



////////////////////////////////////

Scenario's voor de onderbouwing van het stroomgebiedbeheerplan - deel oppervlaktewaterkwaliteit

Achtergronddocument bij de SGBP 2022-2027

////////////////////////////////////

INHOUD

1 Beschrijving modellen	5
1.1 Modelketen	5
1.2 NEMO en BAM	5
1.2.1 Aanvoer van N en P uit de landbouw - BAM	6
1.2.2 Processen in NEMO.....	6
1.3 Pegase	8
1.3.1 Hydrologie.....	9
1.3.2 Lozingen	9
1.4 ELMO	11
1.4.1 Habitatgeschiktheid – milieufilter	12
1.4.2 Geografische filter	12
1.4.3 Biologische filter	13
1.4.4 Berekening van de verwachte ecologische toestand.	13
1.5 Hydromorfologische kaart	13
2 Beschrijving scenario's en aannames	16
2.1 Algemene aannames.....	16
2.1.1 NEMO.....	16
2.1.2 Pegase.....	17
2.1.3 ELMO.....	18
2.1.4 Hydromorfologie.....	22
2.2 Reductiedoel	27
2.3 Opbouw scenario beslist beleid	28
2.3.1 Landbouw	28
2.3.2 Saneringsinfrastructuur	32
2.3.3 Industrie.....	32
2.3.4 Depositie	33
2.3.5 Natuurlijke bronnen.....	33
2.3.6 Hydromorfologie.....	33
2.3.7 Macro-invertebraten	33
2.4 Opbouw scenario maatregelenprogramma.....	33
2.4.1 Landbouw	33
2.4.2 Saneringsinfrastructuur	36



2.4.3	Industrie	37
2.4.4	Depositie	37
2.4.5	Natuurlijke bronnen.....	37
2.4.6	Hydromorfologie.....	37
2.4.7	Macro-invertebraten	38
2.5	Opbouw maximaal scenario.....	38
2.5.1	Landbouw	38
2.5.2	Saneringsinfrastructuur	40
2.5.3	Industrie	41
2.5.4	Depositie	41
2.5.5	Natuurlijke bronnen.....	41
2.5.6	Hydromorfologie.....	42
2.5.7	Macro-invertebraten	42
3	Resultaten scenario's	43
3.1	Drukken.....	43
3.1.1	Landbouw	43
3.1.2	Saneringsinfrastructuur	49
3.1.3	Industrie	52
3.2	Waterkwaliteit	54
3.2.1	Algemeen	54
3.2.2	Scenario beslist beleid	55
3.2.3	Scenario maatregelenprogramma	57
3.2.4	Maximaal scenario	59
3.3	Ecologie	61
3.3.1	Algemeen	61
3.3.2	Scenario beslist beleid	66
3.3.3	Scenario maatregelenprogramma	66
3.3.4	Maximaal Scenario.....	67
4	Conclusie.....	69
	bijlage 1 Referenties	71
	bijlage 2 Kaarten gemodelleerde waterkwaliteit & classesprongen	72
	bijlage 3 Lijsten van Tabellen en Figuren	82



LEESWIJZER

Dit achtergronddocument beschrijft de scenario's die doorgerekend werden met verschillende modellen voor de onderbouwing van het stroomgebiedbeheerplan. Een door de VMM beheerde keten van modellen werd gebruikt om verschillende relevante toekomstscenario's te simuleren met betrekking tot de fysisch-chemische en ecologische oppervlaktewaterkwaliteit. De modelketen wordt toegelicht in **Hoofdstuk 1** en bestaat uit volgende modellen:

- BAM (BemestingsAllocatieModel) bepaalt het mestgebruik in Vlaanderen op perceelsniveau;
- NEMO (NutriëntenEmissieMOdel) modelleert de vrachten van stikstof en fosfor vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater;
- Pegase (Planification et Gestion de l'Assainissement de Eaux) modelleert de waterkwaliteit in de waterloop zelf, gebaseerd op de natuurlijke en antropogene emissies in de waterloop;
- ELMO (EcoLogisch MOdel) modelleert de habitatgeschiktheid en verspreiding van macro-invertebraten in de waterlopen op basis van de hydromorfologische en fysisch-chemische kwaliteit.
- Om de acties hydromorfologie te kunnen inschatten is er ook een karteringsoefening gemaakt om een gebiedsdekkende kaart van de hydromorfologische kwaliteit te bouwen.

Met de modelketen werden 3 relevante toekomstscenario's doorgerekend om na te gaan welke effecten bepaalde beleidsmaatregelen hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. De opbouw van de scenario's wordt beschreven in **Hoofdstuk 2**:

- In het scenario beslist beleid wordt een voorspelling gedaan van de waterkwaliteitsverbetering als we geen extra maatregelen nemen en enkel uitvoering geven aan het beslist beleid.
- In het maatregelenprogramma-scenario worden de effecten nagegaan van de maatregelen die opgenomen werden in het maatregelenprogramma (mapro) van het derde stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 (SGBP3).
- Het maximaal scenario omvat een theoretische oefening met een maximum aan maatregelen met het oog op het volledig bereiken van de goede toestand in 2027.

De resultaten van de scenario's met de verschillende modellen worden getoond in **Hoofdstuk 3**.

De conclusies worden weergegeven in **Hoofdstuk 4**.



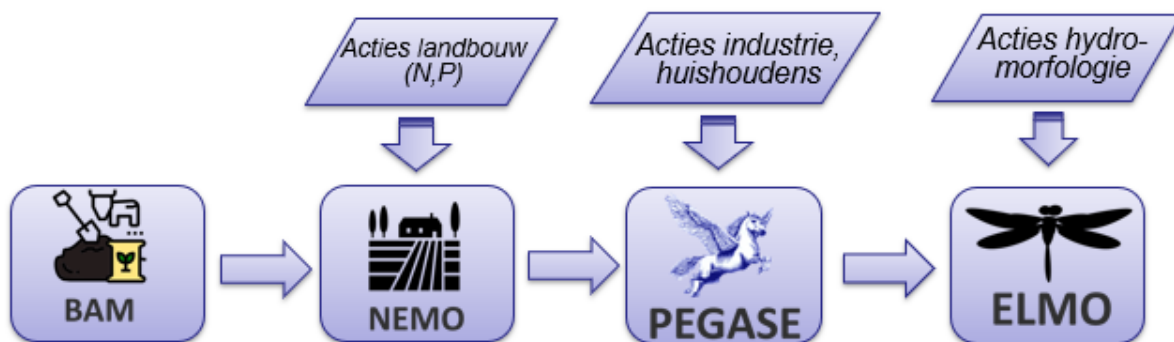
1 BESCHRIJVING MODELLEN

In dit hoofdstuk wordt de werking van de modellen die ingezet werden in de scenario-oefening toegelicht. De modelketen en de link tussen de modellen wordt weergegeven en per model wordt de opbouw en theoretische concepten uitgelegd. De technische aannames van elk model worden ook aangegeven.

Met vragen over de modellen of voor meer informatie kan u terecht op wkl.modelling@vmm.be.

1.1 Modelketen

Voor de evaluatie van de impact van maatregelen op de waterkwaliteit worden diverse modellen ingezet die informatie doorgeven aan elkaar, zoals weergegeven in Figuur 1. Elk van deze modellen brengt informatie bij over een bepaald deelaspect. BAM en NEMO berekenen de vracht van stikstof (N) en fosfor (P) vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater. Pegase gebruikt de vrachten uit NEMO en voegt deze samen met de vrachten van andere sectoren (industrie, huishoudens, ...) om de oppervlaktewaterconcentraties te simuleren. Het ecologische model ELMO, ten slotte, gebruikt oppervlaktewaterconcentraties in combinatie met andere factoren om de habitatgeschiktheid voor en verspreiding van macro-invertebraten in Vlaamse waterlichamen te modelleren. Het geheel van de modellen is de modelketen van waterkwaliteitsmodellen. Elk van deze modellen wordt in de volgende punten verder toegelicht.



Figuur 1: overzicht van de modelketen

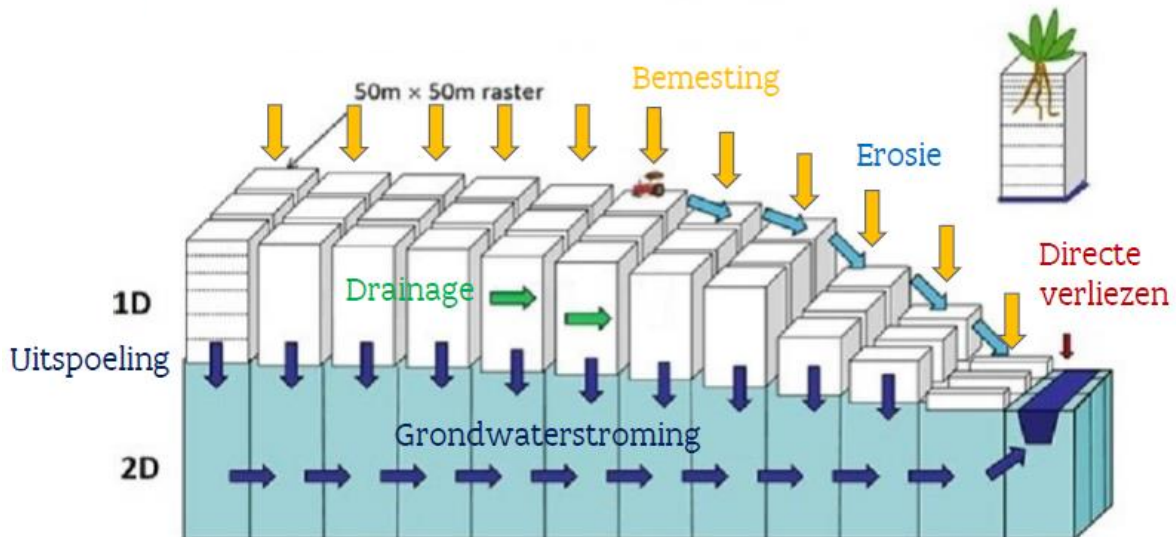
1.2 NEMO en BAM

NEMO is een ruimtelijk gedistribueerd, mechanistisch model dat de verliezen van stikstof en fosfor vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater berekent. NEMO berekent vanuit de bemesting op landbouwpercelen hoe N en P in waterlopen in landbouwgebied terecht komt.

De ruimtelijke resolutie van het model bedraagt standaard 50 m x 50 m. Verder wordt elke rastercel onderverdeeld in een onverzadigde zone en een verzadigde zone. Een schematische weergave van de ruimtelijke opbouw van NEMO wordt weergegeven in Figuur 2.



In de onverzadigde zone worden de processen in het bodemprofiel gesimuleerd, verdeeld in compartimenten met diktes van 10 cm, 30 cm, 50 cm en 100 cm naargelang de diepte. Processen zoals percolatie en uitspoeling worden enkel in verticale zin beschreven (1D). De berekeningen gebeuren apart per rastercel zonder beïnvloeding van naburige rastercellen. Processen in de verzadigde zone en erosieprocessen aan het oppervlak worden tweedimensionaal in horizontale zin beschreven (2D). Voor de doorrekening van de verschillende processen wordt een onderscheid gemaakt tussen trage processen, die doorgerekend worden met een tijdsinterval van een maand, en snelle processen, die doorgerekend worden met een tijdsinterval van een dag.



Figuur 2: schematische weergave van de ruimtelijke opbouw van NEMO

1.2.1 Aanvoer van N en P uit de landbouw - BAM

Vertrekkend van de beschikbare informatie m.b.t. enerzijds de mestproductie, de mesttransporten en de mestopslag op bedrijfsniveau en anderzijds de bemestingsnormen en de teelten op perceelsniveau, maakt het Bemestingsallocatiemodel (BAM) op basis van expertregels een rationele schatting van de hoeveelheid en soort mest die op elk landbouwperceel wordt toegediend evenals het tijdstip van toediening. BAM beschouwt de totale hoeveelheid gebruikte mest per bedrijf en per jaar en wijst deze toe aan de landbouwpercelen van elk bedrijf, rekening houdend met de mestsoort, de teelt en de bemestingsnorm.

1.2.2 Processen in NEMO

1.2.2.1 Directe verliezen

De directe verliezen zoals gemodelleerd in NEMO omvatten de verliezen van meststoffen en nutriënten die rechtstreeks in de waterloop terechtkomen bij de handelingen gerelateerd aan het



opslaan en uitrijden van mest en het weiden van dieren. De directe verliezen worden bepaald aan de hand van het mestgebruik zoals berekend door BAM, verliesfactoren gekoppeld aan bemestingstechnieken en afstandsregels op landbouwpercelen gelegen langs de waterlopen.

1.2.2.2 Processen in de onverzadigde zone

Waterprocessen:

- Oppervlakkige afvoer: de SCS Curve Number-methode wordt gebruikt om de ratio tussen infiltratie en afvoer te bepalen. De neerslag bestemd als infiltratie wordt toegevoegd aan de bodemcompartimenten. De oppervlakkige afvoer wordt toegekend aan het debiet in de waterlopen;
- Evaporatie wordt berekend vanuit de bovenste 10 cm van de bodem op basis van een coëfficiënt en de fractie van de bodem die niet bedekt is. Transpiratie wordt berekend op basis van een coëfficiënt en het groeistadium van het gewas. Wateropname door de plant wordt ook berekend uit de wortelzone. Groei van de plant hangt niet af van waterbeschikbaarheid en wordt volgens een vast groeipatroon gesimuleerd;
- Percolatie treedt op vanaf veldcapaciteit en neemt exponentieel toe tot aan verzadiging (“kantelbakmodel”). Percolatie wordt bepaald door een coëfficiënt die afhangt van de verzadigde hydraulische conductiviteit.

Erosie- en sedimentprocessen:

- Bodemerosie door oppervlakkige afstroming wordt berekend m.b.v. een gemodificeerde RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) vergelijking voor Vlaanderen zoals toegepast in het Water/Sedem-model (Water & tillage erosion model/Sediment delivery model). Erosiemateriaal wordt afwaarts getransporteerd. Indien de transportcapaciteit van cellen overschreden wordt, treedt sedimentatie op. De hoeveelheid sediment die getransporteerd wordt tot aan de waterlopen wordt bepaald.

Nutriëntenprocessen:

- Op basis van sedimentberekeningen en het gehalte organische N en P en gebonden P in de toplaag van de bodem wordt de afvoer van deze nutriënten via erosie bepaald;
- N- en P-opname door planten wordt gesimuleerd door passieve en actieve opname op basis van opnamecoëfficiënten per gewas en beschikbaarheid van N en P in de bodem. Voor P is zowel opname van opgeloste als geadsorbeerde P mogelijk. Groei van de plant zelf hangt niet af van nutriëntenbeschikbaarheid of weersomstandigheden en wordt volgens een vast groeipatroon gesimuleerd;



- Mineralisatie en immobilisatie van N en P: voor de C-dynamiek in de bouwvoor worden 5 fracties onderscheiden: snel afbreekbaar vers organisch materiaal, resistent organisch materiaal, microbiële biomassafractie (BIO), gehumificeerde organische stof fractie (HUM) en inerte organische stof. De fracties worden omgezet naar BIO, HUM en CO₂ afhankelijk van temperatuur, bodemvochtgehalte en begroeiingsgraad. N en P worden berekend op basis van de C:N en C:P verhoudingen van de verschillende fracties;
- Nitraat- en fosfaatuitspoeling uit de wortelzone wordt berekend op basis van een “mixing cell”-algoritme waarbij in elk bodemcompartiment de percolatie vermenigvuldigd wordt met de nutriëntconcentratie tot aan de grondwatertafel. De hoeveelheid fosfaat in oplossing wordt bepaald door de Langmuir adsorptie-isotherm voor zure zandgronden;
- Denitrificatie wordt berekend als een 1e orde reactie voor de bouwvoorzone op basis van nitraatgehalte, vochtgehalte, temperatuur en kleigehalte.

1.2.2.3 Processen in de verzadigde zone

Waterprocessen:

- Grondwaterstroming verloopt in het model als een dagelijkse 2D stroming van cel naar cel op basis van transmissiviteit van de ondergrond. Voor bepaling van drainage wordt een vaste drainagediepte verondersteld. Indien de grondwaterstand stijgt tot boven de drainagediepte, wordt het teveel toegevoegd aan de drainageafvoer naar de waterlopen.

Nutriëntenprocessen:

- Nitraat- en fosfaatconcentraties in het drainagewater worden bepaald op basis van de concentratie in het grondwater en de concentratie in het percolerend bodemwater;
- Nitraattransport naar het grondwater wordt berekend op basis van de nitraatpercolatie van de onverzadigde zone en gecorrigeerd met de nitraatfluxen ten gevolge van schommelingen in de grondwatertafel. Denitrificatie in het grondwater wordt beschreven volgens een eerste-orde kinetiek;
- Fosfaattransport in het grondwater: het model gaat uit van constante fosfaatconcentraties in het grondwater, geëxtrapoleerd uit grondwatermetingen, die worden ingelezen door het model. Geen bijkomende processen worden beschouwd.

1.3 Pegase

Pegase is een deterministisch model dat gebruikt wordt om de waterkwaliteit in rivier- en kanaaltrajecten doorheen de tijd te bepalen, met de focus op de nutriënten en zuurstofhuishouding. Hiervoor maakt het model gebruik van gegevens over de hydrologische toestand van het riviernetwerk enerzijds en informatie omtrent toevoer van antropogene en natuurlijke stoffen anderzijds. Op basis van die inputgegevens berekent Pegase de waterkwaliteit aan de hand van een set differentiaalvergelijkingen, en dit voor elk tijdstip en elke locatie in de gemodelleerde waterlopen. Andere factoren die hierbij in rekening gebracht worden, zijn bijvoorbeeld de watertemperatuur en



zoninstraling, aangezien deze een belangrijke invloed hebben op de biologische en fysisch-chemische processen in de waterkolom.

In Pegase worden verschillende biologische processen gemodelleerd. De stoffen en de energie die door het aquatisch ecosysteem stromen, worden immers gebruikt door verschillende organismen in het water. Die biologische processen vormen de basis voor het zelfreinigend vermogen van een waterloop en bepalen dus de concentraties aan organische materie, stikstof, fosfor en zuurstof.

Vooraleer kan overgegaan worden tot het modelleren van de waterkwaliteit, dient het rivierennetwerk gedigitaliseerd te worden. Hierbij worden verschillende parameters mee in rekening gebracht zoals de lengte, breedte, stroomrichting, landgebruik en reliëf rond de waterloop. Het resultaat is een quasi Vlaanderendekkend netwerk van lijnsegmenten van circa 200m lengte.

1.3.1 Hydrologie

Eens het digitale rivierennetwerk beschikbaar is, wordt bepaald hoeveel water doorheen de rivieren stroomt, aangezien de kwaliteit onlosmakelijk verbonden is met de kwantiteit. De debieten in Pegase worden bepaald door een ruimtelijke interpolatie van daggemiddelde debietsmetingen, die verzameld worden in een honderzestigtal meetstations in Vlaanderen. Aangezien Pegase nood heeft aan ononderbroken inputdebieten, maar niet alle meetstations doorheen de jaren continu in bedrijf zijn geweest, wordt op basis van beschikbaarheid en ligging per gemodelleerd jaar een selectie gemaakt van de te gebruiken debietmeetreeksen. Deze selectieprocedure leidde tot minstens een vijftigtal gebruikte debietmeetreeksen per gemodelleerd jaar.

Deze meetreeksen zijn slechts representatief voor de locatie van het meetstation. Pegase interpoleert deze rekening houdend met eventuele puntbronlozingen en de grootte en reliëf van het afstroomgebied. Het resultaat van deze interpolatie is een debiet per waterloopsegment van circa 200m en dit voor het volledige gemodelleerde rivierennetwerk.

1.3.2 Lozingen

Na de debieten is de informatie omtrent de lozingsbronnen een belangrijk luik voor het model. Meer specifiek wordt Pegase gevoed met input aangaande de lozingen afkomstig van landbouw, huishoudens, industrie en rioolwaterzuiveringsinstallaties en de natuurlijke achtergrondconcentraties.

1.3.2.1 Lozingen afkomstig van de landbouw

De bijdrage van de landbouw is in Pegase van diffuse oorsprong en wordt berekend in het NEMO-model. Per maand en per afstroomzone worden de NEMO-vrachten van de verschillende koolstof-, stikstof- en fosforfracties bij de voorverwerking in Pegase gecombineerd met de door Pegase berekende specifieke debieten van elke afstroomzone.



1.3.2.2 Huishoudelijke lozingen

Anders dan bij de landbouwlozingen, wordt de huishoudelijke lozingsvracht in Pegase niet gespreid over een gebied, maar komt deze op een specifiek punt in de waterloop. Voor huishoudens wordt er onderscheid gemaakt tussen punt- en disperse lozingen, waarbij telkens nog verder onderverdeeld wordt naargelang de (toekomstige) vorm van zuivering.

De puntlozingen zijn enerzijds lozingen die via een rioleringsstelsel naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) gevoerd worden (zie 1.3.2.4). Anderzijds zijn er de huishoudens die aangesloten zijn op een riool die ongezuiverd loost op een waterloop.

De disperse lozingen worden verder onderverdeeld in drie categorieën:

- huishoudens die nog aangesloten moeten worden op het rioolstelsel;
- huishoudens met een individuele behandelingsinstallatie voor afvalwater (IBA);
- huishoudens waarvoor in de toekomst nog een IBA nodig is.

De basisdata van deze disperse lozingen zijn beschikbaar op niveau van adressen, maar worden in Pegase geaggregeerd tot op niveau van het afstroomgebied van een VHA-segment. De som van de betreffende vrachten komt bijgevolg als één puntlozing in de waterloop. Bij disperse lozingen wordt enkel aan de lozingen met een IBA in Pegase een zuiveringsrendement toegekend.

1.3.2.3 Industriële lozingen

Net zoals bij de huishoudelijke lozingen wordt bij de industriële lozingen verder onderscheid gemaakt op basis van de lozingssituatie. Een deel van de industriële lozingen wordt getransporteerd naar een RWZI (zie 1.3.2.4), terwijl een ander deel via een uitlaat op een gekende locatie rechtstreeks op een waterloop loost. De meeste grotere lozingen vallen onder één van deze bovenstaande categorieën, en daarvoor zijn de concentraties bemeten. Voor de kleinere, meestal niet-bemeten, lozingen worden inschattingen van de lozingen opgeteld per afstroomgebied; deze vrachtsom wordt als één enkele puntlozing beschouwd.

1.3.2.4 Lozingen afkomstig van rioolwaterzuiveringsinstallaties

Een belangrijk aandeel van zowel de huishoudelijke als industriële lozingen wordt verzameld in een RWZI. Op deze locaties worden dan ook zeer grote vrachten verzameld, die gezuiverd worden alvorens in het oppervlaktewater geloosd te worden. Het zuiveringsrendement dat toegekend wordt, verschilt per RWZI. Waar beschikbaar wordt het rendement berekend op basis van influent- & effluentmetingen. Indien niet beschikbaar wordt een standaardrendement toegekend, dat varieert naargelang de ontwerpcapaciteit en het type zuivering dat wordt toegepast in de betreffende RWZI.

1.3.2.5 Andere bronnen

Naast al deze expliciet ingegeven antropogene lozingsbronnen, brengt Pegase ook meer diffuse lozingen vanuit bijvoorbeeld bos- en natuurgebieden of vanaf bebouwde oppervlakte mee in rekening.



Op basis van het landgebruik zal Pegase met behulp van een aantal uitlogingsfuncties ook deze lozingsbronnen in rekening brengen.

1.4 ELMO

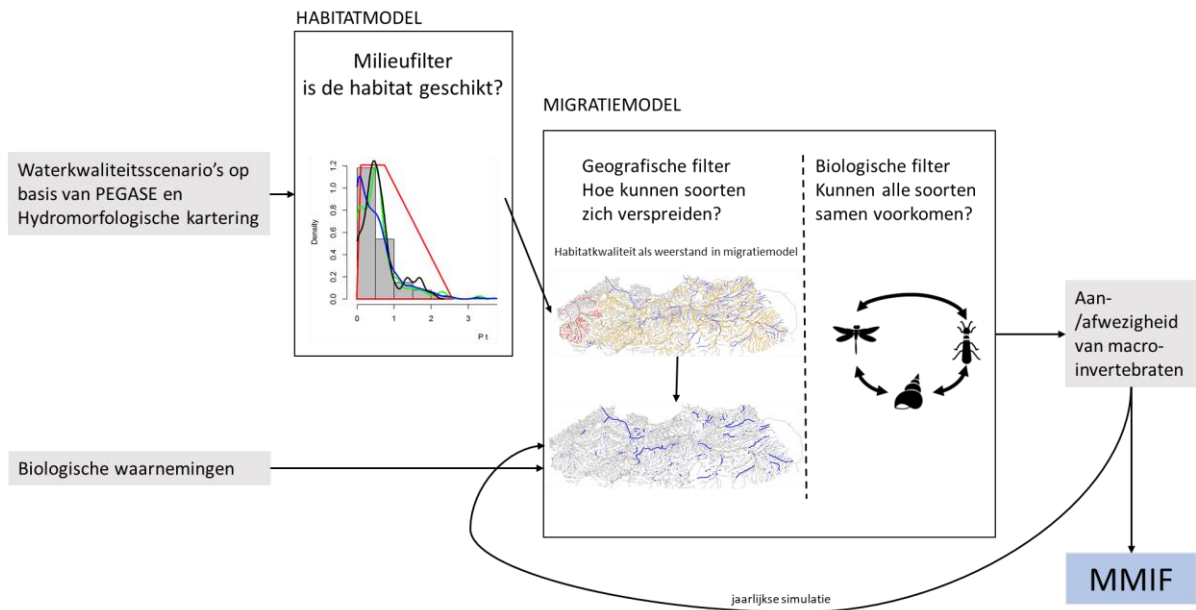
ELMO modelleert de habitatgeschiktheid voor en verspreiding van macro-invertebraten in Vlaamse waterlichamen. In dit model wordt gebruik gemaakt van *gestapelde soortenverspreidingsmodellen* (Figuur 3). Dit zijn modellen die beschrijven welke habitat een soort nodig heeft, en hoe een soort zich doorheen het waterloppennetwerk verspreidt. Hiervoor maakt ELMO gebruik van het *Spatially Explicit Species Assemblage Modelling* (SESAM)-raamwerk (Guisan en Rahbek, 2011). In dit raamwerk wordt op basis van 3 elementen bepaald of een soort aanwezig kan zijn op een bepaalde plaats. Hierbij wordt nagegaan:

- of de waterloop een geschikte habitat voor de soort heeft;
- of de soort aanwezig is in andere waterlopen in de buurt van de gemodelleerde waterloop en in deze waterloop kan geraken;
- of er andere soorten aanwezig zijn in de waterloop waarmee de gemodelleerde soort niet samen kan voorkomen.

Deze voorwaarden zijn opgenomen in het model als 3 filters: de milieufilter, de geografische filter en de biologische filter (Figuur 3). Een soort kan volgens SESAM pas aanwezig zijn als die volgens alle 3 filters aanwezig kan zijn.

Het model kan zowel dienen om te verklaren waarom de huidige toestand afwijkt van de goede ecologische toestand, als om te berekenen wat de verwachte ecologische toestand zal zijn op basis van een scenario. In wat volgt wordt de voorspellende modus beschreven. In de voorspellende modus is ELMO een spatiotemporeel expliciet model, waarbij voor elk waterlichaam en elk jaar een inschatting gemaakt wordt van de evolutie van de macro-invertebratengemeenschap en de bijhorende ecologische toestand (Figuur 3). De simulatie neemt de resultaten van de simulatie van het voorgaande jaar mee als input.





Figuur 3: ELMO maakt gebruik van 3 filters om de verspreiding van macro-invertebraten te modelleren. Deze gestapelde soortenverspreidingsmodellen zijn gebaseerd op het Spatially Explicit Species Assemblage Modelling (SESAM)-raamwerk (Guisan en Rahbek, 2011).

1.4.1 Habitatgeschiktheid – milieufilter

De milieufilter wordt in ELMO gemodelleerd met habitatgeschiktheidsmodellen. Voor de gemodelleerde soorten wordt langsheen het waterlopen-netwerk de habitatgeschiktheid (Habitat Suitability Index of HSI) bepaald op basis van de fysisch-chemische toestand en hydromorfologische toestand van het gemodelleerde segment. De habitatgeschiktheid wordt hiervoor in een eerste stap berekend per individuele abiotische variabele op basis van een geschiktheidscurve per soort en per parameter. Deze curves beschrijven de ecologische niche van de soort en zijn gebaseerd op Vlaamse data (aan- en afwezigheid van soorten bij de bestaande waterkwaliteitstoestand), alsook op de Nederlandse gegevens uit de Limnodata-databank (Knoben en Peeters 1997, Stowa 2007). De habitatscore voor het waterloopsegment voor deze soort is dan het harmonisch gemiddelde van alle habitatscores per parameter op die locatie. De habitat van een waterloopsegment is geschikt voor een bepaalde soort als ze een soortspecifieke drempelwaarde overschrijdt.

1.4.2 Geografische filter

Voor elke locatie waarvan de habitat geschikt is bevonden voor deze soort, wordt dan bepaald of deze soort er ook naartoe kan migreren vanuit de bronpopulatie bij de start van de simulatie of van het voorgaande gesimuleerde jaar. Hiervoor wordt de migratie van soorten langsheen het waterloopenetwerk en over land gemodelleerd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen soorten die enkel in het water leven (bv. weekdieren), en soorten die ook een levensfase op het land hebben (bv. vliegende insecten). Voor de eerste groep wordt enkel migratie langsheen het waterloopenetwerk



beschouwd, voor de tweede groep komt daar ook migratie over land bij. Voor beide migratieroutes wordt de geschiktheid van de route in beschouwing genomen als een frictie of weerstand op de route. Zo zal in een waterloop met een lagere habitatgeschiktheid, de migratie trager verlopen, net zoals er meer frictie zal zijn voor vliegende insecten in stedelijk gebied.

1.4.3 Biologische filter

Voor de biologische filter wordt een functie gebruikt die de draagkracht van een locatie benadert op basis van de gemiddelde habitatgeschiktheid van alle gemodelleerde soorten die aanwezig kunnen zijn volgens de milieu- en geografische filter. Zo wordt een maximum aantal soorten X bepaald dat hier aanwezig kan zijn (bij een gemiddeld betere habitatkwaliteit, kunnen meer soorten voorkomen). De soorten worden gerangschikt volgens hun habitatgeschiktheid op die locatie. Enkel de X soorten met de hoogste geschiktheid die ook op deze locatie kunnen raken worden als aanwezig gesimuleerd in dat jaar.

1.4.4 Berekening van de verwachte ecologische toestand.

Op basis van de gesimuleerde gemeenschap op elke meetplaats wordt dan de Multimetric Index Flanders (MMIF) berekend.

1.5 Hydromorfologische kaart

Om een inschatting te maken van effecten van hydromorfologische acties in scenario's, is er een karteringsoefening gebeurd waarbij een gebiedsdekkende kaart van de hydromorfologische kwaliteit is ontwikkeld. Deze kaart is een combinatie van gegevens uit het meetnet hydromorfologie en gegevens uit een desktopanalyse van kaartmateriaal. De gegevens uit het meetnet hydromorfologie volstaan om een globaal beeld van de hydromorfologische kwaliteit van een waterlichaam te beoordelen, maar de ruimtelijke resolutie ervan is niet voldoende om de data als input in het ecologische model te gebruiken. Daarnaast zijn acties uit het maatregelenprogramma ook niet steeds gelokaliseerd op de bemeten trajecten, wat de inschatting van de effecten ervan bemoeilijkt. Daarom is er werk gemaakt van een gebiedsdekkende kartering voor Vlaamse en lokale 1^e orde waterlichamen. De doelstelling was om voor alle waterlopen in Vlaanderen een beeld te hebben van de Ecologische Kwaliteitscoëfficiënt (EKC) hydromorfologie en de 7 deelmaatlaten. Hiervoor is een inventarisatie gemaakt van de verschillende databronnen die kunnen bijdragen aan een inschatting van de globale hydromorfologische toestand (m.n. geografische data over bv. bodemgebruik, Digitaal Hoogtemodel, ...). Voor elke hydromorfologische variabele is een methodologie opgesteld om deze gebiedsdekkend te karteren. Er zijn 3 verschillende methodologieën gebruikt om tot een globale kartering te komen:

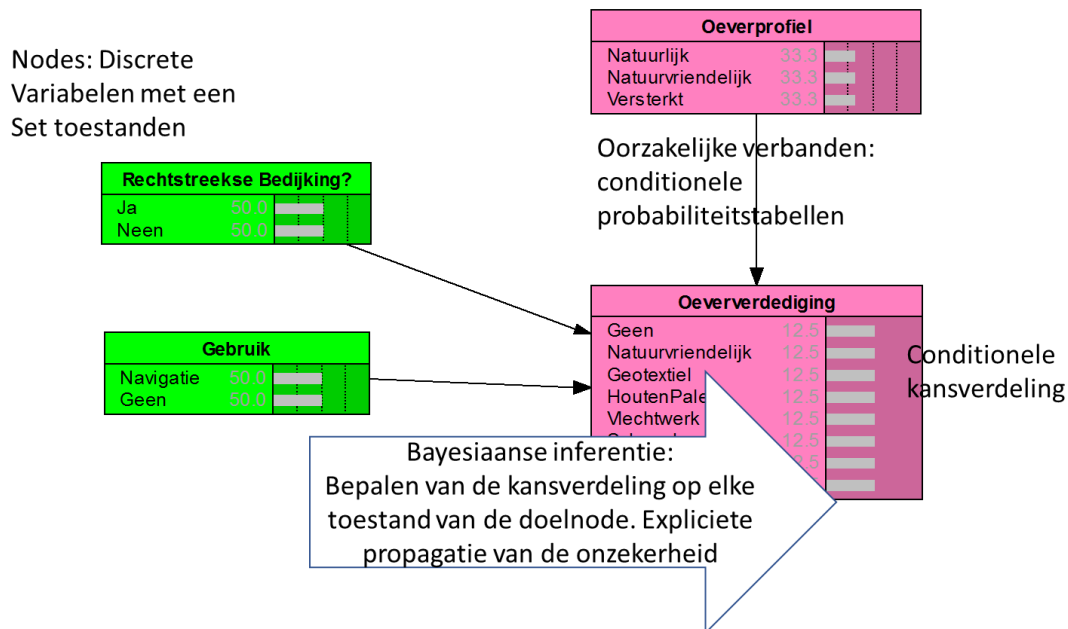
- GIS-analyse op bestaande kaartgegevens
- Analyse van de LiDAR-data die de basis vormen voor het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II om water- en oevervlakken af te lijnen en bijkomend informatie te verkrijgen over de hellingsgraad van het talud van de oever



- Probabilistische berekening van de waarde van een hydromorfologische variabele aan de hand van 'Bayesian Belief Networks'

Een Bayesian Belief Network (BBN) is een probabilistische berekeningsmethode die bestaat uit twee elementen: 1) een unidirectioneel netwerk (of *directed acyclical graph*) getekend met knopen (variabelen) en pijlen (invloedsrelaties) en 2) conditionele kansverdelingen die de relaties tussen de variabelen (knopen in het netwerk) kwantificeren. Elke knoop heeft een titel, een aantal toestanden en een conditionele kansverdeling (Bayes' theorem) over de toestanden. Toestanden zijn discrete klassen of categorieën die de knopen kunnen aannemen, bv. de verschillende types oeverprofielen. De kansverdeling is voorwaardelijk op de toestand van de knopen die er direct mee in relatie staan. De relaties tussen de knopen worden bepaald aan de hand van expertkennis en data-analyse.

BBNs hebben verschillende voordelen. Ze kunnen omgaan met gegevens uit verschillende bronnen, met een verschillende gegevenskwaliteit. Ook ontbrekende gegevens zijn geen probleem, omdat deze data in het netwerk dan ingeschat worden door de opgebouwde conditionele kansverdelingen. Een BBN kan ook omgaan met latente of verborgen variabelen: variabelen die we niet kunnen meten, maar die wel helpen om het netwerk te definiëren. Als de toestand van alle knopen bekend is, is het netwerk volledig gedefinieerd en is de berekening exact, als bepaalde data ontbreken kan er op basis van de bayesiaanse inferentie (het doorrekenen van de kansverdeling van de toestanden in alle knopen op basis van de conditionele kansverdelingen) een inschatting gemaakt worden van de ontbrekende gegevens (Figuur 4).



Figuur 4: voorbeeld van een Bayesian Belief Network (BBN) om de variabele oeververdediging in te schatten



Om de hydromorfologische deelmaatlatten in te schatten worden netwerken gebouwd die gegevens uit het meetnet hydromorfologie combineren met data uit GIS-analyses over de omgeving van de waterloop (ligt de waterloop in de stad, staan er bomen op de oever) en data uit het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II (wat is de exacte aflijning van het watervlak, wat is de helling van de oever, zijn er langsheen de waterloop knikpunten in het landschap die mogelijk wijzen op bedijking, ...). De uitwerking van de verschillende netwerken staat beschreven in 2.1.4.



2 BESCHRIJVING SCENARIO'S EN AANNAMES

2.1 Algemene aannames

In onderstaande paragrafen wordt per model beschreven welke algemene keuzes en aannames gehanteerd werden voor de opbouw van de scenario's. Deze aannames zijn nodig om op een onderbouwde manier voorspellingen te doen over de oppervlaktewaterkwaliteit in Vlaanderen in het jaar 2027.

2.1.1 NEMO

Op basis van de beschikbare gegevens werden de jaren 2010-2018 als referentieperiode gesimuleerd. Vervolgens loopt de gesimuleerde periode voor dit scenario van 2019 tot en met 2027. De gesimuleerde vrachten in 2027 werden vervolgens vergeleken met de gesimuleerde vrachten in het referentiejaar 2017. De keuze voor het referentiejaar 2017 is een noodzakelijke voorwaarde voor koppeling met Pegase.

De gesimuleerde scenarioperiode 2019-2027 wordt als volgt opgebouwd:

- weersgegevens: op basis van de beschikbare data werden 3 normale jaren geselecteerd uit de periode 2000-2017. De jaren 2006, 2008 en 2010 werden geselecteerd op basis van jaarlijkse neerslag, gemiddelde dagtemperatuur en aantal neerslagdagen. Deze drie jaren werden vervolgens willekeurig verdeeld over de periode 2019-2024. Gezien de grote invloed van debieten op de nutriëntenvrachten en gezien de vrachten in 2027 vergeleken worden met de vrachten in 2017 was het belangrijk dat de debieten in 2027 overeenkomen met de debieten in 2017. Om deze redenen werden voor de jaren 2025-2026-2027 dezelfde meteogegevens gebruikt als voor 2015-2016-2017, m.n. om gelijke gesimuleerde debieten te bekomen en een correcte vergelijking van de nutriëntenvrachten toe te laten;
- teelten: de teelten voor 2019-2022 en 2023-2026 worden ingeschat door de gekende teeltgegevens voor 2015-2018 tweemaal te herhalen. Om de teeltrotaties zo veel mogelijk te respecteren wordt er gekozen om de teelten van de jaren 2015-2018 te herhalen in dezelfde volgorde. Voor het jaar 2027 worden de teelten van 2017 gebruikt om een correcte vergelijking van de nutriëntenvrachten toe te laten;
- mestgebruik: dit is gekoppeld aan de teelten en het mestgebruik wordt dus op dezelfde manier ingeschat door het mestgebruik van 2015-2018 tweemaal in volgorde te herhalen. Voor het jaar 2027 wordt het mestgebruik van 2017 gebruikt om een correcte vergelijking van de nutriëntenvrachten toe te laten.

Vertrekkende van deze basis werden in de simulatieperiode, afhankelijk van het beschouwde scenario, maatregelen met betrekking tot het mestbeleid, erosiebestrijding, afstandsregels tot de waterlopen en vermestende depositie toegepast.



2.1.2 Pegase

In Pegase worden enkel het referentiejaar, 2017, en het laatste jaar van de cyclus, 2027, doorgerekend. In de simulatie voor dit laatste jaartal zijn dan naargelang het scenario verschillende maatregelen geïmplementeerd, waarbij de hydrologische toestand van 2017 behouden is.

Qua debieten wordt voor beide jaren vertrokken van de concept 'specifieke debieten' van het referentiejaar 2017. Dit zijn maandelijks variërende debieten per oppervlakte-eenheid, die constant zijn binnen een afstroomzone, maar specifiek per afstroomzone. Ze worden automatisch door Pegase berekend tijdens de interpolatie van de debieten. Door deze methode te gebruiken, zijn variaties in debieten tussen het referentiejaar 2017 en het scenariojaar 2027 louter toe te wijzen aan veranderingen in de lozingen, waardoor louter de impact van de uitgevoerde maatregelen naar voor komt.

Voor de lozingen afkomstig van de landbouw worden de scenarioresultaten van NEMO gebruikt, terwijl voor huishoudelijke lozingen het voornamelijk gaat om het verder aansluiten van huishoudens op de saneringsinfrastructuur of het verhogen van zuiveringsrendementen door optimalisaties. Wijzigingen in de overstortwerking liggen buiten scope, aangezien de beschikbare data hieromtrent ontoereikend zijn om mee te nemen in Pegase.

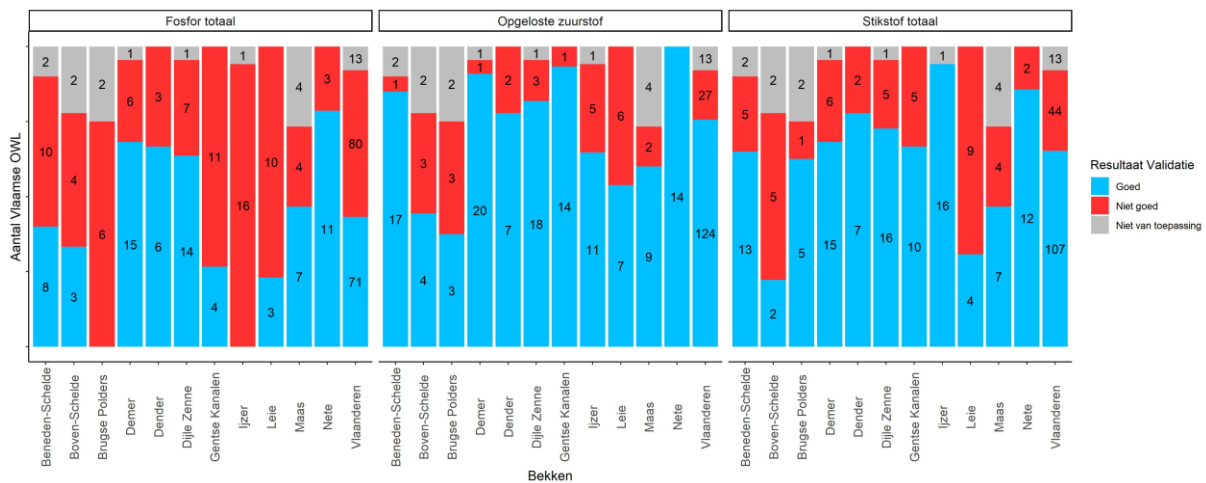
In Vlaanderen maken een belangrijk deel van de waterlopen deel uit van een grensoverschrijdend riviersysteem (IJzer, Leie, Schelde, Dender, Zenne, Dijle, Maas, ...). Daardoor hangt een correcte modellering op die rivieren ook sterk af van de stroomopwaartse voorwaarden. Voor deze grensvoorwaarden ontving Vlaanderen modeloutput voor het referentiejaar 2017 van de bevoegde autoriteiten in Wallonië en Frankrijk, die ook gebruik maken van het Pegase-model. De lozingsdata van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zijn mee opgenomen in het Vlaamse deel van het Pegase-model. Aangezien enkel maatregelen kunnen geïmplementeerd worden op Vlaams grondgebied, werd voor de scenarioberekeningen in deze fase uitgegaan van een ongewijzigde stroomopwaartse waterkwaliteit.

De voor 2017 gemodelleerde waterkwaliteit stemt – gelet op het breed beschouwde rivierenennetwerk, en de beschikbare data – niet overal even goed overeen met de in 2017 gemeten kwaliteit. Op waterlichamen waarbij de gemodelleerde waterkwaliteit significant afwijkend is van de gemeten waterkwaliteit, heeft het bekijken van de impact van maatregelen maar beperkt nut, aangezien de basislijn al niet correct ligt. Daarom worden verderop in dit document, bij de bespreking van de resultaten van de scenario's, enkel de waterlichamen waarvan de validatie goed was in beschouwing genomen. Voor deze validatie per Vlaams waterlichaam werden zowel longitudinale als temporele grafieken, waarbij metingen uit het operationeel meetnet voor de KRW tegenover gemodelleerde waarden geplaatst worden, geanalyseerd. Daarnaast werden ook gemiddelde concentraties ter hoogte van de meetpunten en debietgewogen gemiddelde concentraties over het hele waterlichaam vergeleken. De beschouwde parameters zijn totaal stikstof (Nt), totaal fosfor (Pt) en opgeloste zuurstof (O₂), overeenkomstig de gidsparameters die gerapporteerd worden i.f.v. de KRW. De overige door Pegase gesimuleerde parameters werden zowel bij de validatie als bij de resultaten buiten



beschouwing gehouden.

Het resultaat van deze validatie per bekken wordt grafisch weergegeven in Figuur 5, waaruit duidelijk blijkt dat Pegase goed scoort voor totaal stikstof (70 % goed) en opgeloste zuurstof (82 % goed). Voor totaal fosfor is de validatie minder goed (47 % goed) met 2 bekken waar geen enkel Vlaams oppervlaktewaterlichaam goed valideert. Op het totaal van 165 Vlaamse waterlichamen die al in Pegase opgenomen zijn, zijn er ook 14 waarvan het niet mogelijk is om de kwaliteit correct te modelleren en deze zijn bijgevolg buiten beschouwing gelaten bij deze validatie. Het gaat dan typisch om havengeulen of -dokken of rivieren die grensvormend zijn, waardoor slechts de helft van de lozingen op Vlaams grondgebied gelegen zijn. Om in laatstgenoemde situaties tot een goede simulatie te komen, is nog een veel verder doorgedreven uitwisseling van inputgegevens met de bovenstroomse landen/regio's nodig.



Figuur 5: resultaten van de validatie van de Pegaseresultaten in het referentiejaar 2017

2.1.3 ELMO

In ELMO wordt telkens de periode tussen 2015 en 2045 gesimuleerd. In deze tijdsperiode worden afhankelijk van het te testen scenario op verschillende momenten verschillende scenario's als invoer beschouwd. Zo zal voor het business as usual scenario de waterkwaliteit zoals gemodelleerd door Pegase volgens het referentiescenario gelden tot 2026, en tussen 2027 de waterkwaliteit volgens het beslist beleid-scenario. Per scenario wordt hieronder aangegeven hoe de tijdsperiode is opgebroken. De lange simulatieperiode dient enerzijds om bij de start van de simulatie het model op te warmen gedurende 2 jaar, om de bestaande bronpopulaties goed in kaart te brengen, en anderzijds om ook het effect van natuurlijk herstel (herstel door migratie van populaties nadat een bepaalde waterkwaliteit gerealiseerd is) in kaart te brengen. Door de opwarming worden de puntwaarnemingen van soortengemeenschappen vertaald naar gemeenschappen langsheen de waterloop. Als startpunt in 2015 worden de populaties gemeten in de meetcyclus 2013-2015 beschouwd. Als referentiescenario geldt telkens het resultaat van de simulatie in 2017.

Het habitatgeschiktheidsmodel bestaat uit verschillende univariate curves die geaggregeerd worden met een harmonisch gemiddelde. Per stuurvariabele en per soort zijn univariate



habitatgeschiktheidsindices (HSI) opgesteld. Een HSI is een index die aangeeft hoe geschikt een habitat is voor een bepaalde soort en heeft een waarde tussen 0 en 1. Voor de habitatgeschiktheidscurves wordt de basisveronderstelling gehanteerd dat soorten een unimodale respons vertonen ten opzichte van milieuvariabelen. Ter vereenvoudiging is in de modellering de typische gaussiaanse curve vervangen door een trapezoïde curve. De curves zijn opgebouwd aan de hand van datagedreven analyses en op basis van bestaande kennis uit literatuur, voorgaande studies en andere modellen. Voor een gedetailleerde uitwerking hiervan verwijzen we naar Bennetsen et al. (2016).

Als input voor de scenario's in ELMO wordt gebruikgemaakt van de output van het Pegase-model per scenario, alsook van de hydromorfologische kartering en adaptaties daarop in functie van de scenario's hydromorfologie. Voor waterlichamen waarvoor geen data uit de hydromorfologische kartering of Pegase beschikbaar zijn, wordt in de invoer gebruikgemaakt van de meest recente beoordeling voor elke parameter voor dat waterlichaam. Deze invoer wordt meegenomen doorheen alle scenario's. Deze waterlichamen vertonen dus geen evolutie in de scenario's en worden niet gerapporteerd. De meetwaarden worden gebruikt om wel de impact van de waterkwaliteit in deze waterlichamen op het natuurlijk herstel in gesimuleerde waterlichamen te kunnen inschatten. Waar geen metingen beschikbaar waren of waar een bepaalde variabele ontbreekt in de metingen is een HSI-waarde van 0,5 opgegeven, opdat dat traject in het waterloppennetwerk steeds passeerbaar zou blijven. ELMO simuleert de migratie van macro-invertebraten in Vlaamse en lokale waterlichamen. Deze laatste zijn mee in beschouwing genomen om een betere inschatting te krijgen van de werkelijke toestand, aangezien er belangrijke bronpopulaties op de kleinere waterlichamen kunnen zitten voor de Vlaamse waterlichamen. Simulaties worden wel enkel gerapporteerd op Vlaamse waterlichamen.

ELMO modelleert voor 52 soorten de verspreiding doorheen de Vlaamse waterlichamen op basis van habitatcurves voor 13 variabelen. Deze inputvariabelen zijn het resultaat van een variabelenselectie waarbij de habitatgeschiktheidsmodellering is geoptimaliseerd om een zo goed mogelijke fit te hebben met de aan- en afwezigheidsdata van macro-invertebraten. De geselecteerde variabelen zijn: temperatuur, zuurstofconcentratie, totaal fosfor concentratie, chemisch zuurstofverbruik, nitraatstikstof concentratie, longitudinale connectiviteit van het waterlichaam, overhangende vegetatie op het traject, deelmaatlat stroming op het waterlichaam, hydromorfologische EKC van het traject, stromingsvariatie op het traject, aandeel inbuizing van het traject, laterale connectiviteit van het waterlichaam, hydromorfologische EKC van het waterlichaam.

Om tot een uitspraak over de habitatkwaliteit voor elke soort op elke locatie te komen, worden in het habitatgeschiktheidsmodel de verschillende HSI-waarden per soort geaggregeerd tot 1 HSI-waarde. Indien de HSI op basis van minstens 1 variabele 0 is, wordt de globale HSI voor deze soort op 0 gezet. Anders wordt een harmonisch gemiddelde berekend van de verschillende individuele HSI-waarden. Voor elke soort is ook een drempelwaarde bepaald van de globale HSI, waaronder deze soort niet aanwezig kan zijn in een waterlichaam. Een soort kan zich wel verspreiden langs een locatie met een HSI onder deze drempelwaarde, maar kan er zich niet vestigen.

Het migratiemodel combineert alle filters om de verspreiding van macro-invertebraten te simuleren. Hierbij gelden volgende aannames:



- Er wordt in de populaties een onderscheid gemaakt tussen “sources” en “sinks”. Sources zijn bestendige populaties, die potentieel ook als een bronpopulatie voor dispersie kunnen gelden. Sinks zijn populaties waar soorten aanwezig zijn, maar die (nog) niet gelden als bronpopulatie voor dispersie. De toestand uit het meetnet waarmee het model start wordt volledig als source aanzien. Aangezien het model expliciet in de tijd de evolutie van gemeenschappen simuleert, komen er elk jaar nieuwe populaties op nieuwe locaties bij. Deze nieuwe populaties worden pas aanzien als een source in het tweede jaar dat ze aanwezig zijn op die locatie. Indien ze nog geen twee jaar aanwezig zijn, zijn het sinks.
- Het waterloppennetwerk is vereenvoudigd in een graaf. Dit is een netwerk waarbij locaties als knopen worden omschreven, en de verbinding tussen de knopen als kanten. Elk waterloopsegment is dus een combinatie van knopen en kanten. Het netwerk wordt ook uitgebreid met een graaf die de mogelijke migratie over land voorstelt. Deze graaf is opgebouwd uit de verbindingen tussen het waterloppennetwerk en geschikte habitats voor invertebraten (waterelementen in het landschap en natte habitats). Dit laat toe om de verspreiding over land voor invertebraten met een terrestrisch stadium mee te nemen in de modellering. De landgraaf is een vereenvoudiging van alle mogelijke connecties, en stelt de mogelijke paden voor tussen de centroïden van de kilometerhokken in Vlaanderen waar dergelijke habitats voorkomen. De centroïde is verschoven volgens een weging met de locaties van geschikte habitats in het betreffende kilometerhok.
- Aan alle kanten in de grafen wordt soortspecifiek een frictie toegekend in de migratiemodellering. Dat betekent dat in de modellering niet enkel de fysieke afstand van de kant overbrugd moet worden, maar de fysieke afstand van de kant vermenigvuldigd met een frictiefactor. Voor het landgebruik baseren we deze frictie op data uit Sondermann (2017) (Tabel 1). De lengte van de land-kanten wordt hierbij vermenigvuldigd met deze frictiefactor.

Tabel 1: ‘kosten’ voor migratie per type landgebruik

Landgebruikstype	Weerstand per m
Bos	3,5
Open landschap	2,5
Stedelijk landgebruik	10
Wegen	10
Natte habitats	1

Voor de kanten die verbindingen in het waterloppennetwerk voorstellen wordt de habitatgeschiktheid van elke soort gebruikt in een formule die de frictie voorstelt, volgens volgende vergelijking met A de te overbruggen afstand, L de lengte van de kant, en HSI de habitatgeschiktheid



$$A = \frac{L}{HSI^{0,75}}$$

Indien de HSI van een kant 0 is wordt de graaf daar gebroken, en kan een soort zich niet verspreiden langsheen deze kant.

- De afstanden die een soort in 1 jaar kan afleggen zijn gebaseerd op gegevens uit Dahm et al. (2014). Soorten zijn in soortengroepen ingedeeld volgens hun ecologische kenmerken, waarbij ook onderscheid gemaakt wordt tussen hun verspreidingsmodus: aquatisch actief of passief, en terrestrisch actief of passief indien ze ook een terrestrisch stadium hebben. In de studie worden de kengetallen in Tabel 2 gebruikt, maar na kalibratie van het model zijn deze kengetallen naar beneden bijgesteld voor Vlaanderen door ze te vermenigvuldigen met een factor 0,25. Deze afstanden zijn op probabilistische wijze in het model geïntegreerd. Dat betekent dat de afstand waarmee jaarlijks gesimuleerd wordt voor een bepaalde soort uit een kansverdeling getrokken wordt die omschreven wordt als een normale verdeling met een gemiddelde 0 en de afgeijkte afstanden uit de tabel als 90-percentiel.

Tabel 2: migratieafstanden per verspreidingstype

Type verspreiding	Afstand	Afgeijkte afstand
Aquatisch actief	2500	625
Aquatisch passief	500	125
Terrestrisch actief	5000	1250
Terrestrisch passief	2500	625

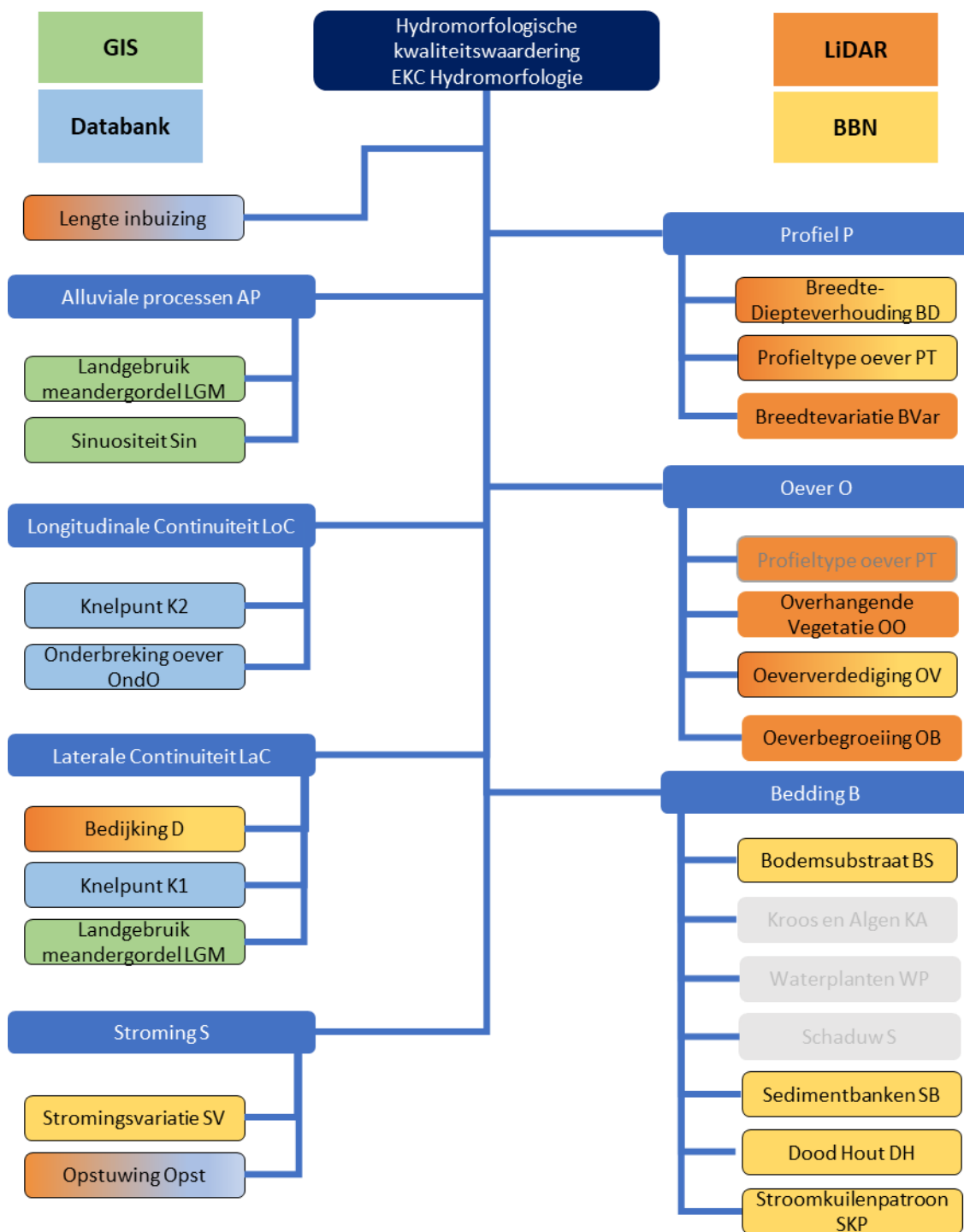
De habitatgeschiktheidsmodellering is gekalibreerd op data tussen 2003 en 2015 met een kruisvalidatieprocedure. De variabelenselectie en de kalibratie van de soortenspecifieke drempelwaarden is gebeurd met een simulated annealing algoritme. De afgeijkte afstanden en de frictiefactor 0,75 zijn gevalideerd op de data tussen 2016 en 2018. Hierbij werd een tolerantie van 1 klasse op de MMIF gehanteerd. Dit wil zeggen dat het model voor een waterlichaam als goed gevalideerd wordt beschouwd wanneer het gesimuleerde resultaat voor 2017 minder dan 0,2 punten afwijkt van de gemeten MMIF score zoals gerapporteerd in de meetcyclus 2016-2018. De keuze voor deze drempel is gebaseerd op de onzekerheid op het meetresultaat zelf, die 0,15 bedraagt (zie SGBP hoofdstuk 3, § 3.2.1.4.1). 65 % van de gemodelleerde waterlichamen waarvoor MMIF een relevant biologisch kwaliteitselement is worden als goed gevalideerd bevonden, wat wil zeggen dat voor die waterlichamen het model aan de hand van de gemodelleerde inputdata (uit Pegase en de kartering hydromorfologie) de evolutie van de MMIF tot op 1 klasse nauwkeurig kan voorspellen voor de meetcyclus 2016-2018. Deze Vlaamse waterlichamen worden daarom doorgerekend met ELMO. Het finaal gevalideerde model classificeert de MMIF correct in 62,9 % van de gesimuleerde waterlichamen, en heeft een Cohen's Kappa van 0,47.

2.1.4 Hydromorfologie

Om een inschatting te maken van effecten van hydromorfologische acties in scenario's, is er een karteringsoefening gebeurd waarbij een gebiedsdekkende kaart van de hydromorfologische kwaliteit is ontwikkeld. Deze kaart is een combinatie van gegevens uit het meetnet hydromorfologie en gegevens uit een desktopanalyse van kaartmateriaal. Deze kartering had als doel om voor alle trajecten uit het meetnet hydromorfologie op Vlaamse en lokale 1^e orde waterlichamen een score te bepalen van de EKC hydromorfologie. Uit het veldmeetnet is de EKC score slechts op een beperkt aantal trajecten per waterlichaam ter beschikking.

De EKC hydromorfologie wordt bepaald op basis van verschillende variabelen die via een veldinventarisatie tot nu toe zijn bepaald op de bemeten trajecten (Figuur 6). Via 7 deelmaatlaten wordt de EKC berekend. Voor elke deelmaatlat en variabele is een strategie bepaald om deze gebiedsdekkend te karteren volgens 4 stappen.





Figuur 6: hydromorfologische kwaliteitswaardering: weergave van gebruikte technieken voor inschatting per variabele

Deze analyse is uitgevoerd in 4 stappen:

1. Gevoeligheidsanalyse van de EKC hydromorfologie

In een eerste stap is een analyse uitgevoerd van de EKC hydromorfologie: welke deelmaatlatten bepalen de score? Welke variabelen spelen hierin een belangrijke rol? Wat is het gewicht van bepaalde variabelen in deze deelmaatlatten? Op basis hiervan is een selectie gemaakt van de variabelen die in de verdere analyse gekarteerd worden. De variabelen waterplanten en kroos & algen zijn niet in beschouwing genomen in de deelmaatlat Bedding, omdat deze in winterinventarisaties ook niet meegenomen worden in de deelmaatlat. De kartering staat dus model voor winterinventarisaties. De variabelen die overblijven en de deelmaatlatten uitmaken noemen we verder in de tekst "sleutelparameters".

2. Inventarisatie van gegevens, variabelen, relaties, bestaande GIS-analyses

De bestaande dataset hydromorfologie (zonder de ecologische inventarisaties) is onderzocht op onderlinge relaties tussen hydromorfologische parameters in een ordinatie-analyse (Principal Coordinates Analysis). Ook is de relatie met mogelijke predictoren, zoals stroomgebiedskennmerken, geëxploreerd via constrained ordination.

Op basis van deze statistische analyses en de resultaten uit punt 1, wordt een finale lijst van de te karteren variabelen met hun respectievelijke strategie opgesteld. De kleurcodes in Figuur 6 geven aan welke strategie gevolgd is voor elke gekarteerde variabele. 4 mogelijke strategieën bestaan:

- Deze data zijn al gebiedsdekkend beschikbaar via een databank, zoals de databank Kunstwerkbeheer (blauw).
- Deze data kunnen gekarteerd worden via een GIS-analyse van bestaande kaartlagen (groen).
- Deze data kunnen gekarteerd worden met een GIS-matige analyse op de kaartlagen geproduceerd in de studie "kalibratie en validatie van het ecologisch model: Luik hydromorfologie aan de hand van Lidar-data DHMV2" (oranje). In deze studie zijn, op basis van de LiDAR-dataset die in 2013-2015 samengesteld is voor Vlaanderen, kaarten geproduceerd met een afbakening van de watervlakken van de waterlichamen, een voorstel geformuleerd tot afbakening van de oevers van de watervlakken en een onderzoek gevoerd naar knikpunten in de omgeving van het waterlichaam die mogelijk wijzen op de aanwezigheid van bedijking of wallen langsheen het waterlichaam. Door deze nieuw geproduceerde kaartlagen te combineren met bestaande kaartlagen kan informatie zoals de oeverbegroeiing eenvoudig in kaart gebracht worden.
- Deze data kunnen gekarteerd worden via probabilistische modellering in een Bayesian Belief Network (BBN) (geel). We zijn niet in staat deze data exact te karteren voor heel Vlaanderen, maar we kunnen wel relaties leggen met stroomgebiedskennmerken en andere hydromorfologische variabelen die we wel gebiedsdekkend ter beschikking hebben, om deze variabelen in te schatten. We hanteren hiervoor een probabilistische benadering. Deze strategie is gebaseerd op de methodologie voorgesteld in Van Looy et al. (2015).

Voor sommige variabelen is een gemengde benadering gebruikt. Finaal is voor alle variabelen gebiedsdekkende informatie beschikbaar maar onder veel verschillende vormen. Om tot een



berekening van de waarde van een deelmaatlat te komen of de EKC hydromorfologie, worden al deze verschillende variabelen gecombineerd in een aantal BBNs.

3. Het opstellen van Fuzzy Cognitive Maps

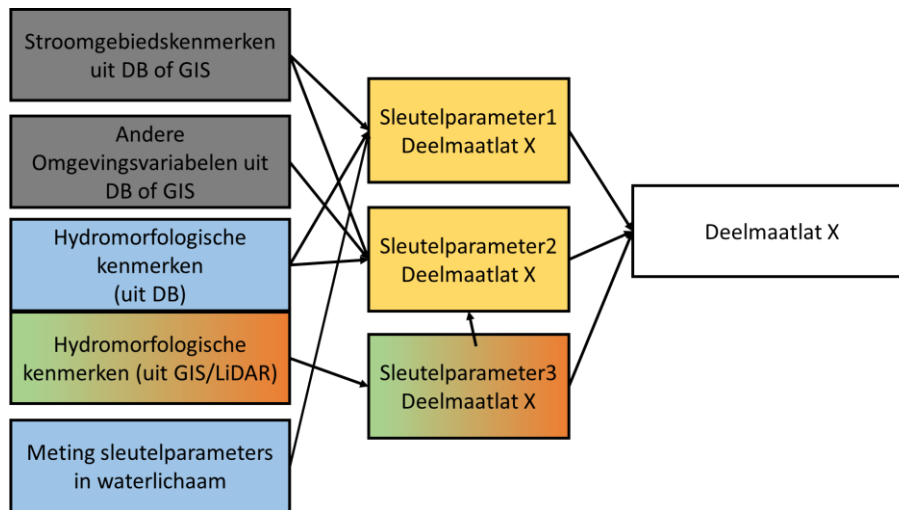
Om de BBNs op te stellen wordt eerst een mapping gemaakt van belangrijke relaties tussen stroomgebiedskenmerken en hydromorfologische parameters. In deze mapping worden vage relaties ('fuzzy') bepaald die tussen de verschillende variabelen bestaan. Een belangrijke input voor deze analyse zijn de resultaten van de ordinatie-analyses uit stap 2, maar de mapping is verder ook uitgewerkt op basis van een workshop met vertegenwoordigers van de verschillende bekkensecretariaten. Op deze workshop zijn verschillende stellingen voorgelegd over hypothetische relaties, met de vraag "hoe waarheidsgetrouw" deze stellingen zijn. Stellingen die zijn voorgelegd zijn bv. waterlopen die weinig breedtevariatie vertonen zijn rechtgetrokken, uitgediept of verbreed; of in stedelijk gebied vind je steeds een onnatuurlijk substraat; of wanneer een stroomkuilenpatroon is vastgesteld komen ook steeds sedimentbanken voor. De stellingen zijn hypothetisch en niet noodzakelijk correct, maar leidden tot een discussie over hoeveel kans er dan wel is dat de stelling wel klopt. Bestaat het oorzakelijk verband? Of is het juist omgekeerd? Verder is ook voor elk hydromorfologisch fenomeen bevraagd welke hiervoor de belangrijkste invloedsfactoren zijn in het stroomgebied. Deze informatie legt de basis om een Fuzzy Cognitive Map op te stellen (Lorenz et al. 2016) die de basis vormt van het netwerkdiagram dat omgevormd wordt tot een BBN.

4. Het omvormen van deze Fuzzy Cognitive Maps in een Bayesian Belief Network per hydromorfologische deelmaatlat.

Op basis van de opgestelde Fuzzy Cognitive Maps, wordt een invloedsdiagram opgesteld dat de basis vormt voor een BBN. Voor dit invloedsdiagram worden de relaties tussen de verschillende knopen gekwantificeerd aan de hand van gegevens en/of expertkennis. Dit gebeurt door het invullen van *conditional probability tables (CPT)*.

Dit leidt finaal tot 7 BBN-diagrammen, 1 per deelmaatlat, waarmee de hydromorfologische kwaliteit kan worden ingeschat op Vlaams niveau. Sommige BBNs zijn geïntegreerd tot 1 netwerk omdat er een belangrijke correlatie bestaat tussen de 2 deelmaatlaten (bv. Oever en Profiel; of Bedding en Stroming).





Figuur 7: voorbeeld van een Bayesiaans netwerk voor het opbouwen van een inschatting voor een deelmaatlat

Conceptueel wordt een BBN als volgt opgebouwd. Binnen een netwerk worden gegevens uit GIS-analyses en data afgeleid uit de LiDARdataset gecombineerd met gegevens uit het meetnet hydromorfologie om de deelmaatlat in te schatten (Figuur 7). Centraal in deze figuur staan de sleutelparameters waarvan we ingeschat hebben dat die bepalend zijn voor de waarde van een deelmaatlat. Voor deze sleutelparameters maken we een onderscheid tussen de wijze waarop ze ingeschat worden, op een zelfde manier als in Figuur 6. De oranje/groene sleutelparameter is een parameter die rechtstreeks via GIS kan berekend worden. De gele knopen zijn sleutelparameters waarvoor geen gebiedsdekkende informatie berekend kan worden uit een bestaande database of op basis van GIS of luchtfoto's. Deze moeten dus worden ingeschat. Hiervoor maken we gebruik van *inputvariabelen*, namelijk de knopen helemaal links in de figuur. Deze inputvariabelen kunnen uit verschillende bronnen worden bepaald, maar moeten wel gebiedsdekkend ter beschikking zijn. Enerzijds zijn er stroomgebiedskenmerken zoals landgebruik en andere omgevingsvariabelen zoals het type van het waterlichaam. Deze knopen kunnen uit een databank of GIS afkomstig zijn. Ze worden in het grijs weergegeven omdat ze variabelen in het netwerk voorstellen waarop het beheer van de waterloop geen rechtstreekse invloed heeft. Bijkomend kunnen er ook andere hydromorfologische kenmerken als inputvariabelen gebruikt worden, die geen sleutelparameter zijn maar waarvoor we wel gebiedsdekkende informatie uit een database (blauw) of GIS en/of LiDAR hebben (groen-oranje). Zo kunnen we inschatten dat als er meerdere kunstwerken zijn of dat als er bedijking is, de oever hoogstwaarschijnlijk een zekere versteviging zal hebben. Deze variabelen kunnen wel potentieel beïnvloed worden door beheersmaatregelen. Als laatste set inputvariabelen in het model worden nog de metingen (blauw, uit een databank) van de sleutelparameters op andere trajecten in het waterlichaam meegegeven. Voor verschillende parameters wordt ook een invers-afstandsgewogen gemiddelde gebruikt om een *a priori* distributie te bepalen op basis van de metingen. Als het traject dat berekend wordt naast een traject ligt waarvan de metingen zeggen dat het bedijkt is, dan is de kans ook groot dat dit traject bedijkt is, zeker als de stroomgebiedskenmerken niet wijzigen. Dit wordt meegenomen door met zo'n *a priori* distributie te werken. Verder wordt er soms ook gebruik gemaakt van een latente variabele, een variabele die niet gemeten kan worden, maar die conceptueel wel voorstelt waarom een hydromorfologisch fenomeen zich voordoet. Zo wordt er in het netwerk voor



laterale connectiviteit bijvoorbeeld een variabele “nood voor bedijking” meegegeven, die bepaald wordt door het omliggend landgebruik en het nuttig doel overstromingsrisico. Als in de kaartlagen van de LiDAR-data een sterk knikpunt is gevonden, en de nood voor bedijking wordt hoog ingeschat, dan is de kans groot dat het knikpunt een dijk is. De probabiliteitstabellen zijn in eerste instantie opgesteld met expertkennis, afgeleid uit de resultaten van de fuzzy cognitive mapping. Daarna zijn deze tabellen geüpdatet (*‘belief updating’*) met een datagedreven methode. Hierbij is gebruikgemaakt van een *expected maximalisation* algoritme waarbij veldmetingen als trainingsdataset werden gebruikt.

De validiteit van deze BBNs is getoetst aan de beschikbare meetgegevens. Het model is telkens getraind geweest op data uit cyclus 1 (2010-2015, 3496 opnames) en getest op data uit cyclus 2 (2016-2018, 1249 opnames). In Tabel 3 staan de verschillende validatiescores. Aangezien de output van een BBN een kansverdeling is over de toestanden van de knoop die gemodelleerd wordt, wordt een waarde volgens de kansverdeling getrokken waarmee de berekening getest wordt. Uit de validatie bleek dat als de onzekerheid op de waarde te groot was (een grote standaard deviatie, en een kansverdeling die weinig afwijkt van een uniforme kansverdeling over alle toestanden), geen uitspraak over de kwaliteit kon gedaan worden. Op locaties waar dit het geval is, werden de betreffende deelmaatlatten expliciet op “niet beschikbaar” gezet in alle scenario’s.

Tabel 3: validatieresultaten voor de deelmaatlatten

Maatlat	CCI (correctly classified instances)	Kappa
EKC hydromorfologie	69,40%	0,5
Alluviale processen	80,07%	0,72
Laterale connectiviteit	71,6%	0,46
Stroming	60,86%	0,36
Oever	65,01%	0,42
Profiel	77,04%	0,16
Bedding	70%	0,16

2.2 Reductiedoel

In het kader van dit derde stroomgebiedbeheerplan werden reductiedoelen voor de nutriënten stikstof en fosfor berekend voor de Vlaamse oppervlaktewaterlichamen (OWL). Reductiedoelen geven de vracht (in kg) weer die minstens aan netto emissie verminderd moet worden in het afstroomgebied van het OWL om de milieukwaliteitsnorm voor die stof in het OWL te behalen, uitgaande van een goede toestand stroomopwaarts. Er is géén reductiedoel wanneer de milieukwaliteitsnorm gehaald wordt. Reductiedoelen geven dus een beeld van de ‘te overbruggen afstand’ (of ‘gap’) tot de goede toestand (uitgedrukt als MKN) voor de parameters stikstof en fosfor. Reductiedoelen worden verdeeld over sectoren (landbouw, huishoudens, industrie) naargelang hun respectievelijke bijdrage tot de vrachtemissies in een afstroomzone. In verschillende scenario’s worden de reductiedoelen gebruikt als



doelstelling om via maatregelen reducties van de emissies te bewerkstelligen om ten dele of geheel de goede toestand te behalen.

2.3 Opbouw scenario beslist beleid

In dit scenario wordt een simulatie gemaakt van de oppervlaktewaterkwaliteit in 2027 rekening houdend met een verderzetting van het huidige of reeds besliste beleid (business-as-usual of BAU). Er werd een inschatting gemaakt van de maatregelen van de huidige beleidsplannen met betrekking tot diffuse verliezen, puntlozingen en andere relevante maatregelen voor de waterkwaliteit.

2.3.1 Landbouw

2.3.1.1 Mestbeleid

Het mestbeleid wordt vierjaarlijks bijgesteld via de Mestactieprogramma's (MAP). In de voor het SGBP3 relevante periode gaat het om het MAP6 (2019-2022), het MAP7 (2023-2026) en het MAP8 (2027-2030). Enkel het MAP6 is reeds beslist beleid en deel van dit scenario. De maatregelen die met NEMO gemodelleerd worden voor MAP6 worden hieronder beschreven.

Algemeen

De maximale norm werkzame stikstof voor uitsluitend gemaaide intensieve graslanden wordt verhoogd in MAP6 met 75 eenheden, mits toepassen van een innoverend graslandmanagement.

Op uitsluitend intensief gemaaid grasland zoals geïdentificeerd in de percelenaangifte wordt daarom in NEMO het mestgebruik met maximum 75 kg N werkzaam/ha verhoogd tot aan de nieuwe geldende normen. Dit levert een kleine stijging op in het mestgebruik (< 1 %) in vergelijking met de mestdata van 2015-2018.

Voor fosfor blijven de maatregelen uit MAP5 gelden in MAP6 zonder wijzigingen. In alle afstroomzones wordt verondersteld dat de fosforbestedingsruimte gelijk blijft aan de jaren onder MAP5.

Gebiedstype 0^a

In gebiedstype 0 worden geen bijkomende maatregelen genomen voor de verbetering van de waterkwaliteit. In deze afstroomzones wordt daarom verondersteld dat het mestgebruik en de teeltkeuzes gelijk blijven aan de jaren onder MAP5. Dit veronderstelt ook dat focusbedrijven volgens MAP5 die extra maatregelen opgelegd kregen, aan deze maatregelen onderworpen blijven, ook als ze in MAP6 in gebiedstype 0 vallen.

^a https://www.vlm.be/nl/themas/Mestbank/gebiedsgesichte_aanpak/gebiedstypes/Paginas/default.aspx

Gebiedstype 1

In de afstroomzones van gebiedstype 1 zijn vanggewassen verplicht na gewassen die vóór 1 september worden geoogst op niet-kleigronden in combinatie met de bijkomende generieke maatregelen van MAP6. Een vanggewas moet zo snel mogelijk en tegen uiterlijk 15 september worden ingezaaid, behalve indien een nateelt wordt ingezaaid.

In gebiedstype 1 wordt in NEMO overal een vanggewas toegevoegd na hoofdteelten geoogst voor 1 september en op niet-kleigronden. Het vanggewas wordt ook toegevoegd als voortteelt in het volgende jaar. Gezien de late inzaaidatum van de vanggewassen wordt de groei- en gewasopname verminderd ten opzichte van optimale omstandigheden op basis van kencijfers van UGent. Vanggewassen na wintergranen mogen extra bemest worden en op deze percelen wordt een bemesting met maximaal 36 kg N werkzaam/ha ingesteld.

Gebiedstype 2 en 3

In gebiedstypen 2 en 3 moet ten eerste voldaan worden aan de vanggewasmaatregelen die ook gelden in gebiedstype 1.

Bijkomend moet een minimumareaal vanggewassen bereikt worden. Eerst wordt het gemiddelde areaal met vanggewassen voor percelen in gebiedstype 2 en 3 bepaald op basis van de gegevens van 2015-2017. Dit referentiepercentage moet minimaal behouden blijven en wordt vervolgens gradueel verhoogd volgens volgende tabel tot het doelareaal:

Tabel 4: opgelegde stijgingen van het vanggewasareaal in MAP6

Jaar	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2019	+0 %	+5 %
2020	+5 %	+10 %
2021	+5 %	+15 %
2022	+10 %	+20 %

De VLM berekende op basis van de regels in MAP6 per afstroomzone op basis van de data van 2016-2018 een referentiepercentage voor de volledige afstroomzone.

In NEMO worden vanggewassen toegevoegd na maïs en aardappelen om het doelareaal per afstroomzone te bereiken. MAP6 laat mogelijkheden aan landbouwers om het minimumareaal (gedeeltelijk) door te schuiven naar een volgend jaar of om een overeenkomst te sluiten met een andere landbouwer in hetzelfde gebiedstype. In eerste instantie werd geprobeerd om de doelstelling per jaar en per afstroomzone te realiseren. Indien dit niet mogelijk was, werd resterend doelareaal per gebiedstype gerealiseerd in andere afstroomzones van het overeenkomstige gebiedstype met ruimte voor extra vanggewassen.

Om rekening te houden met de beperkte groei van een vanggewas dat pas ingezaaid wordt tegen 15 oktober worden de groei- en opnamekarakteristieken van het vanggewas in NEMO aangepast.



Een tweede maatregel die geldt in gebiedstype 2 en 3 is een reductie van de bemestingsnorm voor werkzame stikstof via een gefaseerde invoering:

Tabel 5: opgelegde dalingen van de norm werkzame stikstof in MAP6

Jaar	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2019	-0 %	-5 %
2020	-5 %	-10 %
2021	-5 %	-15 %
2022	-10 %	-20 %

Dit leidt tot een aangepaste mestplaatsingsruimte per bedrijf en per afstroomzone. Dit wordt geïmplementeerd als een reële mestreductie in afstroomzones die in de referentieperiode (2015-2018) een mestgebruik hebben boven de nieuwe mestplaatsingsruimte. Er wordt niet op bedrijfsniveau gerekend omdat het zonder landbouweconomische modellen onmogelijk is om te voorspellen hoe individuele bedrijven gaan reageren op reductie van de norm. Veel bedrijven opereren nu al ruim boven de opgelegde normen als gekeken wordt naar de mestgebruikcijfers van VLM en het is onduidelijk welk effect een verdere normdaling heeft. Veel afstroomzones hebben ook nog overschot op de totale mestplaatsingsruimte dus er zijn nog lokale mogelijkheden voor bijkomende afzet zonder dat mest naar de mestverwerking gaat.

Per afstroomzone werd gekeken naar de huidige verhouding tussen mestgebruik en mestplaatsingsruimte en het mestgebruik wordt verminderd tot de nieuwe mestplaatsingsruimte. De maximaal toegepaste reductie van het mestgebruik werd beperkt tot de opgelegde reductie van de bemestingsnorm.

2023-2027

Voor de periode 2023-2027 werd ervan uitgegaan dat het beslist beleid van MAP6 verder gezet wordt. Alle maatregelen blijven gelden. De grotere arealen vanggewassen en het lagere mestgebruik die moeten gerealiseerd worden in 2022 worden dus aangehouden tot 2027.



Voor vanggewassen betekent dit:

Tabel 6: opgelegde stijgingen van het vanggewasareaal in 2023-2027

Jaar	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2023	+10 %	+20 %
2024	+10 %	+20 %
2025	+10 %	+20 %
2026	+10 %	+20 %
2027	+10 %	+20 %

En voor mestreductie:

Tabel 7: opgelegde dalingen van de norm werkzame stikstof in 2023-2027

Jaar	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2023	-10 %	-20 %
2024	-10 %	-20 %
2025	-10 %	-20 %
2026	-10 %	-20 %
2027	-10 %	-20 %

De uitwerking van de doorgetrokken vanggewasmaatregelen van MAP6 zorgen in 2027 voor een bijkomende oppervlakte van ongeveer 3.800 ha vanggewassen in gebiedstype 1, 10.500 ha in gebiedstype 2 en 19.100 ha in gebiedstype 3 ten opzichte van het referentiejaar 2017.

Met betrekking tot de bemestingsreductie daalt in het beslist beleid-scenario in Vlaanderen het totale mestgebruik van N met 5,5 % en van P met 6 % in 2027 ten opzichte van 2017.

2.3.1.2 Erosiebestrijding

Er wordt verondersteld dat onder het beslist beleid de anti-erosiemaatregelen en dus de erosievrachten van N en P niet significant veranderen ten opzichte van de periode 2015-2018.

2.3.1.3 Afstandsregels

Er wordt verondersteld dat onder het beslist beleid de directe verliezen van N en P niet significant veranderen ten opzichte van de periode 2015-2018.

Vanaf 1 januari 2018 wordt de 1 m teeltvrije strook gehandhaafd en dus beter opgevolgd. Dat zou een effect kunnen geven, maar dit is op dit moment moeilijk in te schatten. Hiermee kan in een eventuele



volgende versie nog rekening gehouden worden.

2.3.2 Saneringsinfrastructuur

Het doel van dit scenario is om na te gaan wat het effect op de waterkwaliteit is bij het uitvoeren van acties die reeds beslist zijn. Daarom worden in dit scenario op vlak van saneringsinfrastructuur de maatregelen beperkt tot projecten die reeds opgedragen zijn. Gezien de gemiddelde looptijd van zo'n project zeven jaar bedraagt, worden dus enkel alle projecten tot en met Optimalisatieprogramma (OP) 2020 en Gemeentelijk Investeringsprogramma (GIP) 2019 meegenomen in dit scenario. Dit zijn de projecten waarvan gemiddeld gezien de invloed op de waterkwaliteit dus in 2027 al merkbaar zou moeten zijn.

Bij deze projecten vallen een aantal verschillende types te onderscheiden, elk met hun eigen implementatie in Pegase. Een eerste mogelijkheid is het aansluiten van reeds bestaande rioleringen op een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Aangezien gerioleerde huishoudelijke lozingen in Pegase reeds gegroepeerd zijn per riooluitlaat, dient zo een lozing toegewezen te worden aan de voorziene RWZI. Daardoor zal de lozing ter hoogte van de RWZI in de waterloop terecht komen na toekenning van het voor die RWZI geldende zuiveringsrendement, in plaats van ongezuiverd uit de uitlaat te komen.

Analoog wordt een deel van de dispers lozende huishoudens omgevormd naar op RWZI lozende huishoudens. Op basis van de ligging in een bepaald zuiveringsgebied wordt de lozing van een specifiek project toegewezen aan een RWZI.

Naast het verder aansluiten van huishoudens op rioolwaterzuiveringsinstallaties wordt ook ingezet op het verder in situ voorzien van individuele behandelingsinstallaties voor afvalwater (IBA). Het implementeren hiervan in Pegase gebeurt door aan de betreffende lozingen een standaardzuiveringsrendement voor IBA toe te kennen. Hierdoor zal de vuilvracht die de waterloop bereikt dus gereduceerd worden, maar die zal wel op dezelfde plek gelokaliseerd blijven. Per gemeente is er een minimumdoel voorzien qua aantal inwonerequivalenten die via een IBA gezuiverd zou moeten worden. In dit beslist beleid-scenario is dit minimumdoel per gemeente ingevuld.

Een ander type van projecten draait niet zozeer om het aantal gezuiverde lozingen te vergroten, maar om het rendement van de saneringsinfrastructuur te verhogen. Concreet gaat het dan om het toevoegen van een aantal nieuw gebouwde/te bouwen RWZI's aan het model, het uitbreiden van bestaande infrastructuur waardoor de capaciteit verhoogt of het type zuivering wijzigt, met verhoogde zuiveringsrendementen tot gevolg.

2.3.3 Industrie

In dit scenario werden op vlak van industrie geen wijzigingen aangebracht ten opzichte van het referentiescenario.



2.3.4 Depositie

Voor atmosferische stikstofdepositie werden de projecties van het luchtbeleidsplan toegepast in het beslist beleid-scenario zoals ze berekend werden met VLOPS. Gemiddeld voor Vlaanderen tonen de prognoses een daling van de stikstofdepositie met 20 % tussen 2015 en 2030. Op basis van deze gegevens werd een lineaire trend verondersteld voor de tussenliggende jaren 2019-2027. Atmosferische depositie op landbouwpercelen wordt doorgerekend met NEMO.

2.3.5 Natuurlijke bronnen

In dit scenario werden op vlak van diffuse lozingen uit natuur- en bosgebieden geen wijzigingen aangebracht ten opzichte van het referentiescenario.

2.3.6 Hydromorfologie

Voor hydromorfologie wordt in het scenario beslist beleid uitgegaan van de situatie volgens de gebiedsdekkende kartering hydromorfologie.

2.3.7 Macro-invertebraten

In ELMO wordt een simulatie uitgevoerd van 2015 tot 2045. Tussen 2015 en 2027 geldt het referentiescenario. Vanaf 2027 geldt het beslist beleid-scenario, in de veronderstelling dat het scenario dan volledig is uitgevoerd. Het effect van het beslist beleid wordt vervolgens een eerste keer na 6 jaar (2033) ingeschat. Daarna wordt het nog verder doorgetrokken om het effect van natuurlijk herstel te kunnen inschatten (2045).

2.4 Opbouw scenario maatregelenprogramma

In dit scenario wordt het maatregelenprogramma zoals opgenomen in het stroomgebiedbeheerplan voor de periode 2022-2027 beschouwd. De voornaamste doelstelling van het scenario is om na te gaan in welke mate de doelafstand tot de gewenste situatie in 2027 verkleind wordt rekening houdend met de maatregelen uit het SGBP3.

2.4.1 Landbouw

De maatregelen uit het maatregelenprogramma met betrekking tot het landbouwgebied worden beschouwd. Zowel de acties opgenomen in het generieke deel van het maatregelenprogramma als in de bekkenspecifieke delen worden beschouwd.



2.4.1.1 Mestbeleid

MAP6

De periode 2019-2022 wordt volgens de maatregelen van MAP6 gesimuleerd, analoog met de aanpak in het beslist beleid-scenario.

2023-2027

Voor MAP7 en MAP8 wordt er in het maatregelenprogramma van het SGBP3 vanuit gegaan dat de maatregelen van MAP6 verder verstrengd worden in de periode 2023-2027. Volgende maatregelen werden beschouwd:

- De gebiedstypes van MAP6 blijven behouden
- De vanggewasregeling van MAP6 blijft behouden
- Aanscherping bemestingsreductie van zowel N als P in gebiedstype 1: -10 %, in gebiedstype 2: -25 % en in gebiedstype 3: -30 %

Voor vanggewassen betekent dit:

Tabel 8: opgelegde stijgingen van het vanggewasareaal in het scenario maatregelenprogramma

Jaar	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2023	+10 %	+20 %
2024	+10 %	+20 %
2025	+10 %	+20 %
2026	+10 %	+20 %
2027	+10 %	+20 %

En voor mestreductie:

Tabel 9: opgelegde dalingen van de norm werkzame stikstof in het scenario maatregelenprogramma

Jaar	Gebiedstype 1	Gebiedstype 2	Gebiedstype 3
2023	-10 %	-25 %	-30 %
2024	-10 %	-25 %	-30 %
2025	-10 %	-25 %	-30 %
2026	-10 %	-25 %	-30 %
2027	-10 %	-25 %	-30 %

Met betrekking tot het areaal vanggewassen is het maatregelenprogramma-scenario gelijk aan het beslist beleid-scenario.

Met betrekking tot de bemestingsreductie daalt in het maatregelenprogramma-scenario in Vlaanderen het totale mestgebruik van N met 9 % en van P met 9 % in 2027 ten opzichte van 2017.

2.4.1.2 Erosiebestrijding

Voor de periode 2022-2027 worden de acties van het maatregelenprogramma rond sediment en erosie beschouwd.

De meest concrete acties voor erosiebestrijding uit de generieke actielijst zijn:

- 8B_A_0105: Zorgen voor meer productieve en niet-productieve investeringen ter voorkoming van bodemerosie tussen 2022 en 2027
- 8B_A_0102: Verhogen van de toepassingsgraad van de instrumenten en maatregelen van het Erosiebesluit in de periode 2023-2027 via het faciliteren van de grondinname, het aanpassen van het Erosiebesluit en het stimuleren van de gemeenten

Op basis van detailberekeningen voor enkele studiegebieden met het erosiemodel van het Vlaams Planbureau voor Omgeving wordt ingeschat dat met de beschikbare budgetten acties kunnen genomen worden die een erosievermindering van 30 % kunnen realiseren in de plangebieden.

Om te bepalen in welke plangebieden de maatregelen genomen worden, werd gekeken naar de waterlichaamspecifieke acties voor erosie (8B_A). Om een inschatting te maken van wat haalbaar is binnen het SGBP, worden de acties beperkt tot de afstroomzones met prioriteringsklasse 2 of 3 (speerpuntgebieden) in het SGBP3. Enkele aansluitende grensgebieden (code G) worden ook meegenomen. Dit levert een areaal op van 35 % van het plangebied. In deze plangebieden werd de N- en P-vracht via erosie met 30 % verminderd in 2022-2027 als inschatting van het maatregelenprogramma voor erosie.

2.4.1.3 Afstandsregels

Als onderdeel van het mestbeleid wordt in het maatregelenprogramma landbouw van het SGBP3 een teeltvrije en bemestingsvrije strook van 3 m voorgesteld. Volgens de studie over bemestingsvrije stroken uitgevoerd in opdracht van VLM zorgt dit voor meemesteffecten van 48.381 kg N en 3.195 kg P per jaar (scenario sh3) op basis van bemestingsdata voor 2016. In de studie wordt uitgegaan van de huidige bemestingstechnieken en een halve werkgangbreedte afstand tussen de tractor en de bemestingsvrije zone langs de waterloop.

De directe verliezen volgens de huidige praktijken en met de huidige regelgeving worden in NEMO begroot op 865.637 kg N en 102.579 kg P in 2016. Deze hoeveelheden zijn echter met een andere methodiek bepaald, m.n. met behulp van een inschatting door experts van typische verliezen bij gangbare praktijken. Het verschil met de meemesteffecten in de studie bemestingsvrije stroken is zeer groot, maar in die studie wordt uitgegaan van volledige naleving en perfect toegepaste bemestingstechnieken. De nieuwe directe verliezen bedragen nog 5,6 % voor N en 3,1 % voor P van de startsituatie in NEMO. Maar dit is dus de theoretisch maximaal mogelijke reductie bij een teeltvrije en bemestingsvrije strook langs alle waterlopen en mits volledige naleving en optimale



landbouwpraktijken. De reductie van de directe verliezen wordt toegepast in alle jaren van MAP7 en MAP8 (2023-2027).

2.4.1.4 Gebiedsspecifieke acties landbouw

In het maatregelenprogramma van het SGBP3 zijn ook gebiedsspecifieke acties opgenomen voor het luik landbouw. De effecten van deze acties zijn echter niet altijd in te schatten door gebrek aan kennis of concrete data. Om deze redenen worden in deze oefening acties met betrekking tot end-of-pipe maatregelen, sensibilisering en maatregelen in de waterloop niet beschouwd.

Voor gebiedsspecifieke acties rond bemesting werd nagegaan of de afstroomzone valt onder de gebiedstypes 1, 2 of 3 voor MAP6/MAP7, waar reeds maatregelen gelden. Aangezien dit steeds het geval was, werden er geen bijkomende maatregelen gesimuleerd.

Oeverzones hebben een effect op erosie en directe verliezen. Op basis van de detailberekeningen kan het effect van oeverzones op erosie als een daling met 1-5 % worden ingeschat. Indien voldoende brede oeverzones ingericht worden kunnen directe verliezen volledig vermeden worden. Omdat niet overal langs alle waterlopen in een afstroomzone oeverzones gepland zijn, wordt het reducerend effect ingeschat als gemiddeld 1 % voor erosie en 30 % voor de directe verliezen.

Afhankelijk van de aard van de oeverzone kan ook retentie van drainage en grondwater gebeuren ten bate van stikstofverliezen. Dit is echter experimenteel en vermits de details over de inrichting van de oeverzone niet gekend zijn, wordt dit effect niet beschouwd.

2.4.2 Saneringsinfrastructuur

In het scenario maatregelenprogramma zit een verder doorgedreven verbetering van de saneringsinfrastructuur vervat. Daarom worden alle maatregelen die in het beslist beleid-scenario opgenomen werden (zie 2.3.2) ook meegenomen in het scenario maatregelenprogramma. Bovenop de projecten uit OP 2020 en GIP 2019 wordt in dit scenario ook nog een heel aantal projecten uit het gebiedsdekkend uitvoeringsplan (GUP) uitgevoerd.

Om te bepalen welke GUP-projecten wel en welke niet uitgevoerd dienen te worden in uitvoering van het maatregelenprogramma 2022-2027, werd als eerste stap per Vlaams oppervlaktewaterlichaam een reductiedoel voor stikstof en fosfor berekend (zie 2.2).

Het berekend reductiedoel werd vervolgens gecombineerd met de gebiedsgerichte prioritering van de waterlichamen, op basis waarvan bepaald werd in hoeverre het reductiedoel dient ingevuld te worden in het maatregelenprogramma van dit stroomgebiedbeheerplan. Meer specifiek is dit het volledige reductiedoel voor waterlichamen in prioriteringsklassen 2 & 3, de helft voor waterlichamen in prioriteringsklasse 4 en 33 % van het reductiedoel voor waterlichamen in prioriteringsklassen 5 & 6.

Eens duidelijk is welke absolute vracht, toegewezen aan de huishoudens, uit het waterlichaam dient verwijderd te worden, worden individuele GUP-projecten aangeduid die uitgevoerd zullen worden ter invulling van het aandeel van de huishoudens in het reductiedoel.

In vergelijking met het beslist beleid-scenario worden er daardoor een heel aantal projecten extra



uitgevoerd (zie 2.3.2 voor de types projecten en manier van implementeren in Pegase), waardoor nog meer huishoudelijke lozingen gezuiverd worden vooraleer in de waterloop terecht te komen. Daarnaast wordt in dit tweede scenario de bestaande saneringsinfrastructuur ook verder geoptimaliseerd door het toepassen van verregaande fosforverwijdering in tal van RWZI's, waardoor de effluentconcentraties aan fosfor van betreffende installaties significant dalen.

2.4.3 Industrie

In dit scenario werden op vlak van industrie geen wijzigingen aangebracht ten opzichte van het referentiescenario.

2.4.4 Depositie

Voor atmosferische stikstofdepositie werden de projecties uit het maatregelenprogramma van het luchtbeleidsplan zoals ze berekend werden met VLOPS toegepast als invoer in NEMO. Gemiddeld voor Vlaanderen daalt de stikstofdepositie met 25 % tussen 2015 en 2030. Op basis van deze gegevens werd een lineaire trend verondersteld voor de tussenliggende jaren 2019-2027.

2.4.5 Natuurlijke bronnen

In dit scenario werden op vlak van diffuse lozingen uit natuur- en bosgebieden geen wijzigingen aangebracht ten opzichte van het referentiescenario.

2.4.6 Hydromorfologie

Voor hydromorfologie is het maatregelenprogramma gescreend op alle acties die een impact hebben op hydromorfologie (acties structuurherstel, maar ook acties die eventueel een negatieve impact hebben, maar nodig zijn omwille van het nuttig doel van de waterloop). Acties die enkel een studie omvatten, en geen terreinwerken, werden nog niet beschouwd als een effect hebbende in het maatregelenprogramma-scenario.

Dit waren in totaal 208 acties. Voor deze acties is nagegaan of ze al concreet konden gelokaliseerd worden op de kaart en verbonden aan specifieke trajecten uit het meetnet hydromorfologie. Dit was het geval voor 95 acties.

Voor acties die specifiek aan een traject verbonden waren, is het effect van de acties bepaald op trajectniveau, waarna opnieuw de waterlichaamstatistieken zijn berekend. Voor acties waarvan enkel al bekend was op welke waterlichamen het zich afspeelde, maar die nog niet aan een traject konden gekoppeld worden, werd het effect ingeschat op de variabelen op waterlichaamniveau. De actie-effect relaties zijn gebaseerd op een studie uitgevoerd door Witteveen+Bos (2017). Bij een matig effect werd 1 klassestijging toegekend aan de individuele variabele, bij een groot effect ging de variabele er 2 klassen op vooruit. Bij een totaal herstelproject werd hersteld tot de goede toestand.

Het maatregelenprogramma-scenario voor hydromorfologie resulteerde in een wijziging van de



hydromorfologische toestand op 85 waterlichamen, waarvan voor 52 waterlichamen specifieke acties op trajecten waren geformuleerd.

2.4.7 Macro-invertebraten

In ELMO wordt een simulatie uitgevoerd van 2015 tot 2045. Tussen 2015 en 2023 geldt het referentiescenario. Tussen 2023 en 2027 geldt het beslist beleid-scenario. Vanaf 2027 geldt het maatregelenprogramma-scenario, in de veronderstelling dat het scenario dan volledig is uitgevoerd. Het effect van het maatregelenprogramma-scenario wordt na 6 jaar doorsimuleren ingeschat. Daarna wordt het nog verder doorgetrokken om het effect van natuurlijk herstel te kunnen inschatten.

2.5 Opbouw maximaal scenario

In dit scenario wordt een maximum aan maatregelen beschouwd met het oog op het volledig bereiken van de goede toestand in 2027. De doelstelling is om na te gaan in welke mate met deze maximale maatregelen de doelafstand tot de waterkwaliteitsdoelstellingen in 2027 gedicht wordt.

2.5.1 Landbouw

Om de effecten op de vrachten van de landbouw te bepalen werd rekening gehouden met maximale maatregelen voor de luiken landbouw en erosie. Om het effect van de maatregelen ten volle te laten uitwerken werden de maatregelen voor een periode van 9 jaar gesimuleerd (2019-2027). Ook de effecten van het maatregelenprogramma met betrekking tot stikstofdepositie uit het Luchtbeleidsplan worden meegenomen.

De voornaamste doelstelling van het scenario is om na te gaan welke maximale maatregelen noodzakelijk zijn om de doelafstand voor de afstroomzones volledig in te vullen voor de N- en P-vrachten vanuit de landbouw.

2.5.1.1 Mestbeleid

Voor het mestbeleid werden vervolgens volgende maximale acties gesimuleerd:

- Reductie van de bemestingsruimte voor N en P per afstroomzone afgestemd op het aandeel landbouw in het reductiedoel voor N en P voor de afstroomzone (zie 2.2).
- Maximaal inzaaien van vanggewassen: overal waar vanggewassen mogelijk zijn na geschikte hoofdteelten worden vanggewassen ingezaaid.
- Verwijderen van oogstresten na bieten en groenten.

Voor vanggewassen betekent dit dat in gebiedstype 1, 2 en 3, zoals bepaald in MAP6, overal waar mogelijk vanggewassen gezet worden. Dus het referentieareaal vanggewassen voor alle afstroomzones in deze gebiedstypen wordt 100 %.

Waar mogelijk worden vanggewassen ingezaaid voor 1 september om goede groei te bekomen. De gewasopname op deze percelen wordt optimaal gesimuleerd. Percelen met vanggewassen worden



niet extra bemest. Na late hoofdteelten worden beperkt groeiende, late vanggewassen gesimuleerd. De gewasopname van de vanggewassen wordt dan verminderd zoals in het beslist beleid-scenario.

Voor nateelten van groenten en bieten (hoofdteelt of nateelt) worden oogstresten verwijderd.

Voor bemestingsreductie werd uitgegaan van de reductiedoelen per Vlaamse afstroomzone. Per afstroomzone werd vervolgens bepaald hoeveel van dit reductiedoel ingevuld werd door achtereenvolgens de vanggewassen, de bemestingsvrije strook en de erosiebestrijdingsmaatregelen toe te passen. Het resterende reductiedoel werd opgevuld met mestreductie. Hiervoor wordt enkel gekeken naar N. Voor P vertrekt het model van gemeten grondwaterconcentraties en is het effect van bemestingsreductie op de uitspoeling via grondwater en drainage niet te bepalen. Door de aard van de processen met P in de bodem wordt op korte termijn ook minder effect van de bemestingsreductie verwacht in vergelijking met N. Als het resterende reductiedoel meer dan 30 % reductie van het mestgebruik vergt, wordt maximaal 30 % mestreductie toegepast. Mestreducties tot 30 % zijn in theorie mogelijk met beheersbare effecten op gewasgroei of opbrengst door het toepassen van bepaalde bemestingstechnieken (bv. rijbemesting). Bij grotere bemestingsreducties treden effecten op gewasgroei op waarvan het effect moeilijk in te schatten is met NEMO. Deze aanpak zorgt er voor dat de teeltrotatie niet aangepast moet worden, want bij lagere opbrengsten zullen ook andere teeltkeuzes moeten gemaakt worden vanuit bedrijfseconomisch standpunt. Bij deze oefening werd geen toetsing aan de verhouding tussen het huidige mestgebruik en de normen gedaan. De mestreductie van maximaal -30 % werd toegepast ongeacht de verhouding tussen het huidige mestgebruik en de normen.

De uitwerking van de vanggewasmaatregelen in het maximale scenario zorgen in 2027 voor een bijkomende oppervlakte van ongeveer 20.200 ha vanggewassen in gebiedstype 1, 25.000 ha in gebiedstype 2 en 27.100 ha in gebiedstype 3 ten opzichte van het referentiejaar 2017.

Met betrekking tot de bemestingsreductie daalt in het maximaal scenario in Vlaanderen het totale mestgebruik van N en P met 9 % in 2027 ten opzichte van 2017. De gemiddelde mestreductie is ongeveer gelijk aan het mapro-scenario. Dit heeft verschillende redenen:

- De mestreductie werd afgestemd op de reductiedoelen per afstroomzone om de normen van de kaderrichtlijn Water te halen. Dit is een andere aanpak dan in het maatregelenprogramma-scenario, waar verder gewerkt wordt met de doelstellingen, gebiedstypes en maatregelen uit het MAP;
- Er werd eerst rekening gehouden met het effect van de andere, maximale maatregelen rond vanggewassen, erosie en afstandsregels vooraleer de benodigde mestreductie te bepalen om het reductiedoel te behalen;
- De mestreductie werd beperkt tot maximaal -30 % om de huidige teeltarealen te kunnen behouden. Dit is gelijk aan de maximale mestreductie in het maatregelenprogramma-scenario.

2.5.1.2 Erosiebestrijding

Met betrekking tot erosiebestrijdingsmaatregelen wordt uitgegaan van 30 % reductie van de erosieverliezen in de plangebieden voor erosiebestrijding.



In de maximale actielijst voor sediment in het SGBP3 (zie achtergronddocument “Vlaams sedimentbeheerconcept voor het Schelde- en Maasstroomgebiedsdistrict 2022-2027”) wordt een kostprijs geraamd per afstroomzone van een waterlichaam op basis van de oppervlakte plangebied voor erosiebestrijding en een standaardkost per ha. Op basis van analyses uitgevoerd met het erosiemodel van VPO voor 4 afstroomzones werd bepaald welke maatregelen mogelijk zijn voor de beschikbare budgetten en welke effecten deze maatregelen kunnen bewerkstelligen.

Uit deze vergelijking blijkt dat de maximale potentiële sedimentreductie 20 à 30 % bedraagt bij het voorziene budget van de maximale actielijst voor erosie. Daarom werd gekozen om voor het maximaal scenario uit te gaan van 30 % erosiereductie in de plangebieden voor erosiebestrijding.

2.5.1.3 Afstandsregels

In het maximale scenario landbouw wordt een teeltvrije en bemestingsvrije strook van 5 m langs alle waterlopen voorgesteld.

Volgens de studie over bemestingsvrije stroken beperkt dit de meemesteffecten in de waterloop potentieel tot 23.000 kg N en 1.654 kg P (scenario sh5) op basis van bemestingsdata voor 2016. In dit scenario wordt uitgegaan van de correcte toepassing van de huidige bemestingstechnieken en een halve werkbreedte en volledige naleving.

De directe verliezen volgens de huidige praktijken en met de huidige regelgeving worden in NEMO begroot op 865.637 kg N en 102.579 kg P in 2016. Deze hoeveelheden zijn bepaald met behulp van een inschatting door experts van typische verliezen bij gangbare praktijken. Het verschil met de meemesteffecten in de studie bemestingsvrije stroken is groot, maar in die studie wordt uitgegaan van volledige naleving en perfect toegepaste bemestingstechnieken. De in dit scenario beschouwde directe verliezen bedragen nog 2,7 % voor N en 1,7 % voor P van de startsituatie in NEMO. Maar dit is dus de theoretisch maximaal mogelijke reductie bij een bemestingsvrije en teeltvrije strook van 5 m langs alle waterlopen en mits volledige naleving en optimale landbouwpraktijken. Ten opzichte van een teeltvrije en bemestingsvrije strook van 3 m betekent dit een bijkomende reductie van de meemesteffecten met ongeveer 50 %. De reductie van de directe verliezen worden toegepast in alle jaren van MAP7 en MAP8 (2023-2027).

2.5.2 Saneringsinfrastructuur

De aanpak om de wijzigingen op vlak van saneringsinfrastructuur voor dit maximale scenario te implementeren loopt analoog met de aanpak voor het scenario maatregelenprogramma (beschreven in 2.4.2). Het verschil tussen beide is dat, waar in het voorgaande scenario het reductiedoel afhankelijk van de prioritering soms gedeeltelijk (33 % of 50 %, in functie van de prioriteringsklasse van het waterlichaam) werd ingevuld, in dit maximale scenario het reductiedoel steeds voor elk waterlichaam 100 % wordt ingevuld. In dit scenario wordt dus beoogd om de bijdrage van de saneringsinfrastructuur tot het behalen van de goede toestand volledig in te vullen. Dit betekent niet dat sowieso alle huishoudens ofwel aangesloten zijn op RWZI of een IBA hebben.

Bijgevolg worden in vergelijking met het maatregelenprogramma-scenario dus nog meer GUP-



projecten uitgevoerd.

Daarnaast is voor dit maximale scenario de collecteringsgraad van de RWZI's in Pegase verhoogd. De collecteringsgraad is een factor die uitdrukt welk deel van de op een RWZI aangesloten huishoudelijke vrachten effectief ook de RWZI bereikt. Met andere woorden zit in deze collecteringsgraad een aantal verliesfactoren vevat, gebundeld tot één getal per RWZI. Meer specifiek wordt er bijvoorbeeld van uitgegaan dat een deel van de huishoudens, hoewel ze volgens de brondata officieel gekoppeld zijn aan een RWZI, dit in de praktijk niet zo is, en aldus nog ongezuiverd lozen. Ook wordt er van uitgegaan dat het rioleringsstelsel niet helemaal sluitend is en dat bijgevolg een deel van de vracht op weg naar de zuiveringsinstallatie verloren gaat door lekken. Bovendien kan een deel van de vuilvracht afgebroken worden in het rioleringsstelsel. Standaard wordt de collecteringsgraad in Pegase daarom op 0,8 ingesteld, de standaardwaarde in Pegase, omdat we nog niet beschikken over gedifferentieerde data voor Vlaanderen.

Bij de in het maximale scenario uit te voeren projecten omvat een deel ervan een renovatie van het rioleringsstelsel. Omdat die renovatieprojecten niet expliciet per geval in Pegase gemodelleerd kunnen worden en omdat de collecteringsgraad de goede werking van het stelsel voorstelt, is deze in het maximale scenario voor elke RWZI verhoogd met 10 % ten opzichte van het referentiescenario. Hierdoor zal een groter aandeel van de vrachten die bestemd is voor RWZI's, de zuiveringsinstallaties ook effectief bereiken.

2.5.3 Industrie

In het maximale scenario worden de industriële lozingen drastisch teruggeschoefd in de gebieden waar de industriële sector een significante bijdrage levert aan lozingen van stikstof en/of fosfor. Meer specifiek wordt per afstroomzone van een Vlaams waterlichaam berekend welk aandeel de industrie heeft in de lozingen van totaal stikstof en fosfor ten opzichte van de totale hoeveelheid lozingen in die afstroomzone. Indien de industrie verantwoordelijk is voor minstens 20 % van de in een specifiek afstroomgebied geloosde vracht van totaal stikstof of totaal fosfor en het waterlichaam scoort onvoldoende voor één van beide parameters, zal in dat gebied een verregaande zuivering opgelegd worden. Concreet wordt er gesimuleerd dat de bedrijven zeer verregaande zuiveringstechnieken zoals omgekeerde osmose, ultrafiltratie of nanofiltratie zullen moeten toepassen. Daarenboven wordt het restwater (tot 1/3 van het totale volume) ingedampt en de stoffractie gestort.

2.5.4 Depositie

Voor atmosferische stikstofdepositie werden de projecties uit het maatregelen scenario van het luchtbeleidsplan zoals ze berekend werden met VLOPS toegepast als invoer in NEMO. Gemiddeld voor Vlaanderen daalt de stikstofdepositie met 25 % tussen 2015 en 2030. Op basis van deze gegevens werd een lineaire trend verondersteld voor de tussenliggende jaren 2019-2027.

2.5.5 Natuurlijke bronnen

In dit scenario werden op vlak van diffuse lozingen uit natuur- en bosgebieden geen wijzigingen



aangebracht ten opzichte van het referentiescenario.

2.5.6 Hydromorfologie

Voor het maximaal scenario hydromorfologie is het uitgangspunt dat overal waar het kan structuurherstel wordt gerealiseerd, overeenkomstig de keuzes voor de opbouw van de maximale actielijst in de disproportionaliteitsanalyse (zie achtergronddocument “Disproportionaliteitsanalyse voor de 3de generatie stroomgebiedbeheerplannen in Vlaanderen”). De vertaling van deze maximale actielijst leidt in het maximaal scenario tot volgende aannames:

- Voor alle natuurlijke waterlichamen worden de hydromorfologische deelmaatlatten en de EKC hydromorfologie goed (>0,7). Alle inbuizingen worden ook verwijderd, tenzij het om duikers onder kanalen gaat.
- Voor de sterk veranderde waterlichamen met nuttig doel bescherming tegen overstroming wordt de EKC hydromorfologie aangepast tot de klasse matig, en worden geen wijzigingen verondersteld aan de deelmaatlatten longitudinale connectiviteit, laterale connectiviteit en stroming.
- Voor de sterk veranderde waterlichamen met nuttig doel scheepvaart wordt het scenario toegepast zoals voor natuurlijke waterlichamen, maar worden geen inbuizingen verwijderd.
- Voor kunstmatige waterlichamen wordt enkel de deelmaatlat longitudinale connectiviteit tot 0,7 bijgesteld.

2.5.7 Macro-invertebraten

Verschillende maximale scenario's zijn beschouwd:

- een volledig maximaal scenario,
- een scenario waarbij hydromorfologie op het niveau van het beslist beleid-scenario wordt gehouden, en het maximale waterkwaliteitsscenario uit Pegase wordt beschouwd,
- een scenario waarbij het maximale hydromorfologiescenario wordt beschouwd, maar het beslist beleid-scenario uit Pegase wordt meegenomen.

Dit laat toe om de bijdrage van elk op het herstel van de ecologische toestand beter in te schatten. Alle maximale scenario's zijn berekend volgens de volgende methodiek. In ELMO wordt een simulatie uitgevoerd van 2015 tot 2045. Tussen 2015 en 2027 geldt het referentiescenario. Vanaf 2027 geldt het beschouwde maximale scenario, in de veronderstelling dat het scenario dan volledig is uitgevoerd. Het effect van het scenario wordt na 6 jaar doorsimuleren ingeschat. Daarna wordt het nog verder doorgetrokken om het effect van natuurlijk herstel te kunnen inschatten.

3 RESULTATEN SCENARIO'S

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de simulaties met de verschillende modellen getoond voor de drie scenario's. Eerst wordt een overzicht gegeven van de veronderstelde veranderingen in de drukken van landbouw, huishoudens en industrie in de scenario's. Vervolgens wordt het gesimuleerde effect op de fysisch-chemische oppervlaktewaterkwaliteit weergegeven en de gevolgen voor de ecologie in de waterlopen.

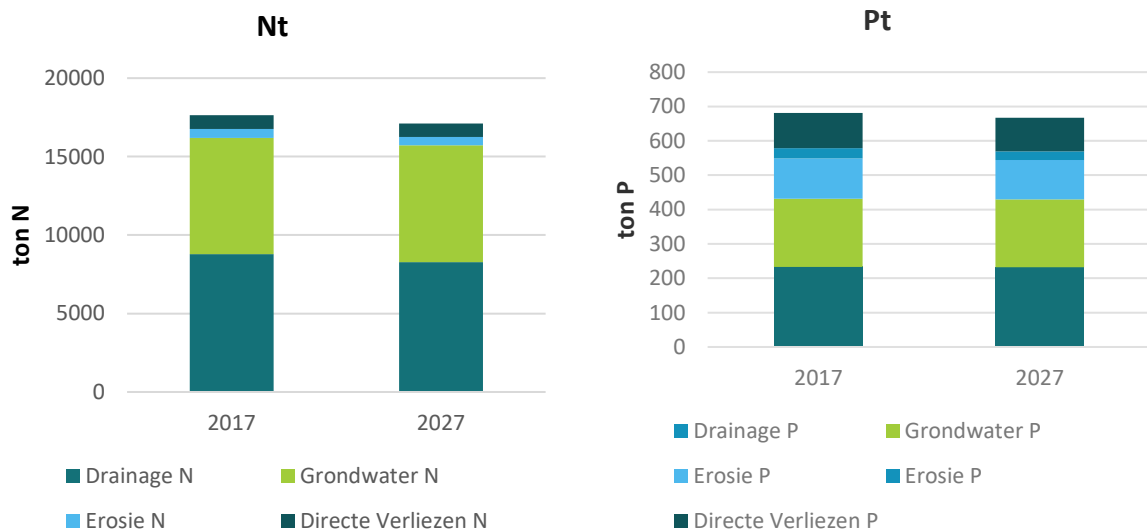
3.1 Drukken

3.1.1 Landbouw

3.1.1.1 Scenario beslist beleid

Vlaanderen

De verwachte N-vracht vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater daalt van ongeveer 17.600 ton N naar 17.100 ton N in het beslist beleid-scenario. Dit is een daling met -3 % voor heel Vlaanderen. De daling is het gevolg van het effect van de reductie van het mestgebruik en de extra oppervlaktes vanggewassen op voornamelijk de vracht via drainage en grondwater. Voor P bedraagt de daling -2 %: van 681 ton P in 2017 tot 667 ton P in 2027, voornamelijk via daling van de erosieverliezen en directe verliezen.



Figuur 8: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid

In NEMO wordt ervan uitgegaan dat P-concentraties in het grondwater relatief constant blijven in de tijd en weinig evolueren. Dit omdat kennis om de uitloging van P uit de landbouwbodems in heel



Vlaanderen en het effect op het grondwater en het oppervlaktewater nog ten dele ontbreekt. Gemeten grondwaterconcentraties van de periode 2010-2012 worden daarom gebruikt in het model.

Vervolgens wordt deze P-vracht via het grondwater in NEMO volledig aan de landbouw toegeschreven. Er is echter ook een natuurlijke P-vracht in het grondwater aanwezig. Ten dele is de P in grondwater wel het gevolg van uitspoeling van P uit de landbouwbodems, maar de omvang hiervan is niet exact gekend voor Vlaanderen. Om de P-emissies van een waterlichaam volledig te kunnen begroten indien opgeteld met andere sectoren worden de natuurlijke P-vracht van het grondwater en de P-vracht in het grondwater ten gevolge van de landbouw samen beschouwd.

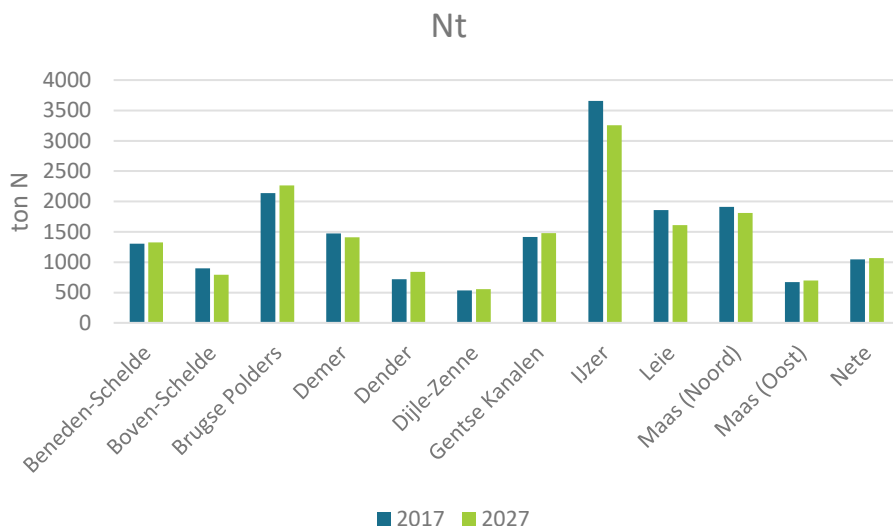
Omdat in NEMO gewerkt wordt met gemeten grondwaterconcentraties voor P hebben maatregelen die het mestgebruik veranderen geen effect op de gesimuleerde vracht. Sowieso is de uitspoeling van P uit landbouwbodems een traag proces en kunnen maatregelen in de landbouw hierop pas op langere termijn een effect hebben. De belangrijkste deelstromen om in te grijpen in de P-emissies van de landbouw op korte termijn zijn de directe verliezen en erosie en deze worden wel gemodelleerd door NEMO.

Bekkens^b

De grootste dalingen van de N-vrachten worden verwacht in de bekkens met de grootste oppervlakte in afstroomzones van gebiedstype 2 en 3 volgens MAP6. Het gaat om de Leie (-13 %), de Boven-Schelde (-12 %) en de IJzer (-11 %). In bekkens met weinig of geen maatregelen in MAP6, stijgen de verwachte vrachten daarentegen: Dender (+17 %), Brugse Polders (+6 %). Voornamelijk de vrachten via grondwaterstroming stijgen, wat wijst op stijgende N-gehalten in de bodem en hoge uitspoeling bij verderzetting van het huidige mestgebruik, met doorwerkend effect op de grondwatervrachten.

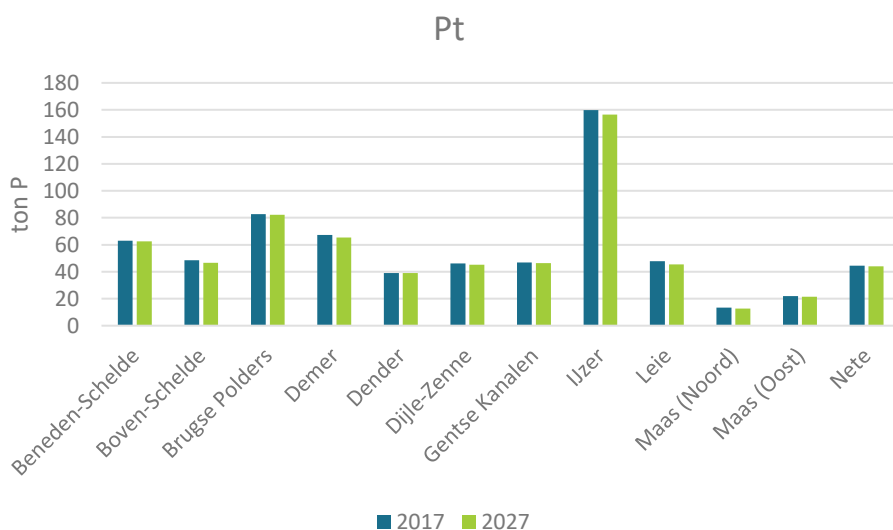
^b Omdat het gaat om twee geografische gescheiden regio's wordt in NEMO het Maasbekken om technische redenen gesplitst in het noordelijke deel en het oostelijke deel. De resultaten van beide delen worden daarom apart getoond in de grafieken.





Figuur 9: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid

Voor P zijn de dalingen in de vrachten voornamelijk het gevolg van de daling in de ingeschatte directe verliezen van meststoffen rechtstreeks in het oppervlaktewater. Bekkens waar de grootste mestreductie plaatsvindt en waar de directe verliezen een relatief groot aandeel hebben tonen de grootste dalingen: Maas-Noord (-6 %), Leie (-5 %) en Boven-Schelde (-4 %).



Figuur 10: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid

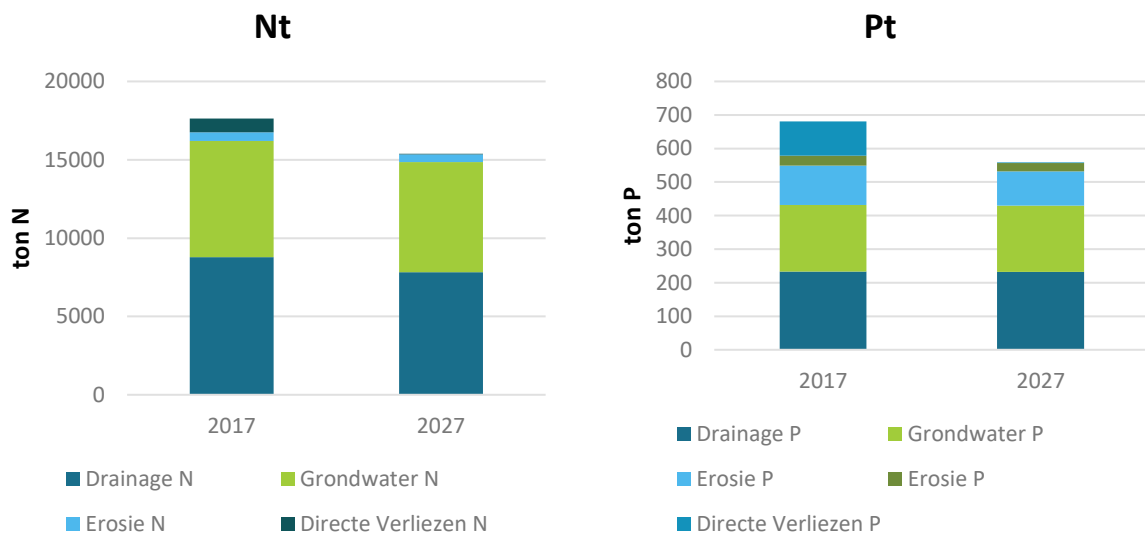


3.1.1.2 Scenario maatregelenprogramma

Vlaanderen

De verwachte N-vracht vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater daalt van 17.600 ton N naar 15.400 ton N in het maatregelenprogramma-scenario. Dit is een gemiddelde daling met -13 % voor heel Vlaanderen. De daling is het gevolg van lagere drainageverliezen (-10 %) en grondwatervrachten (-5 %).

Voor P bedraagt de daling -18 %: van 680 ton P in 2017 tot 560 ton P in 2027. De daling is voornamelijk aan de daling van de directe verliezen toe te schrijven (-97 %) en in mindere mate aan de daling van de erosieverliezen (-20 %). De hoge daling van de directe verliezen is het gevolg van een optimale en volledige toepassing van een bemestingsvrije strook van 3 m langs alle waterlopen in dit scenario, in tegenstelling tot een relatief hogere inschatting van de gangbare praktijk en huidige regelgeving in de referentiesituatie.

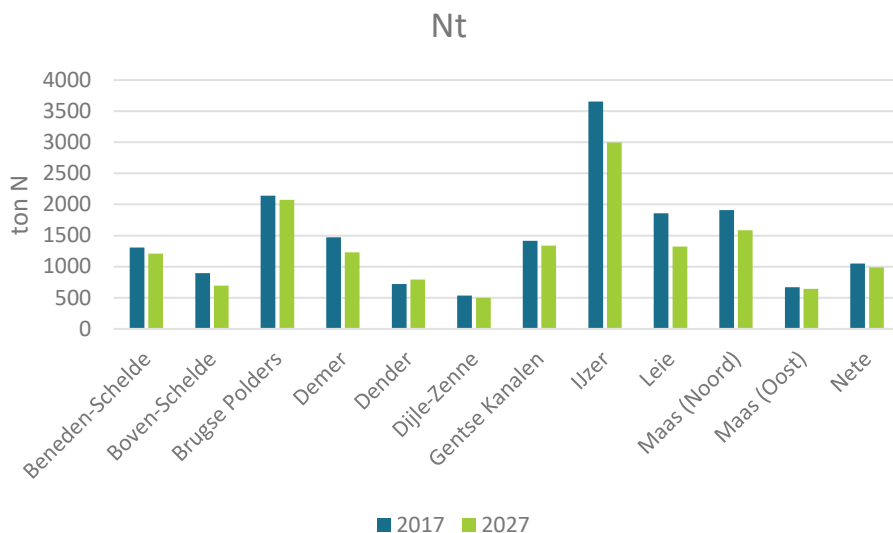


Figuur 11: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma

Bekkens

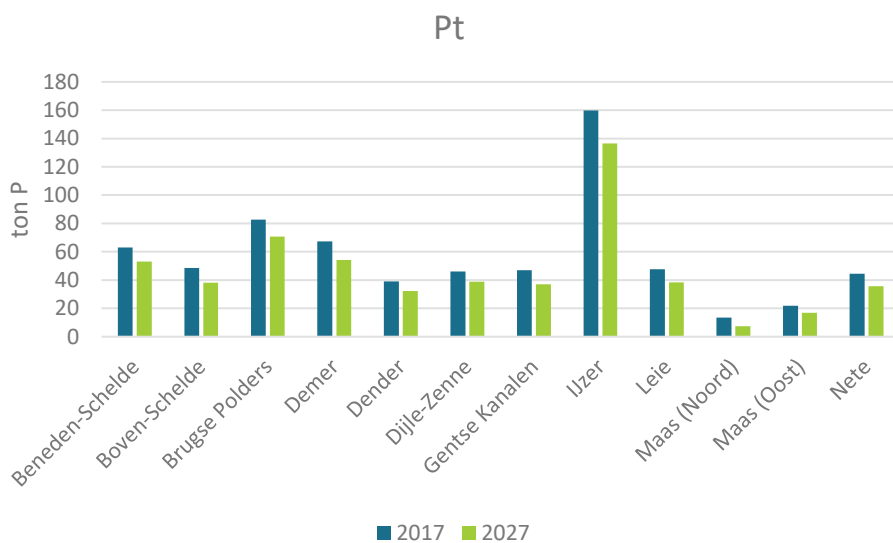
Door de verstrenging van de opgelegde mestreductie in het maatregelenprogramma en de uitbreiding ervan naar de afstroomzones met gebiedstype 1 dalen de vrachten sterker en in meer bekkens. De grootste dalingen van de N-vrachten worden verwacht in de Leie (-29 %), de Boven-Schelde (-22 %), de IJzer (-18 %), Maas-Noord (-17 %) en de Demer (-17 %). In het bekken van de Dender met nog steeds weinig of geen maatregelen stijgen de verwachte vrachten potentieel nog (+10 %).





Figuur 12: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma

Voor P zijn de dalingen in de vrachten voornamelijk het gevolg van de daling in de ingeschatte directe verliezen van meststoffen rechtstreeks in het oppervlaktewater. Bekkens waar de grootste mestreductie plaatsvindt en waar de directe verliezen een relatief groot aandeel hebben tonen de grootste relatieve dalingen: Maas-Noord (-46 %), Maas-Oost (-23 %) en Boven-Schelde (-22 %).



Figuur 13: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma

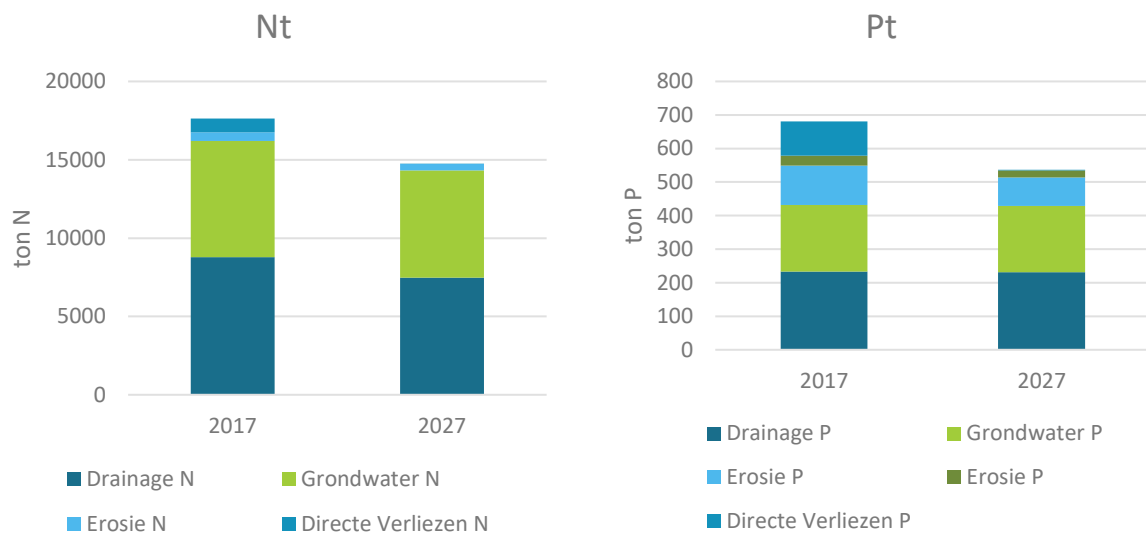


3.1.1.3 Maximaal scenario

Vlaanderen

De verwachte N-vracht vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater daalt van 17.600 ton N naar 14.760 ton N in het maximale scenario. Dit is een gemiddelde daling met -16 % voor heel Vlaanderen. De daling is het gevolg van lagere drainageverliezen (-15 %) en grondwatervrachten (-8 %). De daling in het maximale scenario is niet veel groter dan in het maatregelenprogramma-scenario. Dit komt ten dele doordat de bemestingsreductie beperkt werd tot maximaal -30 %. Verdere mestreductie zou mogelijks belangrijke wijzigingen aan de teeltkeuzes betekenen.

Voor P is er een daling van -21 % van 680 ton P in 2017 tot 540 ton P in 2027. De daling is voornamelijk aan de daling van de directe verliezen toe te schrijven (-98 %) en in mindere mate aan de daling van de erosieverliezen (-31 %). De hoge daling van de directe verliezen is het gevolg van een optimale en volledige toepassing van een bemestingsvrije strook van 5 m langs alle waterlopen in dit scenario.



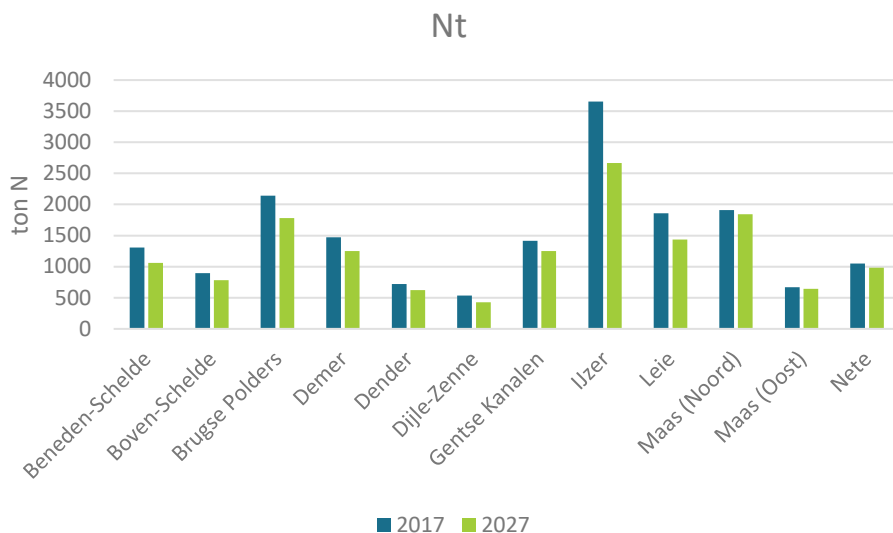
Figuur 14: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario

Bekkens

In het maximaal scenario worden de maatregelen met betrekking tot vanggewassen, erosiebestrijding en bemestingsvrije stroken langs waterlopen maximaal toegepast. De maatregel met vermindering van het mestgebruik wordt in dit scenario, in tegenstelling tot de scenario's beslist beleid en maatregelenprogramma, afgestemd op het aandeel van de landbouw in de reductiedoelen voor N en P. Hierdoor zijn de opgelegde mestreducties in de afstroomzones anders dan in de voorgaande scenario's.

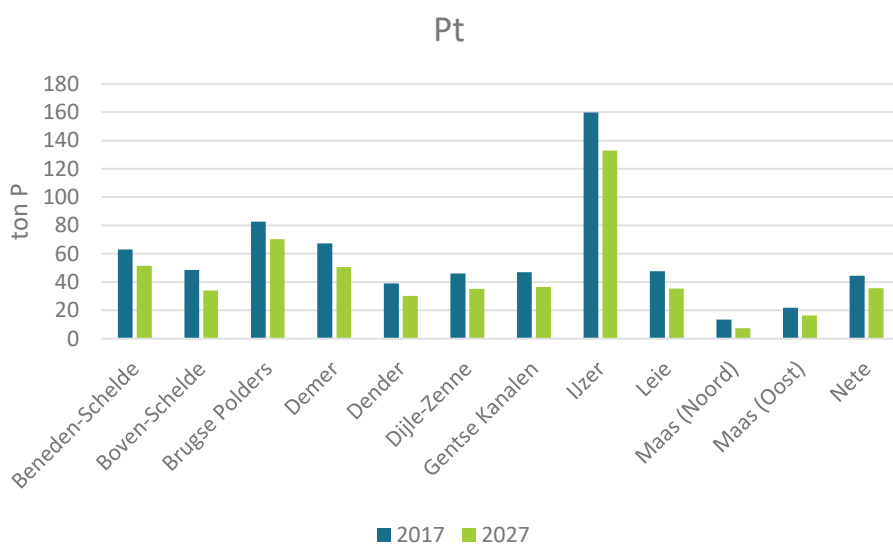
De grootste dalingen van de N-vrachten worden verwacht in de bekkens van de IJzer (-27 %), Leie (-23 %), Dijle-Zenne (-20 %) en de Beneden-Schelde (-19 %). De laagste dalingen van de N-vrachten worden verwacht in de Nete (-6 %) en de Maas-Noord (-4 %). In geen enkel bekken stijgen de N-vrachten.





Figuur 15: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario

Voor P zijn de dalingen in de vrachten voornamelijk het gevolg van de daling in de ingeschatte directe verliezen van meststoffen rechtstreeks in het oppervlaktewater. Bekkens waar de directe verliezen een relatief groot aandeel hebben tonen de grootste dalingen: Maas-Noord (-46 %) en Boven-Schelde (-30 %).



Figuur 16: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario

3.1.2 Saneringsinfrastructuur

Het verder uitbouwen van de saneringsinfrastructuur volgens de hierboven beschreven scenario's



heeft een verschuiving en daling van de op de waterlopen geloosde vuilvrachten tot gevolg. In Tabel 10 is weergegeven welk percentage van de bevolking in elke categorie zit, op een totaal van 6,46 miljoen inwonerequivalenten.

In Tabel 11 en Tabel 12 zijn vervolgens voor respectievelijk stikstof en fosfor voor elk van de scenario's de jaarlijkse totaalvrachten, afkomstig van huishoudelijke lozingen en zuiveringsinstallaties in heel Vlaanderen weergegeven, opgedeeld per type.

In Pegase wordt standaard 10% van de vracht van de in Vlaanderen op RWZI aangesloten huishoudens beschouwd als niet effectief aangesloten op een RWZI of als verloren gegaan door lekken. De vracht afkomstig van de lekverliezen bereikt het oppervlaktewater niet, terwijl de niet effectief op RWZI aangesloten vracht wordt geloosd in het oppervlaktewater als een ongezuiverde disperse lozing. Beide categoriën worden in de tabellen hieronder samengeteld weergegeven.

Tabel 10: percentage van het totale aantal geloosde inwonerequivalenten met huishoudelijke oorsprong in 2017 in Vlaamse waterlopen, per scenario en per categorie

Scenario	Aangesloten op RWZI	Riolering	Disperse lozingen	Individuele behandeling
Referentie	83,0%	2,7%	13,8%	0,4%
Beslist beleid	88,9%	0,8%	9,7%	0,7%
Maatregelen-programma	90,6%	0,8%	7,9%	0,7%
Maximaal	92,1%	0,8%	6,4%	0,7%

Tabel 11: totale vrachtemissies aan totaal stikstof (in ton) van huishoudelijke oorsprong in 2017 in Vlaamse waterlopen, per scenario en per categorie

Scenario	RWZI-effluent	Lekverliezen/niet effectief aangesloten	Riolering	Disperse lozingen	Individuele behandeling	Totaalvracht Nt huishoudens + RWZI
Referentie	4599	1748	561	2530	52	9490
Beslist beleid	4775	1877	160	1768	70	8650
Maatregelen-programma	3761	1916	160	1452	70	7359
Maximaal	4020	1318	160	1174	70	6741



Tabel 12: totale vrachtemissies aan totaal fosfor (in ton) van huishoudelijke oorsprong in 2017 in Vlaamse waterlopen, per scenario en per categorie

Scenario	RWZI-effluent	Lekverliezen/ niet effectief aangesloten	Riolering	Disperse lozingen	Individuele behandeling	Totaalvracht Pt huishoudens + RWZI
Referentie	603,0	252,3	81,0	365,2	2,7	1304
Beslist beleid	629,4	270,9	23,1	255,2	3,7	1182
Maatregelen- programma	317,8	276,5	23,1	209,6	3,7	831
Maximaal	340,7	190,2	23,1	169,4	3,7	727

Uit bovenstaande cijfers blijkt duidelijk dat het verder uitvoeren van het reeds besliste beleid een positieve impact heeft op de vrachten afkomstig van de saneringsinfrastructuur: zowel de totaalvrachten aan stikstof (-8,9 %) als fosfor (-9,4 %) dalen ten opzichte van het referentiescenario.

Zowel bij de disperse lozingen als bij diegene die op een riolering aangesloten zijn die nog niet met een zuiveringsinstallatie verbonden is, is er een significante daling in de vrachten te zien, met respectievelijk -30 % en -72 %, en dit voor beide parameters. De eerste prioriteit van het reeds besliste beleid is dus duidelijk om reeds bestaande rioleringen verder aan te sluiten op een zuiveringsinstallatie. Daardoor nemen logischerwijze de effluentvrachten van RWZI's alsook de lekverliezen toe in dit scenario, zij het beperkt (+4 % en +7 %). Dat de toename in RWZI-effluentvrachten relatief meer gedempt is dan de toename in lekverliezen, is mogelijks gedeeltelijk omwille van de op RWZI aangesloten industriële lozingen. Deze zitten mee vervat in deze RWZI-effluenten, maar blijven in dit scenario ongewijzigd. Tot slot is er ook duidelijk verder ingezet op in-situ zuivering met behulp van IBA's; hoewel de absolute vrachten daar beperkt in omvang blijven, is er in die categorie wel een significante toename in vrachten na uitvoering van het besliste beleid (+34 %).

3.1.2.1 Scenario maatregelenprogramma

In vergelijking met het business-as-usual-scenario worden in dit scenario voornamelijk nog extra huishoudens op zuiveringsinfrastructuur aangesloten die voorheen nog dispers loosden. Hierdoor daalt de totaal op oppervlaktewater geloosde stikstofvracht met 22,5 % ten opzichte van het referentiescenario. Door het verder inzetten op het verbeteren van de bestaande zuiveringsstations stijgt het gemiddelde zuiveringsrendement over heel Vlaanderen voor stikstof van 83,2 % naar 86,9 %. Daardoor daalt de totale effluentvracht aan stikstof die uit de RWZI's komt met 18 % ten opzichte van het referentiescenario, terwijl deze in het beslist beleid-scenario nog licht toenam.

Ook de totaal geloosde fosforvrachten dalen duidelijk na uitvoering van het maatregelenprogramma, namelijk met 36 %. Een belangrijk aandeel van deze daling wordt veroorzaakt door de daling van de



RWZI-effluenten. Door een groot aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties te voorzien van systemen voor verregaande fosforverwijdering stijgt het gemiddelde zuiveringsrendement van 83,9 % naar 91,9 %. Hierdoor is de totale effluente fosforvracht, ondanks een stijging van de influente vrachten, gedaald met 47 %.

3.1.2.2 Maximaal scenario

In dit scenario wordt, naast het verder aansluiten van huishoudens op rioolwaterzuiveringsinstallaties, de werking van het rioleringsnet geoptimaliseerd. Hierdoor is een verdere daling van de dispers geloosde vrachten zichtbaar, met ruim 53 % ten opzichte van de referentie voor zowel stikstof als fosfor. Door de hogere collecteringsgraad ten gevolge van de optimalisaties en renovaties van het rioolstelsel verkleint het aandeel van de lekverliezen (-24 % tegenover referentie). Tegelijkertijd zullen daardoor, en door het verder aansluiten van huishoudens, de RWZI-effluentvrachten terug licht toenemen ten opzichte van het scenario maatregelenprogramma. Tegenover het referentiescenario wordt evenwel 12 % minder stikstof en 43 % minder fosfor langs deze weg op oppervlaktewater geloosd.

Globaal gezien daalt in dit maximale scenario de op oppervlakte water geloosde vracht afkomstig van de saneringsinfrastructuur met 29 % voor stikstof en met 44 % voor fosfor, telkens ten opzichte van de referentie.

3.1.3 Industrie

In zowel het beslist beleid- als het maatregelenprogramma-scenario worden geen specifieke acties voor industrie ondernomen. De industriële lozingen zijn in beide scenario's dus dezelfde als in het referentiescenario.

In het maximale scenario worden industriële lozingen, in de afstroomzones waar ze een belangrijke driver zijn voor het niet halen van de goede toestand voor N en P, onderworpen aan een zeer verregaande zuivering. In Tabel 13 staat het overzicht van de afstroomzones waarover het gaat, inclusief welke parameter daar het probleem vormt.

Tabel 13: overzicht van de afstroomzones met significante industriële lozingen

Waterlichaam Code	Waterlichaam naam	Industrie levert significante bijdrage aan lozingen stikstof totaal	Industrie levert significante bijdrage aan lozingen fosfor totaal
VL05_122	GROTE LAAK		x
VL05_141	LOSSING		x
VL05_166	KANAAL IEPER-IJZER		x
VL05_177	NIEUWE KALE	x	x
VL05_93	ZENNE II	x	



Waterlichaam Code	Waterlichaam naam	Industrie levert significante bijdrage aan lozingen stikstof totaal	Industrie levert significante bijdrage aan lozingen fosfor totaal
VL08_179	WESTELIJKE RINGVAART		x
VL09_78	DIJLE II	x	x
VL11_123	GROTE NETE I		x
VL11_165	KANAAL GENT-TERNEUZEN + GENTSE HAVENDOKKEN	x	x
VL17_161	KANAAL DUINKERKE-NIEUWPOORT	x	x
VL17_183	ZUID-WILLEMSVAART + KANAAL BOCHOLT-HERENTALS (deels) + KANAAL BRIEGDEN-NEERHAREN	x	x
VL17_187	ANTWERPSE HAVENDOKKEN + SCHELDE-RIJNVERBINDING	x	x
VL17_43	ZEESCHELDE IV	x	

De bedrijven gelegen in de betreffende afstroomzones staan samen in voor 50 % van de industriële stikstofvracht in heel Vlaanderen. De vier in het grijs gemarkeerde afstroomzones zijn opgeteld zelfs verantwoordelijk voor 40 % van het totaal in Vlaanderen. Om de gesimuleerde reductie enigszins in lijn te houden met de voor het maximaal scenario begrootte kostprijs (zie achtergronddocument “Disproportionaliteitsanalyse voor de 3de generatie stroomgebiedbeheerplannen in Vlaanderen”) en gezien hun beperkte stroomafwaartse potentieel, werd geopteerd om in deze vier afstroomzones geen verregaande zuivering door te voeren in dit scenario.

Uiteindelijk blijven er dus 10 afstroomzones over waarin een verregaande zuivering wordt opgelegd aan alle op oppervlaktewater lozende industriële lozingen. Door deze maatregel wordt in Vlaanderen een totaal van 22,5 miljoen m³ industrieel afvalwater per jaar gesaneerd, goed voor een vrachtreductie van 201 ton stikstof en 31 ton fosfor per jaar. In Tabel 14 worden de cijfers per afstroomzone weergegeven.

Tabel 14: overzicht van de gesaneerde industriële lozingen per afstroomzone

Waterlichaam Code	Waterlichaam naam	Totaal jaardebiet industrie (m ³)	Totale jaarvacht Nt industrie (ton)	Totale jaarvracht Pt industrie (ton)
VL05_122	GROTE LAAK	2 749 939	13,85	1,86
VL05_141	LOSSING	922 428	7,10	1,47
VL05_166	KANAAL IEPEER-IJZER	1 030 912	9,24	2,95

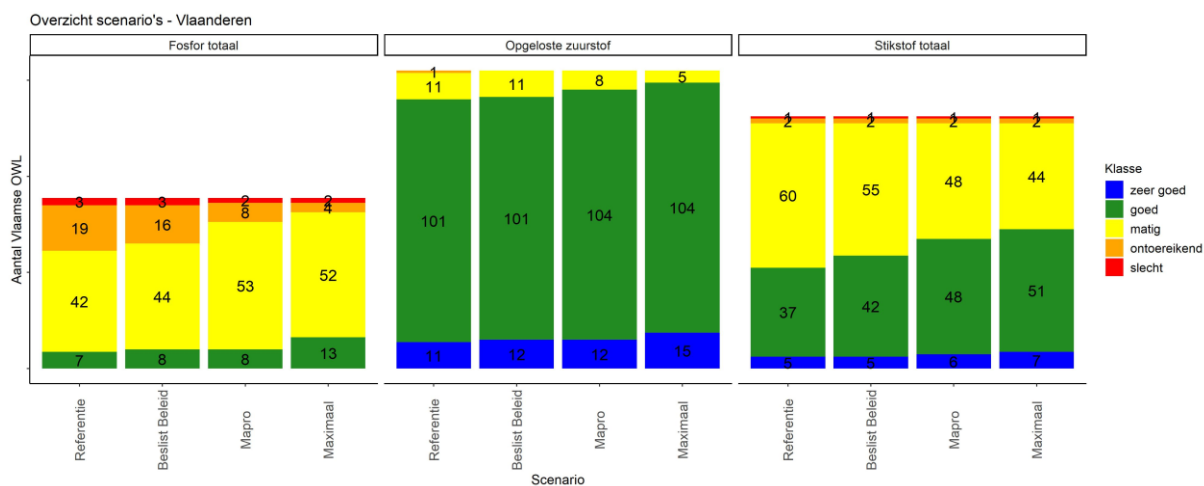
Waterlichaam Code	Waterlichaam naam	Totaal jaardebiet industrie (m ³)	Totale jaarvracht Nt industrie (ton)	Totale jaarvracht Pt industrie (ton)
VL05_177	NIEUWE KALE	6 751 542	28,78	4,89
VL05_93	ZENNE II	2 786 111	35,89	2,26
VL08_179	WESTELIJKE RINGVAART	434 251	3,29	0,38
VL09_78	DIJLE II	630 720	6,38	0,64
VL11_123	GROTE NETE I	6 294 586	70,76	9,03
VL17_161	KANAAL DUINKERKE-NIEUWPOORT	881 431	15,85	3,11
Totaal		22 481 919	191,12	26,58

3.2 Waterkwaliteit

3.2.1 Algemeen

In Figuur 17 wordt een globaal overzicht gegeven van de impact op de waterkwaliteit in de drie scenario's. De figuur toont voor de drie parameters en voor elk van de scenario's het aantal Vlaamse oppervlaktewaterlichamen per kwaliteitsklasse. In deze en volgende figuren en bespreking aangaande de waterkwaliteit worden steeds enkel de gemodelleerde Vlaamse waterlichamen in beschouwing genomen waarvoor de validatie van het referentiescenario met de metingen van het operationeel meetnet KRW goed was (zie 2.1.2). Hierdoor varieert het totale aantal Vlaamse waterlichamen in de figuren per parameter.

In bijlage 2 worden de waterkwaliteit in de verschillende scenario's en de classesprongen ten opzichte van het referentiescenario per parameter ruimtelijk gevisualiseerd.



Figuur 17: algemeen overzicht van de scenarioresultaten m.b.t. de waterkwaliteit voor heel Vlaanderen

Uit deze resultaten blijkt dat de waterkwaliteit in Vlaanderen voor fosfor in de huidige toestand niet goed is: slechts 7 van de 71 beschouwde Vlaamse waterlichamen scoort 'goed'. Deze situatie verbetert wel geleidelijk na uitvoering van de scenario's: het aantal 'goede' waterlichamen neemt vooral toe door uitvoering van het maximale scenario, terwijl het aantal 'ontoereikende' waterlichamen al sneller afneemt.

Aan de andere kant wordt meteen duidelijk dat zuurstof al van in het referentiescenario behoorlijk goed scoort, en dat de kwaliteit doorheen de scenario's nog verder verbetert, zonder grote verschuivingen. Waar er in de referentie nog één Vlaams waterlichaam ontoereikend scoort voor zuurstof, scoren ze allemaal matig of beter in elk van de volgende scenario's. Ook groeit het aantal waterlichamen in de klassen 'goed' en 'zeer goed' na uitvoering van elk van de scenario's.

Ook voor stikstof is er een duidelijk positieve trend waar te nemen naarmate er meer maatregelen getroffen worden: het aantal 'goed' scorende waterlichamen groeit gestaag. Aan de andere kant van de kwaliteitsindeling zijn er wel 3 waterlichamen die ondanks alle maatregelen toch blijven hangen in de klassen 'slecht' en 'ontoereikend'.

In het vervolg van dit hoofdstuk worden deze resultaten meer in detail besproken per scenario, met ook een verdere onderverdeling tot op bekkenniveau.

3.2.2 Scenario beslist beleid

Zoals ook al uit het algemene overzicht valt af te leiden, is de verbetering in waterkwaliteit door het uitvoeren van het beslist beleid-scenario eerder beperkt. Ondanks een globale, zij het beperkte, afname van de fosforvrachten afkomstig van zowel landbouw als van saneringsinfrastructuur, leidt deze reductie maar in een handvol gevallen tot een classesprong. De grootste reducties van de landbouwvrachten van fosfor worden in dit scenario in het Leie-, Maas- en Boven-Scheldebekken verwacht. Het is dan ook voornamelijk in deze bekkens dat we enkele classesprongen zien.

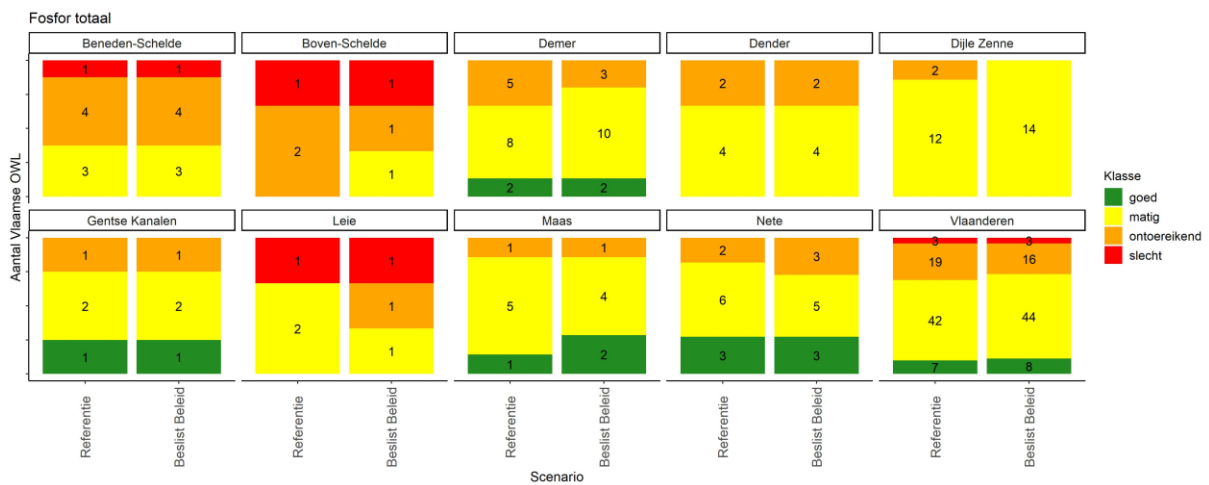
Let op: uit de validatie is gebleken dat geen enkel Vlaams waterlichaam uit de bekkens van de IJzer en Brugse Polders goed valideerde voor fosfor. Daarom ontbreken beide bekkens in de scenarioresultaten



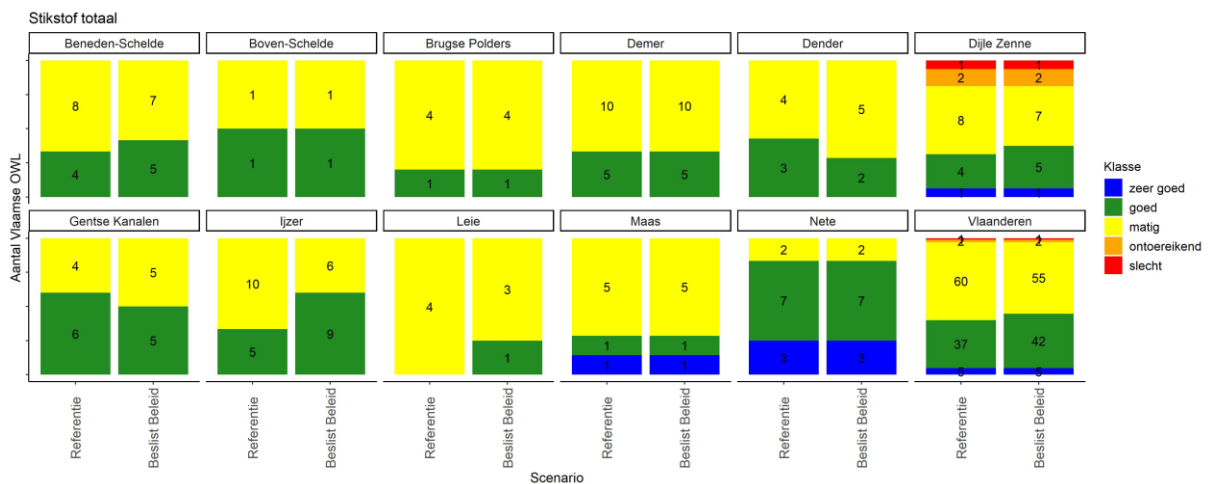
betreffende fosfor (Figuur 18).

Bij stikstof zijn er iets meer verschuivingen in de waterkwaliteit op te merken na uitvoering van het beslist beleid (zie Figuur 19). Gelijklopend met de resultaten van NEMO betekent dit enkele sprongen voorwaarts, terwijl tegelijkertijd sommige waterlichamen er ook op achteruitgaan. Vooral in het IJzerbekken zijn hier positieve wijzigingen waar te nemen; maar liefst 4 van de 15 Vlaamse oppervlaktewaterlichamen springen er van 'matig' naar 'goed'.

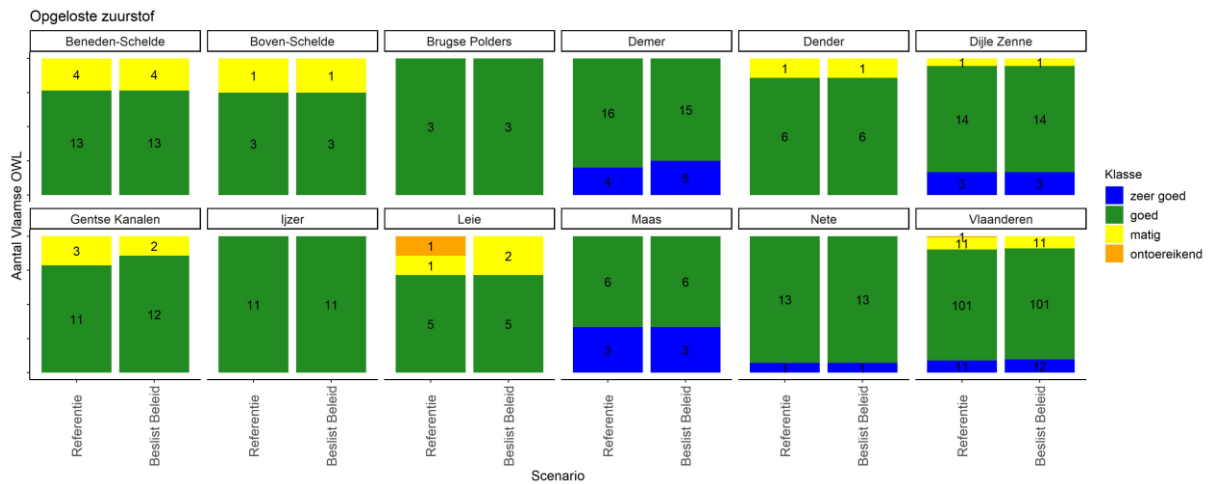
Op vlak van opgeloste zuurstof ten slotte (Figuur 20), is er niet veel vooruit- of achteruitgang waar te nemen in de vorm van classesprongen: één waterlichaam springt van 'matig' naar 'goed', een tweede van 'ontoreikend' naar 'matig', terwijl een derde zelfs van 'goed' naar 'zeer goed' springt.



Figuur 18: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover scenario beslist beleid



Figuur 19: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover scenario beslist beleid



Figuur 20: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover scenario beslist beleid

3.2.3 Scenario maatregelenprogramma

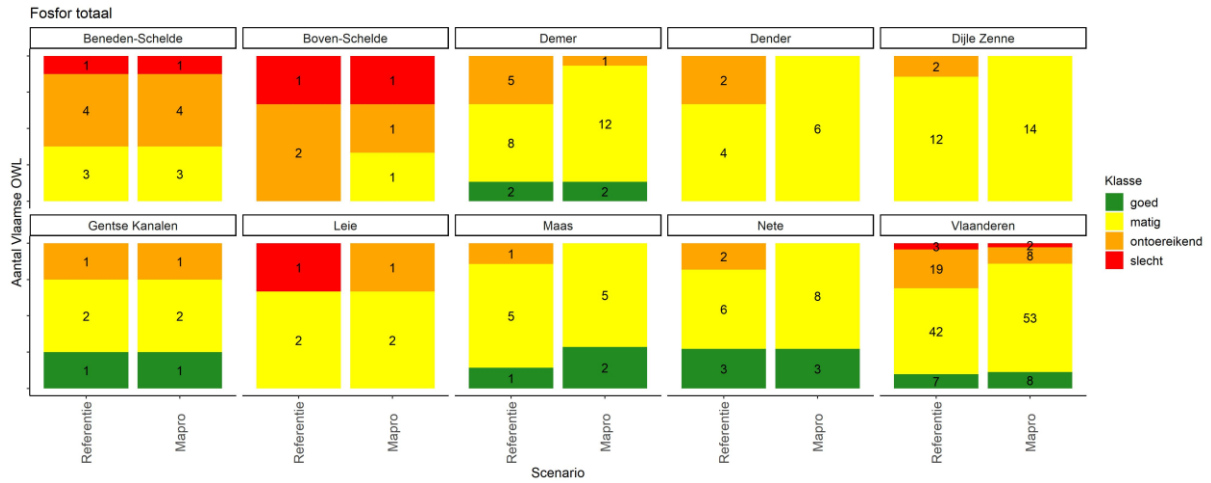
Indien de inspanning qua maatregelen wordt opgekrikt tot op het niveau van het uitvoeren van het maatregelenprogramma, zien we enerzijds grotere reducties van de landbouwvrachten voor zowel fosfor als stikstof. Aan de andere kant worden de vrachten ook gereduceerd door de verder doorgedreven aansluiting van huishoudens op saneringsinfrastructuur in combinatie met het uitbouwen van verregaande fosforverwijdering ter hoogte van de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Hoewel op vlak van fosfor zowel de uit de landbouw afkomstige als de urbane lozingen een heel stuk gereduceerd zijn, leidt dit toch nog niet tot een grote toename van het aantal waterlichamen die de goede kwaliteit halen voor deze parameter. De positieve trend is evenwel onmiskenbaar, aangezien 14 van de 71 Vlaamse waterlichamen een classesprong voorwaarts maken (zie Figuur 21).

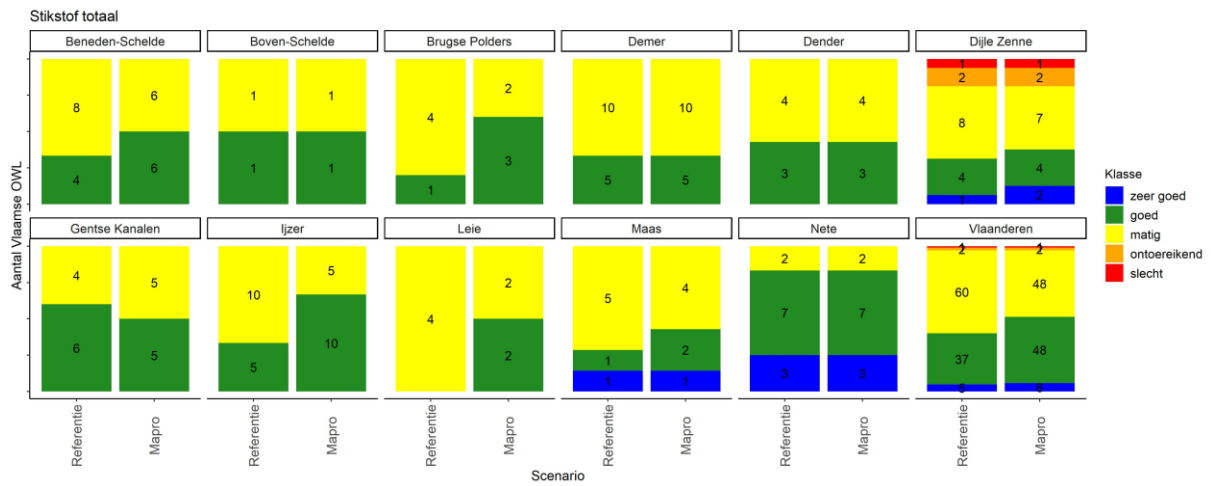
Net zoals bij fosfor, maken ook voor stikstof 14 Vlaamse waterlichamen een classesprong voorwaarts (zie Figuur 22). Na uitvoering van het scenario maatregelenprogramma zou voor stikstof meer dan de helft van de beschouwde waterlichamen 'goed' of beter scoren, waar dit in het referentiescenario nog maar 40 procent was. Ook hier zien we vooral vooruitgang in het westen van Vlaanderen, meer bepaald in de bekken van IJzer, Leie en Brugse Polders.

Ook wanneer we opgeloste zuurstof beschouwen (Figuur 23), is er nog een verdere verbetering van de waterkwaliteit zichtbaar: het aandeel van 'matig' scorende waterlichamen is verder afgenomen tot 8 van de 124 gevalideerde.

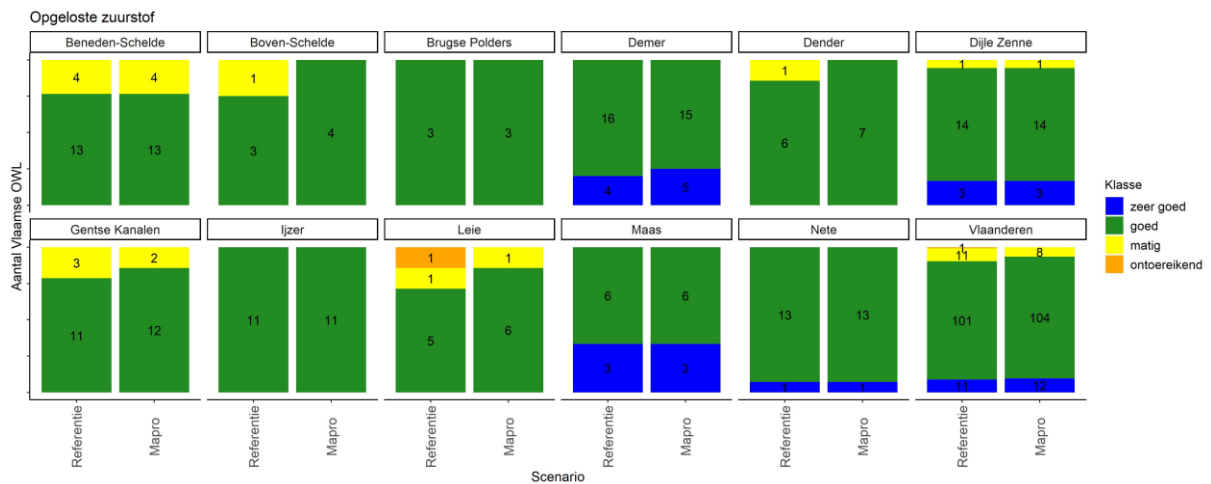




Figuur 21: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma



Figuur 22: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma



Figuur 23: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma

3.2.4 Maximaal scenario

In dit laatste scenario werd nagegaan in welke toestand de Vlaamse waterlichamen zouden kunnen geraken na het treffen van verregaande, vaak disproportioneel dure maatregelen. Bovenop de nog drastischere ingrepen op vlak van landbouw en saneringsinfrastructuur, worden in dit scenario ook aan de industrie zeer verregaande reducties opgelegd in de afstroomzones waar ze een belangrijke lozingsbron vormt.

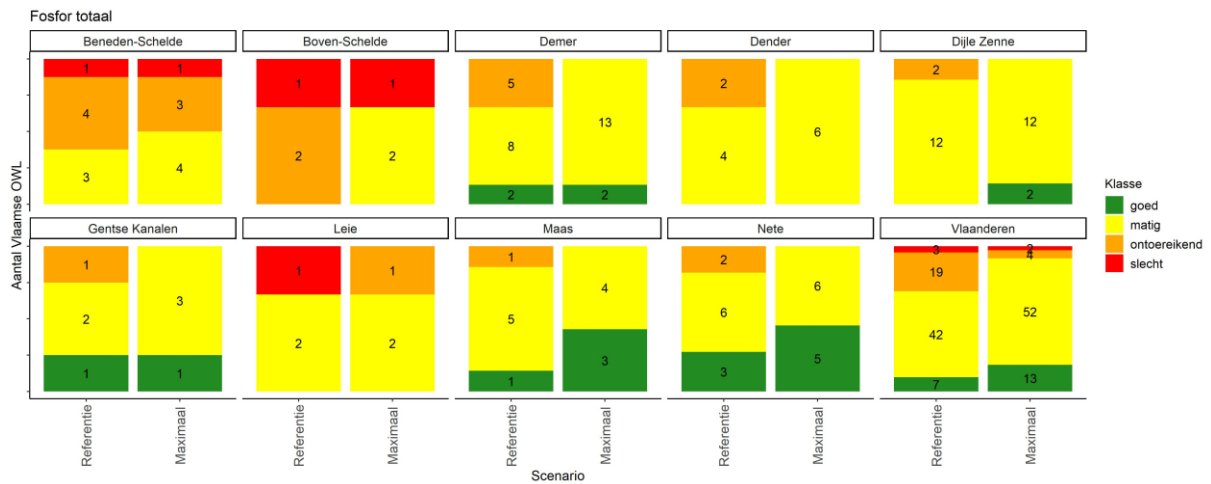
Logischerwijs wordt de positieve trend ook in dit scenario verdergezet: voor zowel fosfor, stikstof als opgeloste zuurstof resulteren de grotere inspanningen nog tot verdere verbeteringen van de waterkwaliteit ten opzichte van de voorgaande scenario's. Desondanks wordt nog steeds niet overal de goede toestand bereikt na uitvoering van dit scenario. Dat kan (deels) worden verklaard doordat in geval van grensoverschrijdende rivieren steeds is uitgegaan van een ongewijzigde kwaliteit in de stroomopwaartse delen. In veel van deze rivieren levert de vuilvracht in dit opstroomse deel een belangrijke bijdrage tot de kwaliteit verder stroomafwaarts. Daardoor is het onmogelijk om stroomafwaarts de goede toestand te bereiken zonder ook stroomopwaarts (in aangrenzende landen en gewesten) acties uit te voeren. Verder zijn mogelijks voor een aantal drukken nog bijkomende maatregelen nodig voor het behalen van de goede toestand.

Voor fosfor (Figuur 24) maakt de kwaliteit het duidelijkst vooruitgang in de bekkens waar ook NEMO de grootste reductie modelleert, namelijk in het Maas- en Boven-Scheldebekken. Daarnaast maken ook enkele Vlaamse waterlichamen nu wel een classesprong voorwaarts als gevolg van de drastische ingreep op industriële lozingsbronnen in hun afstroomgebied. Zij springen nu wel een klasse vooruit, terwijl ze dat in voorgaande scenario's nog niet deden. Hoewel na uitvoering van dit scenario slechts 6 in plaats van 22 waterlichamen 'ontoereikend' of 'slecht' scoren, halen ondanks de verregaande maatregelen ook amper 6 Vlaamse waterlichamen extra de goede toestand.

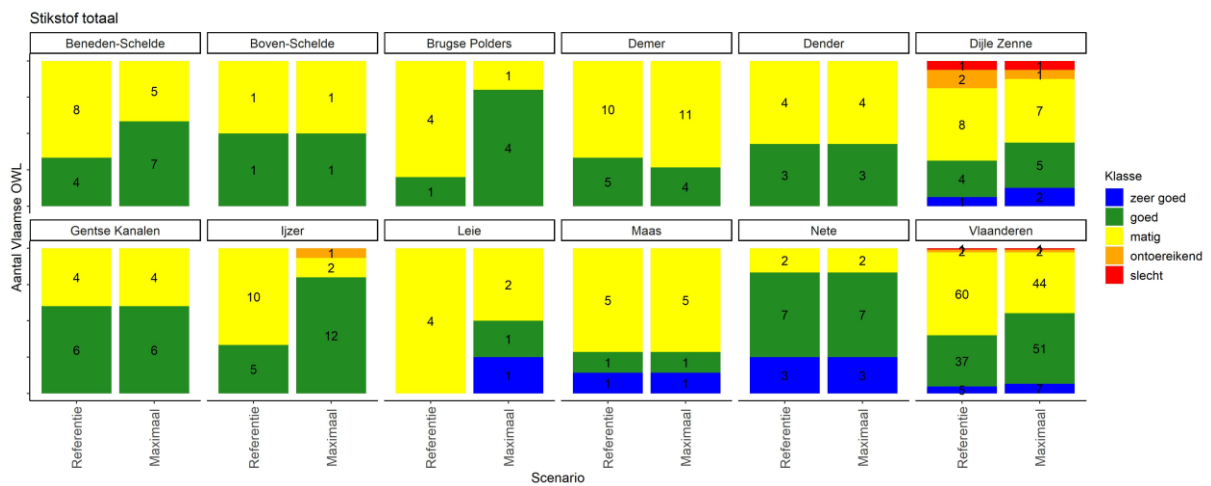
Wat betreft totaal stikstof (Figuur 25) is de trend in de waterkwaliteit ook voor een aantal bekkens grotendeels in overeenstemming met de patronen die uit de NEMO-resultaten blijken. Het grootste aantal classesprongen vindt ook in dit scenario plaats in de bekkens van de IJzer, Leie, Brugse Polders en Beneden-Schelde, terwijl bijvoorbeeld in Maas-, Nete- en Demerbekken er veel minder vooruitgang merkbaar is.

Finaal bereiken voor opgeloste zuurstof ook nog een aantal extra waterlichamen een betere klasse dan ze in het scenario maatregelenprogramma deden (Figuur 26). Ook al is opgeloste zuurstof de best scorende parameter, toch blijven na uitvoering van het hele pakket maatregelen in het maximale scenario nog 5 van de 124 beschouwde Vlaamse waterlichamen hangen bij een 'matige' toestand. Het is dus zeker niet zo dat met dit maximale scenario overal in Vlaanderen de goede fysisch-chemische toestand bereikt wordt.

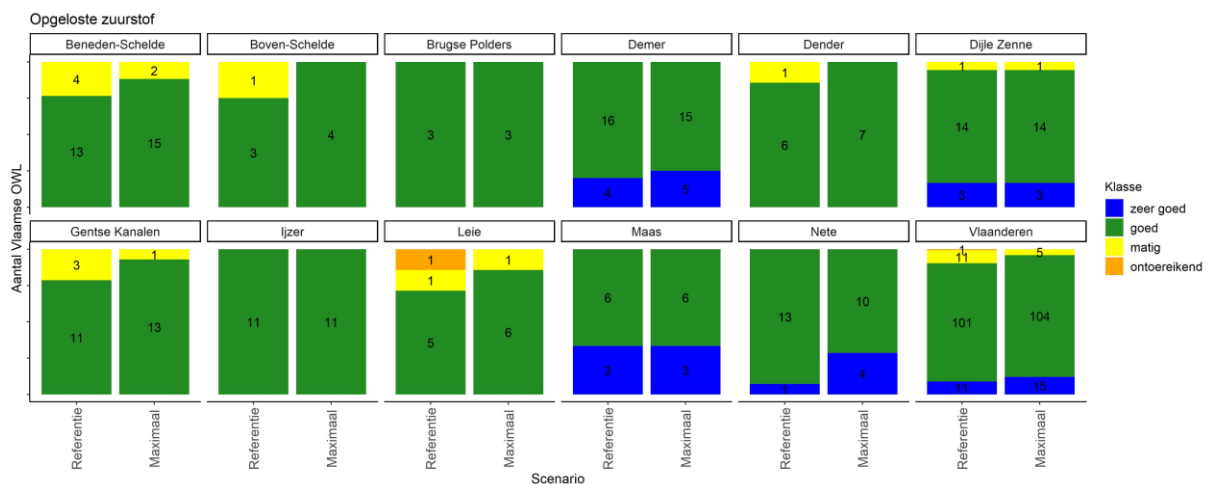




Figuur 24: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover maximale scenario



Figuur 25: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover maximale scenario



Figuur 26: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover maximale scenario

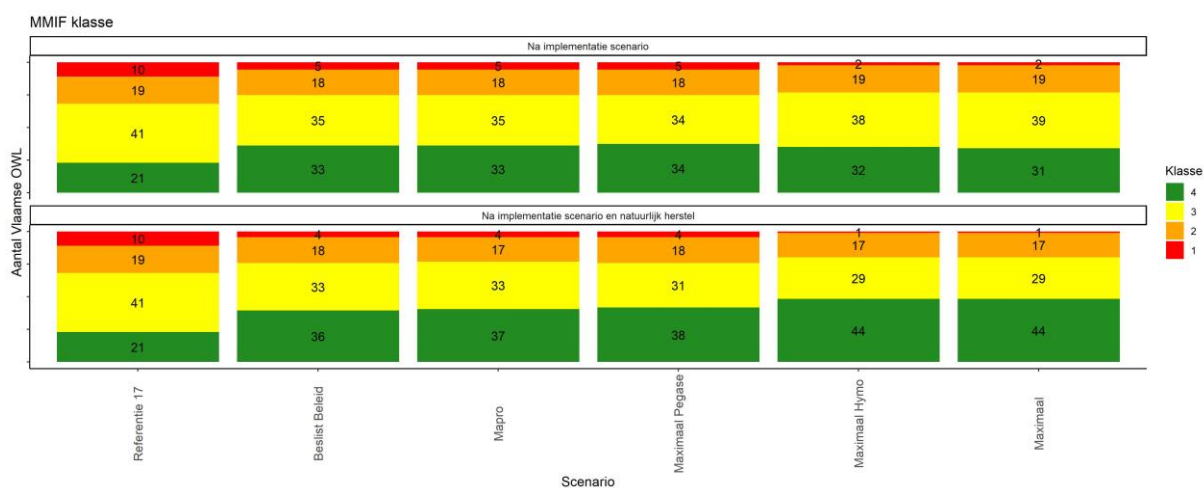
3.3 Ecologie

3.3.1 Algemeen

3.3.1.1 Algemene resultaten

In Figuur 27 wordt een globaal overzicht gegeven van de impact op de MMIF in de verschillende scenario's. De figuur toont voor de MMIF en voor elk van de scenario's het aantal Vlaamse oppervlaktewaterlichamen per kwaliteitsklasse. In de figuur wordt in de bovenste lijn de verwachte ecologische toestand weergegeven na implementatie van alle acties in het scenario, in de onderste lijn wordt de verwachte ecologische toestand weergegeven na implementatie van het scenario en natuurlijk herstel.

In bijlage 2 worden de waterkwaliteit in de verschillende scenario's en de classesprongen ten opzichte van het referentiescenario per parameter ruimtelijk gevisualiseerd.



Figuur 27: algemeen overzicht van de scenarioresultaten m.b.t. de MMIF voor Vlaanderen (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)

Uit Figuur 27 blijkt dat alle scenario's een positieve sprong in de goede toestand maken ten opzichte van de referentietoestand in 2017. De verschillen tussen het beslist beleid en het maatregelenprogramma-scenario worden iets duidelijker na natuurlijk herstel, wat er op wijst dat het mapro-scenario wel degelijk de habitatkwaliteit in Vlaanderen verbetert, maar dat dit niet enkel in gebieden is die direct kunnen gekoloniseerd worden door macro-invertebraten. Verder wordt duidelijk dat het maximaal hydromorfologiescenario een belangrijke rol speelt in het herstel van de ecologische toestand in het maximaal scenario. Er is een tijdelijke achteruitgang na de implementatie van het maximaal scenario, vermoedelijk omdat hierbij een aantal waterlopen een grote sprong maken in de hydromorfologische toestand en de macro-invertebratengemeenschap zeer sterk wijzigt. Deze terugval verdwijnt na natuurlijk herstel.

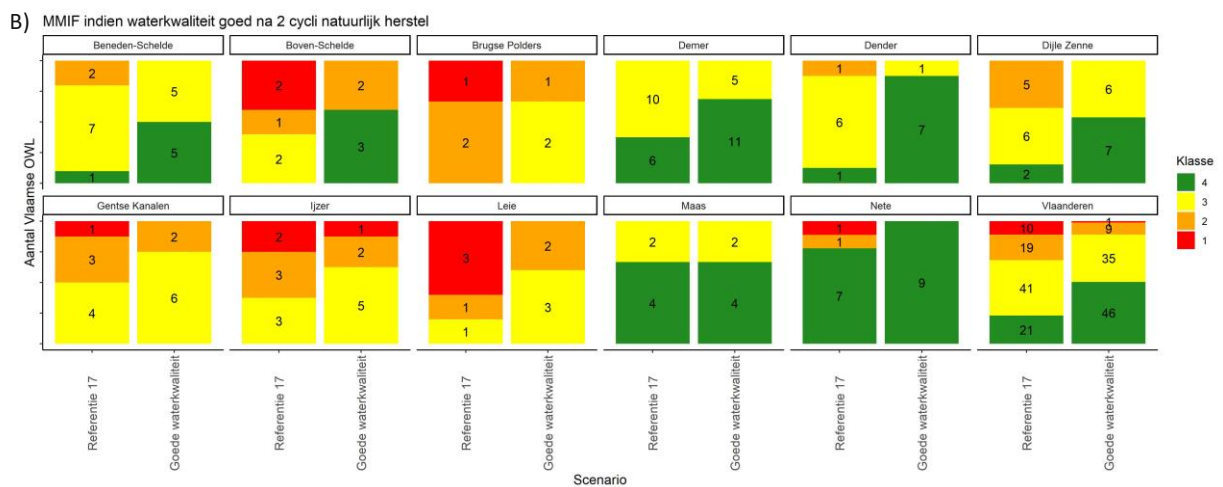
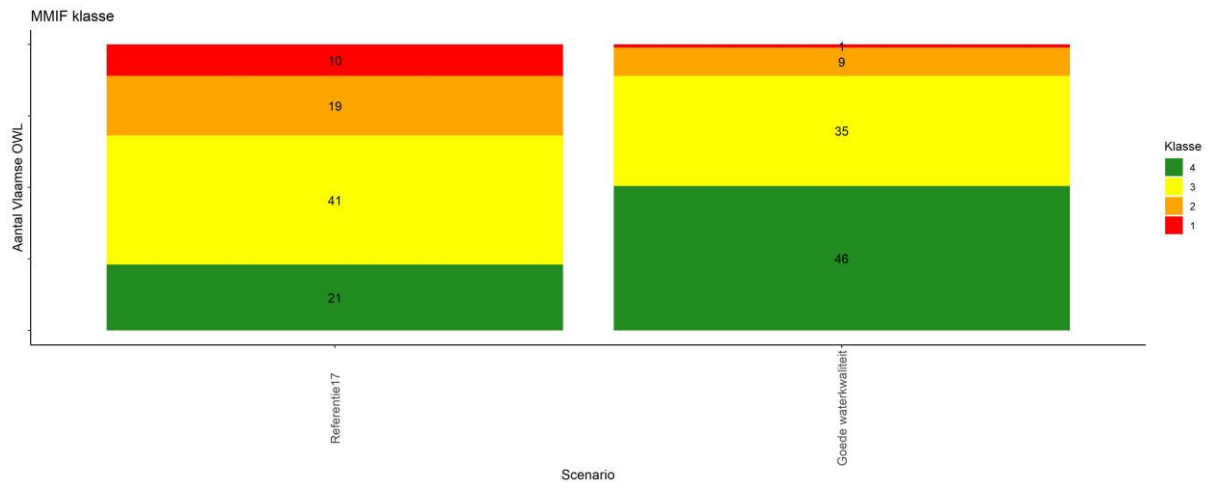


3.3.1.2 Wat als de waterkwaliteit overal goed zou zijn?

Uit de analyse hierboven blijkt dat natuurlijk herstel een belangrijke rol zal spelen in het herstellen van de ecologische toestand. Daarom is er ook een theoretisch scenario berekend waarbij verondersteld wordt dat de waterkwaliteit en hydromorfologische kwaliteit overal voldoende goed is om een goede MMIF te bereiken, om te bekijken waar de waterkwaliteit zou raken na 2 cycli natuurlijk herstel (12 jaar). Hieruit blijkt dat vanuit de huidige gekende populaties in Vlaanderen slechts 46 van de 91 gesimuleerde waterlichamen de goede toestand zou bereiken na natuurlijk herstel indien de habitatkwaliteit overal voldoende is. Dit betekent dat er in bepaalde delen in Vlaanderen (vooral in het westen van het land) mogelijk lang gewacht zal moeten worden op het bereiken van de goede ecologische toestand (Figuur 28), zelfs als de waterkwaliteit en de hydromorfologische kwaliteit al de goede toestand zouden hebben bereikt. We maken bij dit scenario wel volgende kanttekening voor harde conclusies kunnen getrokken worden: in de bronpopulaties die meegenomen worden in dit scenario, hebben we geen zicht op populaties van macro-invertebraten in natte habitats die niet bemeten zijn (stilstaande wateren in natuurgebieden, niet bemeten waterlichamen) en bij grenswaterlopen hebben we geen zicht op de populaties in de waterlichamen die in bv. Frankrijk, Brussel, Wallonië of Nederland aanwezig zijn. Verder onderzoek is nodig om deze data wel te integreren en met meer zekerheid hier een uitspraak over te kunnen doen.

A)





Figuur 28: resultaten van het scenario waarin overal een goede waterkwaliteit wordt verondersteld. A) Vlaanderen; B) Vergelijking per bekken (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)

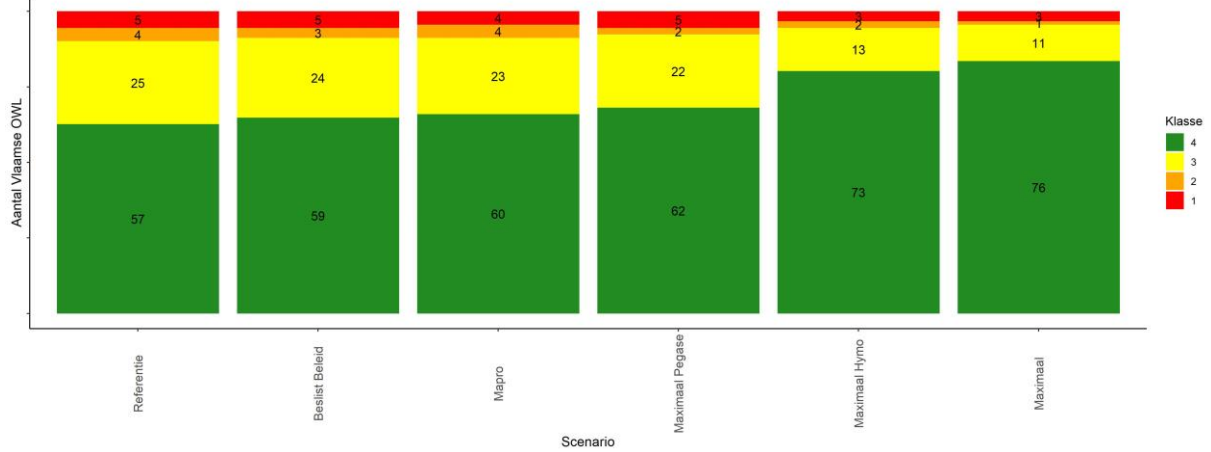
3.3.1.3 Wat als herkolonisatie geen belemmerende factor zou zijn?

In een volgend theoretisch scenario bekijken we ook het effect van de milieufilter apart. In deze berekening zijn we er van uitgegaan dat er overal in Vlaanderen een voldoende grote bronpopulatie is om een waterlichaam na herstel van de waterkwaliteit en de hydromorfologische kwaliteit meteen te koloniseren. Voor elk van de scenario's beschouwd in deze studie kunnen we zo nagaan in welke mate de habitatkwaliteit in het waterlichaam zelf een belemmerende factor is voor het herstel van de ecologische toestand. De resultaten uit deze analyse zijn veelbelovend. Onder het maatregelenprogramma-scenario verbetert de habitatkwaliteit in die mate dat twee derde van de gesimuleerde waterlichamen in theorie de goede toestand kunnen behalen als er een voldoende grote bronpopulatie zou zijn. Ook zijn er waterlichamen die evolueren van slecht naar ontoereikend en van ontoereikend naar matig ten opzichte van de referentie. Uit dit scenario blijkt ook dat onder het beslist beleid er ook al een verbetering optreedt, hoewel de mediaan van de habitatgeschiktheid voor het referentiescenario en het beslist beleid-scenario ongeveer hetzelfde is (0,63 en 0,62 resp.). Onder het maximaal scenario stijgt het aantal waterlichamen dat de goede toestand in theorie kan behalen tot

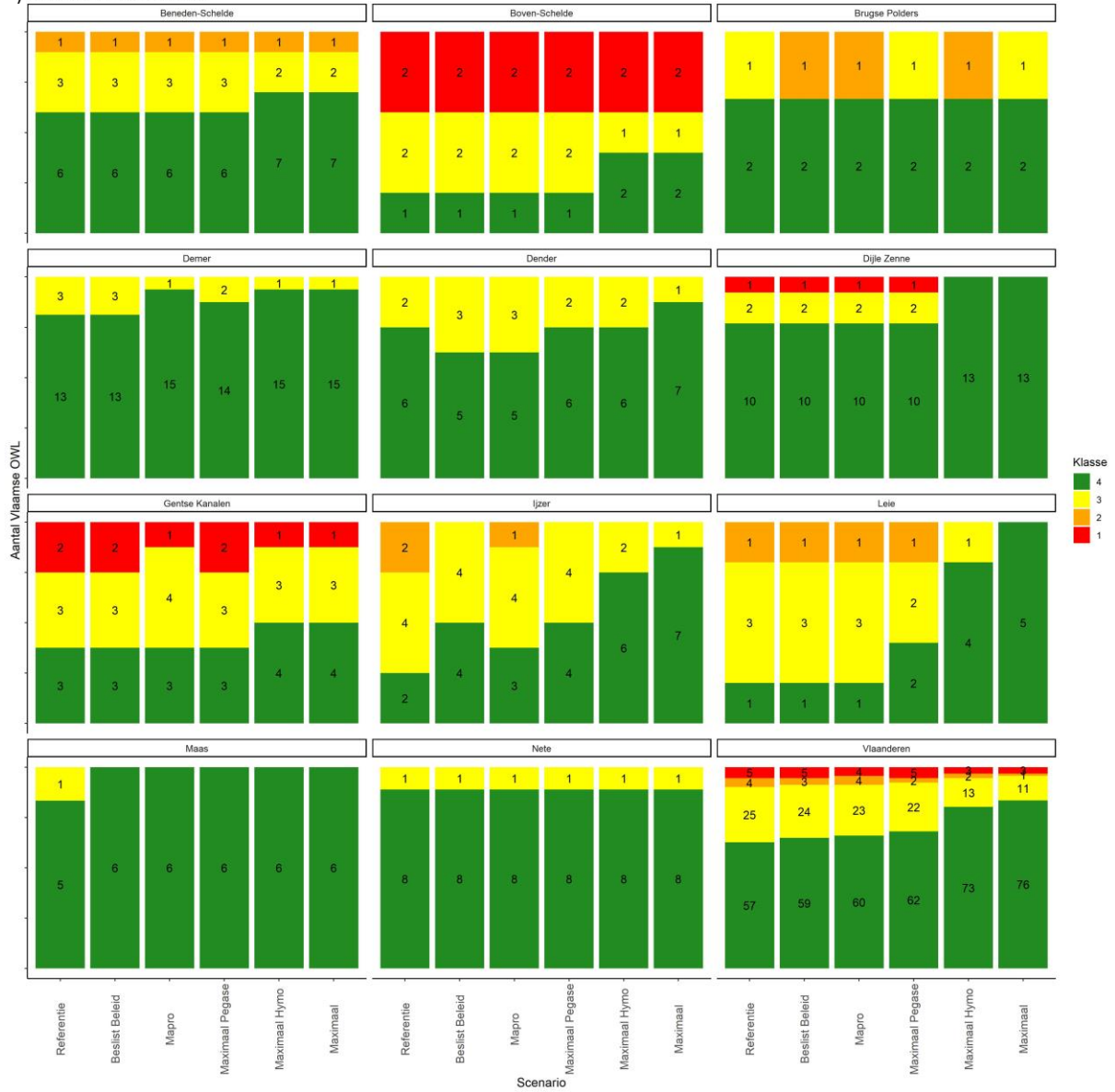
76 van de 91 gesimuleerde waterlichamen die in principe de goede toestand moeten kunnen halen. Het hydromorfologisch herstel heeft hier een belangrijke bijdrage in, zo blijkt uit het maximaal hydromorfologischescenario. Er zijn een aantal belangrijke regionale verschillen: zo blijft in de bekkens van de Beneden-Schelde en de Gentse Kanalen de toestand minder goed dan in de andere bekkens. Verder onderzoek is nodig om te evalueren wat hier nog nodig zou zijn. Een belangrijke conclusie hieruit is dat het herstel van de waterlichamen best zo gepland wordt dat het de uitbreiding van het areaal van de macro-invertebratenpopulaties in Vlaanderen maximaal ondersteunt. Om het resultaat van de inspanningen in speerpunt- en aandachtsgebieden gerealiseerd te zien in ecologisch herstel, zal het misschien ook nodig zijn om in naburige waterlichamen met een lagere prioriteit ook verhoogde inspanningen te doen. Deze waterlichamen met een lagere prioriteit zijn mogelijk belangrijke verbindingen die momenteel migratie verhinderen. Verder maken we ook de kanttekening dat het effect van gevaarlijke stoffen of zoutgehalte (chloriden) niet in beschouwing is genomen in de berekening van de habitatkwaliteit.



A) MMIF volgens habitatkwaliteit



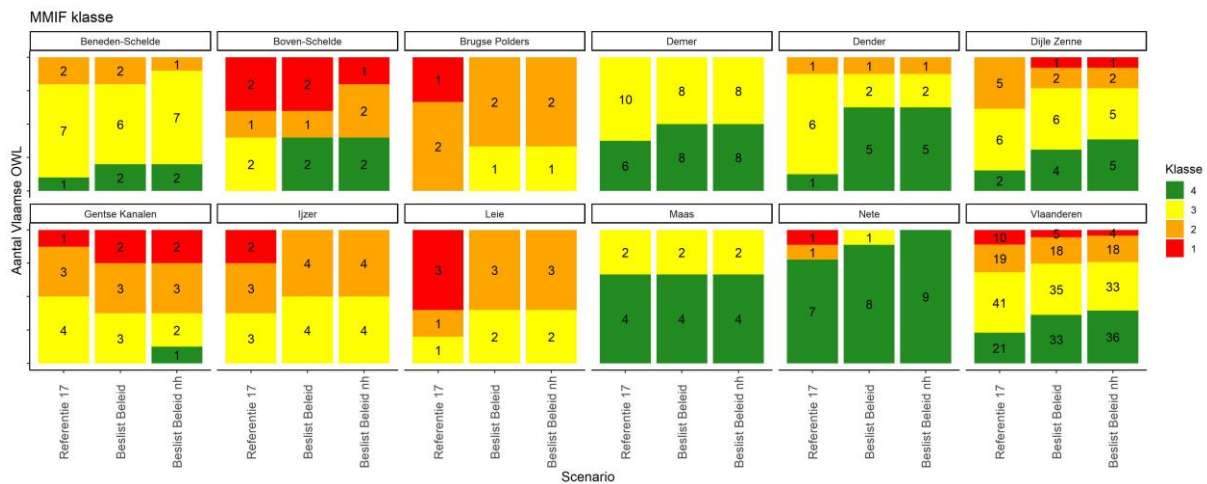
B) MMIF volgens habitatkwaliteit



Figuur 29: overzicht van de scenarioresultaten indien er overal voldoende bronpopulaties zouden zijn. A) Vlaanderen, B) Vergelijking per bekken (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)

3.3.2 Scenario beslist beleid

Onder het beslist beleid-scenario zien we belangrijke regionale verschillen. In het Netebekken wordt na natuurlijk herstel de goede toestand behaald in alle gesimuleerde waterlichamen. In bepaalde bekkens haalt geen enkel gesimuleerd waterlichaam de goede toestand onder dit scenario (Brugse Polders, IJzer, Leie). Een kleine kanttekening hierbij is wel dat in die bekkens niet zeer veel waterlichamen gesimuleerd zijn. Het scenario brengt wel een verbetering te weeg in alle bekkens. Wel blijkt uit de habitatgeschiktheidsberekening dat er nog waterlichamen overblijven waar de habitatgeschiktheid voor de verwachte macro-invertebratengemeenschap onvoldoende is. In het beslist beleid-scenario, is de habitat ongeschikt voor de helft van de verwachte soorten in 11 % van de locaties, en het aandeel locaties dat minstens voor 1 soort ongeschikt is, is 30 %. Deze cijfers zijn niet sterk verschillend van het referentiescenario. Nochtans blijkt uit de analyse in 3.3.1.3 dat onder het beslist beleid-scenario de habitatkwaliteit op een beperkt aantal waterlichamen wel in die mate vooruitgaat dat in theorie de goede toestand kan bereikt worden. Een deel van het herstel is dus te wijten aan een lichte verbetering in de habitatkwaliteit, een ander deel wellicht eerder aan natuurlijk herstel van de toestand vandaag.



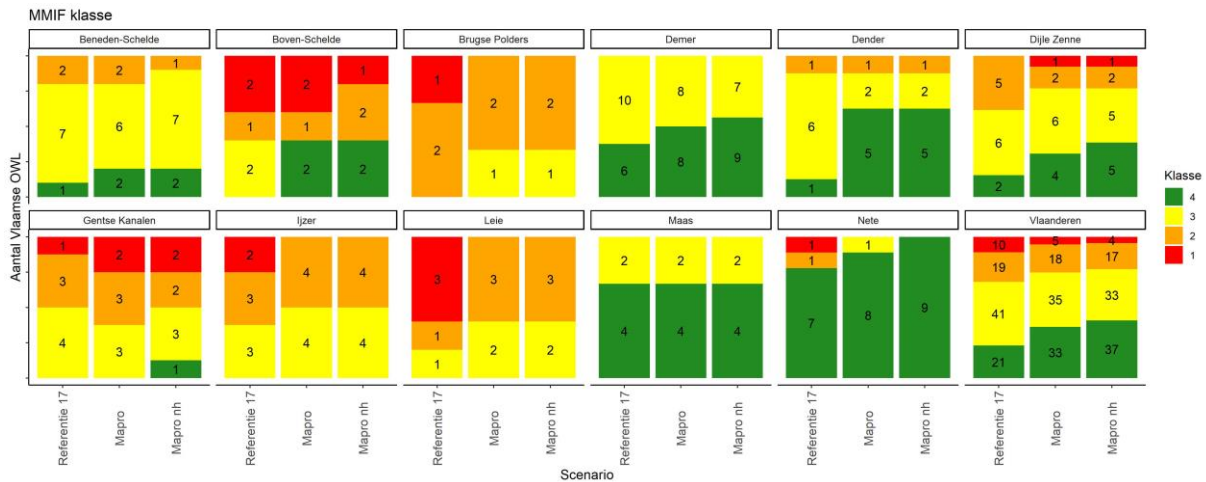
Figuur 30: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van beslist beleid. 'nh' staat voor 'na natuurlijk herstel' (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)

3.3.3 Scenario maatregelenprogramma

Wanneer de inspanningen verhoogd worden tot het niveau van het maatregelenprogramma, zien we nog een verdere verbetering optreden in de toestand ten opzichte van het beslist beleid-scenario in volgende bekkens: Demer en Gentse Kanalen. Dit wordt ook pas zichtbaar na natuurlijk herstel. Globaal verbetert de habitatkwaliteit wel meer onder het maatregelenprogramma-scenario. Uit de habitatgeschiktheidsberekeningen blijkt dat er nog steeds waterlichamen overblijven, waar de habitatgeschiktheid voor de verwachte macro-invertebratengemeenschap onvoldoende is. Hier zien we wel een grotere sprong tussen referentie en mapro, in vergelijking met de sprong tussen referentie en beslist beleid. In het maatregelenprogramma-scenario is de habitat ongeschikt voor de helft van de soorten in 10 % van de locaties, en het aandeel locaties dat minstens voor 1 soort ongeschikt is daalt



naar 27 %. De mediaan van de habitatgeschiktheid in Vlaanderen voor de typische soorten bij een goede waterkwaliteit gaat in het mapro-scenario lichtjes vooruit van 0,63 in het referentiescenario naar 0,65. Deze verdere verbetering in de habitatkwaliteit heeft in een beperkt aantal waterlichamen het effect dat de goede toestand na natuurlijk herstel kan bereikt worden, of dat de toestand er op vooruitgaat. Ook in het mapro-scenario is het dus waarschijnlijk dat natuurlijk herstel een groot deel van de sprong kan verklaren. Dit inzicht sluit ook aan bij recente inzichten uit de literatuur, waar de nabijheid van bronpopulaties aangehaald wordt als een belangrijke predictor voor het herstel van de ecologische toestand.



Figuur 31: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van mapro-scenario. 'nh' staat voor 'na natuurlijk herstel' (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)

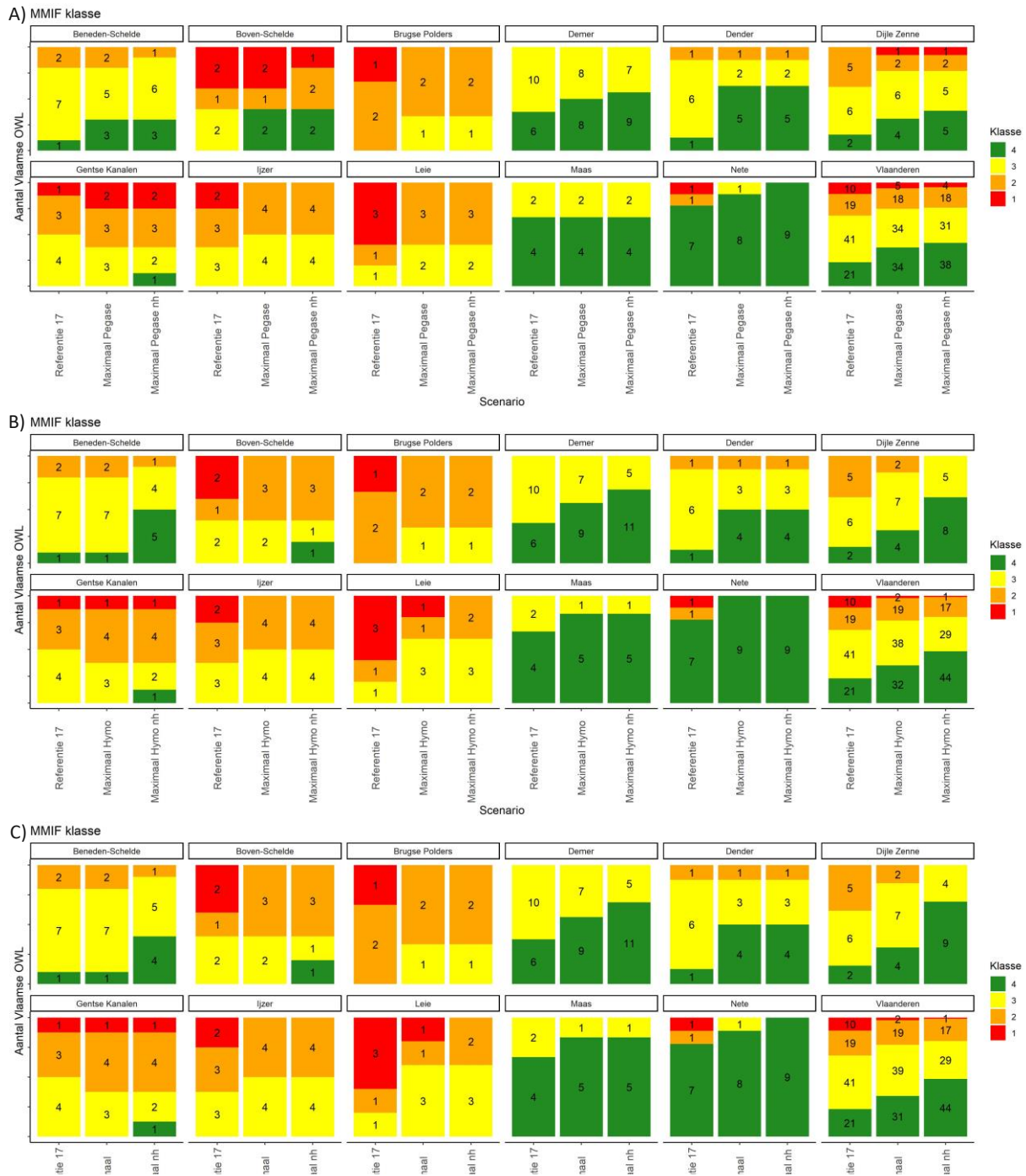
3.3.4 Maximaal Scenario

In de maximale scenario's zien we nog een verdere verbetering van de ecologische toestand. Enkel in de Brugse Polders zien we in deze scenario's geen verdere verbetering optreden, wat ook blijkt uit de analyse van de MMIF volgens de habitatkwaliteit (3.3.1.3). In het Denderbekken raakt 1 waterlichaam minder in de goede toestand dan onder het mapro-scenario, wanneer het maximaal hydromorfologiescenario mee wordt beschouwd. Vermoedelijk heeft dit te maken met een grote wijziging van de structuur van het waterlichaam onder dit scenario, waardoor de gemeenschap die daar onder het referentiescenario aanwezig is, daar onder dit scenario niet meer aanwezig kan blijven (bv. door van een verstuwde waterloop opnieuw naar een vrijstromende waterloop te gaan). Indien we enkel de habitatkwaliteit beschouwen (3.3.1.3) zien we dat ook in het Denderbekken de maximale scenario's op de lange termijn tot een toename van de goede toestand moeten leiden.

In het volledige maximaal scenario blijft op 7 % van de locaties de habitat ongeschikt voor de helft van de verwachte soorten, in het maximaal hydromorfologiescenario gaat dit over 9 % van de locaties, in het maximaal Pegasescenario gaat dit over 10 % van de locaties. Het aandeel locaties dat voor minstens 1 verwachte soort bij een goede waterkwaliteit ongeschikt is, is voor het globaal maximaal scenario 30 %, voor het maximaal Pegasescenario 28 % en voor het maximaal hydromorfologiescenario 31 %. De mediaan van de habitatgeschiktheid is voor de typische soorten bij de goede waterkwaliteit in het maximaal scenario 0,84, in het maximaal-hydromorfologie scenario 0,84 en in het maximaal



Pegasescenario is de mediaan habitatgeschiktheid 0,62. Wel blijkt uit deze scenario-analyse dat sterker inzetten op het uitvoeren van hydromorfologisch herstel van de waterlichamen een positief effect heeft op het aandeel geschikte habitats voor macro-invertebraten in Vlaanderen, vooral in waterlichamen die nu nog slecht of ontoereikend scoren voor MMIF. Dit effect is niet zichtbaar in het maximaal Pegasescenario.



Figuur 32: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van de verschillende maximale scenario's. 'nh' staat voor 'na natuurlijk herstel' ('1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed')

4 CONCLUSIE

Een door de VMM beheerde keten van modellen werd gebruikt om verschillende relevante toekomstscenario's te simuleren met betrekking tot de fysisch-chemische en ecologische oppervlaktewaterkwaliteit. De modellen BAM en NEMO werden gebruikt om de vracht van stikstof en fosfor vanuit de landbouw naar het oppervlaktewater te berekenen. Het model Pegase gebruikte de vrachten uit NEMO en voegde deze samen met de vrachten van andere sectoren (industrie, huishoudens, ...) om de oppervlaktewaterconcentraties te simuleren. Een karteringsoefening werd opgezet om een gebiedsdekkende kaart van de hydromorfologische kwaliteit te bekomen. Het ecologische model ELMO, ten slotte, gebruikte de oppervlaktewaterconcentraties in combinatie met andere factoren om de habitatgeschiktheid voor en verspreiding van macro-invertebraten in Vlaamse waterlichamen te modelleren.

Deze modelberekeningen gebeurden voor drie scenario's. In het beslist beleid-scenario werd een voorspelling gedaan van de oppervlaktewaterkwaliteit indien het reeds besliste beleid, voornamelijk met betrekking tot mestbeleid en saneringsinfrastructuur, wordt uitgevoerd. De resultaten toonden een kleine daling met 3 % van de druk vanuit de landbouw in 2027 t.o.v. 2017 en een daling met 9 % van de vracht uit huishoudelijke lozingen voor N en P. Dit leidt tot netto 5 extra waterlichamen die de goede toestand halen voor N in 2027 en 1 extra waterlichaam voor P. Voor macro-invertebraten zorgt dit voor 15 bijkomende waterlichamen die de goede toestand halen, rekening houdend met natuurlijk herstel.

In het maatregelenprogramma-scenario werden de effecten nagegaan van de maatregelen die opgenomen werden in het maatregelenprogramma (mapro) van het derde stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 (SGBP3). Dit betekent extra maatregelen in het kader van het mestbeleid, erosiebestrijding, saneringsinfrastructuur en hydromorfologie van de waterlopen ten opzichte van het beslist beleid. Door de bijkomende maatregelen dalen de vrachten van N en P uit de landbouw met 13 % en 18 % respectievelijk. Door verder aansluiten van huishoudens op saneringsinfrastructuur dalen de huishoudelijke vrachten met 23 % en 36 % voor N en P. Hierdoor stijgt het aantal waterlichamen die de goede toestand halen voor N met 12 t.o.v. de referentiesituatie. Voor P zijn er ook waterlichamen die vooruitgaan, maar nog steeds is er maar 1 bijkomend waterlichaam dat de goede toestand haalt. Met betrekking tot de macro-invertebraten zijn er door de maatregelen duidelijke verbeteringen in de habitatgeschiktheid. Dit leidt, na natuurlijk herstel, tot 16 bijkomende waterlichamen met de goede toestand t.o.v. de referentie. Er blijven ook nog steeds waterlichamen over waar de habitatgeschiktheid voor de verwachte macro-invertebratengemeenschap onvoldoende is.

Het maximaal scenario omvat een theoretische oefening met een maximum aan maatregelen met het oog op het volledig bereiken van de goede toestand in 2027. Maatregelen werden per waterlichaam afgestemd op het reductiedoel voor het behalen van de goede toestand. Voor landbouw betekent dit maximaal inzetten van vanggewassen en bemestingsreducties tot 30 %. Ook maximale acties met betrekking tot erosiebestrijding worden beschouwd. Voor saneringsinfrastructuur worden projecten uitgevoerd tot het reductiedoel voor huishoudens volledig ingevuld is. Met betrekking tot hydromorfologie is het uitgangspunt dat overal waar het kan structuurherstel wordt gerealiseerd. Door de genomen maatregelen dalen de vrachten vanuit de landbouw met 16 % voor N en 21 % voor P. De

acties met betrekking tot de saneringsinfrastructuur verminderen de vrachten van huishoudens met 29 % voor N en 43 % voor P. Deze maximale maatregelen zorgen voor belangrijke verbeteringen in de oppervlaktewaterkwaliteit met 6 extra waterlichamen die die goede toestand halen voor P en 16 voor N. Ook de habitatkwaliteit gaat vooruit in het maximaal scenario en 23 bijkomende waterlichamen behalen de goede toestand voor macro-invertebraten na natuurlijk herstel. Niet alle waterlichamen halen dus de goede toestand in het maximale scenario. Ten dele omdat in de opbouw van het scenario, wel zware maar toch nog begrensde maatregelen worden opgelegd, ten dele omdat de doelafstand tot de goede toestand in sommige waterlichamen zeer groot is, zeker voor fosfor, en ten dele omdat maatregelen in bovenstroomse landen en gewesten niet mee in beschouwing genomen konden worden.

De doorrekening van de verschillende scenario's draagt bij aan het inschatten van de te verwachten effecten van verschillende maatregelen. De scenarioberekeningen tonen aan dat met de maatregelen in het maatregelenprogramma belangrijke stappen voorwaarts gezet kunnen worden in het behalen van de doelstellingen voor oppervlaktewaterkwaliteit, maar de doelafstand blijft groot.



bijlage 1 Referenties

Guisan, A., & Rahbek, C. (2011). SESAM—a new framework integrating macroecological and species distribution models for predicting spatio-temporal patterns of species assemblages. *Journal of Biogeography*, 38(8), 1433-1444.

Knoben, R. A. E. en Peeters, E. T. H. M. (1997) Eco-atlas van waterorganismen, deel I-V. Stowa rapport 97-39

Stowa (2007), Responscurves, aangevraagd via het loket op www.limnodata.nl (laatst bezocht op 3/9/2013 – nu beschikbaar via www.waterkwaliteitsportaal.nl)

Bennetsen, E., Gobeyn, S., & Goethals, P. L. (2016). Species distribution models grounded in ecological theory for decision support in river management. *Ecological Modelling*, 325, 1-12.

Sondermann, M. (2017). *Modelling the spatial dispersal of aquatic invertebrates to predict (re-) colonisation processes within river catchments* (Doctoral dissertation, Duisburg, Essen, Universität Duisburg-Essen).

Dahm, V., Döbbelt-Grüne, S., Haase, P., Hartmann, C., Kappes, H., Koenzen, U., ... & Sundermann, A. (2014). Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle. *Schriftenreihe des Umweltbundesamtes, Reihe Texte*, 43, 2014.

Van Looy, K., Piffady, J., Tormos, T., Villeneuve, B., Valette, L., Chandesris, A., & Souchon, Y. (2015). Unravelling river system impairments in stream networks with an integrated risk approach. *Environmental management*, 55(6), 1343-1353.

Lorenz, S., Martínez-Fernández, V., Alonso, C., Mosselman, E., García de Jalón, D., González del Tánago, M., ... & Wolter, C. (2016). Fuzzy cognitive mapping for predicting hydromorphological responses to multiple pressures in rivers. *Journal of Applied Ecology*, 53(2), 559-566.

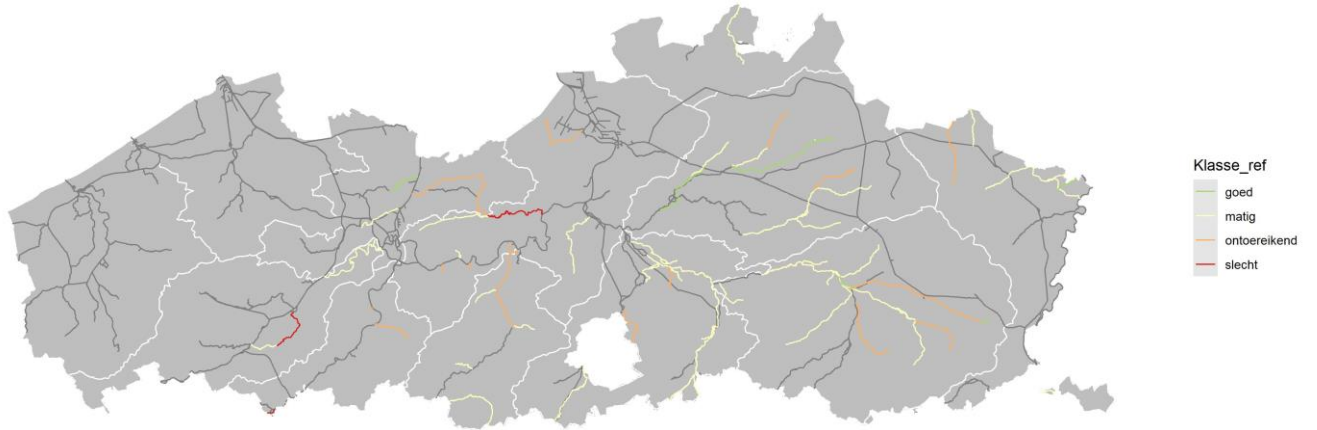
Petermans T. en Van Camp N. (2019) Hydromorf – oeverbreedtes en profielen Vlaanderen. Eindrapport. Studie in opdracht van Vlaamse Milieumaatschappij

Witteveen+Bos Belgium (2017) - Inventarisatie van kosten en effecten van type-acties voor hydromorfologische kwaliteitselementen. Eindrapport. Studie in opdracht van Vlaamse Milieumaatschappij

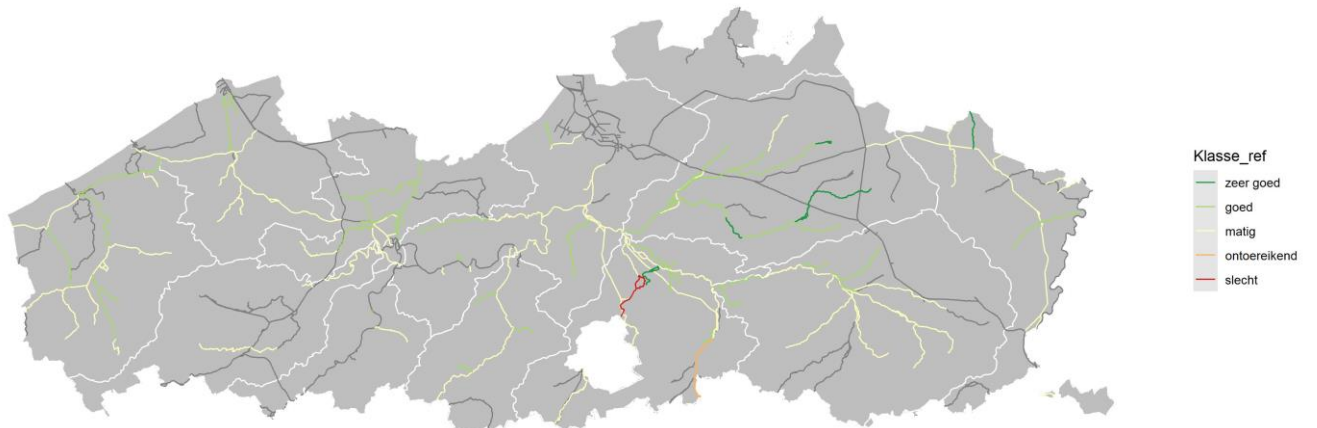
bijlage 2 Kaarten gemodelleerde waterkwaliteit & classesprongen

Referentiescenario

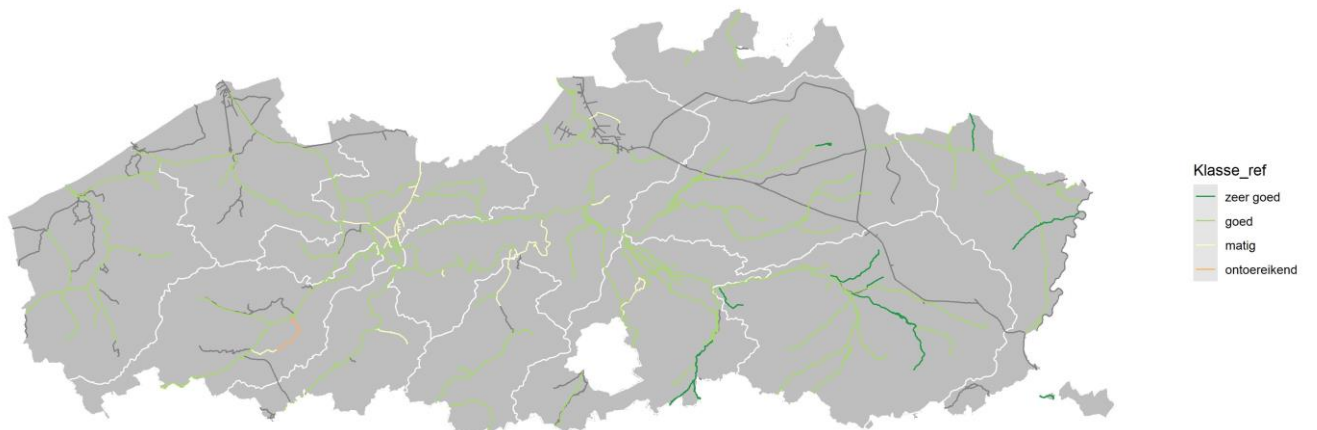
Waterkwaliteit referentiescenario - Fosfor totaal



Waterkwaliteit referentiescenario - Stikstof totaal

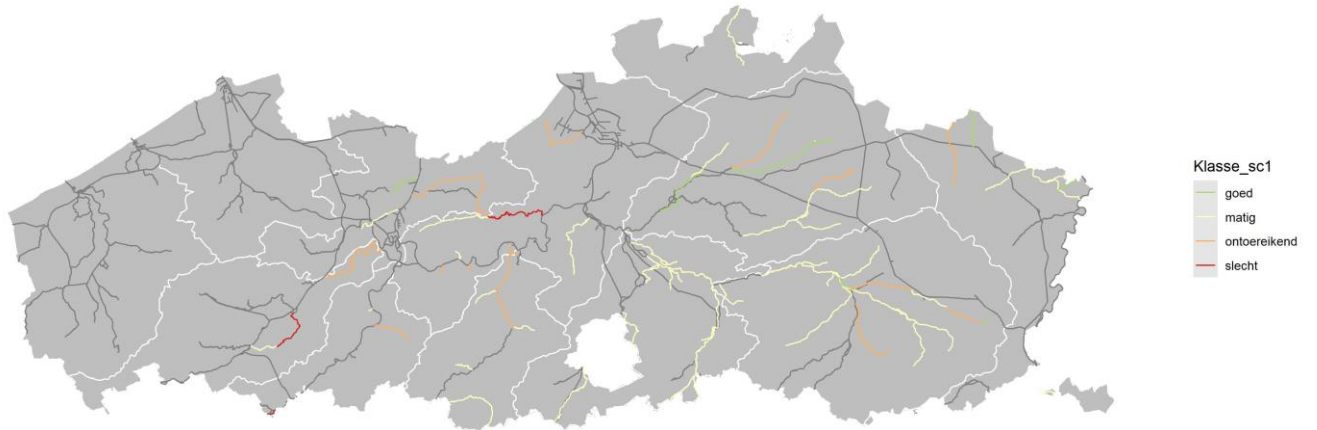


Waterkwaliteit referentiescenario - Opgeloste zuurstof

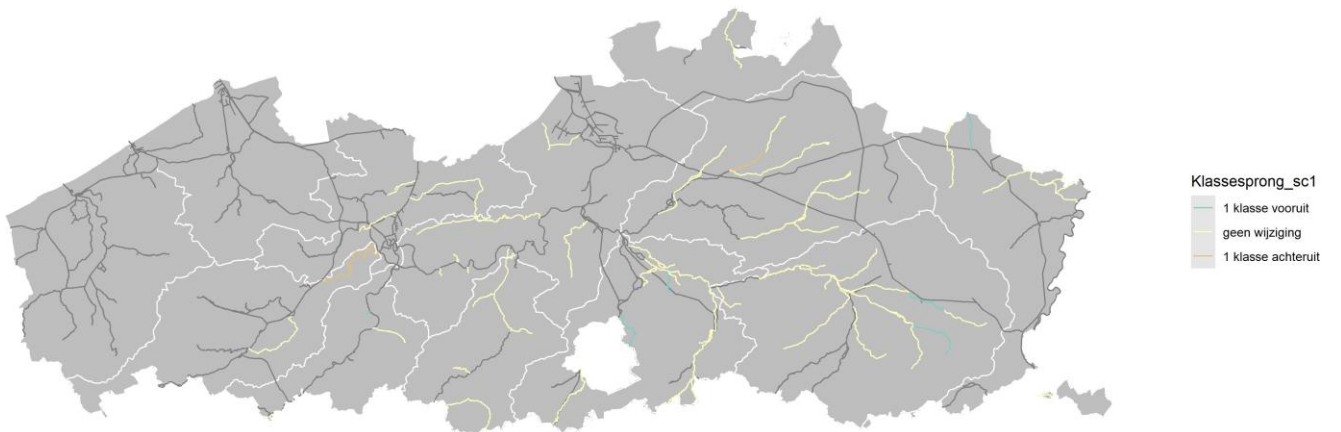


Scenario Beslist beleid

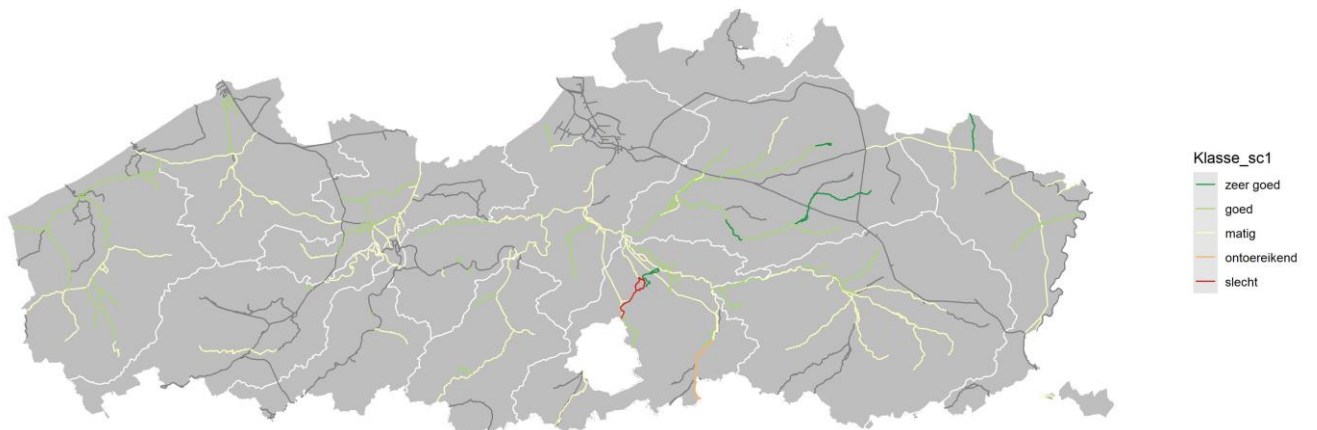
Waterkwaliteit scenario beslist beleid - Fosfor totaal



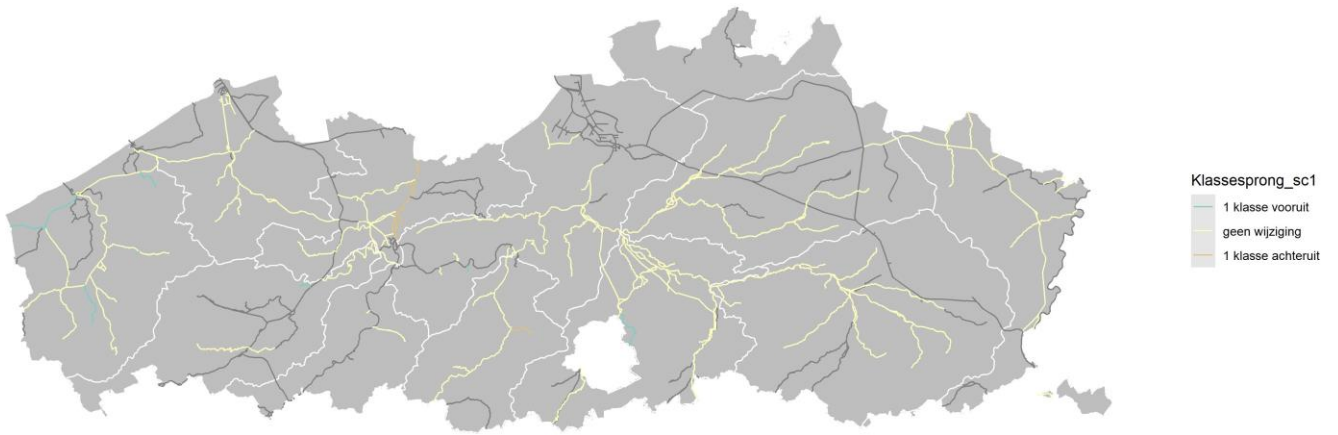
Klassesprongen scenario beslist beleid - Fosfor totaal



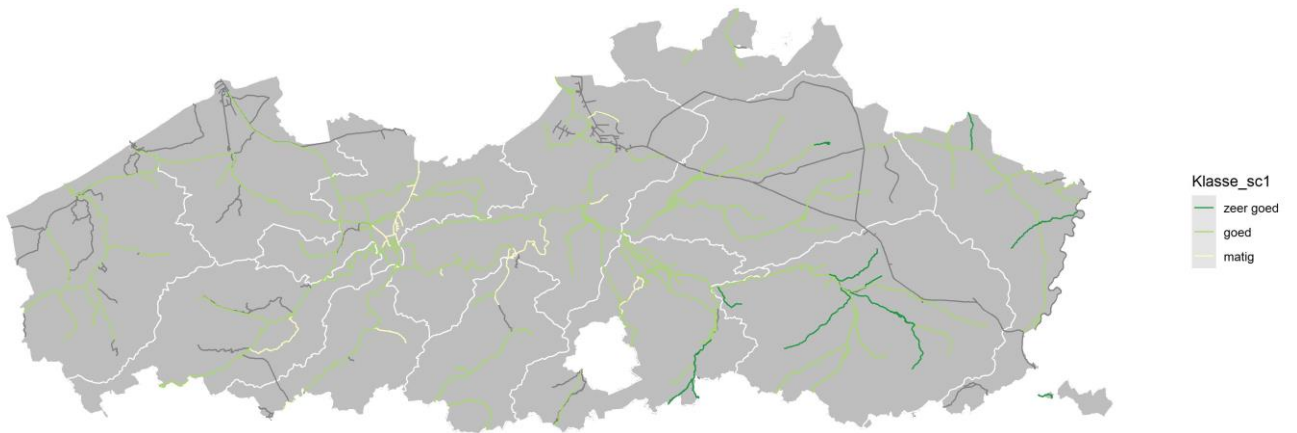
Waterkwaliteit scenario beslist beleid - Stikstof totaal



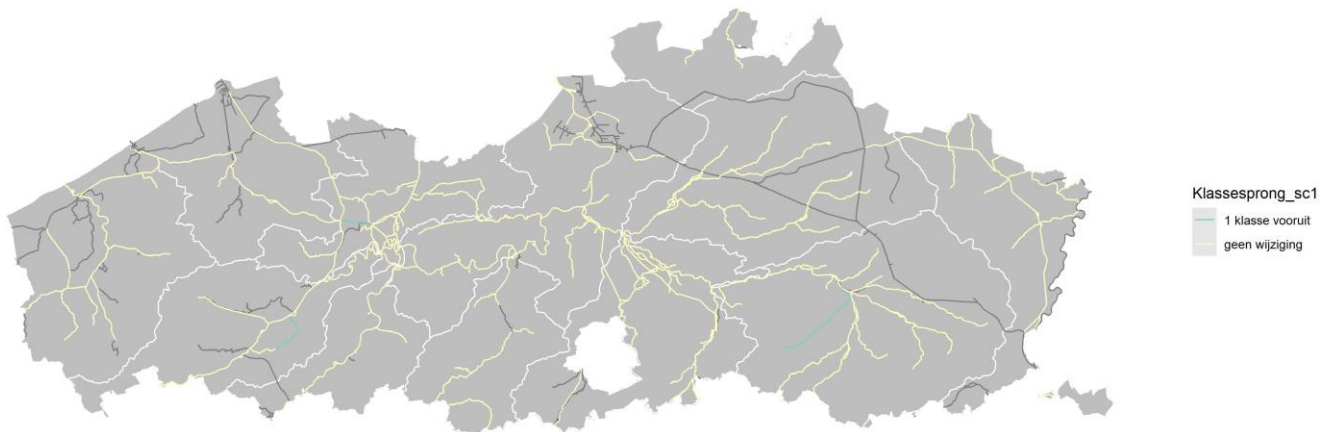
Klassesprongen scenario beslist beleid - Stikstof totaal



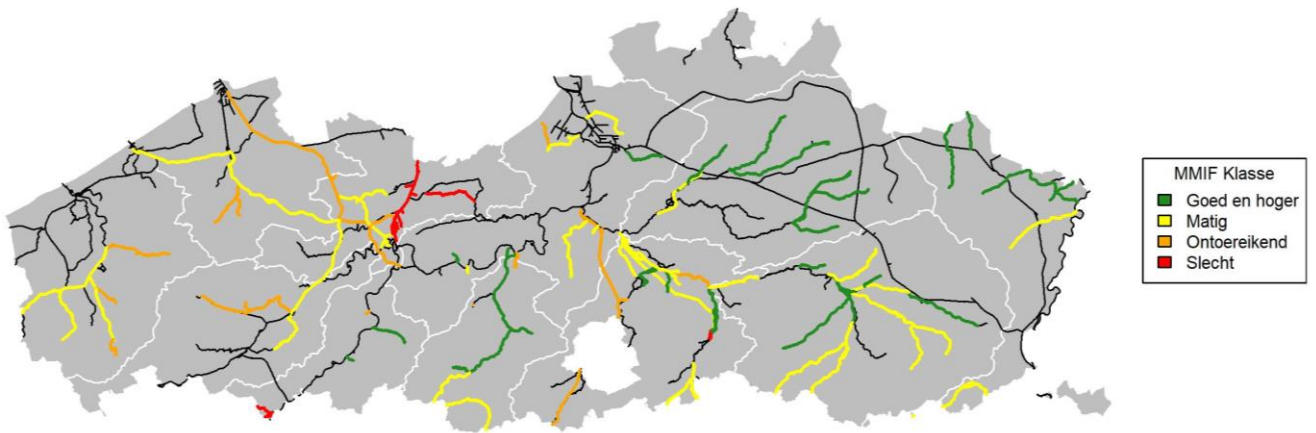
Waterkwaliteit scenario beslist beleid - Opgeloste zuurstof



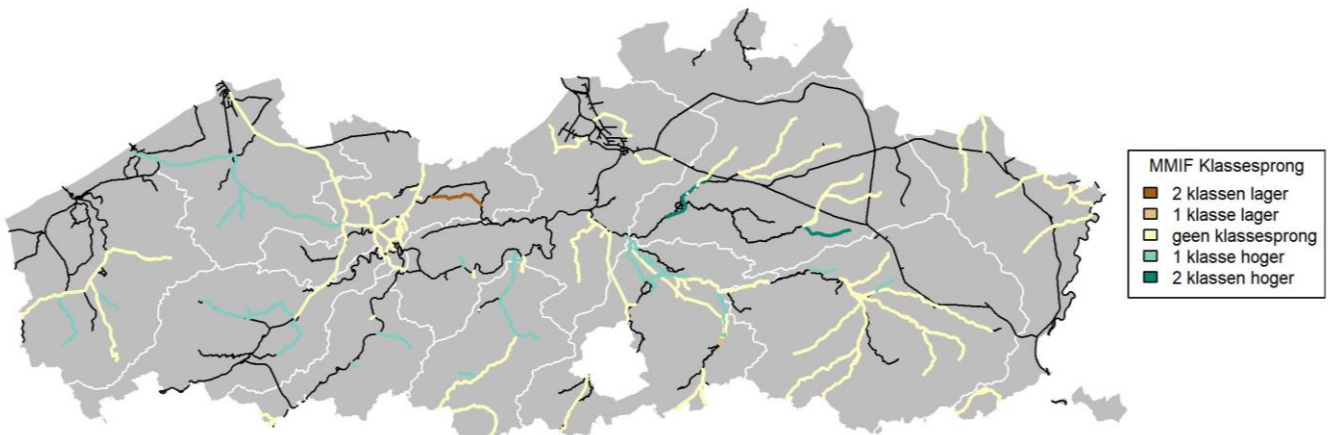
Klassesprongen scenario beslist beleid - Opgeloste zuurstof



MMIF na implementatie beslist beleid-scenario

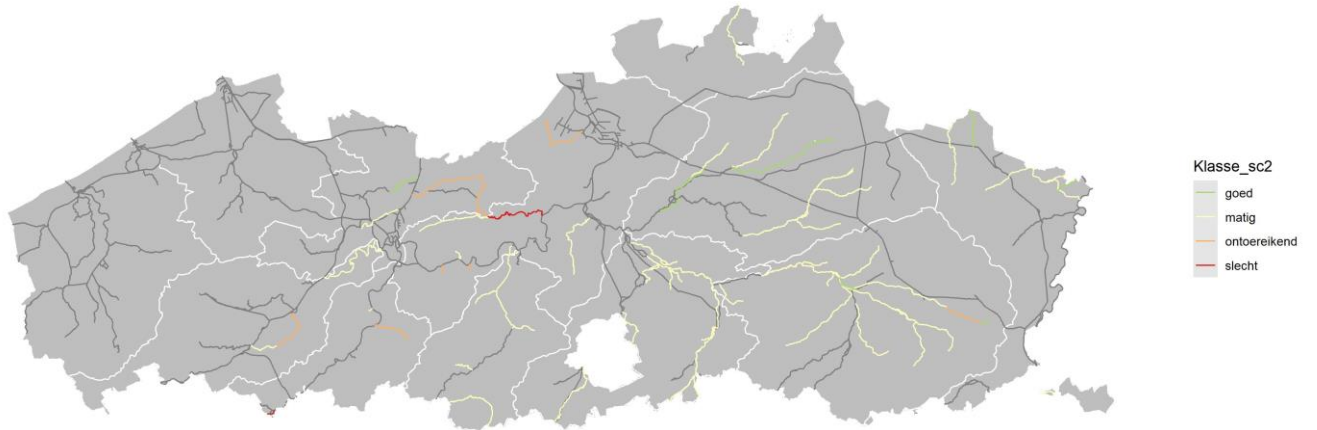


MMIF classesprong na implementatie beslist beleid-scenario

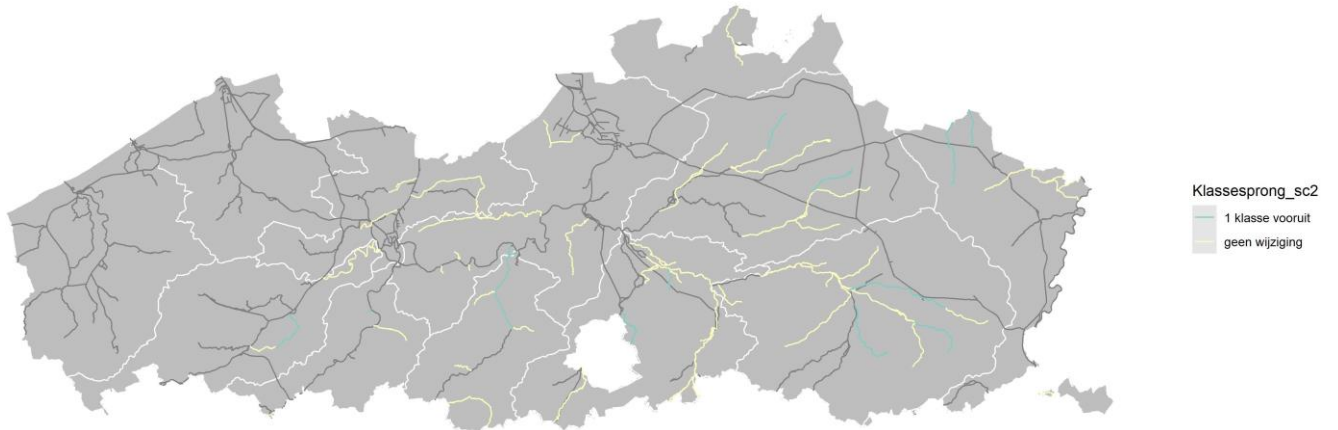


Scenario maatregelenprogramma

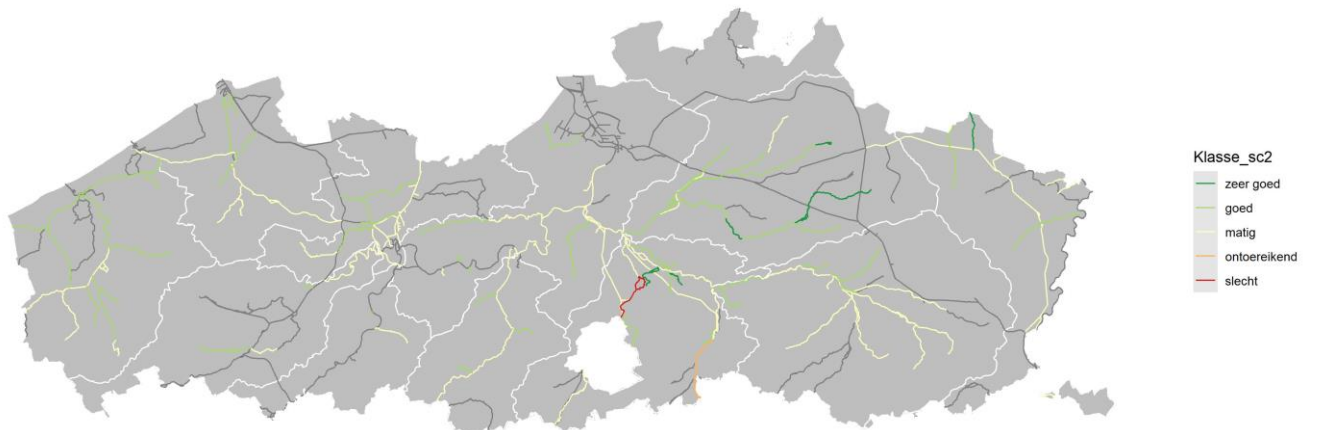
Waterkwaliteit scenario maatregelenprogramma - Fosfor totaal



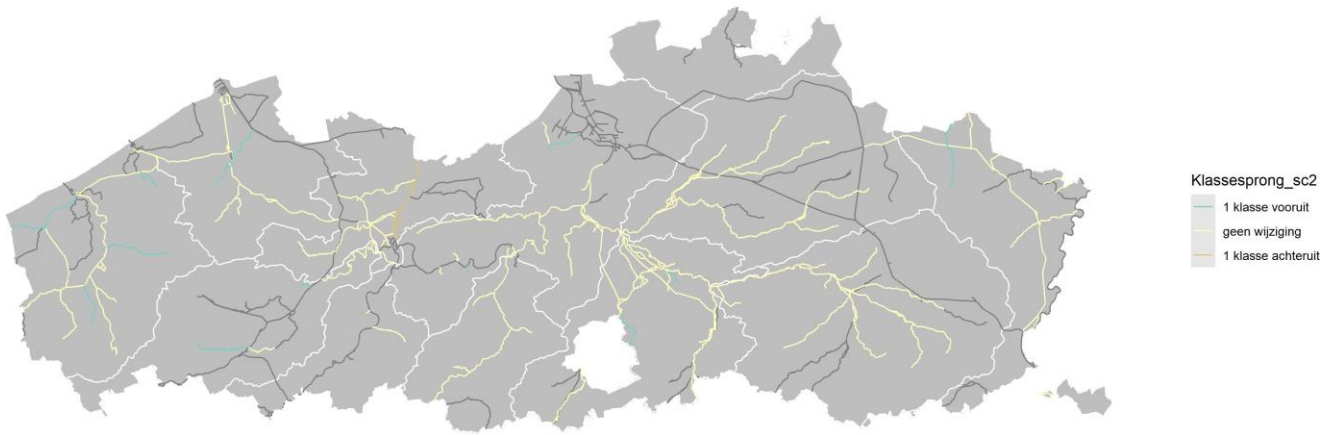
Klassesprongen scenario maatregelenprogramma - Fosfor totaal



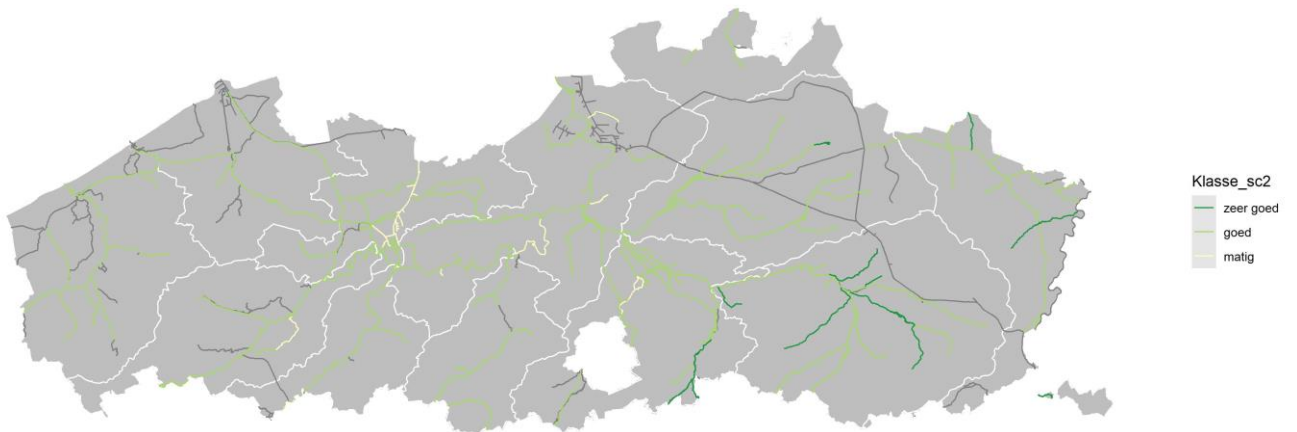
Waterkwaliteit scenario maatregelenprogramma - Stikstof totaal



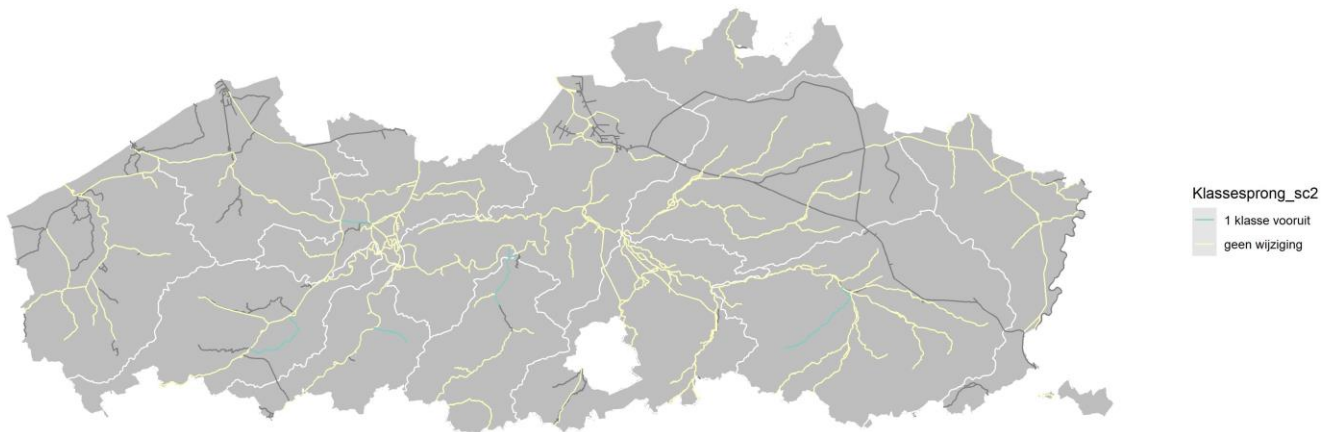
Klassesprongen scenario maatregelenprogramma - Stikstof totaal



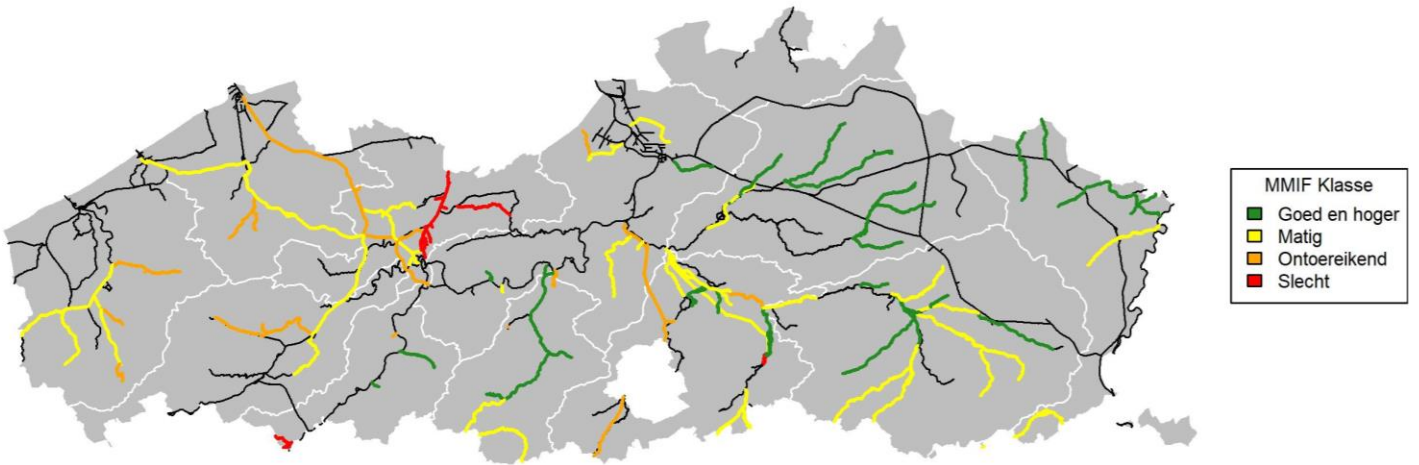
Waterkwaliteit scenario maatregelenprogramma - Opgeloste zuurstof



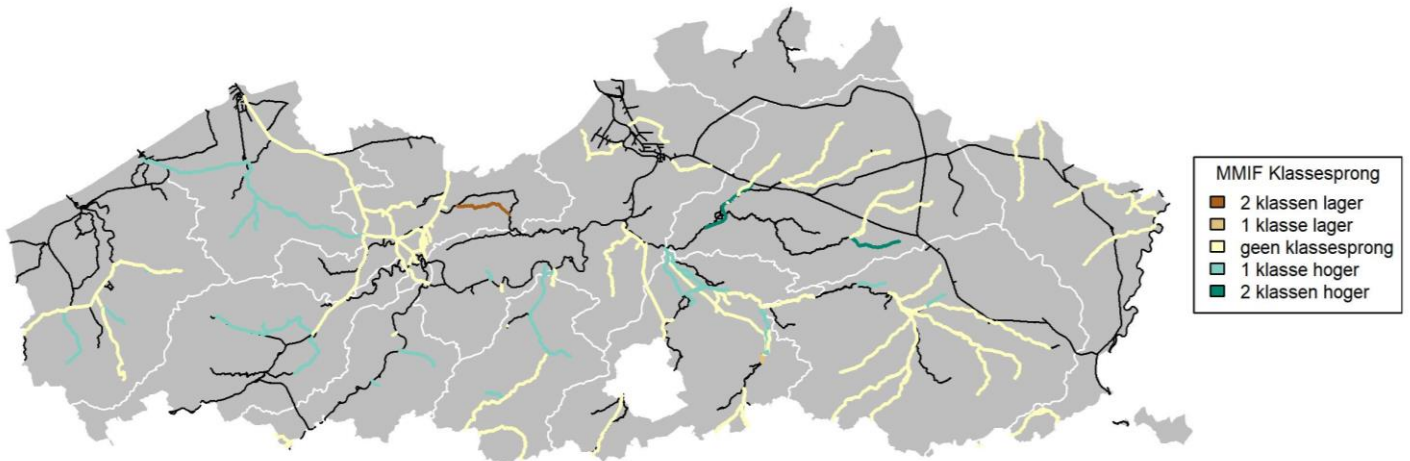
Klassesprongen scenario maatregelenprogramma - Opgeloste zuurstof



MMIF na implementatie mapro-scenario

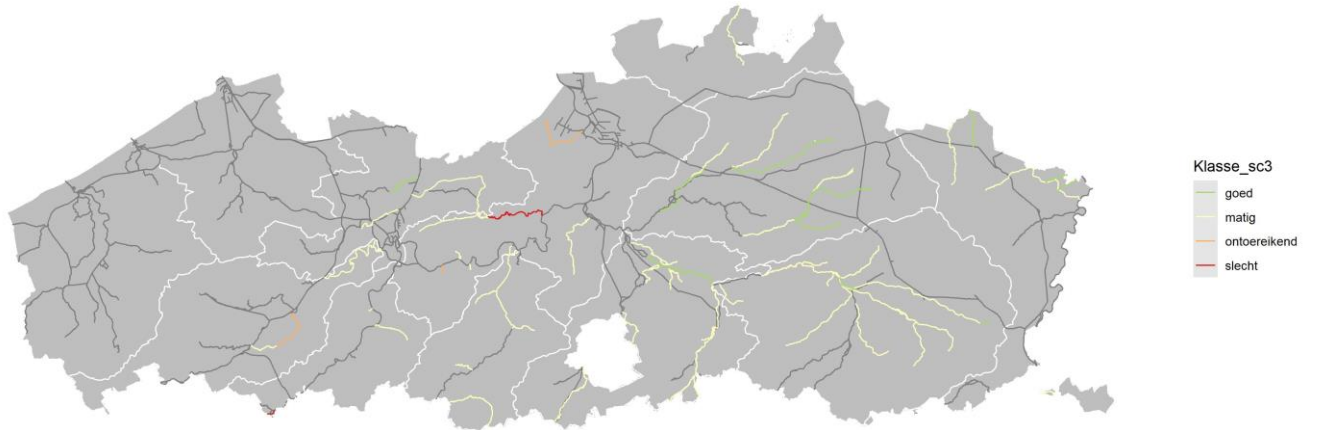


MMIF classesprong na implementatie mapro-scenario

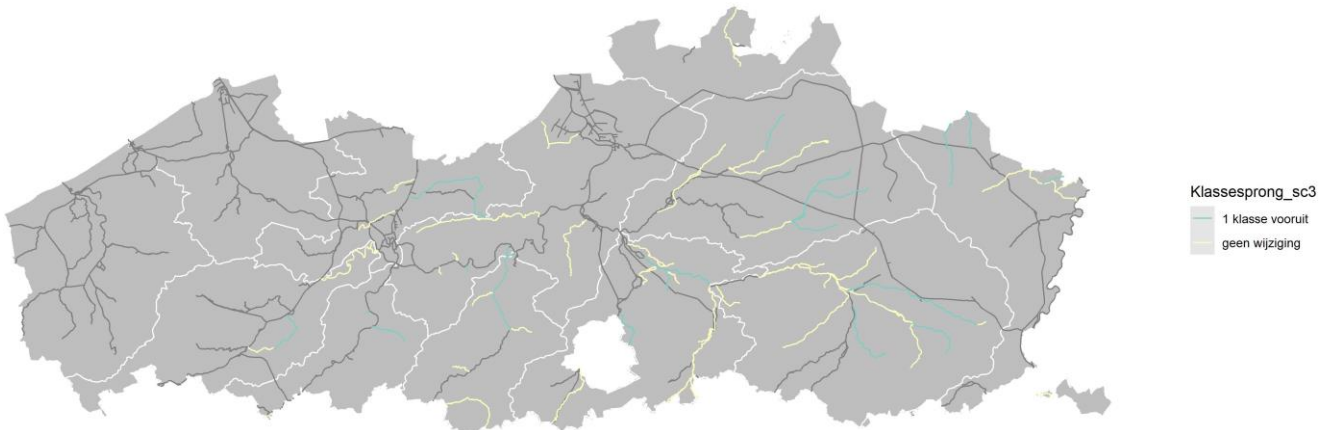


Maximaal scenario

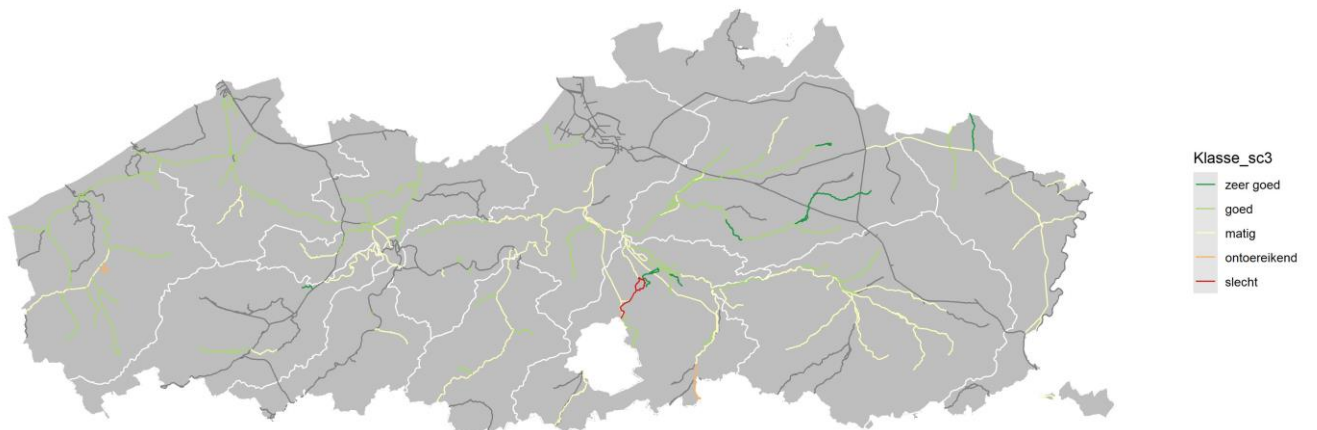
Waterkwaliteit maximaal scenario - Fosfor totaal



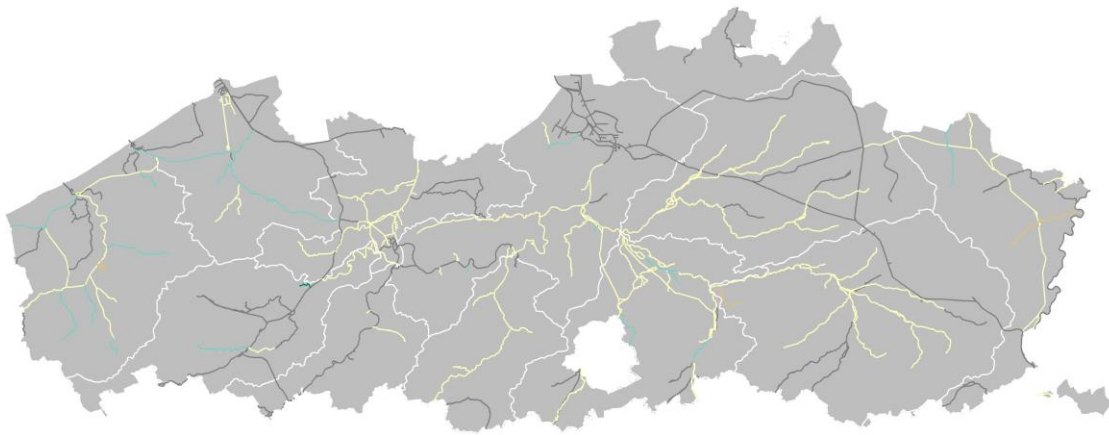
Klassesprongen maximaal scenario - Fosfor totaal



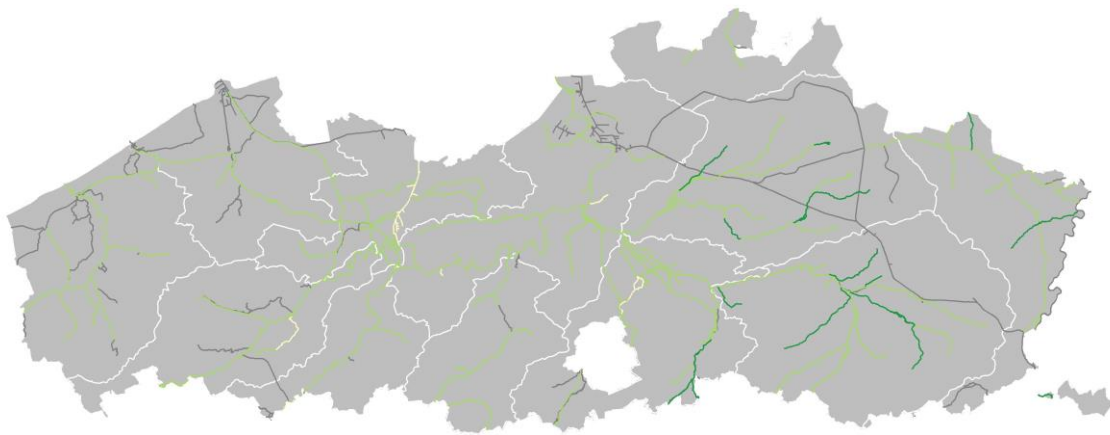
Waterkwaliteit maximaal scenario - Stikstof totaal



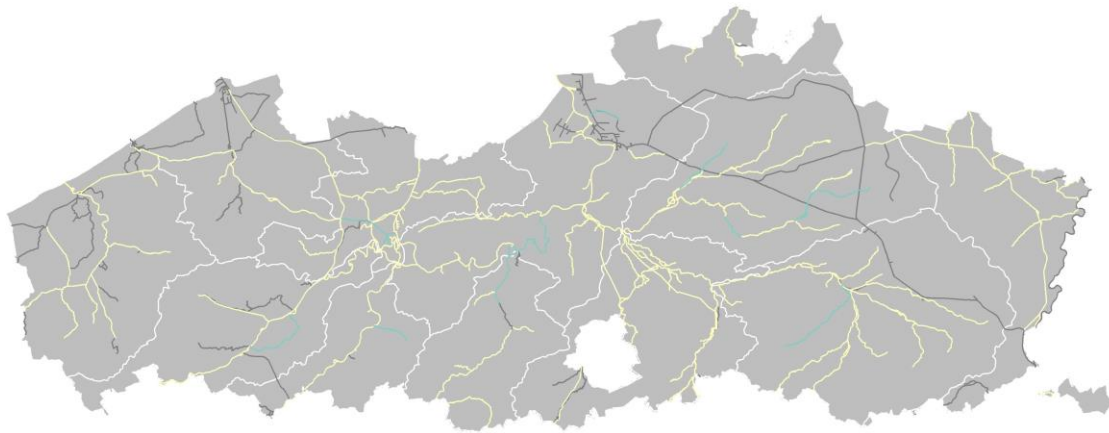
Klassesprongen maximaal scenario - Stikstof totaal



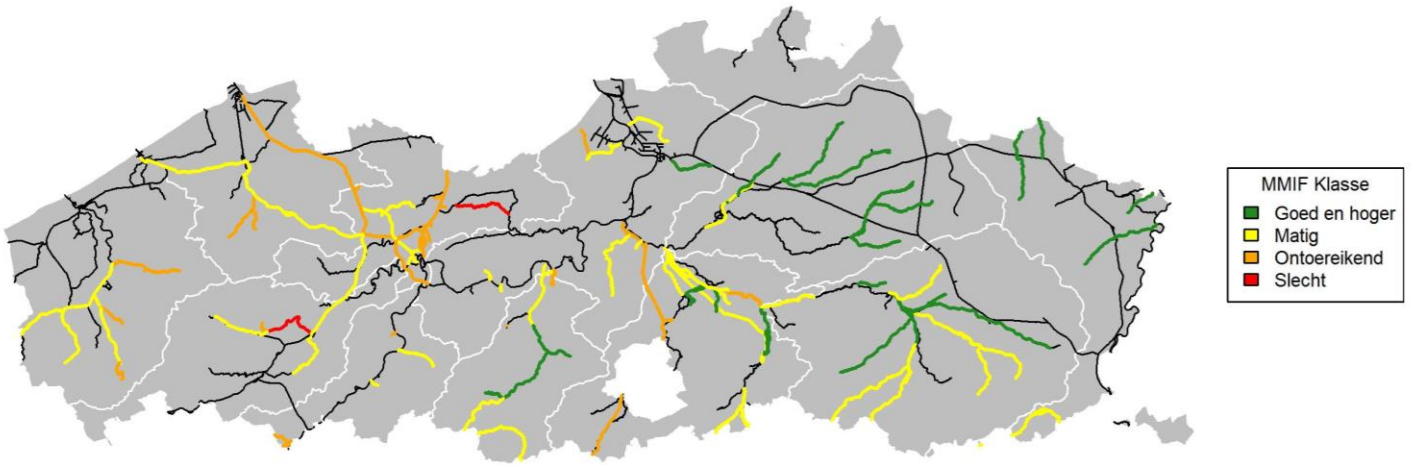
Waterkwaliteit maximaal scenario - Opgeloste zuurstof



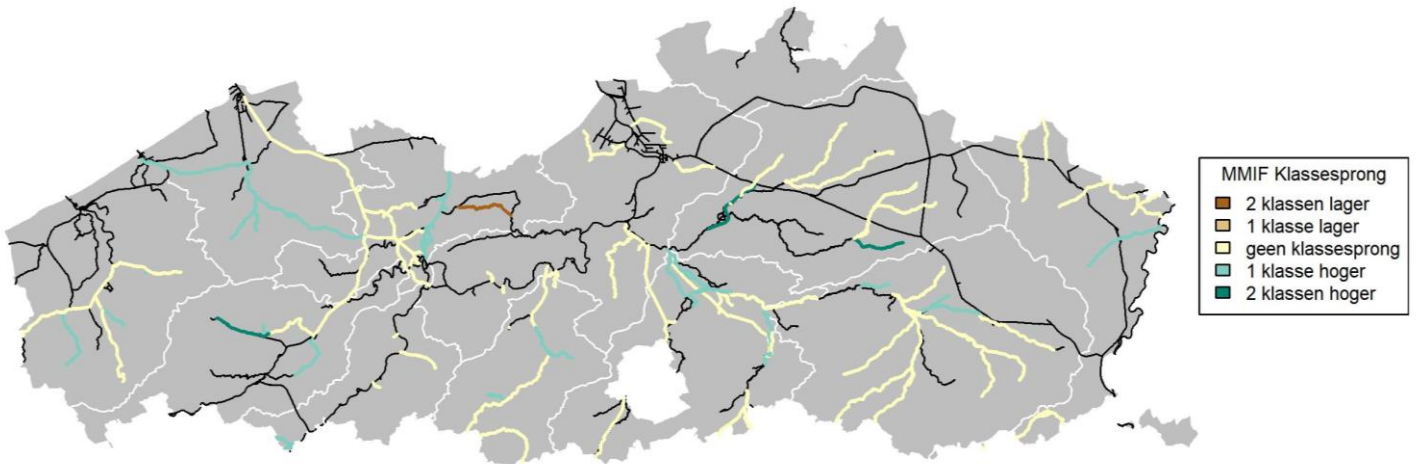
Klassesprongen maximaal scenario - Opgeloste zuurstof



MMIF na implementatie maximaal scenario



MMIF classesprong na implementatie maximaal scenario



LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: overzicht van de modelketen.....	5
Figuur 2: schematische weergave van de ruimtelijke opbouw van NEMO.....	6
Figuur 3: ELMO maakt gebruik van 3 filters om de verspreiding van macro-invertebraten te modelleren. Deze gestapelde soortenverspreidingsmodellen zijn gebaseerd op het Spatially Explicit Species Assemblage Modelling (SESAM)-raamwerk (Guisan en Rahbek, 2011).	12
Figuur 4: voorbeeld van een Bayesian Belief Network (BBN) om de variabele oeververdediging in te schatten .	14
Figuur 5: resultaten van de validatie van de Pegaseresultaten in het referentiejaar 2017	18
Figuur 6: hydromorfologische kwaliteitswaardering: weergave van gebruikte technieken voor inschatting per variabele.....	23
Figuur 7: voorbeeld van een Bayesiaans netwerk voor het opbouwen van een inschatting voor een deelmaatlat 26	
Figuur 8: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid	43
Figuur 9: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid.....	45
Figuur 10: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario beslist beleid.....	45
Figuur 11: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma	46
Figuur 12: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma	47
Figuur 13: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het scenario maatregelenprogramma	47
Figuur 14: nutriëntenvrachten uit landbouwgebied in Vlaanderen zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario	48
Figuur 15: stikstofvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario	49
Figuur 16: fosforvrachten uit landbouwgebied per bekken zoals berekend door NEMO in het referentiejaar 2017 en het simulatiejaar 2027 in het maximaal scenario	49
Figuur 17: algemeen overzicht van de scenarioresultaten m.b.t. de waterkwaliteit voor heel Vlaanderen	55
Figuur 18: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover scenario beslist beleid ...	56
Figuur 19: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover scenario beslist beleid ..	56
Figuur 20: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover scenario beslist beleid	57
Figuur 21: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma	58
Figuur 22: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma	58
Figuur 23: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover scenario maatregelenprogramma	58
Figuur 24: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal fosfor, referentie tegenover maximale scenario	60
Figuur 25: vergelijking van de waterkwaliteit voor totaal stikstof, referentie tegenover maximale scenario	60
Figuur 26: vergelijking van de waterkwaliteit voor opgeloste zuurstof, referentie tegenover maximale scenario 60	

Scenario's voor de onderbouwing van het stroomgebiedbeheerplan - deel oppervlaktewaterkwaliteit

Figuur 27: algemeen overzicht van de scenarioresultaten m.b.t. de MMIF voor Vlaanderen (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed) 61

Figuur 28: resultaten van het scenario waarin overal een goede waterkwaliteit wordt verondersteld. A) Vlaanderen; B) Vergelijking per bekken (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)63

Figuur 29: overzicht van de scenarioresultaten indien er overal voldoende bronpopulaties zouden zijn. A) Vlaanderen, B) Vergelijking per bekken (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)65

Figuur 30: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van beslist beleid. ‘nh’ staat voor ‘na natuurlijk herstel’ (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed).....66

Figuur 31: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van mapro-scenario. ‘nh’ staat voor ‘na natuurlijk herstel’ (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed).....67

Figuur 32: vergelijking van de MMIF, referentie ten opzichte van de verschillende maximale scenario’s. ‘nh’ staat voor ‘na natuurlijk herstel’ (1=slecht; 2=ontoereikend; 3=matig; 4=goed)68

