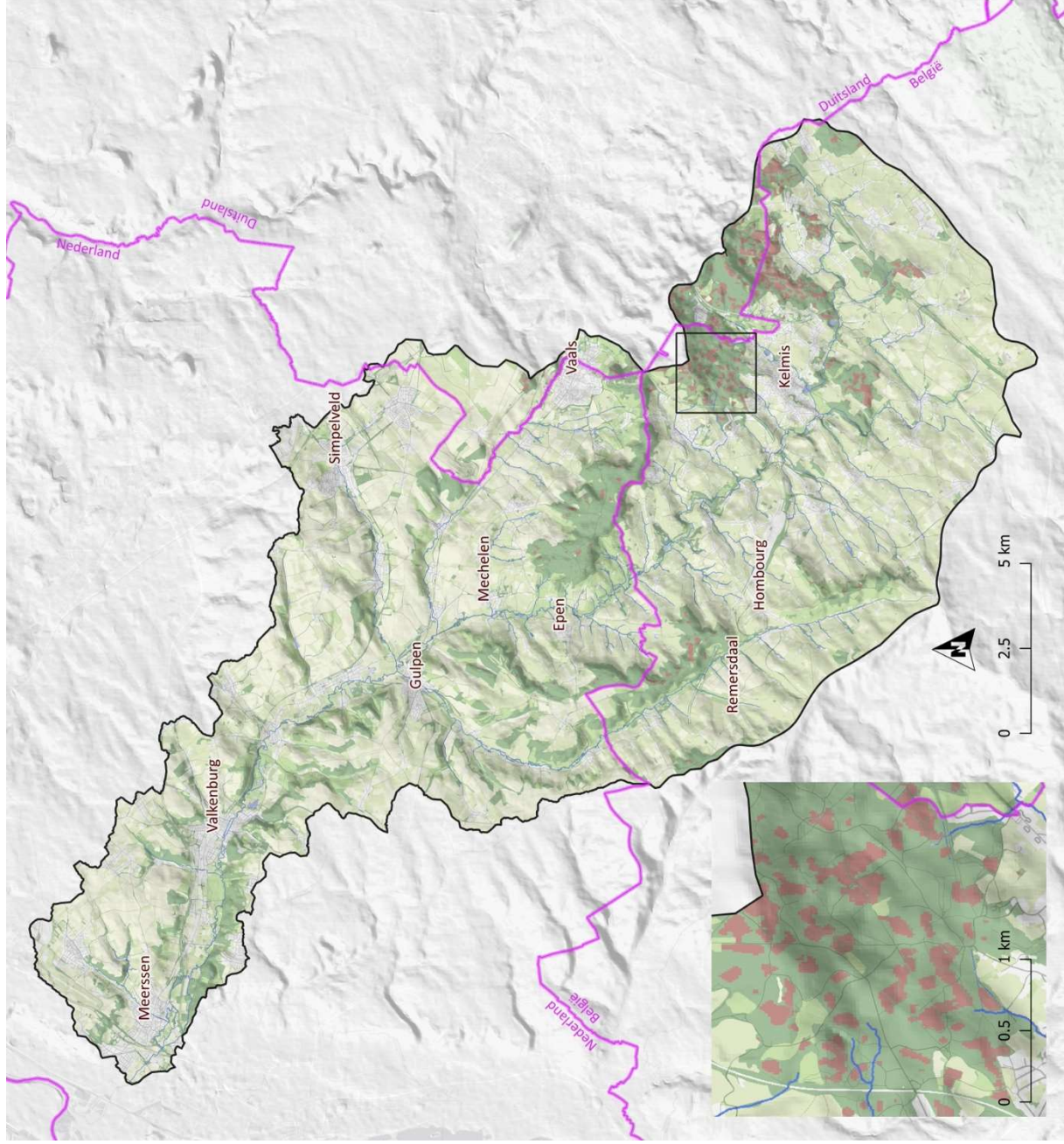
-  Plek in het landschap
-  Planologische uitsluiting

### Houtplantages omvormen tot structuurrijke bossen

Overal in het landschap kansrijk

In naaldbos

Alle N2000 habitats uitgesloten, maar niet in de bosgebieden omdat deze ook percelen naaldbos kunnen omvatten



stroming



think like a river



## #9 - Contourgreppels ('Swales')



### *Beschrijving maatregel*

Contourgreppels ('swales') zijn gegraven geulen en laagtes die oppervlakkig afstromend water onderscheppen. De greppels worden parallel aan de hoogtelijnen in serie aangelegd. De dimensies variëren, maar de recentelijk aangelegde contourgreppels in het Geuldal waren ca. 5 meter breed en ca. 50 centimeter diep. Met de hoogte van de wal erbij is de totale bergingsruimte ca. 1 m. Het oppervlakkig afstromend water wordt geborgen in de greppels en krijgt daarbinnen de kans om te infiltreren of te verdampen.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Contourgreppels zijn ontworpen om oppervlakkig afstromend water te bergen op hellingen. Dimensionering van de greppels is bepalend voor de hoeveelheid water die tijdelijk geborgen kan worden.

I: Het vasthouden van afstromend water in de contourgreppels zorgt ervoor dat het water langer de tijd krijgt om te infiltreren. De maatregel vergroot hierdoor de totale hoeveelheid aan water dat infiltreert op de percelen waar ze zijn aangelegd.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergingscapaciteit van de contourgreppels overstijgen en extra-afstromend water niet langer ingevangen worden, dan zorgt ruigere vegetatie rondom de greppels voor een beperkte extra weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van contourgreppels is een maatregel die toegepast kan worden op de hellingen in het Geul stroomgebied.

De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegraslanden zijn die worden voorzien van contourgreppels.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Contourgreppels zijn kansrijk op de hellingen, waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akker.

## Kansenkaart 9

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

### Contourgreppels (swales)

Kansrijk op de hellingen (waar water vooral parallel afstroomt)

Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland

In alle N2000 habitats uitgesloten

Uitgesloten bij archeologische

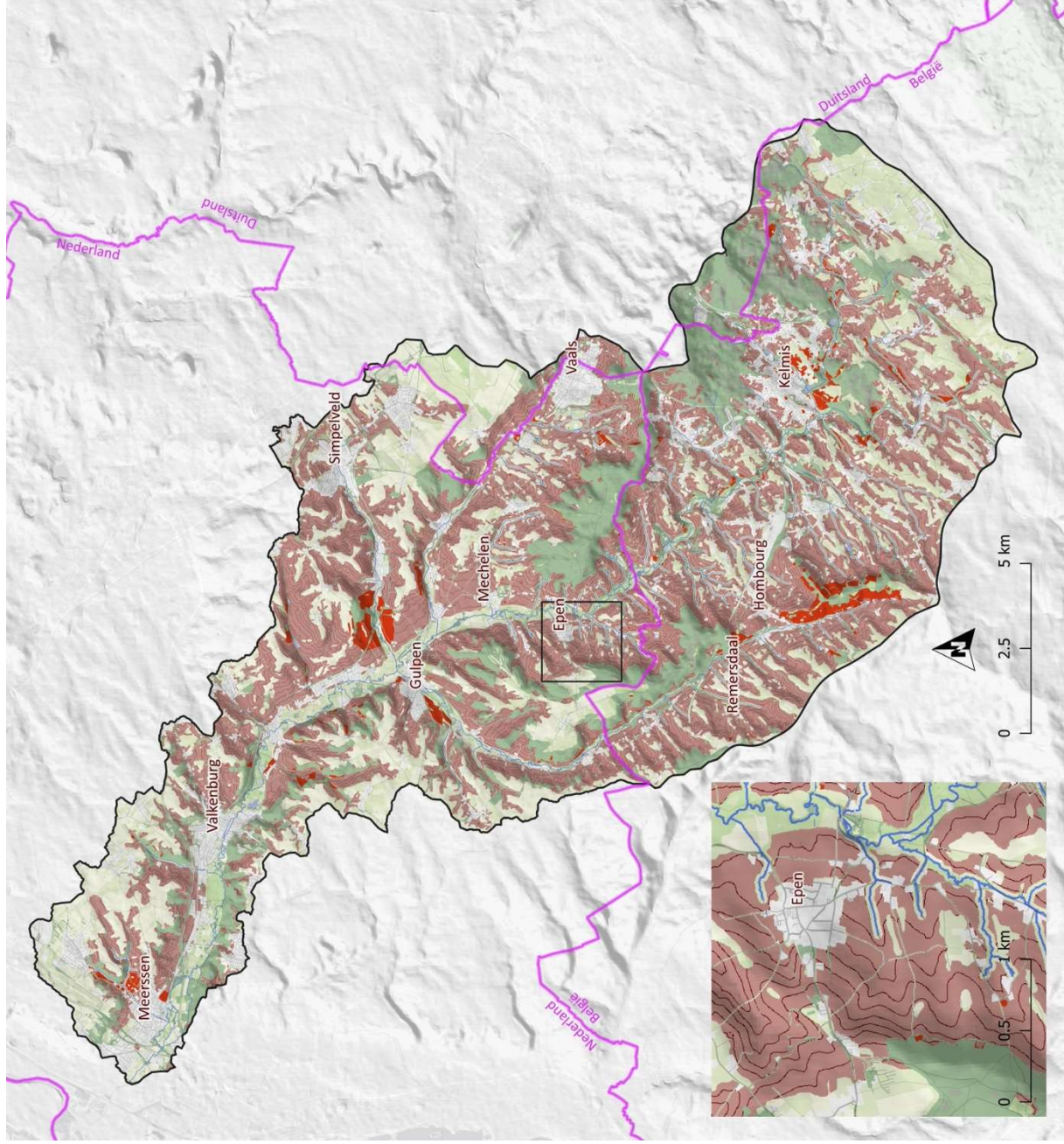
monumenten, in waterwingebieden en

nabij bronnen

Geplaats langs hoogtelijnen met 10 m

contourinterval; 1 cel (5 m) breed; lengte

doorlopend langs gehele helling



stroming



think like a river



## #10 - Graften



### *Beschrijving maatregel*

Een graft is een landschapselement van aangeplante heggen, struiken of bomen met een sterke knik in het reliëf. Graften horen sinds de middeleeuwen bij het Limburgse landschap en zijn ontstaan doordat grond zich hellingafwaarts verplaatste als gevolg van ploegen of erosie en zich ophoopte tegen hagen op perceelsgrenzen. Een helling met opeenvolgende graften vormt een miniterrassenlandschap. Door het aanleggen van nieuwe graften kan erosie op hellende akkers en weilanden worden tegengegaan.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De opgaande begroeiing in graften zorgt voor een beperkte extra bergingscapaciteit. Door hun beperkte dimensie ten opzichte van de totale helling hebben graften echter een gering effect op de bergingscapaciteit.

I: Een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem zorgen ervoor dat graften optimale condities hebben voor infiltratie. Omdat de dimensies van de graften ten opzichte van de totale helling gering zijn zal het totale effect op het infiltreren van oppervlakkig afstromende water beperkt zijn.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de grote variatie in begroeiing in een graft voor weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming. Ook hier zorgen de beperkte dimensies van graften ten opzichte van de totale helling voor een beperkt effect.

*Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van graften is een maatregel die toegepast kan worden op de hellingen in het Geul stroomgebied.

De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegraslanden zijn die worden voorzien van graften.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De aanleg van graften is een kansrijke maatregel op hellingen waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akkerland.

## Kansenkaart 10

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

### Graften

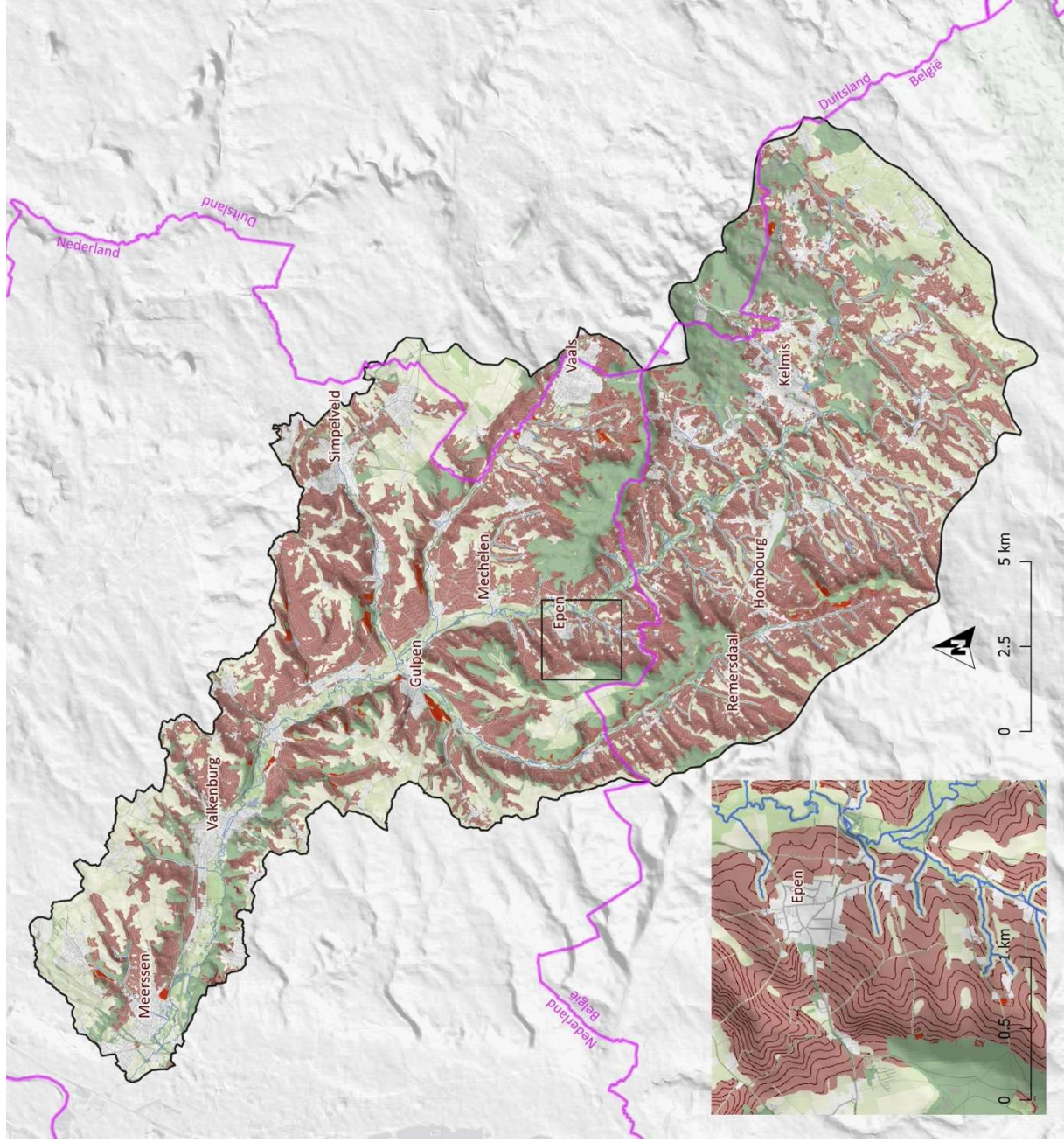
Kansrijk op de hellingen (waar water vooral parallel afstroomt)

Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland

In alle N2000 gebieden uitgesloten, maar wel toegestaan in glanshaver- en vossenstaartheuvelen mits goed ingepast

Uitgesloten bij archeologische monumenten en nabij bronnen

Geplaats langs hoogtelijnen met 5 m contourinterval; 1 cel (5 m) breed; lengte doorlopend langs gehele helling



stroming



think like a river



## #11 - Houtwallen, heggen en takkenrillen (contour-volgend)



### *Beschrijving maatregel*

Een houtwal of heg is een lijnvormig element in het landschap dat is begroeid met bomen of struiken. Een takkenril is een lijnvormig element dat bestaat uit paaltjes waartussen dood hout wordt gestapeld. Deze verschillende structuren zorgen allemaal voor extra weerstand tegen afstromend water wat voor vertraging, tijdelijke berging en extra infiltratie zorgt.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De opgaande begroeiing in de houtwallen zorgen voor een beperkte extra bergingscapaciteit. Voor takkenrillen is deze component nog geringer.

I: Een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem zorgen voor optimale condities voor infiltratie. Omdat de dimensies van een houtwal ten opzichte van de totale helling gering zijn zal het totale effect op het infiltreren van oppervlakkig afstromende water beperkt zijn.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen houtwallen en takkenrillen voor extra weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming. Ook hier zorgen de beperkte dimensies van houtwallen ten opzichte van de totale helling voor een beperkt effect.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van houtwallen is een maatregel die toegepast kan worden op de hellingen in het Geul stroomgebied. De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegroenlanden zijn die worden voorzien van houtwallen

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kanskaart:*

De aanleg van houtwallen is een kansrijke maatregel op hellingen waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegroenland of akkerland.

## Kansenkaart 11

Kansenkaarten *Mature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

### Houtwallen / Heggen/ Takkenrillen (contour-volgend)

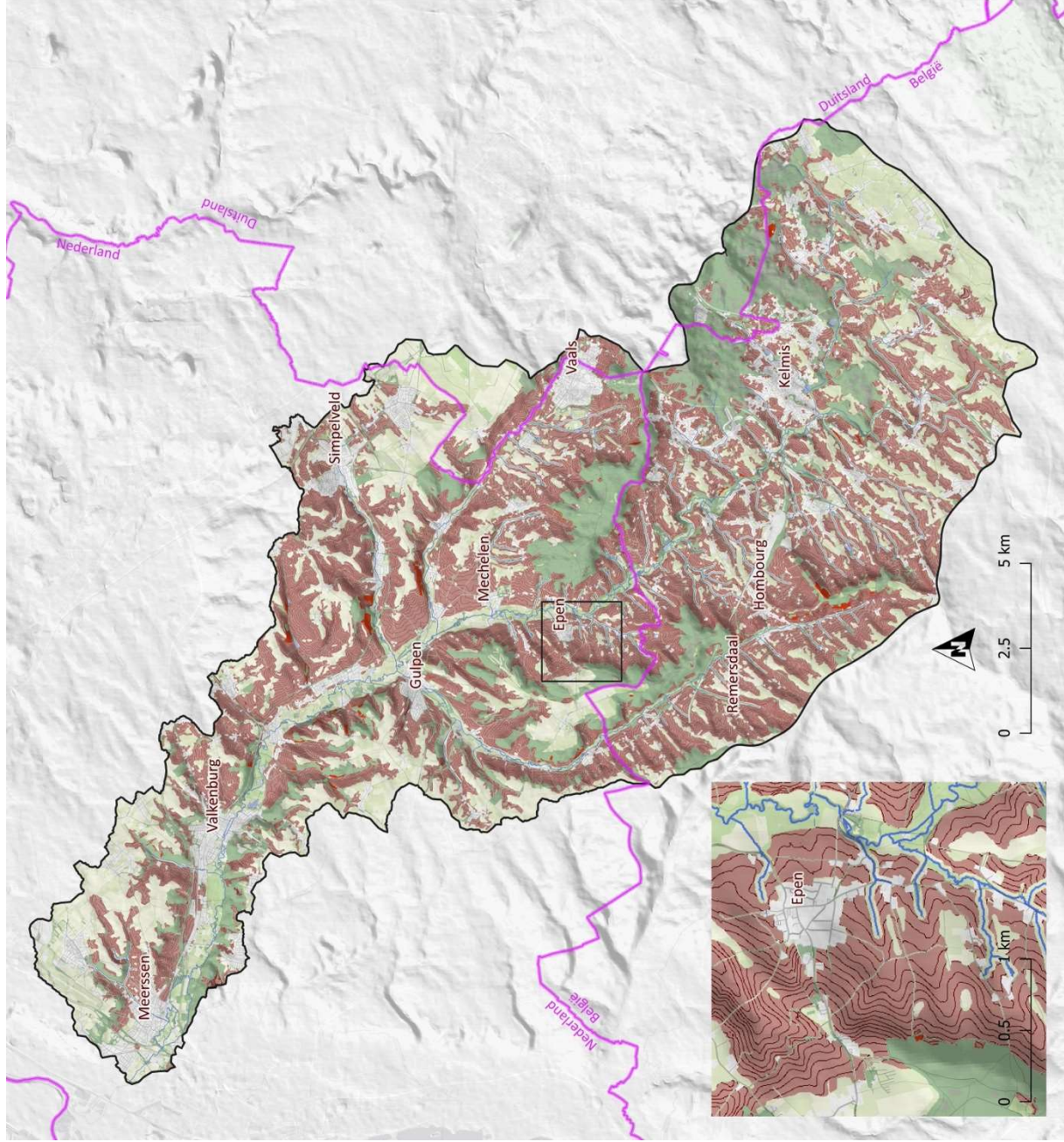
Kansrijk op de hellingen (waar water vooral parallel afstroomt)

Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland

In alle N2000 gebieden uitgesloten, maar wel toegestaan in glanshaver- en

vossenstaartheuvels mits goed ingepast

Geplaats langs hoogtelijnen met 5 m contourinterval; 1 cel (5 m) breed; lengte doorlopend langs gehele helling



stroming



think like a river



## #12 - Infiltratiestroken met opgaande begroeiing (contour-volgend).



### *Beschrijving maatregel*

Een infiltratiestrook is een houtsingel evenwijdig aan de contourhelling van ~20 meter breed die is begroeid met bomen, struiken, kruiden en grassen. Oppervlakkig afstromend water krijgt de kans te infiltreren in een brede zone met gelaagde vegetatie. Het is in potentie een zeer effectieve maatregel maar kan in praktijk moeilijk inpasbaar zijn in het landschap vanwege zijn omvang.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De opgaande begroeiing in brede infiltratiestroken zorgt voor een extra bergingscapaciteit.

I: Een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem zorgen voor optimale omstandigheden voor infiltratie. Omdat infiltratiestroken breder zijn dan houtwallen of graften zal het totale effect op het infiltreren van oppervlakkig afstromende water groter zijn in vergelijking met bovenstaande maatregelen.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergings- en infiltratiecapaciteit overstijgen en oppervlakkig afstromen dan zorgen de infiltratiestroken voor extra weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van infiltratiestroken is een maatregel die toegepast kan worden op de hellingen in het Geul stroomgebied.

De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegraslanden zijn die worden voorzien van infiltratiestroken.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De aanleg van infiltratiestroken is een kansrijke maatregel op hellingen waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akker.



## Kansenkaart 12

Kansenkaarten Mature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

### Infiltratiestroken met opgaande begroeiing (contour-volgend)

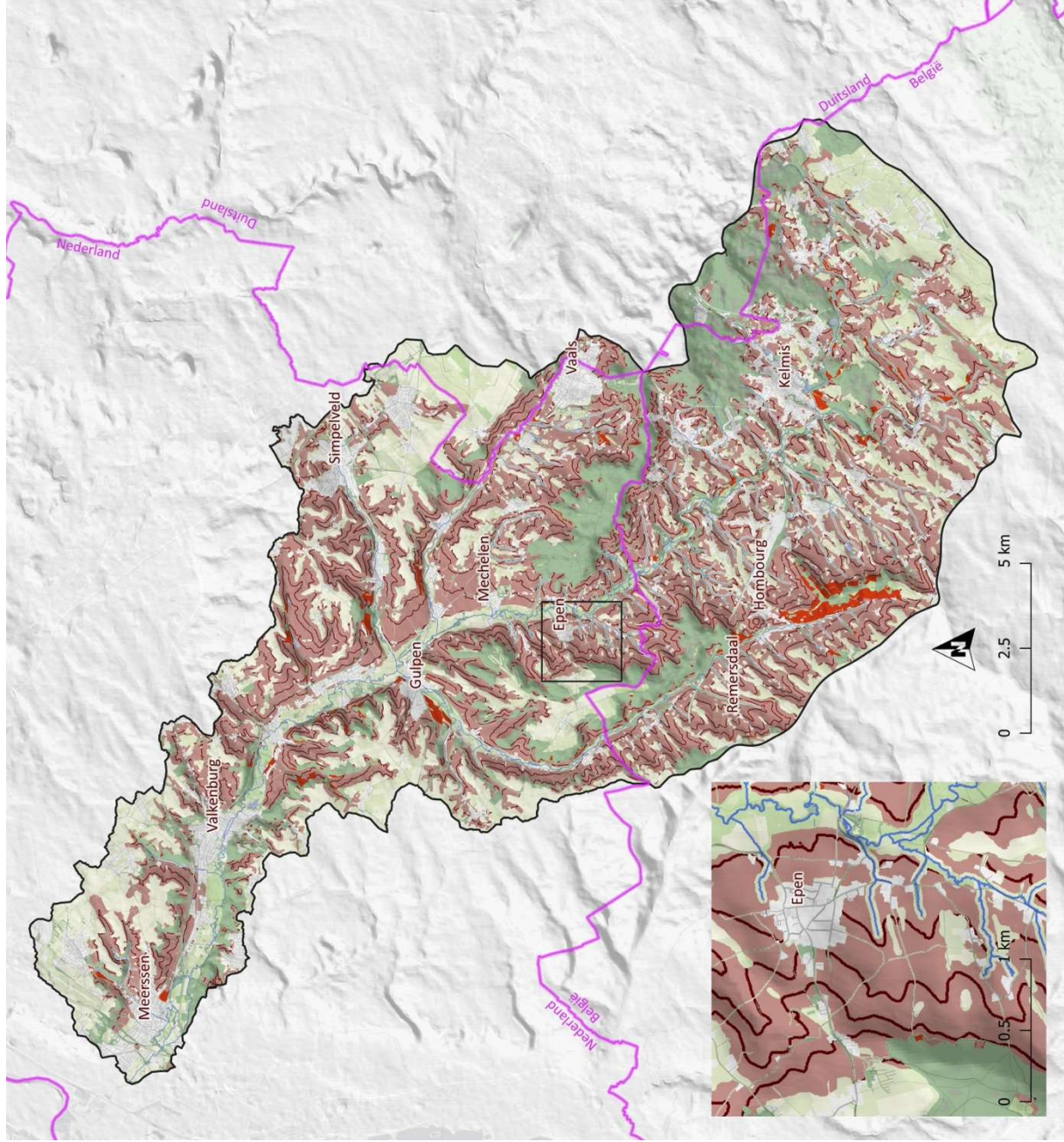
Kansrijk op de hellingen (waar water vooral parallel afstroomt)

Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland

In alle N2000 habitats uitgesloten

Uitgesloten bij archeologische monumenten

Geplaats langs hoogtelijnen met 20 m contourinterval; 4 cellen (20 m) breed; lengte doorlopend langs gehele helling



stroming



think like a river

## #13 - Waterbuffers in droogdal



### *Beschrijving maatregel*

Een waterbuffer is een relatief kleine gegraven laagte of poel in het landschap waar oppervlakkig afstromend water tijdelijk geborgen kan worden (meest effectief bij eerste regen na een droge periode). Waterbuffers kunnen zelfstandig of in serie worden aangelegd. De bodem van de waterbuffer wordt niet afgedicht zodat het water kan infiltreren en er weer nieuwe ruimte ontstaat in de buffer om water te bergen. Bij buffers in of benedenstrooms van (kaal) akkerland is infiltratie vaak minimaal doordat de bodem dichtslibt met geërodeerde löss.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Waterbuffers zijn ontworpen om oppervlakkig afstromend water te bergen op de hellingen of in droogdalen. De dimensionering van de buffer is bepalend voor de hoeveelheid water die tijdelijk geborgen kan worden.

I: Het vasthouden van afstromend water in waterbuffers zorgt ervoor dat het water langer de tijd krijgt om te infiltreren. De maatregel bevordert daarmee de infiltratiecapaciteit op de percelen waar ze zijn aangelegd.

W: Mocht de hoeveelheid neerslag de bergingscapaciteit van de waterbuffers overstijgen en extra-afstromend water niet langer ingevangen worden, dan zorgt een buffer niet voor extra weerstand, maar voor een vermindering ervan. Eventuele ruige vegetatie rondom de buffer kan echter wel voor een beperkte extra weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming zorgen.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van waterbuffers is een maatregel die toegepast kan worden in de droogdalen in het Geul stroomgebied.

De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegraslanden zijn die worden voorzien van waterbuffers of poelen.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Waterbuffers zijn kansrijk in droogdalen, waarbij de enige voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akkerland.



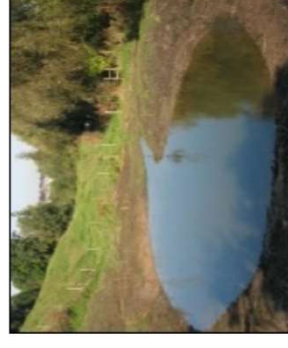
### Kansenkaart 13

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

#### Waterbuffers in droogdal

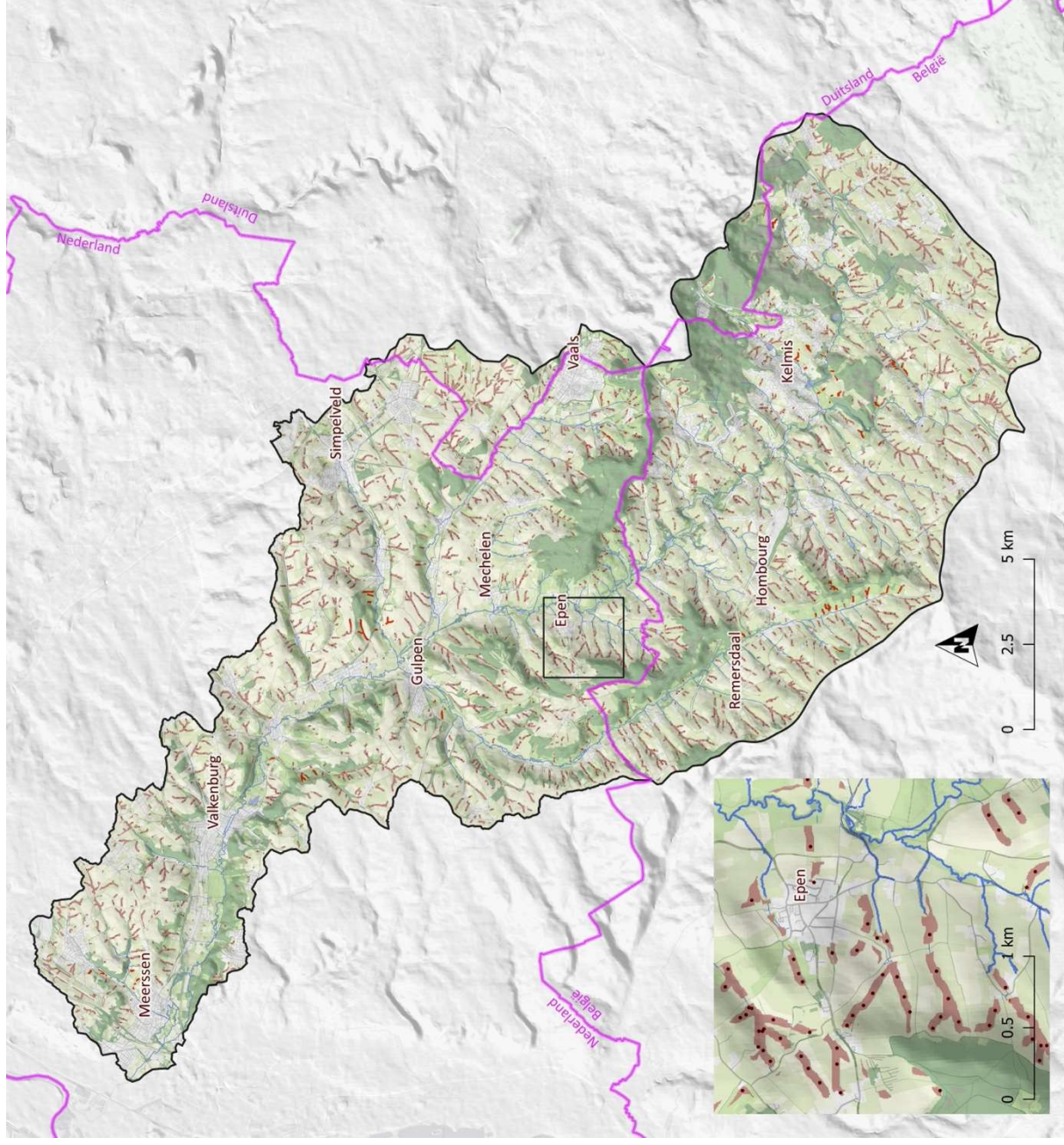
Kansrijk in de droogdalen (waar afstromend water zich concentreert)  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
In alle N2000 habitats uitgesloten  
Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen  
Geplaats op hoogtelijnen met 10 m contourinterval; buffer afmeting 2x2 cellen (10x10 m)



stroming



think like a river



## #14 - Ruigtebaan in droogdal



### *Beschrijving maatregel*

Een ruigtebaan in een droogdal is een strook natuurlijke vegetatie die de bodem van het droogdal volgt. Tijdens nattere periodes kan een ruigtebaan functioneren als een doorstroommoeras met riet, grassen, kruiden, en mogelijk struiken. Tijdens hevige regenval ondervindt afstromend water extra weerstand door de vegetatie en wordt de afstroom vertraagd.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De opgaande begroeiing in de ruigtebaan zorgt voor een beperkte extra bergingscapaciteit.

I: De vertraagde afvoer in combinatie met een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof en een permanente bedekking van de bodem zorgt ervoor dat afstromend water in de ruigtebaan meer kans krijgt om te infiltreren.

W: Wanneer water in het droogdal tot afstroom komt dan zorgt de ruigtebaan voor weerstand en daarmee een vertraagde oppervlakkige afstroming.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van ruigtebanen is een maatregel die toegepast kan worden in de droogdalen in het Geul stroomgebied.



De maatregel zal een positief effect hebben indien het akkers en productiegraslanden zijn die worden omgezet in ruigtestroken.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De aanleg van ruigtebanen is een kansrijke maatregel in droogdalen waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akker.



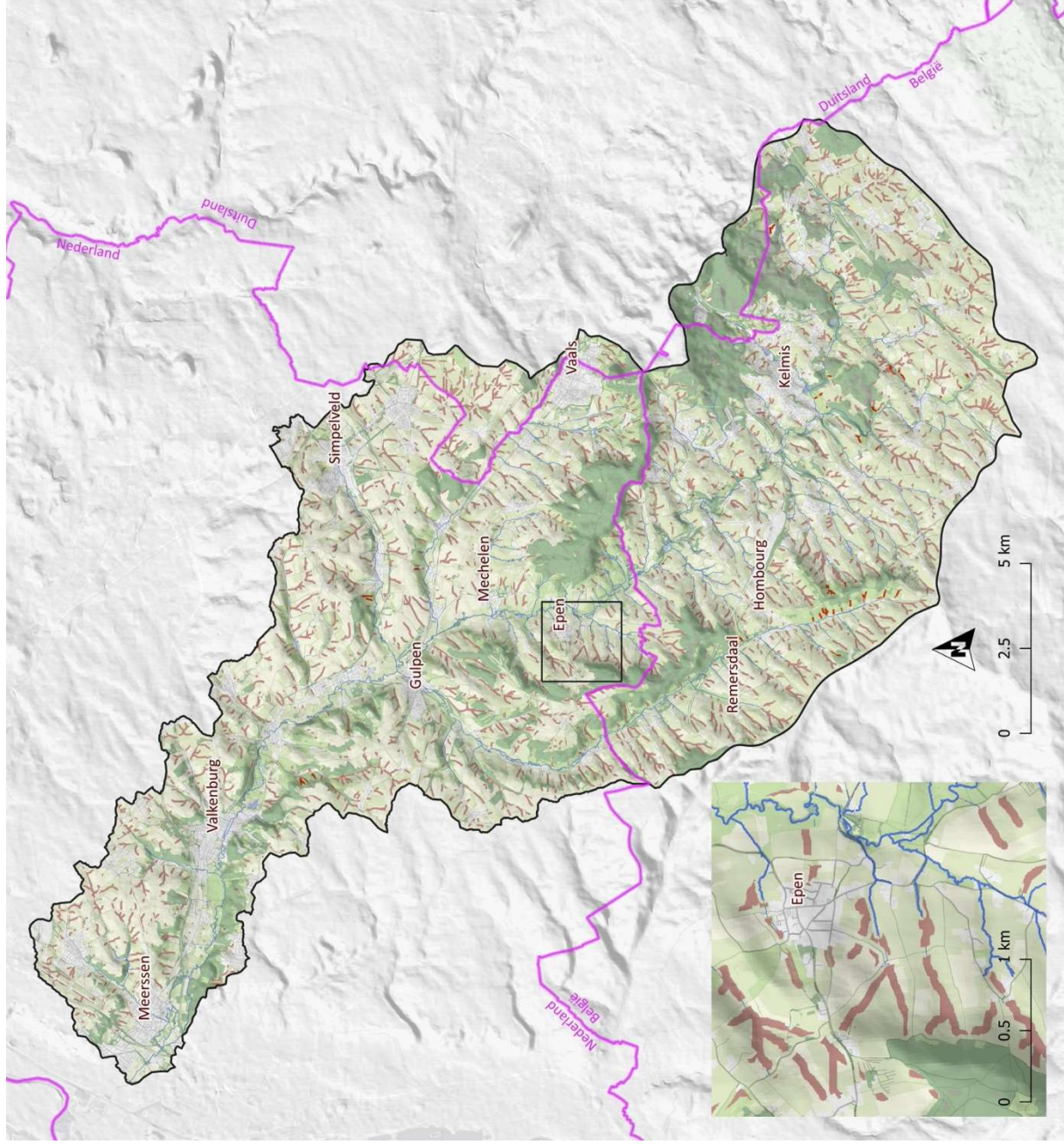
## Kansenkaart 14

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Ruigtebaan in droogdal

Kansrijk in de droogdalen (waar afstromend water zich concentreert)  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
In alle N2000 habitats uitgesloten  
55 m brede strook (voor modelleerdoeleinden); in werkelijkheid smaller



stroming

think like a river

## #15 - Checkdams in droogdal



### *Beschrijving maatregel*

De maatregel dammen in droogdal is een maatregel waarbij obstructies in serie geplaatst worden op de bodem van de droogdalen om afstromend water als gevolg van regenval langer vast te houden. De dammen kunnen gemaakt worden van hout of steen. De dammen zijn deels permeabel waardoor vertraagde afvoer geleidelijk tot afstroom komt en de berging snel weer beschikbaar is.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie(I) en weerstand (W)*

B: De dammen in droogdalen zorgen voor een extra bergingscapaciteit achter de dam waar het water wordt vastgehouden.

I: Door het langer vasthouden van oppervlakkig afstromend water kan een groter deel van het water infiltreren.

W: De dammen zorgen voor extra weerstand bij het tot afstroom komen van neerslag.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van dammen in droogdalen is een maatregel die toegepast kan worden in de droogdalen in het Geul stroomgebied. Dammen zullen een positief effect hebben indien ze op akkers of productiegraslanden worden aangelegd.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kanskaart:*

De aanleg van dammen in droogdalen is een kansrijke maatregel in droogdalen waarbij de voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akker.



## Kansenkaart 15

Kansenkaarten Mature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

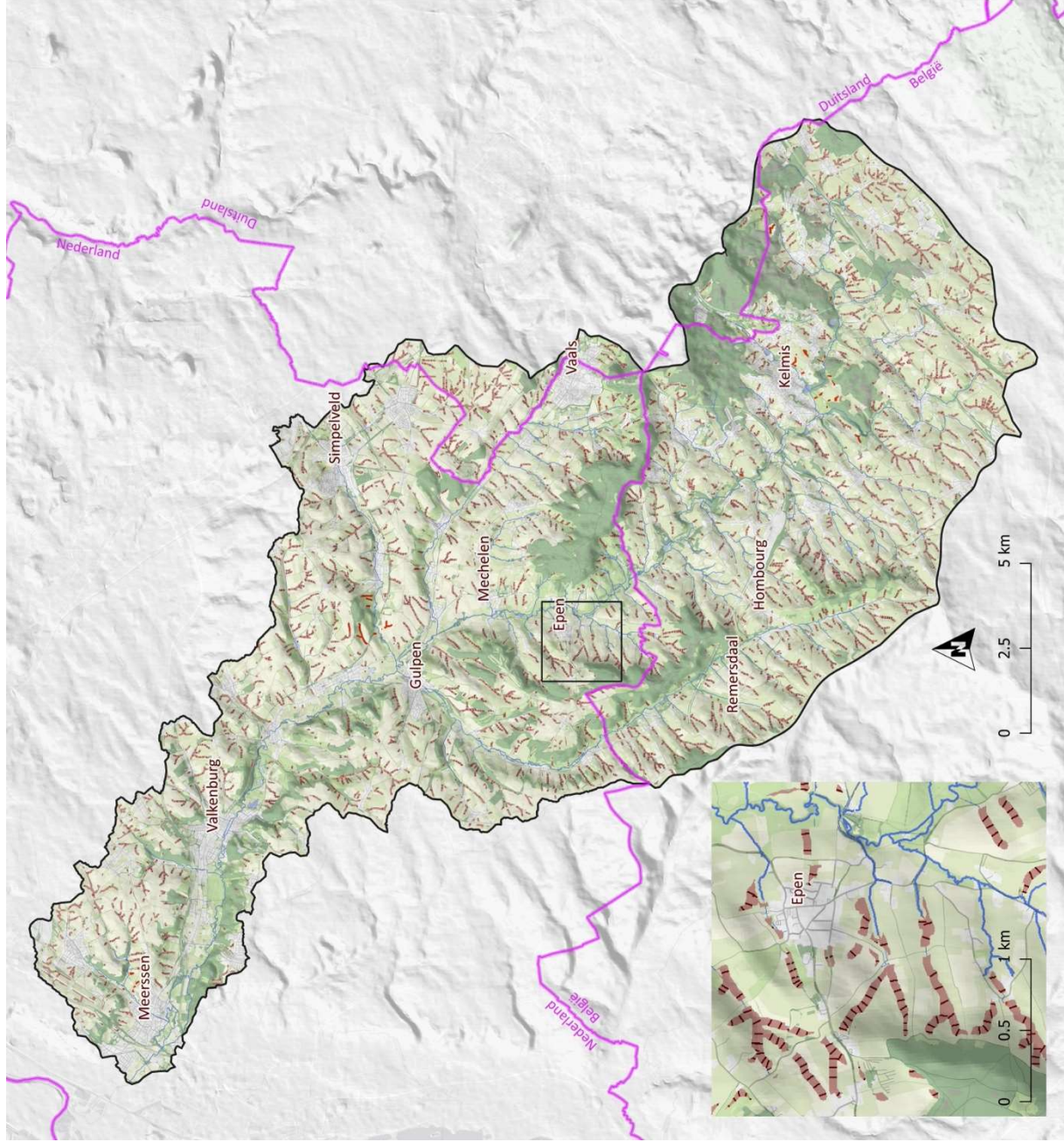
### Checkdams in droogdal

Kansrijk in de droogdalen (waar afstromend water zich concentreert)  
Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
In alle N2000 gebieden uitgesloten, maar wel toegestaan in glanshaver- en vossenstaartheuvels mits goed ingepast  
Uitgesloten in waterwin- en brongebieden  
Geplaats op hoogtelijnen met 5 m contourinterval; 1 cel (5 m) breed; damlengte aangepast aan breedte droogdal (55 m)



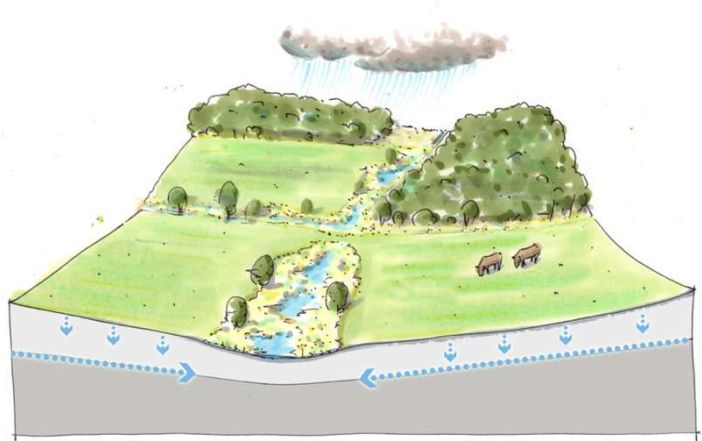
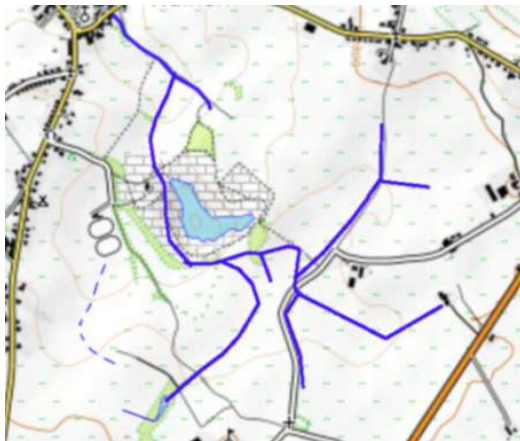
stroming

think like a river





## #16 - Greppels / Beekextensies / Ondergrondse drainage verwijderen



### *Beschrijving maatregel*

Daar waar het water genoeg kracht heeft om een bedding te vormen, daar begint de beek te stromen. De haarvaten van de Geul en zijbeken zijn echter in veel gevallen door mensen verlengd. Deze beekextensies zijn te herkennen aan hun rechte en onnatuurlijke lopen. Deze maatregel beoogt om de artificiële beekextensies ongedaan te maken, waardoor het dal weer gaat functioneren als een natuurlijk brongebied (zie ook Figuur 15 in het rapport). Ook het verwijderen van andere (veelal gekarteerde) greppels en drainagebuizen valt onder deze maatregel.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Het verwijderen van greppels en ondergrondse drainage heeft een sterk positief effect op berging, doordat geïnfiltreerd regenwater langer in de bodem wordt vastgehouden. Daarnaast draagt de ruigere vegetatie van een evt. ontstaan doorstroommoeras bij aan extra bovengrondse berging.

I: Het ongedaan maken van detailontwatering heeft een positief effect op de infiltratie omdat het water langer vastgehouden wordt en daarmee meer kans krijgt om te infiltreren. Geïnfiltreerd regenwater blijft door de maatregel in de bodem en wordt niet meer versneld afgevoerd door de beek.

W: Het verwijderen van beekextensies en de daarmee gepaard gaande ruwere begroeiing zorgt voor extra weerstand waardoor oppervlakkig afstromend water wordt afgeremd.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Voor deze maatregel is het van belang te achterhalen waar in het landschap de kunstmatige beekextensies, greppels en ondergrondse drainage zich bevinden.

Beekextensies bevinden zich vaak in de meest bovenstroomse beeklopen en zijn te herkennen aan hun rechte onnatuurlijke lopen. Greppels en ondergronds drainage zijn vaak in kaart gebracht door het waterschap.

Bij het verwijderen van kunstmatige drainage mag geen negatief effect optreden voor de bestaande bebouwing. Uiteindelijke toepassing van deze maatregel vraagt maatwerk in het veld.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Het verwijderen van greppels / beekextensies / ondergrondse drainage is overal kansrijk, mits bestaande bebouwing hier geen negatieve effecten van ondervindt.

## Kansenkaart 16

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Greppels / Beekextensies / Ondergrondse drainage verwijderen

Alle gekarteerde greppels, drainage buizen en beekextensies

Overal buiten de bebouwing

(In werkelijkheid zijn het er meer)

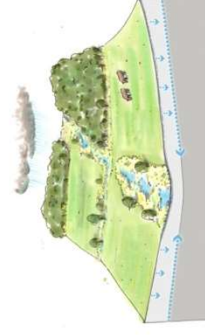
In geen enkel N2000 habitat type bij

voorbaat uitgesloten mits de ingreep bijdraagt aan kwaliteitsverbetering van het habitat

Uitgesloten bij archeologische

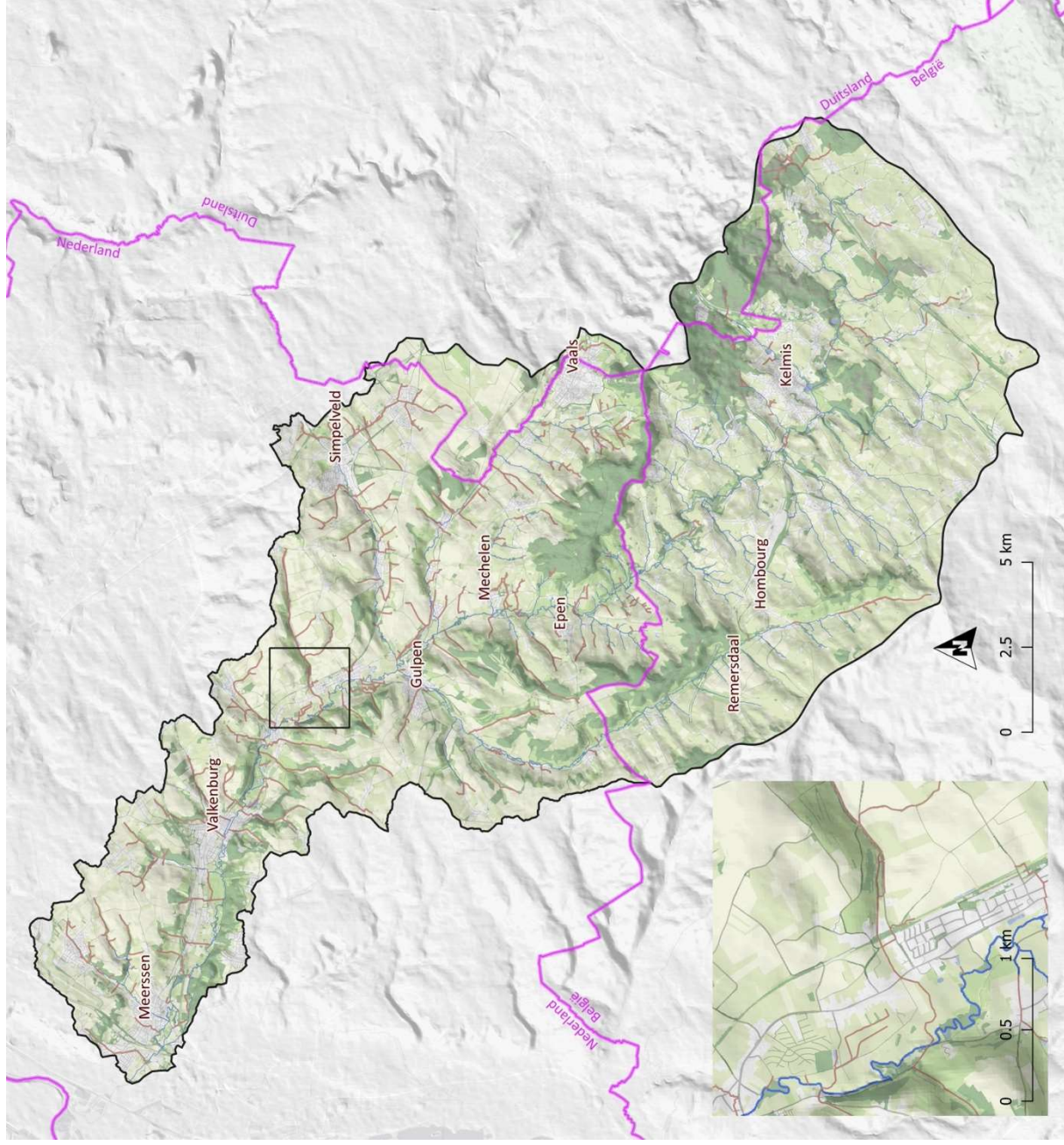
monumenten

Op de kaart standaard breedte van 5 m



stroming

think like a river





## #17 - Beekbedding verondiepen met hout of sediment



### *Beschrijving maatregel*

Beekbeddingen verondiepen met hout en/of sediment is een maatregel waarbij extra weerstand in de beekbedding ervoor zorgt dat water langzamer stroomt en waterstanden worden verhoogd. Bij gelijke afvoer stroomt het water uit de beek eerder de dalvlakte in, wat berging oplevert en waar extra weerstand zorgt voor verdere vertraging van de stroomsnelheid en het afvlakken van afvoerpieken.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Het verondiepen en verruwen van beekbeddingen resulteert in het eerder inzetten van de bergingscapaciteit van de dalvlakte. Dit zorgt ervoor dat water bovenstrooms langer vastgehouden wordt, zodat benedenstrooms van de maatregel extra bergingscapaciteit beschikbaar is.

I: Het tijdelijk vasthouden van afstromend water in dalvlaktes zorgt ervoor dat het water langer de tijd krijgt om te infiltreren naar het grondwater in de dalvlaktes na de hoogwaterpiek.

W: Het eerder inzetten van de dalvlaktes zorgt voor extra weerstand bij gelijke afvoer.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het verruwen van de beekbedding door middel van hout kan in het gehele stroomgebied worden toegepast. Het verondiepen van de beekbedding met sediment is vooral geschikt voor de Geul en Gulp bovenstrooms van de Nederlands – Belgische grens en alle zijbeken.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De beekbedding verruwen met hout is kansrijk in het gehele stroomgebied van de Geul.

De beekbedding verondiepen met hout in combinatie met sediment is kansrijk in de Geul en Gulp bovenstrooms van de Nederlands – Belgische grens en alle zijbeken van de Geul.

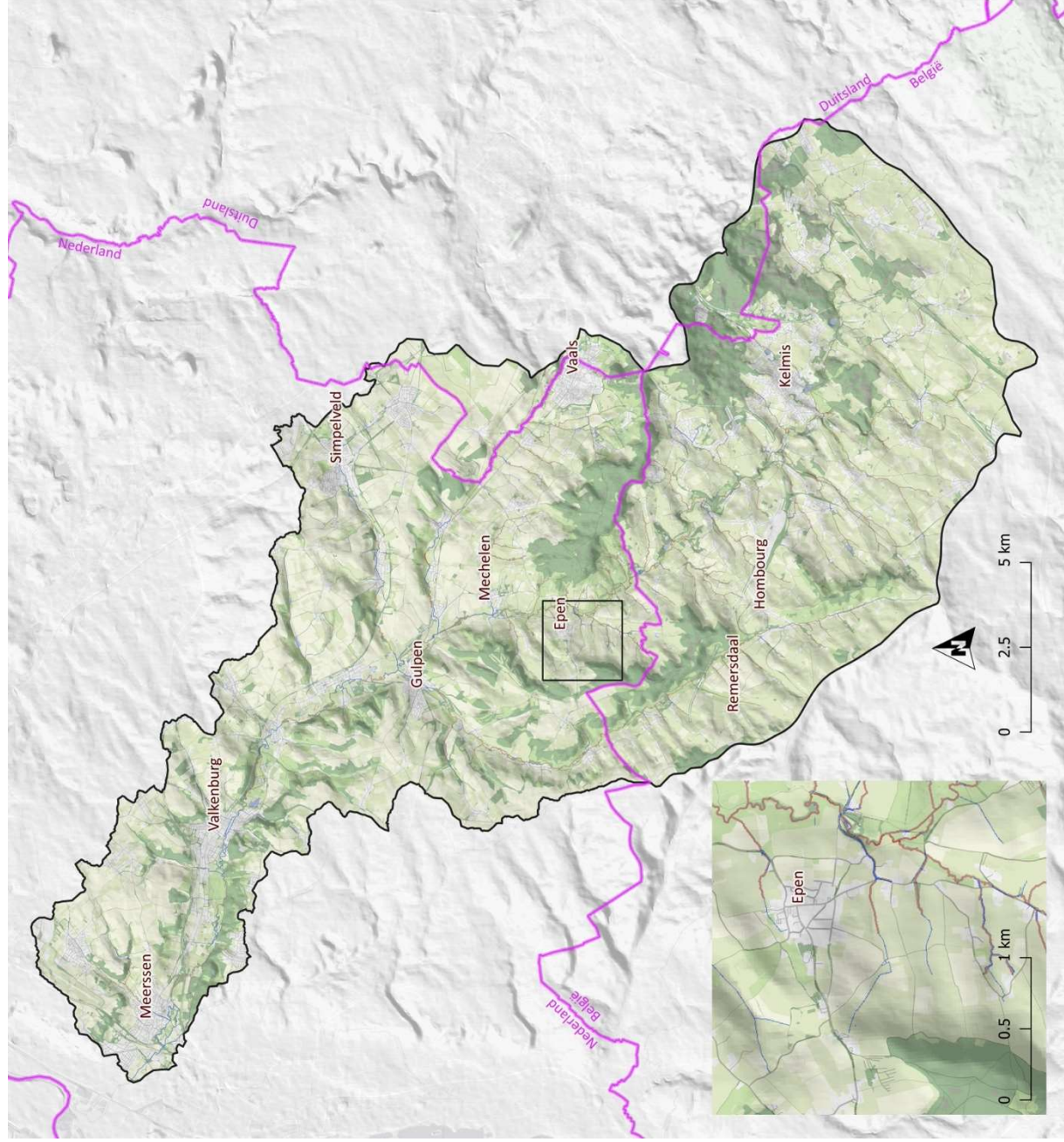
## Kansenkaart 17

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

-  Plek in het landschap
-  Planologische uitsluiting

### Beekbedding verondiepen met hout of sediment

Langs gehele beeksysteem kansrijk maar niet binnen en direct benedenstrooms van bevolkingskernen. Uitgesloten daar waar de beek grenst aan heischraal grasland, pionierbegroeiing op rotsbodem, kalkgrasland- en tufteronnen, en ruigten & zomen



stroming

think like a river



## #18 - Dalbodem verruwen / Doorstroommoeras / Alluviaal bos



### *Beschrijving maatregel*

De dalbodem verruwen is een maatregel waarbij de overstromingsvlakte aan weerszijde van de beek wordt voorzien van ruige vegetatie. Dit kunnen doorstroommoerassen zijn, alluviale bossen of structuurrijke (extensief begraasde) graslanden met struiken en bomen. De ruwe dalbodem vertraagt afstromend water wanneer de beek door hoge afvoeren uit zijn bedding is getreden.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De ruwe dalbodem met opgaande begroeiing zorgt voor extra bergingscapaciteit tijdens hoog water afvoeren.

I: De infiltratiecapaciteit van de dalvlakte is beperkt. De vertraagde afvoer in combinatie met een hoge graad van doorworteling, een hoog gehalte aan organische stof zorgt ervoor dat het water beter kan infiltreren naar het grondwater na de hoogwaterpiek.

W: Het verruwen van de dalvlakte zorgt voor extra weerstand en daarmee een tragere stroomsnelheid. De hoeveelheid weerstand hangt af van de soort vegetatie, die tevens varieert gedurende de seizoenen.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Dalbodem verruwen kan als maatregel overal in de beekdalbodem worden toegepast waar terrein nu in gebruik is als productiegrasland of akker.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

Het verruwen van de dalbodem is overal in de beekdalbodem kansrijk waarbij de enige voorwaarde is dat het huidige landgebruik bestaat uit productiegrasland of akkerland.



## Kansenkaart 18

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

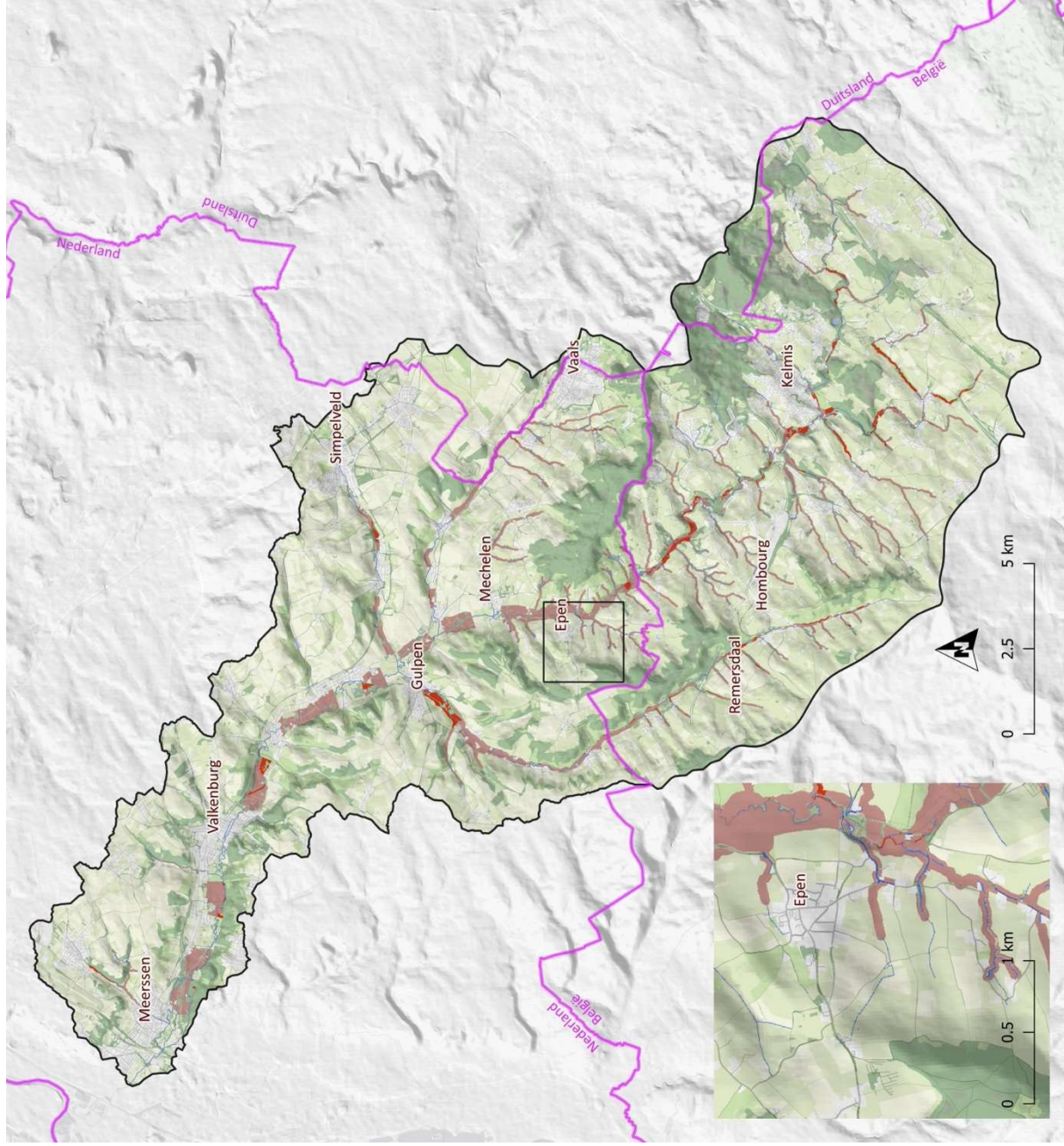
### Dalbodem vervuilen / Doorstroommoeras / Alluviaal bos

In gehele beekstelsysteem en dalbodem kansrijk  
 maar niet binnen en direct benedenstrooms van bevolkingskernen  
 Op akkers, productiegrasland of natuurlijk grasland  
 Uitgesloten in alle grasland habitats, pionierbegroeiing op rotsbodem, kalkgrasland- en tufbronnen, en in ruigten  
 Uitgesloten bij archeologische monumenten



stroming

think like a river



## #19 - Houten checkdammen in de beek



### *Beschrijving maatregel*

Het toepassen van houten dammen in (of eigenlijk over) de beek is een maatregel waarbij de beek wordt overspannen door een houten constructie. Bij lage afvoeren voert de beek zijn water zonder obstructie van de dam af. Bij hoge afvoeren stuit het afstromende water op de dam en wordt het de dalvlakte ingestuurd, waar het tijdelijk wordt geborgen. De maatregel heeft met name effect daar waar de dalvlakte geschikt is om tijdelijk water te bergen maar waar dit in praktijk te weinig gebeurt.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De houten dammen in de beek zorgen ervoor dat de bergingscapaciteit van de dalvlakte tijdens hoog water optimaal wordt benut

I: Het tijdelijk vasthouden van afstromend water in dalvlaktes zorgt ervoor dat het water langer de tijd krijgt om te infiltreren in de dalvlaktes na de hoogwaterpiek.

W: De dammen en betere benutting van de dalvlakte zorgen voor extra weerstand bij de afvoer van rivierwater

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van houten dammen in de beek is een maatregel die toegepast kan worden in de beekdalen die beschikken over een dalvlakte en waar ruimte is in het Geul stroomgebied.

### *Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenskaart:*

De aanleg van houten check dammen is een kansrijke maatregel in beekdalen in het gehele Geul stroomgebied. Belangrijk bij het toepassen is dat er een dalvlakte aanwezig aan tenminste één zijde van de beek.



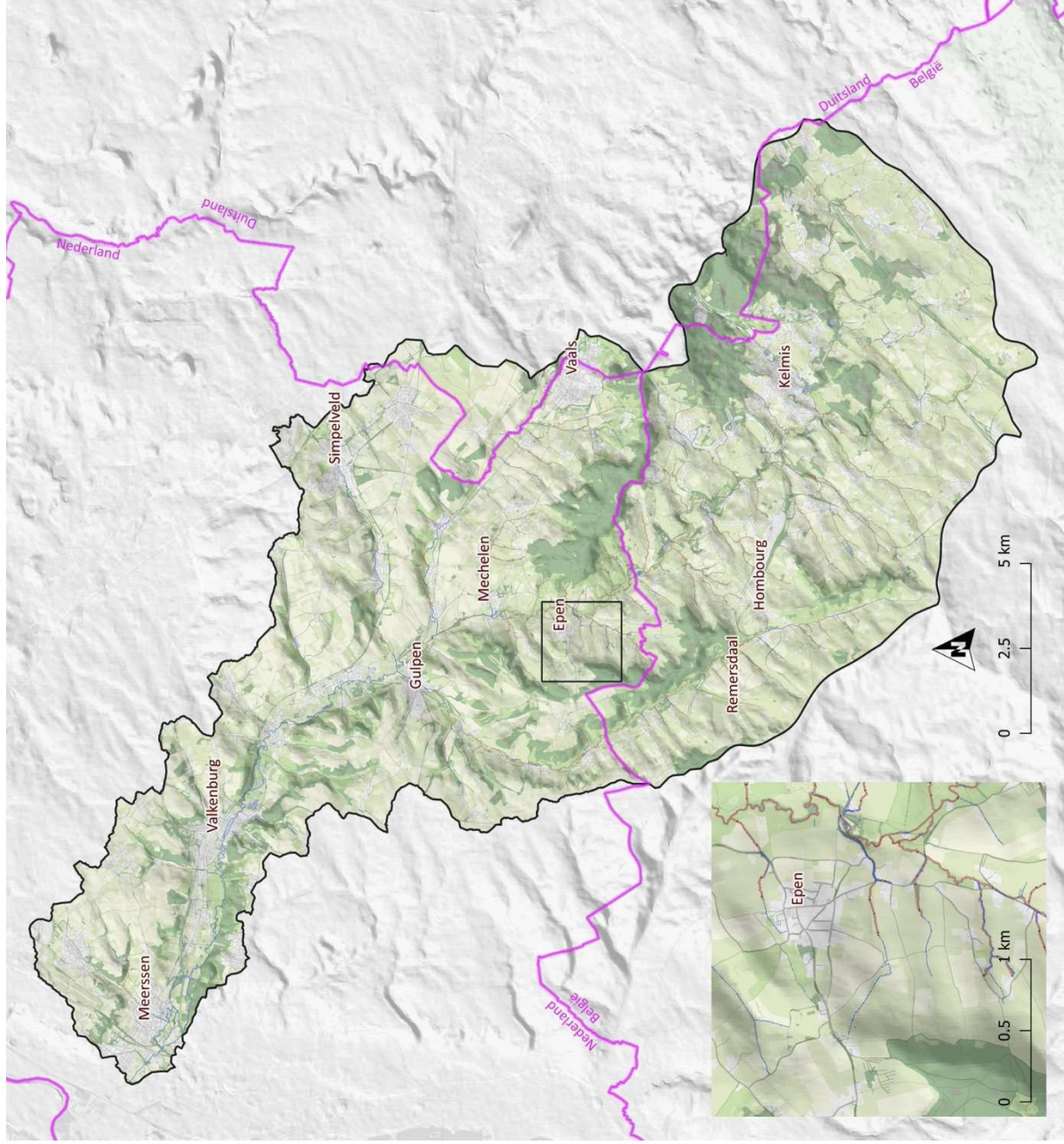
## Kansenkaart 19

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Locatie ingreep
- Planologische uitsluiting

### Houten checkdams over beek

Langs gehele beeksysteem kansrijk waar de beek smaller is dan 10 m maar niet binnen en direct beneden strooms van bevolkingskernen Uitgesloten daar waar de beek grenst aan heischraal grasland, pionierbegroeiing op rotsbodem, kalkgrasland- en tuftbronnen, en ruigten & zomen Geplaats op hoogtelijnen met 5 m contourinterval; 1 cel (5 m) breed; damlengte constant 20 m

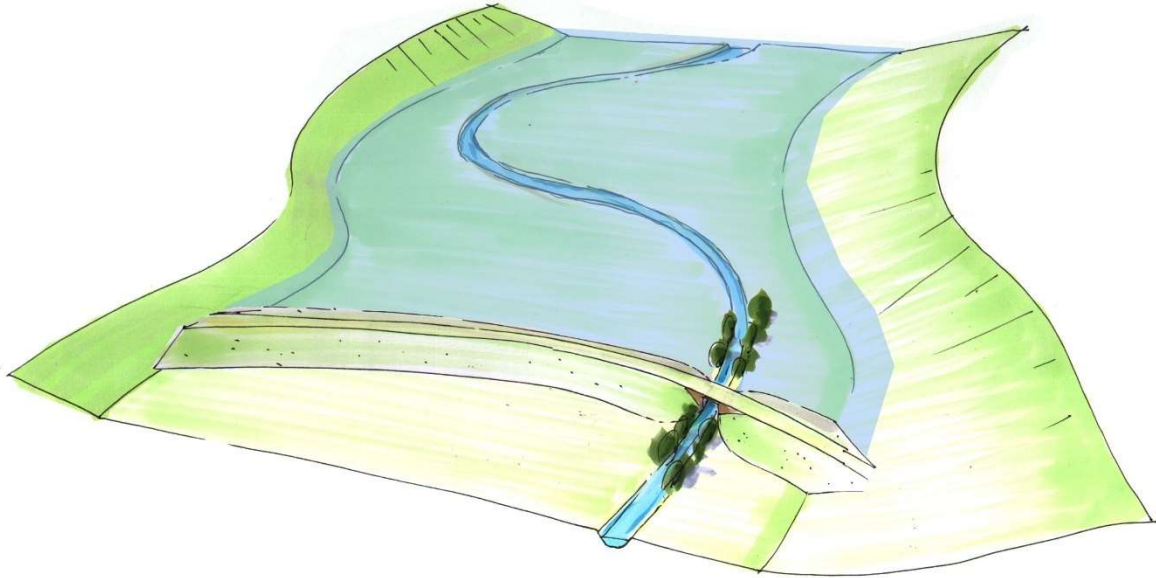


stroming

think like a river



## #20 - Gronddammen in beekdal



### *Beschrijving maatregel*

Een gronddam damt de gehele overstromingsvlakte van het beekdal af waardoor de dalvlakte effectiever benut wordt bij hoge afvoeren. Een duiker (al dan niet met gestuurde afsluiter) of checkdam zorgt ervoor dat het water bij lage afvoeren ongehinderd kan doorstromen. De maatregel kan ingezet worden bovenstrooms van een dorp of stad om de piek van de afvoer te bergen in de dalvlakte. Qua dimensionering is de gronddam in een optimale situatie gelijk aan de breedte van de dalvlakte.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: De gronddammen zijn ontworpen om de bergingscapaciteit van de dalvlakte te optimaliseren.

I: Door het tijdelijk vasthouden van afstromend water in dalvlakte krijgt het water langer de tijd om te infiltreren in de dalvlakte na de hoogwaterpiek.

W: De gronddammen hebben een positief effect op de weerstand zolang de dam niet gevuld is met water. Als de dam vol zit dan werkt een dam weerstand verlagend.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van gronddammen is een maatregel die toegepast kan worden in de beekdalen die beschikken over een dalvlakte in het Geul stroomgebied.

Bij het toepassen van de maatregel in het landschap is het belangrijk ze zodanig te positioneren dat er geen wateroverlast ontstaat voor de aanwezige bebouwing.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De aanleg van gronddammen is een kansrijke maatregel in dalvlaktes van de hoofddalen van het Geul stroomgebied. Waarbij de voorwaarde is dat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt van de aanleg van de dam.

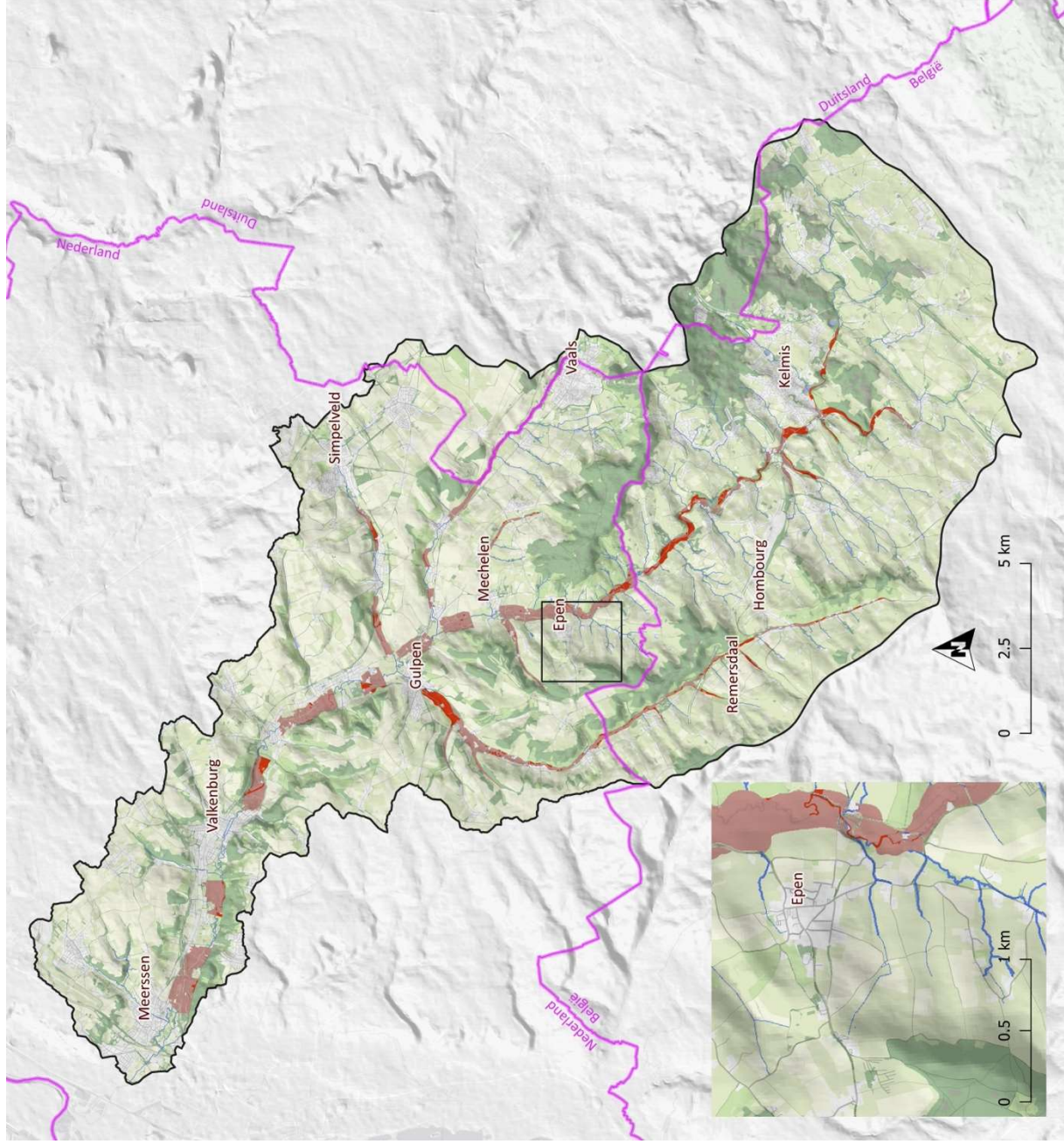
## Kansenkaart 20

Kansenkaarten *Nature based Solutions in de Geul*

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Grondnam in beek

Alleen in de hoofddalen (Geul en de belangrijkste zijbeken) maar niet binnen en direct benedenstrooms van bevolkingskernen  
In alle N2000 habitats uitgesloten  
Uitgesloten bij archeologische monumenten en nabij bronnen



stroming



think like a river



## #21 - Waterbuffer in het beekdal



### *Beschrijving maatregel*

Bij deze maatregel wordt het water bij hogere afvoeren uit de beek naar een laagte in de dalvlakte geleid. De waterbuffer creëert ruimte voor het bergen van de piek van de afvoergolf en laat vervolgens gedoseerd zijn water af naar de beek. De maatregel bestaat uit een constructie in de beek die het water boven bepaalde afvoeren naar de berging begeleidt, bijvoorbeeld een houten checkdam of gronddam.

De waterbuffer zelf kan een variabele afmeting hebben, die afhankelijk is van de beschikbare ruimte. De waterbuffer wordt aangelegd met een afvoerwerk waardoor het water vertraagd weer naar de beek stroomt.

### *Verwachte hydrologische werking op berging (B), infiltratie (I) en weerstand (W)*

B: Waterbuffers zijn ontworpen om de bergingscapaciteit in de dalvlakte te optimaliseren.

I: Door het tijdelijk vasthouden van afstromend water in dalvlakte krijgt het water langer de tijd om te infiltreren in de dalvlaktes na de hoogwaterpiek.

W: De waterbuffers hebben een beperkt effect op de weerstand.

### *Redeneerlijn voor toepassing maatregel in het landschap*

Het aanleggen van waterbuffers is een maatregel die toegepast kan worden in de hoofdbeekdalen die beschikken over voldoende ruimte in de dalvlakte, aan tenminste één kant van de beek.

Bij het inpassen van waterbuffers in het landschap is het belangrijk ze zodanig te positioneren dat er geen wateroverlast ontstaat voor de aanwezige bebouwing.

*Dit resulteert in de volgende rekenregel voor de kansenkaart:*

De aanleg van waterbuffers is een kansrijke maatregel in dalvlaktes van de hoofddalen van het Geul stroomgebied. Waarbij de voorwaarde is dat de aanwezige bebouwing geen overlast ondervindt van de aanleg van de waterbuffer.

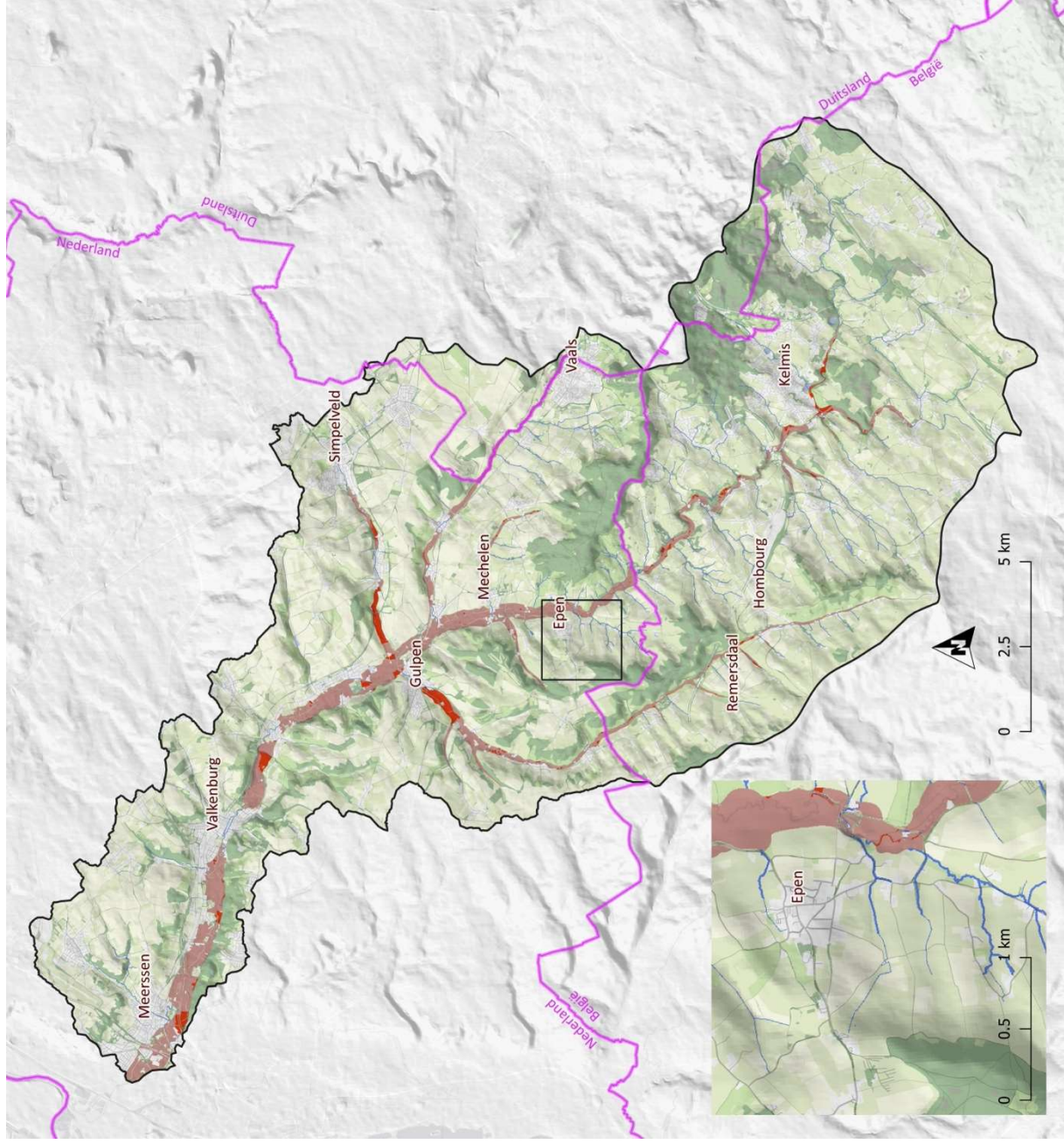
## Kansenkaart 21

Kansenkaarten Nature based Solutions in de Geul

- Plek in het landschap
- Planologische uitsluiting

### Waterbuffer naast beek

Alleen in de hoofddalen (Geul en de belangrijkste zijbeken)  
buiten de bebouwing  
Uitgesloten in heischraal grasland, pionierbegroeiing op rotsbodem, kalkgrasland- en tufbronnen, en in ruigten & zomen  
Uitgesloten bij archeologische monumenten, in waterwingebieden en nabij bronnen



stroming



think like a river



# Bijlage 3

Overzicht van de belangrijkste criteria (*Landschap en Landgebruik*) die zijn gebruikt om de kansrijke plekken in het stroomgebied te bepalen voor de verschillende maatregelen (1<sup>e</sup> tabel) en uitsluitingscriteria m.b.t. Natura2000 en overige wetgeving (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> tabel op volgende pagina's). Wat de criteria betekenen voor de rekenregels is beschreven in Tabel 5 in het rapport.

|    | A                                                                             | B                                                            | H                      | I       | J                  | K                      | L                 | M    | N     | O       | P                     | Q                      | R       | S     | T        | U               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------|---------|--------------------|------------------------|-------------------|------|-------|---------|-----------------------|------------------------|---------|-------|----------|-----------------|
|    | CATALOGUS Nature-based solutions Geuldal                                      |                                                              |                        |         |                    |                        |                   |      |       |         |                       |                        |         |       |          |                 |
| 1  | PLEK IN HET LANDSCHAP - fysische criteria t.b.v rekenregels en kansenskaarten |                                                              |                        |         |                    |                        |                   |      |       |         |                       |                        |         |       |          |                 |
| 2  | * legenda / uitleg gegeven onder desbetreffende kolom                         |                                                              |                        |         |                    |                        |                   |      |       |         |                       |                        |         |       |          |                 |
| 3  | MAATREGELLEN                                                                  |                                                              |                        |         |                    |                        |                   |      |       |         |                       |                        |         |       |          |                 |
| 4  |                                                                               |                                                              |                        |         |                    |                        |                   |      |       |         |                       |                        |         |       |          |                 |
| 5  | NR                                                                            | NAAM                                                         | Plateau /<br>interfluv | Heiling | Droogdal-<br>bodem | Grepel /<br>Drain.buis | Beekdal-<br>bodem | Beek | Akker | Loofbos | Productie<br>grasland | Natuurlijk<br>grasland | Verhard | Water | Naaldbos | Wegen/<br>Paden |
| 6  | 1                                                                             | Structuurlijk grasland met hoofafgedruken grote grazers      | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 1                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 7  | 2                                                                             | Natuurlijk hooiland                                          | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 1                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 8  | 3                                                                             | Productiegrasland                                            | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 1                 | 0    | 1     | 0       | 0                     | 0                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 9  | 4                                                                             | Afleidn water vanaf (holle) wegen en paden                   | 0                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 0     | 0       | 0                     | 0                      | 0       | 0     | 0        | 1               |
| 10 | 5                                                                             | Perceeldrainage verwijderen (boven- en ondergronds)          | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 1                 | 0    | 0     | 0       | 1                     | 0                      | 0       | 0     | 1        | 0               |
| 11 | 6                                                                             | Voedselbossen / Agrarische bosbouw                           | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 12 | 7                                                                             | Ontwikkeling van natuurlijk bos                              | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 13 | 8                                                                             | Houtplantages omvormen tot structuurrijke bossen             | 1                      | 1       | 1                  | 1                      | 1                 | 0    | 0     | 0       | 0                     | 0                      | 0       | 0     | 1        | 0               |
| 14 | 9                                                                             | Contourgreppels ('swales')                                   | 0                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 15 | 10                                                                            | Grafen                                                       | 0                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 16 | 11                                                                            | Houtwallen / Heggen/ Takkenrillen (contour-volgend)          | 0                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 17 | 12                                                                            | Infiltratiestroken met opgaande begroeiing (contour-volgend) | 0                      | 1       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 18 | 13                                                                            | Waterbuffers in droogdal                                     | 0                      | 0       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 19 | 14                                                                            | Ruigtebaan in droogdal                                       | 0                      | 0       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 20 | 15                                                                            | Checkdams in droogdal                                        | 0                      | 0       | 1                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 0     | 0        | 0               |
| 21 | 16                                                                            | Greppels / Beekextensies / Ondergrondse drainage verwijderen | 0                      | 0       | 0                  | 1                      | 0                 | 0    | 1     | 1       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 1        | 1               |
| 22 | 17                                                                            | Beekbedding verondiepen met hout of sediment                 | 0                      | 0       | 0                  | 0                      | 0                 | 1    | 1     | 1       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 1        | 0               |
| 23 | 18                                                                            | Dalbodem verruwen / Doorstroomoeras / Alluviaal bos          | 0                      | 0       | 0                  | 0                      | 1                 | 1    | 1     | 0       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 0        | 0               |
| 24 | 19                                                                            | Houten checkdams over beek                                   | 0                      | 0       | 0                  | 0                      | 0                 | 1    | 1     | 1       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 1        | 0               |
| 25 | 20                                                                            | Grondnam in beek                                             | 0                      | 0       | 0                  | 0                      | 1                 | 1    | 1     | 1       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 1        | 0               |
| 26 | 21                                                                            | Waterbuffer naast beek                                       | 0                      | 0       | 0                  | 0                      | 1                 | 0    | 1     | 1       | 1                     | 1                      | 0       | 1     | 1        | 0               |



| A  | B                                                     | AO                                        | AP                                            | AQ                                              | AR                                                  | AS               | AT          | AU             | AV                                                        | AW                           |
|----|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------|
|    | <b>CATALOGUS Nature-based solutions Geuldal</b>       |                                           |                                               |                                                 |                                                     |                  |             |                |                                                           |                              |
| 1  |                                                       | <b>Brongebieden*</b><br><i>verstoring</i> | <b>Natuurnetwerk</b><br><i>natuur functie</i> | <b>Natuurbeekzones</b><br><i>natuur functie</i> | <b>Archeologie</b><br><i>graven / doorworteling</i> |                  |             |                | <b>Water-winning</b><br><i>kwaliteit infiltratiewater</i> |                              |
| 2  | * legenda / uitleg gegeven onder desbetreffende kolom | 1                                         | 1                                             | 1                                               | 1                                                   | 2                | 3           | 4              | 1                                                         | 2                            |
| 3  | <b>MAATREGELEN</b>                                    |                                           |                                               |                                                 |                                                     |                  |             |                |                                                           |                              |
| 4  |                                                       |                                           |                                               |                                                 |                                                     |                  |             |                |                                                           |                              |
| 5  | <b>NR</b>                                             | <b>waterschap</b>                         | <b>waterschap</b>                             | <b>provincie</b>                                | <b>Monument</b>                                     | <b>Zeer hoog</b> | <b>Hoog</b> | <b>Overlig</b> | <b>Waterwingsgebied</b>                                   | <b>GW-beschermingsgebied</b> |
| 6  | 1                                                     | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 7  | 2                                                     | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 8  | 3                                                     | 0                                         | 1                                             | 1                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 9  | 4                                                     | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 1                                                         | 0                            |
| 10 | 5                                                     | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 11 | 6                                                     | 1                                         | 1                                             | 1                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 12 | 7                                                     | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 13 | 8                                                     | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 14 | 9                                                     | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 1                                                         | 0                            |
| 15 | 10                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 16 | 11                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 17 | 12                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 18 | 13                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 1                                                         | 0                            |
| 19 | 14                                                    | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 20 | 15                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 1                                                         | 0                            |
| 21 | 16                                                    | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 22 | 17                                                    | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 23 | 18                                                    | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 24 | 19                                                    | 0                                         | 0                                             | 0                                               | 0                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 25 | 20                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 0                                                         | 0                            |
| 26 | 21                                                    | 1                                         | 0                                             | 0                                               | 1                                                   | 0                | 0           | 0              | 1                                                         | 0                            |